

Université de Montréal

Le *Mirror Effect Plus Protocol* (MEPP) dans la rééducation faciale des paralysies de Bell sévères
et aigües: une étude longitudinale contrôlée et randomisée

Par

Sarah Martineau

École d'Orthophonie et d'Audiologie, Faculté de Médecine

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de doctorat

En Sciences Biomédicales, option Orthophonie

Juin 2022

© Sarah Martineau, 2022

Université de Montréal

Unité académique : École d'Orthophonie et d'Audiologie, Faculté de Médecine

Cette thèse intitulée

**Le Mirror Effect Plus Protocol (MEPP) dans la rééducation faciale des paralysies de Bell
sévères et aigües: une étude longitudinale contrôlée et randomisée**

Présentée par

Sarah Martineau

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes

Andrea MacLeod

Présidente-rapporteure

Karine Marcotte

Directrice de recherche

Akram Rahal

Codirecteur

Douglas Shiller

Membre du jury

Heather Flower

Examinatrice externe

Résumé

Les effets psychologiques et fonctionnels de la paralysie de Bell (PB) sont dévastateurs, et ce dès l'apparition des symptômes. Or, peu de données existent sur l'efficacité de la rééducation faciale en phase aiguë de PB. C'est pourquoi, dans le cadre de cette thèse, nous avons développé et étudié une rééducation faciale nommée *Mirror Effect Plus Protocol (MEPP)*, qui vise spécifiquement à rééduquer les patients atteints de PB aiguë. Le MEPP a de plus été conçu pour les PB de degré modérée-à-sévère à totale, et dont les séquelles persistent jusqu'à 14 jours, malgré une médication appropriée. De plus, cette thèse a été l'occasion de développer et d'étudier un outil clinique web spécialisé nommé *MEPP-website*, conçu pour répondre aux manques cliniques à cet égard, et pour faciliter le processus de rééducation.

Cette thèse se décline donc en 2 volets. Le premier s'attarde spécifiquement à l'efficacité de la rééducation MEPP, et le deuxième se penche sur les impacts de l'outil *MEPP-website*. Spécifiquement, l'objectif premier de cette thèse était de valider les effets du MEPP. Les objectifs spécifiques visaient à étudier les effets du MEPP à moyen terme (article 1) et à long terme (article 2), en mesurant la symétrie faciale, les syncinésies faciales, la qualité de vie et les impacts fonctionnels des patients, ainsi que l'intelligibilité de leur parole, perçue par des juges naïfs. Pour ce faire, nous avons recruté 40 participants atteints de PB modérée-à-sévère à totale, qui ont été assignés par randomisation au groupe contrôle (n=20) et au groupe MEPP (n=20). Nous avons suivi tous les patients pendant un an suivant l'apparition de leurs symptômes. À moyen terme, c'est-à-dire 6 mois après l'apparition des symptômes, les premières analyses sur 20 participants (n=10 dans chaque groupe) ne démontraient aucun effet significatif de la rééducation MEPP sur la symétrie faciale et sur les syncinésies, bien qu'une tendance en faveur du groupe MEPP était observée. Après 12 mois, les analyses descriptives sur l'ensemble des participants (n=40) ont démontré une amélioration du groupe MEPP pour toutes les variables étudiées (symétrie, syncinésies, impacts fonctionnels), à l'exception de l'intelligibilité perçue de la parole, ce qui était conforme à notre hypothèse. En effet, nous avons postulé que la PB, même sévère, affecterait peu l'intelligibilité perçue. De plus, une diminution significative des syncinésies et des impacts

fonctionnels sur la qualité de vie a été observée dans le groupe MEPP, par rapport au groupe contrôle. Les différences entre les groupes étaient plus marquées un an après l'apparition des symptômes.

Dans le cadre du deuxième volet de cette thèse, nous avons développé un outil clinique web spécialisé nommé *MEPP-website*, afin de soutenir les cliniciens et patients dans leur processus de rééducation faciale, et afin de créer un outil clinique concret, qui pourrait être diffusé gratuitement dans les milieux de pratique. Nous avons donc les objectifs spécifiques suivant : premièrement, de comparer l'expérience utilisateur de participants (n=15, dont 10 patients et cinq cliniciens) utilisant le *MEPP-website* avec un site générique nommé *Webcamtoy*®, et deuxièmement, d'étudier objectivement l'adhérence des patients (n=10) au MEPP via une fonctionnalité particulière du *MEPP-website* (article 3). Les résultats de ce volet du projet ont révélé que tous les participants ayant utilisé à la fois l'outil *MEPP-website* et le site générique *Webcamtoy*® avaient jugé que leur expérience utilisateur était significativement meilleure avec le *MEPP-website*, peu importe l'ordre d'utilisation des outils. De plus, l'observation des données d'adhérence au traitement a démontré qu'environ 40% des patients avaient une adhérence élevée au MEPP, et que l'adhérence semblait meilleure si le *MEPP-website* avait été utilisé en premier.

Les résultats globaux sur cet échantillon démontrent donc des effets prometteurs et durables de la rééducation MEPP, afin de bonifier la fonction faciale et d'améliorer significativement la qualité de vie des patients atteints de PB aigue modérée-à-sévère à totale. De plus, le *MEPP-website* a permis d'améliorer significativement presque toutes les composantes de l'expérience utilisateur des participants lors de la rééducation faciale, par rapport à l'utilisation de *Webcamtoy*®. La création d'un tel outil spécifique à la rééducation MEPP permet de créer un pont tangible entre recherche et clinique, et de faciliter l'appropriation du MEPP dans les milieux cliniques.

Mots-clés : paralysie de Bell, nerf facial, rééducation faciale, effet miroir, MEPP, orthophonie

Abstract

Psychological and functional impacts of Bell's Palsy (BP) are devastating as soon as symptoms occur. However, little data exists supporting early facial rehabilitation in the acute phase of BP. This is why, as part of this thesis, we developed and studied a form of facial rehabilitation called Mirror Effect PLUS Protocol (MEPP). The MEPP aims to rehabilitate patients suffering from acute and moderate-to-severe to total BP, and whose sequela persist more than 14 days, even in the context of an appropriate medication intake. Also, this thesis has been an opportunity to develop and study an accompanying web tool called MEPP-website, that was conceived to respond to clinical needs for rehabilitation and facilitate the MEPP process.

Thus, this thesis consists of two parts. The first one is specifically interested in the efficacy of the MEPP, and the second one considers the impacts of the MEPP-website. Specifically, the first goal of this thesis was to validate effects of the MEPP. Specific objectives were to study mid-term effects (article 1) and long-terms effects (article 2) of the MEPP, measuring facial symmetry, synkinesis, self-reported quality of life and functional impacts in patients, as well as perceived speech intelligibility as measured by naïve listeners. To do so, we recruited 40 participants with moderate-to-severe to total PB, who were randomly assigned to the control group (n=20) or to the MEPP group (n=20). Every patient was followed-up until one-year post-onset of BP. At mid-term or six months post-onset, the first analyses on 20 patients (n= 10 in each group) demonstrated no effect of the MEPP rehabilitation on facial symmetry and synkinesis, though a tendency toward a better evolution was observed in favor of the MEPP group. After 12 months, descriptive analyses on the complete cohort (n= 40) demonstrated a stronger improvement of the MEPP group for every tested variable (symmetry, synkinesis, functional impact), except for perceived speech intelligibility, which confirmed our hypothesis. Indeed, we had postulated that BP, even if severe, would have little impact on intelligibility. Also, a significant reduction of synkinesis and of self-reported functional impacts was observed in the MEPP group, compared to the control group. Differences between the groups were bigger one-year post-onset.

For the second part of this thesis, we developed a clinical webtool specialized for the MEPP, in order to support clinicians and patients in their rehabilitation process, and also in order to create a concrete clinical webtool that would be freely available in clinical settings. Our specific objectives were as follows: first, we wanted to compare the user experience of participants (n=15, 10 patients and 5 clinicians) using both the MEPP-website and a generic website called Webcamtoy© during facial therapy, and second, to measure patients' compliance (n=10) to MEPP thanks to the functionality of the MEPP-website (article 3). Results of this part of the project revealed that every participant who used both the MEPP-website and the generic website Webcamtoy© rated their user experience as significantly better with the MEPP-website, no matter the order of use. Also, descriptive data about compliance to treatment demonstrated that approximately 40 percent of the patients had a high compliance to the MEPP, and that compliance tended to be better when the MEPP-website was used first.

The general results of this sample of participants demonstrate promising and long-lasting effects of the MEPP, to improve facial function and to significantly improve quality of life of patients suffering from moderate-to-severe to total acute BP. Moreover, the MEPP-website allowed for the significant improvement of almost all components of user experience of participants during facial rehabilitation compared to the use of Webcamtoy©. The creation of such a clinical web tool specific for the MEPP was appreciated by users and will facilitate its adoption in clinical settings.

Keywords: Bell's Palsy, Facial Nerve, facial retraining, mirror effect, MEPP, speech-language pathology

Table des matières

Résumé.....	5
Abstract.....	7
Table des matières.....	9
Liste des tableaux.....	15
Liste des figures.....	17
Liste des sigles et abréviations.....	19
Remerciements.....	23
AVANT-PROPOS.....	25
1. INTRODUCTION.....	28
1.1 La paralysie de Bell.....	28
1.1.2 Évolution de la paralysie de Bell.....	29
RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 1 :.....	31
1.2 Manifestations en phase aiguë.....	32
1.2.1 Manifestations cliniques anatomiques.....	33
1.2.2 Manifestations fonctionnelles et psychologiques.....	34
1.2.3 Manifestations corticales.....	35
RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 2:.....	36
1.3 Manifestations de la phase chronique.....	37
1.3.1 Manifestations cliniques anatomiques.....	37
1.3.2 Manifestations fonctionnelles et psychologiques.....	38
1.3.3 Manifestations corticales.....	40
RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 3 :.....	41

1.4 Manifestations fonctionnelles objectives toutes phases confondues.....	41
RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 4 :	43
1.5 Outils d'évaluation de la PB	43
1.5.1 Perspective du clinicien.....	43
Examens instrumentaux.....	43
Échelles de symétrie faciale	45
Diagnostic différentiel.....	46
1.5.2 Perspective du patient	48
Questionnaires des impacts fonctionnels et de la qualité de vie	48
RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 5 :	49
1.6 Traitements de la Paralyse de Bell	49
1.6.1 Médicaments et rééducation faciale	50
1.6.2 Approches en rééducation faciale chronique : <i>Mime Therapy</i> et NMR	51
1.6.3 Application de la NMR en phase aiguë de PB	52
RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 6:	53
1.7 Apport des principes d'apprentissages moteurs en rééducation faciale	53
1.7.1 Apprentissages moteurs: de l'importance de la rétroaction visuelle dans la rééducation faciale	59
1.7.2 Rétroaction visuelle <i>modifiée</i> et rééducation faciale: Le Protocole Effet Miroir	60
RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 7 :	62
1.8 Développement du <i>Mirror Effect Plus Protocol</i> (MEPP)	63
RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 8 :	68
1.9 Enjeux technologiques et MEPP.....	68
1.9.1 Genèse du <i>MEPP-website</i> et concept de charge cognitive.....	68

1.9.2 <i>MEPP-website</i> , utilisabilité et expérience utilisateur	70
RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 9 :	72
1.10 Contextualisation du problème de recherche	73
1.11 Objectifs	74
1.11.1 Objectifs généraux de la présente thèse	74
1.11.2 Objectifs et hypothèses de la première étude.....	74
1.11.3 Objectifs et hypothèses de la deuxième étude	74
1.11.4 Objectifs et hypothèses de la troisième étude	75
2. PREMIER ARTICLE	77
The Mirror Effect Plus Protocol for acute Bell’s palsy: A randomised and longitudinal study on facial rehabilitation	78
Abstract	79
Introduction.....	80
Method.....	81
Participants.....	81
Procedure	81
Assessments	81
Intervention protocols	82
Statistical analysis.....	83
Results	83
Discussion	90
Conclusion	91
References.....	92
3.DEUXIÈME ARTICLE	94

The “ <i>Mirror Effect Plus Protocol</i> ” for acute Bell’s palsy: A randomized controlled trial with a one-year follow-up.	95
Abstract	96
Introduction.....	98
Methods	99
Results	103
Discussion	112
Conclusion	116
SUPPLEMENTARY MATERIAL 1.....	125
SUPPLEMENTARY MATERIAL 2.....	126
SUPPLEMENTARY MATERIAL 3.....	128
SUPPLEMENTARY MATERIAL 4.....	129
4.TROISIÈME ARTICLE.....	131
Development of an open-source facial rehabilitation website for severe Bell’s palsy: a within-subject study on user experience and patients’ compliance with the MEPP-website.....	132
Abstract	133
Introduction.....	134
Bell’s palsy	134
Development of a MEPP-website	136
Methods	138
Patient Participants	138
Clinician Participants	138
Study design	139
Therapy.....	141

Websites.....	141
Outcome measures: MeCUE questionnaire, subjective impressions, and compliance ..	142
Data analysis.....	143
Results	144
Discussion	150
Conclusion	153
References.....	155
SUPPLEMENTARY MATERIAL 5.....	159
SUPPLEMENTARY MATERIAL 6.....	161
SUPPLEMENTARY MATERIAL 7.....	162
5.DISCUSSION GÉNÉRALE	163
5.1 Rappel des objectifs et synthèse des résultats principaux	163
5.1.1 Premier article.....	165
5.1.2 Deuxième article	166
5.1.3 Troisième article.....	166
5.2 Liens entre la littérature et les résultats actuels.....	167
5.2.1 Rappel sur le développement du MEPP.....	168
5.2.2 Manipulations faciales	168
Changements induits par la thérapie manuelle.....	169
5.2.3 Rétroaction visuelle modifiée : mécanismes de l'effet miroir	170
Mécanisme d'attribution des erreurs motrices	170
Rétroaction extrinsèque et motivation du patient	172
Changements dans la connaissance de la performance et des résultats	173
L'effet miroir et la <i>Constraint Induced Movement Therapy</i>	174

5.2.4 MEPP et changements dans la qualité de vie	176
5.2.4 MEPP et changements dans le mécanisme d'apparition des syncinésies	178
5.2.5 Considérations sur la structuration et le dosage du MEPP	179
5.2.6 Adhérence au traitement	181
5.2.7 Liens entre expérience utilisateur, utilisabilité et perception des usagers	183
5.2.8 Développement du MEPP 2.0	186
5.3 Limites et perspectives de recherche	188
5.3.1 Limites générales.....	188
5.3.2 Limites de l'étude 1	189
5.3.3 Limites de l'étude 2	190
5.3.4 Limites de l'étude 3	191
6.CONCLUSIONS	192
Annexes	215
Annexe A - Échelle de symétrie faciale FNGS 2.0.....	215
Annexe B - Échelle de symétrie faciale Sunnybrook	216
Annexe C – A Pilot Study on the Mirror Effect PLUS Protocol: A Standardized and Adapted Facial Rehabilitation for Acute Bell's Palsy	217
Annexe D – Questionnaire MeCUE en français.....	234

Liste des tableaux

Tableau 1 – Principes moteurs pertinents, caractéristiques des muscles faciaux et implications pour la pratique clinique avec la PB sévère et aigu avec références.....	56
Tableau 2 – Analyse et Comparaison des composantes de l’effet miroir et de la NMR	64
Tableau 3 – Baseline characteristics of the participants in each group.	84
Tableau 4 – Results of Mann-Whitney U tests and Hodges-Lehman Δ tests (alpha: 0.05, [IC: 95%]) on each outcome variables between MEPP group and Control group before (on the left) and after (on the right) stratification.....	89
Tableau 5 – Baseline characteristics of the participants in each group and of the lost/excluded patients after allocation	106
Tableau 6 – Descriptive results on Sunnybrook global score and FNGS 2.0 global score per group and assessment timepoints.....	107
Tableau 7 – Number of individuals with synkinesis at FNGS 2.0 and Sunnybrook synkinesis subscore	109
Tableau 8 – Mean changes of quality of life and functional impacts measured with Face-F for each group (n = 26) and assessment timepoints along with standard errors and confidence intervals.	111
Tableau 9 – Intraclass Coefficient Correlations (ICC) for SB, the FNGS 2.0 scores and sub-scores, and perceived speech intelligibility.....	125
Tableau 10 – Results from the mixed model analysis on SB global score, FNGS 2.0 global score and FNGS 2.0 grade	126
Tableau 11 – Post hoc analysis of the mixed model for significant results of interaction for FNGS 2.0 grade and score, demonstrating the different evolution between the MEPP group and control group after baseline	127
Tableau 12 – Descriptive statistics of the perceptual speech analysis of intelligibility by naïve judges in percentage.	129
Tableau 13 – Demographic data about patients	139

Tableau 14 – Intra-subject differences between scores for each subscale of the MeCUE (MEPP-website and WCT) used first with Wilcoxon tests values for effect of webtool on user experience	148
Tableau 15 – <i>Summary of clinicians’ feedback on the MEPP and WCT website to the following questions: “What did you prefer while using (MEPP/WCT)-website? What could have been better in (MEPP/WCT)-website?”</i>	149
Tableau 16 – Appreciation of the WCT and MEPP-website by the patients and clinicians for each analyzed category of the MeCUE questionnaire. Appreciation of the WCT and MEPP (n=15)...	159
Tableau 17 – Median and interquartile range for inter-subject comparisons of a potential order effect	160
Tableau 18 – Number of completed sessions with MEPP-website during the first 14 days of therapy with Mann-Whitney.....	161
Tableau 19 – Clinicians’ feedback on the MEPP and WCT website to the following questions: “What did you prefer while using (MEPP/WCT)-website? What could have been better in (MEPP/WCT)-website?”	162
Tableau 20 – Moyennes et écarts types à trois des sous-scores du FaCE-F (confort facial, fonction orale et mouvements faciaux), en fonction du groupe et du temps (n = 26; 14 = MEPP et 12 = contrôles)	177

Liste des figures

Figure 1 - Blessure axonale et régénération nerveuse	30
Figure 2 – Trajet du nerf facial	32
Figure 3 – Paralyse faciale flasque	33
Figure 4 - Syncinésie de l'œil gauche pendant le sourire	38
Figure 5 – Modèle théorique du MEPP	68
Figure 6 – Interface du <i>MEPP-website</i>	70
Figure 7 – Composantes du MeCUE.....	72
Figure 8 – Individual changes in FNGS 2.0 global scores over the 6-month study period, according to treatment group, for the complete cohort (A) and after stratification (B).	85
Figure 9 – Individual changes in Sunnybrook (SB) global scores over the 6-month study period, according to treatment group, for the complete cohort (A) and after stratification (B).	86
Figure 10 – Individual changes in FNGS 2.0 and Sunnybrook (SB) synkinesis scores over the 6-month study period, according to treatment group, for the complete cohort (A) and after stratification (B).....	87
Figure 11 – CONSORT 2010 Flow Diagram of this controlled randomized longitudinal trial	105
Figure 12 – Longitudinal changes in A) median FNGS 2.0 and B) Sunnybrook (SB) synkinesis scores, according to the treatment group for the complete cohort (n = 40)	110
Figure 13 – Longitudinal changes of quality of life and functional impacts measured with Face-F for each group (n = 26).....	128
Figure 14 – Perceived intelligibility as rated by native French naïve judges on French speakers with BP (n = 25) during the flaccid and the synkinetic phases. Time effect is significant (F = 12.248; p = 0.002 but without a group effect (F = 0.008; p = 0.93).	130
Figure 15 – Design of the study	140
Figure 16 – Example of the facial mirroring system for Webcamtoy© (A) and MEPP-website (B).	142
Figure 17 – Patients (A) and clinicians (B) results to the modified MeCUE questionnaire for usefulness, intention to use and overall evaluation for both websites”. The box plots are the first	

and third quartiles, the whiskers are the maximum and minimum non-remote values, the dots are extreme values and the red crosses are the means147

Figure 18 – Manque de stabilité du visage avec MEPP-website183

Figure 19 – Modèle analytique des composantes de l’expérience utilisateur185

Figure 20 – Différence entre le rendu du *MEPP-website* et celui du *MEPP-website 2.0*187

Liste des sigles et abréviations

PB: Paralyse de Bell

MEPP: Mirror Effect Plus Protocol

FaCE: Facial Clinimetric Evaluation

FaCE-F: Facial Clinimetric Evaluation – Français québécois

FDI: Facial Disability Index

FDI-F: Facial Disability Index – Français québécois

EnoG: électroneurographie

EMG: électromyographie

FNGS 2.0: Facial Nerve Grading System 2.0, également appelée House-Brackmann Grading System modifiée

SB: Sunnybrook Facial Grading System

NMR: Neuromuscular Retraining

KP: Knowledge of performance

KR: Knowledge of results

MeCUE: Modular Evaluation of Components of User Experience questionnaire

SD: standard deviation

ICC: Intraclass coefficient

MPO: Months Post-Onset

YPO: Year Post-Onset

Ode à mes enfants

Petits doigts de fée

Forts et doux

Fragiles et agiles

Maladroits et naïfs

Explorant et découvrant

Candeur et fraîcheur

Amour

Déchirant

Ressourçant

Inquiétant et apaisant

Merci d'être dans ma vie

Merci de me lier, à jamais, à lui

(Octobre 2019)

Remerciements

Le projet de cette thèse a germé dans mon esprit au moment même où grandissait dans mon ventre mon premier enfant. Cette aventure du doctorat revêt donc une signification particulière pour moi, puisqu'elle a débuté en même temps que les plus grands changements de ma vie : ceux de devenir nouvellement maman. Le doctorat m'a donc accompagnée, au quotidien, comme un vieil ami, dans cette nouvelle vie. Je n'aurais jamais pu anticiper ce que représentait cette aventure! Malgré ces changements, et malgré les bouleversements de la pandémie, mon aventure s'est néanmoins poursuivie. Au moment de tourner la page sur cette aventure doctorale, je m'ouvre à une nouvelle transition. J'inspire, et, à nouveau, je me laisse transporter par la vague d'inconnu devant moi, qui, j'en suis persuadée, me réservera d'aussi jolies surprises que la précédente...

Et cette aventure doctorale... Quelle aventure ce fût!

Merci à toi, Karine, d'avoir sauté dans l'aventure avec moi. On se connaissait peu, et du jour au lendemain, nos vies professionnelles se sont entremêlées. Je pense que je n'aurais pas pu avoir une meilleure professeure et directrice pour beaucoup d'aspects! Tes conseils, ta disponibilité, ta patience, ta pragmatique mais aussi le chemin commun parcouru à tes côtés : tout cela a été très précieux pour mon évolution dans le monde académique. Tu m'as appris beaucoup de choses qui m'ont permis d'avancer et de mener à termes cette belle épreuve d'endurance qu'est le doctorat. Pour tout cela, je te remercie infiniment.

Merci à toi, Akram, d'avoir été l'étincelle qui a fait germer ma passion pour la paralysie faciale. Ce projet né de notre collaboration m'a nourrie et passionnée, et je te suis très reconnaissante pour ton accompagnement, tes conseils, tous nos projets, et l'évolution professionnelle et intellectuelle que tu m'as aidé à opérer. Tu ne le sais probablement pas assez, mais ta contribution comme co-directeur m'a vraiment aidé à continuer, dans des moments où c'était moins évident.

À Anne-Marie Chouinard, merci d'avoir été présente dans ce projet! Ta contribution a été grande, ton aide rassurante, ta confiance très appréciée. À Marie Julien, merci pour tes sages conseils,

ton support, ton aide et longue vie à tous nos autres projets! À Khawla Karra, merci de ta participation essentielle, et merci de m'avoir fait confiance pour notre autre projet! À Pier-Luc Beaudoin, merci de ton énergie et de tout ce que tu apporteras dans le futur du MEPP! À Sami Moubayed, merci pour les superbes collaborations, les discussions, le professionnalisme, et cela, toujours dans un immense respect empreint d'admiration (ce que ça fait du bien!). À Camille Rivest, merci pour ton apport et merci pour ce que tu m'as permis d'apprendre. À Ariane Poulin, Stéphanie Des Ormeaux, Nadim L. Sady, Laurence Gascon : sans vous, ce projet n'aurait pas la qualité qu'il a aujourd'hui.

Merci à Michèle Masson-Trottier pour une présence amicale depuis les débuts. Merci à Alberto Osa Garcia et Amélie Brisebois pour les séances de travail commun, les échanges et les coups de pouce! Merci à vous tous, mes collègues, médecins, orthophonistes, comparses étudiant.es du doctorat, mentor.es et collaborateur.es, étudiants, qui m'ont apporté soutien, aide, conseils.

Un grand merci du fond du cœur et rempli de solidarité à tous nos extraordinaires patients et à leurs familles, sans qui ces projets cliniques ne voudraient rien dire, et ne seraient tout simplement pas possibles....

Mais aussi... Merci à toute ma famille. Merci à Isabelle et Anne-Marie de m'avoir écoutée, épaulée, encouragée. Un merci vraiment spécial à Marie et Alain : sans vous, cette thèse n'aurait jamais pu être terminée. Votre support a été inestimable. Merci à papa et maman, pour votre support, votre aide, votre écoute, votre présence... Je vous aime du plus profond de mon cœur!

Et surtout... Merci à toi Xavier. Merci car si tu n'étais pas là, je ne serais pas la personne que je suis. Tu mets sans cesse du soleil dans ma vie. Merci à toi Émile. Merci car tu rends ma vie plus douce, plus belle, et je ne peux plus m'imaginer une vie sans toi.

Simon... Tu es le pilier qui m'a permis d'avancer. Tu es l'amour qui a su me combler. Tu es le cœur, la présence qui a su m'apaiser. Tu es le regard qui m'a permis de continuer. Tu es la force tranquille qui a su m'épauler. Tu es toute ma vie et jamais je ne te le dirai assez. Je t'aime.

AVANT-PROPOS

Le projet de cette thèse est né de questionnements issus de la pratique orthophonique en milieu hospitalier au Québec. Cette thèse vise à récolter des données sur la rééducation faciale de la paralysie de Bell modérée-à-sévère, sévère et totale en phase aiguë, puisqu'il n'existe pas de ligne directrice claire pour guider les professionnels de la santé concernant les références en rééducation faciale pour ces patients. L'hétérogénéité de la prise en charge qui en résulte est impressionnante, et cette thèse se voulait un effort pour contribuer à orienter les cliniciens vers une pratique plus ciblée. Cette étude a aussi été réalisée dans un esprit de conciliation et de rapprochement entre la recherche et la clinique. La réalité des ressources limitées du système de santé, ainsi que le désir de générer des savoirs et des outils qui seraient facilement transférés et utilisés par les professionnels de la santé, ont fait office de trame de fond. Ils ont ainsi souvent guidé les choix réalisés. Cette thèse couvre donc deux volets.

Le premier volet a eu pour objectif de documenter si une rééducation faciale nommée Mirror Effect Plus Protocol (MEPP), et débutant dans les 14 premiers jours de la PB, permettrait de réduire les séquelles potentielles de la phase chronique. Tout au long de l'étude, une attention particulière a été portée sur la distinction entre les phases *aiguë* et *chronique* de la paralysie de Bell, bien qu'il n'existe pas de consensus absolu concernant la définition de ces deux phases. Cette distinction a cependant été mise de l'avant, vu les différences cliniques importantes entre ces deux phases, et vu les effets de la première sur la deuxième. L'aspect longitudinal du suivi des participants sur un an constitue une des forces majeures de cette thèse, qui a encore été très peu étudié dans la littérature sur le sujet.

Le deuxième volet de cette thèse a émergé en tenant compte de la perspective des patients et de l'adoption de l'approche patient-partenaire. Il a eu pour objectif de créer et d'étudier un outil web clinique spécialisé et innovant, qui faciliterait le processus thérapeutique de la rééducation faciale, à la fois pour les patients, mais aussi pour les thérapeutes qui travaillent avec ces patients. Afin de s'assurer que les milieux cliniques s'approprieraient réellement l'outil web développé, son

appréciation et ses impacts sur l'expérience utilisateurs de nos partenaires cliniciens et patients ont donc été étudiés.

La présente thèse est organisée en trois sections, soit une introduction, la présentation des études réalisées, et une synthèse des résultats obtenus en regard de données de la littérature. Les limites de la thèse et les perspectives de recherche sont aussi abordées dans cette dernière section.

Plus spécifiquement, dans l'introduction, la paralysie de Bell et son évolution sont abordées. Ensuite, les différents angles d'approches nécessaires à une analyse complète de la PB sont introduits. L'état des lieux de la littérature permet de présenter les manifestations et les impacts de la PB en phase aiguë, puis chronique, en considérant différents angles. Ensuite, une révision des différents outils propres à son évaluation est réalisée. De plus, la première partie contient une analyse des approches et concepts importants dans la rééducation faciale. Finalement, les considérations théoriques et pratiques, ainsi que les étapes ayant mené à l'élaboration de l'approche d'intervention spécifiquement à l'étude, le *Mirror Effect Plus Protocol* (MEPP), sont décrites.

Dans la deuxième partie de ce travail, les trois études qui couvrent les deux volets de cette thèse sont présentées. La **première étude** vise à fournir des données préliminaires sur les effets à moyen terme (à 6 mois) du MEPP sur la symétrie faciale et le développement des syncinésies. Chez les patients atteints de paralysie de Bell sévère, la période avoisinant les 6 mois après l'apparition des symptômes constitue un moment transitoire entre la phase aiguë et la phase chronique. Cette première étude permet donc d'analyser la progression du patient alors que la régénération nerveuse accrue s'est stabilisée, et que le visage évolue plus lentement. La **deuxième étude** rapporte les effets à longs termes du MEPP chez les patients, un an après l'apparition de leurs symptômes. Il s'agit d'une étude qui valide jusqu'à quel point les interventions réalisées en phase aiguë se sont transférées à la phase chronique, ce qui est d'une importance capitale pour le bien-être des patients. Concrètement, elle permet d'analyser les effets à longs termes du MEPP sur la symétrie faciale, sur les syncinésies, sur les impacts fonctionnels et la qualité de vie tel que rapporté par les patients, ainsi que sur l'intelligibilité

perçue des patients par des juges naïfs. Finalement, la **troisième étude** rapporte le développement d'un outil web d'intervention, spécifiquement conçue pour accompagner le MEPP et qui s'appelle le *MEPP-website*. On y analyse l'expérience utilisateur d'un sous-groupe de patients et de cliniciens intervenant en paralysie de faciale. L'expérience utilisateur avec cet outil est comparée avec celle d'un site web générique nommé *Webcamtoy*®. De plus, l'adhérence des patients au MEPP a été observée via une fonctionnalité du *MEPP-website*. Cet outil développé pour une utilisation ouverte (*open-source*) et gratuite se veut un instrument de transfert de connaissances, qui permettra une utilisation clinique concrète et facilitée du MEPP.

Finalement, la dernière section résume les résultats principaux de la présente thèse et les discute en regard des données actuellement disponibles. Elle revient sur les contributions scientifiques et les connaissances générées par les différentes études constituant la thèse. De plus, les limites de ce travail sont abordées et des pistes de réflexion quant aux avenues futures en recherche sont proposées.

1. INTRODUCTION

1.1 La paralysie de Bell

De toutes les paralysies faciales périphériques, la paralysie de Bell est la plus fréquente, affligeant 40 000 nouvelles personnes chaque année (Warner et Dulebohn, 2020). Elle touche de façon non-préférentielle les hommes et les femmes, de toutes origines ethniques, et peut se déclarer à tout âge, avec une incidence plus élevée chez les 40 à 60 ans (Warner et Dulebohn, 2020). Les facteurs de risques associées à son apparition sont : l'hypertension, le diabète, l'obésité, la prééclampsie, ainsi que la grossesse (Warner et Dulebohn, 2020). Dans les dernières années, plusieurs recherches supportent l'hypothèse d'une étiologie virale de la paralysie de Bell (Slattery et Azizzadeh, 2014). En effet, cette paralysie semble causée par le virus herpès simplex 1 (VHS-1), très commun dans la petite enfance, qui serait en dormance dans le ganglion géniculé. La réactivation de ce virus causerait une neuropathie du nerf facial, qui infecterait alors les cellules de Schwann, à quelque part sur le trajet du nerf facial, depuis son noyau dans le ganglion géniculé, jusqu'à ses branches plus distales (Murakami et al., 1996).

Ce n'est que récemment que le mécanisme exact d'activation de la PB a été reproduit, et plusieurs questions demeurent en suspens. Murakami et al. (1996) ont réussi à retracer la route empruntée par le virus VHS-1, et à démontrer qu'alors qu'il est en libre circulation dans le ganglion géniculé, il doit entrer dans le nerf facial pour causer une paralysie. Pour sa part, Takahashi et al. (2001) ont réussi à démontrer que, bien que VHS-1 était réactivé dans le ganglion géniculé, il ne produisait pas nécessairement de paralysie faciale. Il semble donc que des particularités individuelles concernant les structures anatomiques, les propriétés et le canal du nerf facial puissent également jouer un rôle dans les degrés de manifestation de la paralysie de Bell. Puisque le nerf facial est l'un des plus complexes anatomo-physiologiquement parlant, son atteinte entraîne une myriade de problématiques, à la fois fonctionnelles, esthétiques et sociales (Slattery et Azizzadeh, 2014). En effet, la paralysie de Bell a des conséquences humaines dramatiques, vu le rôle primordial que joue le visage dans les interactions sociales, la transmission des émotions et la représentation identitaire des individus (Dey et al., 2014; Levine et al., 2005). La paralysie de

Bell entrave donc ces fonctions vitales et occasionnent de la détresse psychologique, de la dépression et de l'isolement social (Fu et al., 2011). Pour toutes ces raisons, il est impératif d'intervenir rapidement chez les gens qui en sont affectés, afin de les supporter et de soutenir leur récupération.

1.1.2 Évolution de la paralysie de Bell

L'évolution de la paralysie de Bell se fait de manière relativement prédictible. Initialement, une inflammation et un blocage nerveux provoquent une paralysie flasque complète ou partielle de l'hémiface ipsilatérale à la lésion avec absence ou réduction de la réponse motrice (Prud'hon et Kubis, 2018). Pour environ 70% à 85% des patients, cette phase ne dure que de 10 à 21 jours, et la résolution est complète et spontanée. On parle alors d'une blessure nerveuse transitoire dite « neuropraxique », où l'intégrité du nerf n'est pas compromise (Prud'hon et Kubis, 2018; Sittel et Stennert, 2001). Pour les 25 à 30% restants, l'inflammation et la flaccidité associée dure plus longtemps, ce qui inflige au nerf facial une blessure plus ou moins importante, en fonction de la durée et de la sévérité inflammatoire (McCaul et al., 2014). Dans ces cas, une blessure de type axonotmèse pourrait se produire, ce qui occasionne une altération de la gaine de myéline ou de l'axone, nommée dégénération wallérienne (Cronin et Steenerson, 2003). Une régénération est alors attendue dans les 3 à 12 semaines suivant l'apparition des symptômes, tel qu'illustré à la Figure 1. À la suite d'une blessure de type axonotmèse, la régénération permet d'obtenir un retour de la fonction musculaire, mais avec de forts risques de séquelles persistantes (Cronin et Steenerson, 2003). Dans les cas les plus sévères, on assiste plutôt à une neurotmèse, où il y a également altération de la gaine périneurale du motoneurone, avec des séquelles plus importantes. En effet, lorsque la régénération débute, dans les 2 à 4 mois suivant l'apparition des symptômes, les nouveaux axones se développent de façon aberrante, ce qui augmente fortement les chances de co-contractions, de syncinésies et d'hypertonie, que nous aborderons dans la section suivante. Ce sont donc les patients chez qui on observe une axonotmèse et une neurotmèse qui constituent les 25 à 30% de cas de PB sévère avec risques de séquelles. Cependant, il est actuellement majoritairement impossible d'identifier ces cas en clinique, et il est même impossible de les identifier adéquatement au moment de l'apparition des symptômes, alors que les patients consultent en urgence (Slattery et Azizzadeh, 2014). En effet, pour

départager les cas de neuropraxie de ceux d'axonotmèse et de neurotmèse, il faut passer des tests instrumentaux, tels que l'électromyographie (EMG) ou l'électroneurographie (EnoG), qui seront abordés plus tard. Ces tests ne sont cependant pas valides dans les premiers jours de la PB, au moment de la consultation initiale, puisque les propriétés électriques neuromusculaires sont conservées pendant quelques jours après l'apparition des symptômes (Slattery et Azizzadeh, 2014). De plus, vu le temps, l'expertise et les ressources requis par ces tests, ils ne sont pratiquement jamais faits en clinique.

Figure 1 - Blessure axonale et régénération nerveuse

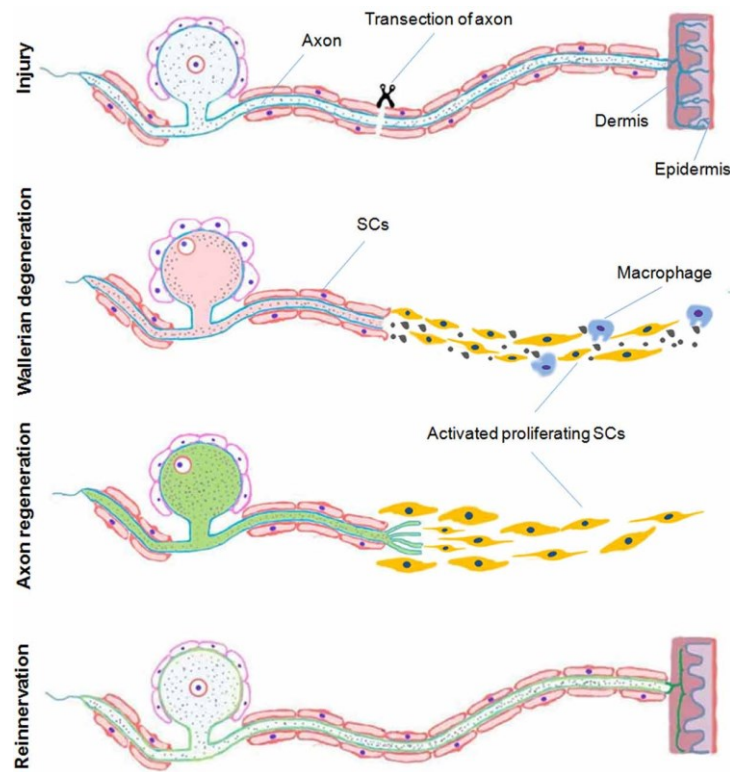


Image tirée de : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncel.2019.00128/full>

Duraikannu A, Krishnan A, Chandrasekhar A and Zochodne DW (2019) Beyond Trophic Factors: Exploiting the Intrinsic Regenerative Properties of Adult Neurons. *Front. Cell. Neurosci.* 13:128. doi: 10.3389/fncel.2019.00128

Copyright © 2019 Duraikannu, Krishnan, Chandrasekhar and Zochodne. La reproduction de cette image est possible par la licence CC BY

Malgré tout, de nombreuses évidences supportent l'idée qu'il faut intervenir rapidement et de manière interdisciplinaire, pour identifier, suivre et supporter cliniquement les patients atteints de paralysie de Bell *sévère* qui seraient à risques de souffrir de séquelles permanentes (Adhikari et al., 2020; Ferreira et al., 2015; Fujiwara et al., 2018; Khedr et al., 2018; Klingner et al., 2014). Qu'il s'agisse en effet de traitements pharmaceutiques ou de rééducations faciales, plusieurs données récentes convergent vers l'idée que des interventions dès les premiers jours de la phase aigüe de paralysie de Bell auront des impacts bénéfiques sur les séquelles (syncinésies, douleurs faciales, hémispasme, hypertonie, etc.) qui se développeront potentiellement en phase chronique (de Almeida et al., 2014a; Gagyor et al., 2019; Klingner et al., 2014; Nicastri et al., 2013). Bien qu'il n'existe pas de consensus absolu sur la définition et la durée de la phase aigüe par rapport à la phase chronique, la phase aigüe réfère généralement à la période s'étendant de l'apparition des symptômes jusqu'au moment où il y a régénération (3-4 mois après l'apparition des symptômes), alors que la phase chronique débute, selon les études, entre 6 et 9 mois après l'apparition des symptômes (Beurskens et Heymans, 2006; Nicastri et al., 2013). Certains auteurs appliquent une division plus fine des phases d'évolution de la PB, qui tient compte de la symptomatologie, c'est-à-dire la période de flaccidité, de parésie et de syncinésies (Lindsay et al., 2010). Cependant, ces phases présentent une plus grande variabilité inter-individuelle.

RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 1 :

En résumé, il a été vu dans cette section que la PB est une pathologie fréquente, qui affecte l'hémiface complète du visage. Elle serait causée par le virus VHS-1 qui se réactive dans le ganglion géniculé. De nombreux facteurs individuels entrent en compte dans la sévérité et l'évolution de la PB. Cependant, la majorité des patients atteints de PB ne souffrent que d'une blessure nerveuse neuropraxique et voient leur PB se résorber rapidement. Chez les patients souffrant de PB sévère, et dont la blessure nerveuse est de type axonotmésis ou neurotmésis, des séquelles sont à prévoir. Malgré les difficultés à identifier ces patients précocement, de nombreuses données démontrent qu'il importe d'intervenir rapidement pour réduire les séquelles permanentes de ces patients.

1.2 Manifestations en phase aigüe

Nous aborderons ici les manifestations cliniques anatomiques, fonctionnelles et psychologiques en phase aigüe de Paralyse de Bell. De plus, les effets de la PB sur l'organisation corticale, tel qu'étudié en imagerie cérébrale, seront rapportés. Avant de commencer, il importe de se rappeler que puisque cette paralysie faciale affecte l'hémiface complète, tous les cadrans du visage sont touchés, à différents degrés. En effet, la paralysie de Bell est une paralysie faciale périphérique, dont la lésion se situe sur le trajet du nerf facial, entre le noyau facial et les branches distales (Prud'hon et Kubis, 2018), tel qu'illustré à la Figure 2. Cela fait en sorte que toutes les efférences motrices des branches faciales se trouvent affectées. C'est aussi ce qui la distingue d'une paralysie faciale d'origine centrale, qui affecte généralement seulement le tiers inférieur du visage, puisque les branches du cadran supérieur continuent de bénéficier de l'influx nerveux efférent controlatéral, qui est généralement préservé.

Figure 2 – Trajet du nerf facial

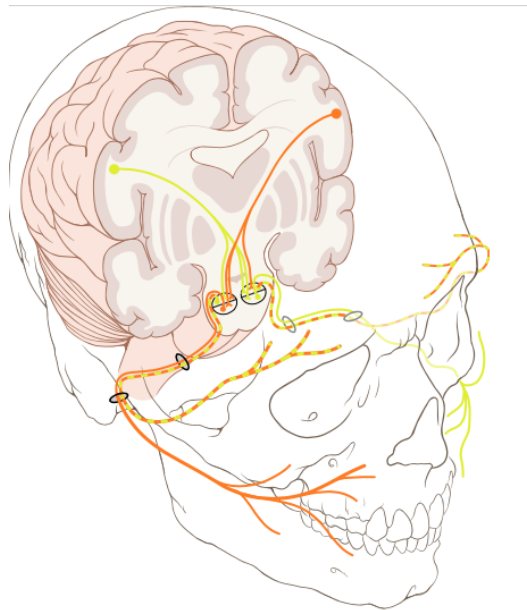


Image tirée de: https://en.wikipedia.org/wiki/Facial_nerve#/media/File:Cranial_nerve_VII.svg

Copyright © 2006 Patrick J. Lynch, medical illustrator - Patrick J. Lynch, medical illustrator. La reproduction de cette image est possible par la licence CC BY

1.2.1 Manifestations cliniques anatomiques

En phase aigüe de la paralysie de Bell, au niveau du tier supérieur, il est souvent possible d'observer une *ptose*, c'est-à-dire un affaissement du sourcil (Prud'hon et Kubis, 2018). On peut aussi observer un élargissement palpébral, qui constitue un agrandissement de l'espace entre les paupières. Un ectropion de la paupière inférieure, qui est renversement de la paupière vers l'extérieur peut aussi être observé (Prud'hon et Kubis, 2018). La fermeture de la paupière étant incomplète (lagophtalmie), il est possible d'observer le phénomène de Bell, qui consiste en un mouvement du globe oculaire vers le haut, au moment de la fermeture de la paupière par le muscle orbiculaire de l'œil. À noter que les mouvements des globes oculaires, bien que coordonnés en même temps que la fermeture des paupières, ne sont pas provoqués par l'activation du nerf facial, mais bien par celui du nerf oculomoteur. Concernant le tier médian, il est fréquent de constater un effacement du pli nasogénien, un affaissement de la narine ainsi qu'une joue flasque. Pour le tier inférieur, on observe d'abord souvent une déviation du philtrum vers le côté sain au repos, avec un affaissement de la commissure labiale (McCaul et al., 2014; Prud'hon et Kubis, 2018). En somme, la phase aigüe est caractérisée par une atteinte hémifaciale flasque, hypotonique et avec réduction des mouvements, tel que présenté à la Figure 3.

Figure 3 – Paralysie faciale flasque

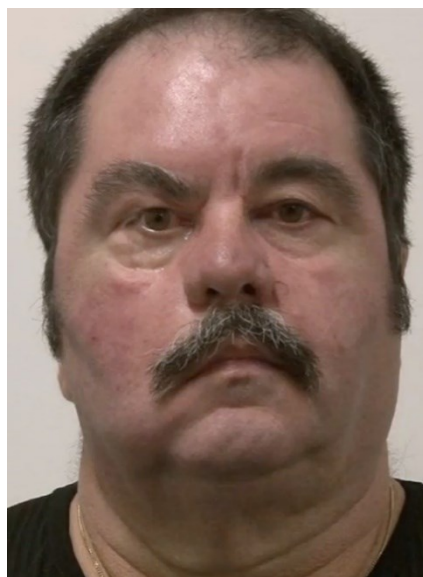


Image publiée avec l'autorisation écrite du patient

1.2.2 Manifestations fonctionnelles et psychologiques

L'évaluation fonctionnelle et psychologique de la PB revêt une grande importance en phase aiguë, puisque les patients doivent s'adapter à une nouvelle réalité et qu'ils réalisent le grand écart entre leur capacité faciale avant et après la paralysie (Kahn et al., 2001). Cependant, des données contradictoires existent concernant l'adéquation entre le degré de sévérité objectif de la PB aiguë et le degré de difficulté fonctionnelle, sociale et psychologique. Kahn *et al.* (2001) mentionnent que le patient atteint d'une paralysie faciale *aigüe* comparera ses habiletés de déglutition, parole et socialisation à ce qu'elles étaient *avant* son atteinte faciale. Ainsi, son degré d'incapacité fonctionnelle et sociale s'accordera avec la sévérité de sa paralysie. Certains auteurs affirment cependant que le degré de sévérité de la paralysie faciale n'est pas directement en lien avec le degré de difficultés fonctionnelles ou le niveau de détresse psychologique ressentie par les patients, même en phase aiguë (Cross, Sheard, Garrud, Nikolopoulos, & O'Donoghue, 2000; Lee, Fung, Lownie, & Parnes, 2007). Cela pourrait signifier qu'un patient ayant une PB aiguë relativement peu sévère pourrait tout de même vivre de grandes difficultés fonctionnelles. À cet effet, des auteurs ont étudié les déficits fonctionnels auto-rapportés chez 256 patients lors d'une évaluation initiale en clinique (Volk et al., 2017). Quarante-cinq pourcent (45%) de ces patients étaient atteints de paralysie de Bell, et le tiers de ces patients étaient en phase aiguë de paralysie faciale de causes variées. Ils ont découvert que les patients présentaient d'importants déficits dans divers domaines fonctionnels, tels que la fonction orale (capacité à conserver les aliments dans la bouche, à bien boire, bien articuler) et la fonction sociale (sorties entre amis, sentir que les autres me regardent différemment, etc.), et que ces déficits ne s'expliquaient pas uniquement par la sévérité du déficit moteur. D'autres facteurs tels que l'âge, le sexe ou les comorbidités semblaient entrer en jeu. Cette étude corrobore donc le résultat d'une étude précédente (Kleiss et al., 2015), selon laquelle des déficits fonctionnels importants sont présents chez les patients en phase aiguë de paralysie de Bell, et qu'ils transcendent la sévérité motrice de la paralysie à proprement parler. Cependant, toujours selon cette dernière étude, la persistance des symptômes faciaux tend à prédire une détérioration de la fonction sociale, tout particulièrement de l'isolement social. de Swart et al. (2003) ont étudié rétrospectivement les difficultés fonctionnelles et aiguës de la déglutition chez 17 patients avec paralysie faciale périphérique, à

l'aide d'un questionnaire rempli par le patient. La majorité d'entre eux (14 sur 17) a indiqué qu'ils présentaient un ou des problèmes de déglutition (scellement labial, résidus dans la bouche, salive, toux, etc.) en phase aiguë, et que ces problèmes diminuaient de plus de 50% avec le temps, sans toutefois nécessairement corrélés avec le degré de changement dans la sévérité des déficits. Bien que cette étude soit rétrospective, elle confirme la présence de déficits fonctionnels sur le plan de la déglutition chez les patients atteints de paralysie aiguë, qui ne s'expliquent pas uniquement par le degré de sévérité des symptômes physiques.

Bien que les effets délétères de la paralysie faciale en général sur la santé psychologique et mentale des patients soient largement reconnus et documentés (Dey et al., 2015; Fu et al., 2011; Levine et al., 2005; VanSwearingen et al., 1998), les données spécifiques à propos de la phase aiguë de la paralysie de Bell sont plus rares. Deux résumés (*abstracts*) ont été trouvés sur le sujet (études non-disponibles) (Arslan et al., 2018; Yoo et al., 2009). Globalement, ces deux résumés rapportent une incidence élevée de symptômes dépressifs (légers à modérés) et d'anxiété dans les 2 premières semaines après l'apparition des symptômes, toute sévérité de PB confondue. Une amélioration progressive des symptômes de dépression et d'anxiété rapportés est observée à mesure que les symptômes moteurs se dissipent. Par ailleurs, Arslan et al. (2018) rapportent une différence significative entre les scores de l'inventaire Beck pour la dépression et l'anxiété entre le moment de la consultation initiale à l'urgence, et à la suite de la prise de médication. Ces résumés semblent donc démontrer que des symptômes faciaux récents et potentiellement peu sévères ont déjà un impact significatif sur la santé mentale des patients qui en souffrent.

1.2.3 Manifestations corticales

Différentes études de neuroimagerie ont démontré que la BP cause des changements neuroanatomiques significatifs dans les aires sensorimotrices associatives, et ce, dès les premiers jours après l'apparition des symptômes (Klingner et al., 2012; Klingner et al., 2014). Il s'agit donc de manifestations aiguës très précoces. Ces changements rapides suggèrent que les modifications corticales en cause dans la PB sont le résultat d'une discordance entre les efférences motrices préservées, et les afférences sensorielles affectées (Klingner et al., 2014). Ils suggèrent également qu'une modification cérébrale s'opère même en l'absence de toute lésion corticale, contrairement à des paralysies faciales d'origine centrale (Klingner et al., 2014). Le mécanisme à

l'œuvre serait le suivant : le blocage causé par la PB empêche le signal nerveux efférent d'activer les muscles. Le signal afférent envoyé au cerveau indique alors une immobilité musculaire. Ce message d'immobilité est détecté par le cortex sensoriel, ce qui provoque une incongruence sensori-motrice entre le plan moteur activé et la réponse enregistrée (Song et al., 2017). En plus, il a déjà été démontré qu'une neuroplasticité du visage dans l'aire motrice primaire (M1) se produit rapidement après une altération périphérique, modifiant la grosseur des représentations oro-faciales (Sessle et al., 2007). Chez l'animal, le sectionnement du nerf facial, qui alimente les commandes motrices des muscles vibrisses (muscles des moustaches chez le chat par exemple), entraîne une réduction de la représentation de ces muscles et une expansion de la représentation adjacente du membre antérieur (Chen et al., 2002; Franchi, 2001; Sessle et al., 2007). L'hypothèse proposée est que ces changements reflètent probablement l'habileté adaptative du visage dans M1, qui essaie de s'ajuster à l'altération périphérique (Sessle et al., 2007). M1 et l'aire motrice supplémentaire sont des structures corticales reconnues pour desservir les fonctions motrices faciales, car il a été démontré qu'elles envoient des projections corticobulbaires directes au noyau facial moteur (Hu et al., 2015). Le système semble donc répondre à une nouvelle relation, entre un mouvement connu et un nouveau but spatio-temporal, causé par une condition altérée (Kitago et Krakauer, 2013). Cette adaptation motrice est décrite par certains auteurs comme un processus implicite et à court terme, qui se produit relativement rapidement, qui vise la réduction des erreurs, et qui pourrait devenir apprise (Kitago et Krakauer, 2013). La rapidité à laquelle ces changements s'opèrent suggèrent également qu'une intervention rapide est souhaitable (Barbara et al., 2010; Monini et al., 2016).

RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 2:

Dans cette section, il a été vu que les manifestations cliniques anatomiques de la phase aigüe de la paralysie de Bell sont généralement caractérisées par une flaccidité et un manque d'amplitude des mouvements. Des manifestations fonctionnelles, tels que des difficultés de scellement labial ou une diminution de la précision articulatoire, sont aussi rapportées par les patients. Sur le plan psychologique, les patients atteints de PB démontrent rapidement des symptômes d'anxiété et de dépression. Malgré certaines données contradictoires, les difficultés fonctionnelles et psychologiques semblent transcender la sévérité des symptômes physiques. Cela fait en sorte

que des patients ayant objectivement une PB dite récente et peu sévère pourraient tout de même vivre de grandes situations de handicaps. Sur le plan des manifestations corticales, la discordance sensori-motrice causée par la PB semble provoquer une réorganisation cérébrale très précoce.

1.3 Manifestations de la phase chronique

1.3.1 Manifestations cliniques anatomiques

Il n'existe pas de consensus absolu quant au moment où commence la phase chronique de la paralysie de Bell. Cependant, certains auteurs affirment que cette phase débiterait entre le 6^e et le 9^e mois après l'apparition des symptômes (Beurskens et Heymans, 2006; de Almeida et al., 2014a; Kwon et al., 2015). Dans le cas d'absence totale de réinnervation, la PB demeure flasque en phase chronique, mais cela est très rare. Le plus souvent, il est possible d'observer une accentuation du pli nasogénien avec une joue hypertonique. En effet, l'affaissement de la commissure labiale observée en phase aiguë évolue chroniquement vers une rétraction de la commissure parétique, puisque l'hémiface devient progressivement spastique. Il est également possible d'observer chez certains patients la présence d'un hémispasme, et de syncinésies. Les syncinésies sont une synchronisation anormale des mouvements faciaux, où des muscles autres que ceux ciblés se contractent en même temps que la réalisation d'un patron moteur volontaire, causant une expression faciale distordue (Kasahara et al., 2017). Cette évolution inévitable vers l'hypertonie et la spasticité en chronique doit toujours guider les choix thérapeutiques de la phase aiguë. Elle est secondaire à une réinnervation excessive et « mésadaptée », où les nouveaux axones ne rejoignent pas leur tube neural original et où les repousses aberrantes et trop nombreuses font en sorte que plusieurs motoneurons réinnervent une plaque motrice, ce qui contribue à une « surcharge motrice » (Angelov et al., 2007).

Les syncinésies faciales sont parmi les conséquences les plus invalidantes de la paralysie faciale périphérique chronique. L'incidence réelle des syncinésies est inconnue, mais certaines études estiment que de 9 à 55% de ces patients en développent (Lapidus et al., 2020), ce qui constitue un éventail très large. Les syncinésies ont de nombreux effets délétères au niveau fonctionnel et esthétique, puisqu'elles entravent de nombreuses activités quotidiennes, tel que manger, parler, et sourire (Mehta et al., 2007). Trois mécanismes potentiels de développement des syncinésies

sont généralement décrits par Kleiss et al. (2016) : soit par transmission éphaptique entre nerfs adjacents dans un contexte de perte de myéline; soit dû à des changements topographiques dans le noyau facial, ou soit en lien avec une régénération aberrante des fibres nerveuses (repousses collatérales). Le dernier mécanisme est celui qui est le plus souvent rapporté dans la littérature. On peut observer à la Figure 4 un exemple de syncinésie de l'œil gauche pendant le sourire.

Figure 4 - Syncinésie de l'œil gauche pendant le sourire



Image publiée avec l'autorisation écrite du patient

1.3.2 Manifestations fonctionnelles et psychologiques

On rapporte que les patients atteints de paralysie faciale chronique sont significativement différents des contrôles concernant leur fonction orale, tel que mesuré par le scellement labial en mangeant, en buvant, en brossant les dents, et par la précision des sons en parlant (Kahn et al., 2001). Plusieurs patients ayant une paralysie faciale depuis longtemps disent s'être adaptés à leurs situations de handicap et les avoir acceptées avec le temps (Kahn *et al.*, 2001; Marsk, Hammarstedt-Nordenvall, Engström, Jonsson, & Hultcrantz, 2013). Cela implique que chez

certain patients avec une paralysie de longue date, les effets fonctionnels à longs termes s'amoinissent (Marsk *et al.*, 2013). Le fait d'évaluer les impacts fonctionnels à multiples reprises de façon prospective peut aussi être un facteur qui amène les participants à améliorer leurs scores sur le plan fonctionnel et social, puisqu'ils ont une meilleure compréhension de la façon dont leurs difficultés évoluent avec le temps (Kahn *et al.*, 2001). Cependant, d'autres auteurs rapportent plutôt le contraire, et indiquent que les impacts d'ordre sociaux (isolement social, impression d'être différent) empirent, plus la durée de la paralysie augmente (Kleiss *et al.*, 2015; Volk *et al.*, 2017).

Le visage joue un rôle primordial dans les communications interpersonnelles et les expressions faciales sont d'une importance critique pour les fonctions socio-communicatives et la transmission des émotions (Coulson *et al.*, 2004). En phase chronique, la présence de syncinésie au niveau du visage est un facteur déterminant et majeur qui affecte les aspects fonctionnels du patient, particulièrement la communication non-verbale et la transmission des émotions (Fujiwara *et al.*, 2018). En effet, les émotions se transmettent par le visage via une contraction spécifique de certains muscles. Le déficit musculaire engendré par la paralysie de Bell et ses co-contractions parasites affectent la transmission des émotions. Afin de caractériser le degré d'habileté à transmettre 6 émotions de base (joie, dégoût surprise, frustration, tristesse et peur), Coulson *et al.* (2004) ont mesuré la symétrie faciale de 24 patients atteints de paralysie faciale modérée à totale depuis plus d'un an et l'efficacité auto-rapportée à transmettre ces émotions. Ils ont démontré une corrélation positive entre un score plus élevé de mouvements faciaux volontaires et l'efficacité à transmettre des émotions. De plus, ils ont démontré une interaction significative entre la fonction physique et la fonction sociale, en ce qui a trait à l'efficacité à transmettre les émotions. Autrement dit, les patients se disant peu efficaces à transmettre leurs émotions démontraient également une moins bonne fonction physique et sociale, établissant un lien entre le degré de paralysie faciale, la difficulté à transmettre les émotions, et les impacts sur le fonctionnement interpersonnel et social. Un autre résultat intéressant de cette étude concerne le fait que les syncinésies ont été décrites comme causant des problèmes majeurs lors de la transmission de la joie. Cela signifie qu'en présence de syncinésies, la transmission d'émotions

positives est affectée, ce qui interfère certainement avec la qualité des relations interpersonnelles.

En termes de santé mentale, il existe un grand nombre d'études qui a démontré que les patients avec atteintes faciales démontraient une diminution de leur estime d'eux-mêmes, tendaient à se voir comme étant moins désirables et étaient plus prédisposés à la dépression que des contrôles (Dey et al., 2014; Fu et al., 2011; Levine et al., 2005; Luijmes et al., 2017; Valente, 2009; VanSwearingen et al., 1998) . Dey et al. (2015) a également démontré que les patients avec lésions faciales devaient traiter avec le « coût social » des gens qui les regardent, puisque ces derniers avouent souvent se sentir moins confortables et avoir moins envie de discuter avec des gens dont la fonction faciale est altérée. Il n'est donc pas étonnant que certains auteurs mentionnent que le fait d'avoir une paralysie faciale depuis longtemps amène les patients à vivre de plus en plus d'isolement, et à être à risque de détresse psychologique (Kleiss et al., 2015; Volk et al., 2017)

1.3.3 Manifestations corticales

À notre connaissance, deux études se sont intéressées aux manifestations corticales en phase chronique de paralysie de Bell (Calistri et al., 2021; Klingner et al., 2012). La première est une étude de cas longitudinale sur une période d'une année, chez un patient pour qui on a étudié la connectivité fonctionnelle à 10 reprises (Klingner et al., 2012). Le problème majeur de cette étude est que le patient a bien récupéré, et ce, dès la phase aigüe (40 jours *post-onset*). L'étude ne permet donc pas de voir les changements corticaux qui pourraient s'opérer chez un patient présentant des séquelles chroniques. Quoiqu'il en soit, les auteurs rapportent un rétablissement de la connectivité fonctionnelle en cours de récupération, mais à des rythmes différents dépendamment des régions étudiées. L'amélioration la plus rapide a eu lieu dans l'aire motrice supplémentaire et le gyrus inférieur ventral précentral, et l'amélioration la plus lente a été observée dans l'insula gauche. Les auteurs rapportent que cette séquence suggère que des aires cérébrales opérant des fonctions de haut niveau s'ajustent plus lentement, mais finissent par atteindre un niveau stable juste avant une récupération fonctionnelle complète. Les auteurs mentionnent qu'il serait pertinent d'étudier si différentes valeurs de connectivité fonctionnelles sont reliées de manière causale à la sévérité initiale des symptômes et à la récupération de la fonction. Dans la très récente étude de Calistri et al. (2021), 24 patients atteints de PB et des 24

contrôles ont réalisé deux séances d'IRMf à 6 mois d'intervalle. Les auteurs ont observé une augmentation de l'activation du précunéus ipsilatéral, de l'insula et du gyrus supramarginal, qui corrélait avec la sévérité de la paralysie. Les auteurs affirment qu'il est concevable que chez les patients avec de plus grands degrés d'altération nerveuse, une plus grande activation des régions impliquées dans le contrôle moteur et la correction d'action soit observable. Il n'est cependant pas possible d'affirmer clairement si cette activation est le signe de la pathologie, ou le processus de réponse pour la corriger.

RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 3 :

Il a été vu que la phase chronique se caractérise surtout, anatomiquement parlant, par une spasticité du visage. Le développement des syncinésies en est une des manifestations invalidantes. En termes fonctionnels et psychologiques, les patients dont la PB est chronique éprouvent des difficultés dont les impacts s'amointrissent s'ils s'y adaptent, ou alors, dont les impacts empirent, vu leur persistance. La présence de syncinésies semble être un facteur déterminant qui influence la capacité à transmettre des émotions positives et qui influence la qualité des relations interpersonnelles. Les manifestations corticales de la PB s'amointrissent lorsque cette dernière s'estompe, mais demeurent élevées dans des zones d'intégration et de contrôle moteur lorsqu'elle demeure sévère.

1.4 Manifestations fonctionnelles objectives toutes phases confondues

Il a été vu précédemment que les manifestations cliniques différaient grandement entre les deux phases de la PB. Plusieurs études rapportées précédemment mentionnent également les déficits fonctionnels occasionnés par la PB dans les deux phases. Cependant, peu d'études mesurent objectivement les effets fonctionnels des paralysies faciales, incluant la paralysie de Bell. Il est entre autres fréquemment mentionné que la paralysie de Bell affecte la parole et la déglutition des patients (Gyori et al., 2018; Prud'hon et Kubis, 2018; VanSwearingen et Brach, 1996; Volk et al., 2017), mais la littérature mesurant concrètement l'intelligibilité de ces patients, ou s'attardant à décrire l'étendue et la nature exacte des déficits en déglutition est rare. Dans la plupart des cas, les difficultés de parole et de déglutition sont mesurées avec des questionnaires auto-rapportés, et traduisent donc plutôt les difficultés fonctionnelles ou sur la qualité de vie *perçues* par les

patients. Cet angle d'approche est important à considérer, mais fait en sorte que le portrait objectif et le degré exact de difficultés fonctionnelles en articulation ou en déglutition chez les patients avec paralysie périphérique demeure encore relativement imprécis à ce jour.

L'étude de Moverare (2017) semble être la seule réalisée à ce jour. Dans cette étude, les auteurs ont décrit, à l'aide de mesures objectives, les difficultés fonctionnelles rencontrées par 27 patients atteints de paralysie faciale périphérique d'origine diverse, dont 22 étaient atteints de PB (on ignore s'ils étaient en phase aiguë ou chronique), et dont le degré de sévérité en termes de symétrie faciale démontrait des atteintes au moins légères à modérées. Ils ont comparé les résultats de ces participants à des données normatives de tests standardisés mesurant la force labiale, pourcentage de consonnes correctes, pourcentage de mots correctement articulés et l'intelligibilité globale. Les performances des participants en parole ont été enregistrées et transcrites par deux juges indépendants. Des questionnaires auto-rapportés sur l'habileté perçue à communiquer, à manger et à contrôler la salive ont aussi été remplis par les participants. Parmi les 27 participants, 7 étaient des locuteurs bilingues dont la langue maternelle n'était pas le suédois, et ont donc été exclus du groupe pour les analyses de la parole. En regardant les résultats de parole qui excluent les patients bilingues, les patients atteints de paralysie faciale ne démontrent pas de différence significative entre les données normatives pour l'articulation en termes de pourcentage de mots corrects et d'intelligibilité. Cependant, une différence significative à $p=0,048$ en termes de pourcentage de consonnes correctes (plus précisément avec les consonnes labiales et le f) a été observée. De plus, l'ensemble de la cohorte se distingue des données normatives concernant la force labiale ($p=0,0001$). Concernant les résultats de l'étude pour les mesures auto-rapportées, les auteurs démontrent que de 30 à 80% des patients avec paralysie faciale rapportent des difficultés en parole. La grande majorité (80%) des patients rapportent des difficultés pour la production de sons spécifiques et difficiles à prononcer, alors qu'une minorité de patients rapportent des difficultés pour parler (30%) ou se faire comprendre sans répéter (35%). Près de la moitié (48%) d'entre eux disent rencontrer des difficultés objectives de contrôle salivaire ou à manger. Malgré ces difficultés rapportées, les participants affirment que leurs problèmes n'affectent pas leur participation sociale ou leurs habiletés de

communication perçue, et seulement 15% d'entre eux considèrent leurs difficultés à manger comme étant réellement problématique.

RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 4 :

À notre connaissance, une seule étude rapporte des mesures objectives de handicaps fonctionnels à la suite de la paralysie faciale, sans distinction de phase (aigüe ou chronique). Toutes les autres études analysées ne rapportent que des difficultés auto-rapportées. Il ressort de cette étude que les patients avec paralysie faciale (pas seulement avec PB, et dont on ignore la phase) ne diffèrent pas de la norme en termes d'intelligibilité et de mots correctement prononcés, mais légèrement en termes de consonnes correctes. Leur force labiale diffère cependant grandement de la norme. En général, ces patients ne semblaient pas être majoritairement affectés dans leur participation sociale, malgré leurs déficits.

1.5 Outils d'évaluation de la PB

Les bonnes pratiques avec l'évaluation des personnes atteintes de paralysies faciales périphériques dictent généralement qu'il faudrait évaluer plusieurs perspectives pour obtenir un portrait complet des impacts, de la sévérité et de l'évolution de la paralysie de Bell (Godoy et al., 2011). Les perspectives du clinicien et des patients seront abordées dans les sections suivantes. La perspective du clinicien est probablement la plus facile à considérer : d'emblée les cliniciens mesurent la sévérité de la paralysie faciale et son évolution. Pour ce faire, ils emploient des échelles subjectives de symétrie faciale ou alors des examens instrumentaux objectifs. Les outils les plus largement utilisés en clinique et dans la littérature seront abordés dans la section qui suit, ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs. En ce qui concerne la perspective des patients, celle-ci peut être mesurée à l'aide de questionnaires auto-rapportés. Les principaux questionnaires auto-rapportés seront également abordés dans la section suivante.

1.5.1 Perspective du clinicien

Examens instrumentaux

Tel que mentionné dans l'avant-propos, les examens instrumentaux permettent généralement de préciser le degré d'atteinte nerveuse des paralysies faciales ainsi que la sévérité de la lésion

nerveuse (neuropraxie vs axonotmésis et neurotmésis). Ganz et Mowry (2014) recommandent de faire passer aux patients des électromyographies (EMG) et des électroneurographies (EnoG) multiples, dans les 6 à 14 jours suivant l'apparition des symptômes, afin de bien identifier les patients à risque de développer les séquelles. En effet, dans les 3 à 5 premiers jours, ces tests ne sont pas valides puisque que la dégénération wallérienne n'a pas encore eu lieu. Or, c'est à ce moment que les patients consultent à l'urgence, ce qui complexifie la prise de mesure initiale. L'EnoG mesure les potentiels d'action d'un muscle par une stimulation supramaximale du nerf. Il faut placer une électrode de surface au foramen stylomastoïdien et une électrode aiguille dans un muscle du pli nasogénien. Une stimulation supramaximale est alors envoyée. L'amplitude et la latence du potentiel d'action musculaire composé sont alors enregistrées, ce qui permet de recueillir une information objective. L'amplitude des 2 côtés est comparée et cela donne un ratio qui corrèle en théorie avec le pourcentage de fibres dénervées. Donc, si on enregistre une réponse du côté paralysé qui est de 30%, par rapport à 100% au côté sain, cela voudrait dire que 70% des fibres serait dégradées. Cependant, l'EnoG démontre une grande variabilité test-retest et doit donc être reconduit quotidiennement jusqu'à une stabilité de la réponse. À partir du 6^e jour environ, les auteurs mentionnent que l'EMG devient un complément vital à l'EnoG, puisque 90% de dénervation à l'EnoG ne pourrait être causé que par une asynchronie de décharges de neurones neuropraxiques. L'EMG est utilisé pour enregistrer les potentiels d'action volontaires des muscles. Dans une blessure nerveuse, l'EMG pourrait démontrer une diminution du nombre d'unités motrices volontaires. L'absence de telles unités motrices à partir du 4^e à 6^e jour environ pourrait être un signe de dénervation, mais surtout, dans les 10 à 21 jours après la blessure, les unités motrices qui ne sont pas réinnervées vont développer des membranes instables qui vont démontrer des vagues positives de dépolarisation et des potentiels de fibrillation, qui constituent des signes de dénervation. Lorsque les 2 tests sont combinés et qu'on observe 90% et plus de dénervation à l'EnoG, *mais* avec des potentiels volontaires moteurs à l'EMG, le pronostic pourrait être excellent, car cela traduirait une diminution du blocage de conduction. Il faut donc avoir 90% de dénervation à l'EnoG avec une absence de potentiels d'action volontaires et présence de potentiels de fibrillation à l'EMG, et ce pendant plusieurs jours de suite, jusqu'à l'occurrence du

21^e jour après le début des symptômes pour conclure à une axonotmésis ou neurotmésis (on ne peut pas distinguer entre les 2).

L'utilisation des tests électrophysiologiques demeure donc marginale, et l'exception plus que la règle (Somasundara et Sullivan, 2017). Il est possible de lire sur le site de la Mayo Clinic: « There's no specific test for Bell's palsy. Your doctor will look at your face and ask you to move your facial muscles by closing your eyes, lifting your brow, showing your teeth and frowning, among other movements ». Peu de cliniques ont les ressources et l'expertise nécessaires pour conduire ces tests de manière à en tirer une information clinique valable qui justifierait l'investissement. Cela est d'autant plus vrai si l'on considère la quantité et la variabilité des résultats recueillis lors de ces tests électrodiagnostiques (Feinberg, 2006; Martin et al., 2002). De plus, les résultats changent généralement peu la conduite clinique en termes médicaux (de Almeida et al., 2014a; Heckmann et al., 2019). Du point de vue du patient, ces tests nécessitent de se déplacer quotidiennement pendant une longue période et sont également relativement invasifs, surtout dans le cas de l'EMG qui nécessite l'insertion d'aiguilles. Tous ces facteurs expliquent probablement que ces tests ne sont que peu conduits au Québec et à l'étranger chez la population avec paralysie faciale, et qu'ils ne sont pas non plus recommandés dans les lignes directrices médicales (de Almeida et al., 2014a; Heckmann et al., 2019). On peut lire dans Heckmann et al. (2019) : «If the clinical examination has been properly conducted and documented and the etiology has been reliably determined, with clear regression of the findings under appropriate treatment over the short term, no further neurophysiological testing is necessary.» Finalement, plusieurs études ont fait état d'une importante divergence entre les résultats obtenus à l'EnoG et les manifestations cliniques observées, compliquant de ce fait l'interprétation des résultats de ce test (Barbara et al., 2010; Feinberg, 2006; Sittel et Stennert, 2001).

Échelles de symétrie faciale

Les professionnels de la santé évaluent généralement le niveau de sévérité de la PB avec l'échelle *Facial Nerve Grading System 2.0* (FNGS 2.0), également appelée *House-Brackmann Grading System* modifiée (House & Brackmann, 1985; Vrabec et al., 2009) et l'échelle *Sunnybrook Facial Grading System* (SB) (Fattah et al., 2014; Ross, Fradet, & Nedzelski, 1996). Vous pouvez trouver à l'Annexe A - Échelle de symétrie faciale FNGS 2.0 et à l'Annexe B - Échelle de symétrie faciale

Sunnybrook. Elles évaluent la symétrie et la mobilité du visage ainsi que les syncinésies. L'utilisation très fréquente de ces échelles par les professionnels de la santé vient du fait qu'elles sont valides et fidèles (Fattah et al., 2014). L'échelle FNGS 2.0 est une échelle catégorielle à 6 niveaux. Un score de I représente une symétrie et une mobilité du visage normales alors qu'un score de VI signifie une paralysie totale. Pour ce qui est de l'échelle SB, les scores évoluent de façon continue, soit de 0% (paralysie totale) à 100% (symétrie et mobilité faciales normales). Bien que ces deux échelles soient les plus valides, elles n'évaluent que les symptômes sur le plan physique et ne tiennent pas compte des difficultés fonctionnelles et psychologiques rencontrées par les patients (Györi et al., 2018; Movérare, Lohmander, Hultcrantz, & Sjögreen, 2017).

Des études relativement récentes, dont une étude prospective de grande envergure menée auprès de 679 adultes en 2014, ont démontré que le degré de sévérité de symétrie faciale à une semaine de l'apparition des symptômes corrélait significativement avec la non-récupération de la PB à 6 mois, alors que ce n'était pas le cas pour les variables de l'âge, du sexe, du côté de la paralysie, du diabète et de l'hypertension (Fujiwara et al., 2014; McCaul et al., 2014). Une étude menée par Mancini et al. (2014) confirme qu'un score élevé sur l'échelle FNGS 2.0 au moment de l'apparition des symptômes – donc une paralysie sévère - corrèle significativement avec une mauvaise récupération de la symétrie faciale à 6 mois. De plus, un score élevé sur l'échelle FNGS 2.0 au moment de l'apparition des symptômes est également un prédicteur clinique fort de l'apparition de syncinésies à six mois. À la lumière de toutes ces informations, il semble que la meilleure façon d'identifier les patients les plus à risque de développer des séquelles demeure l'évaluation clinique de la sévérité de la paralysie, et ce en deux temps : 1) lors de l'apparition des symptômes et 2) à une semaine de leur apparition. Cette option est également la plus efficiente en termes de coûts et la moins invasive pour le patient, malgré sa nature subjective et son imprécision sur le degré exact de lésion nerveuse.

Diagnostic différentiel

Les médecins traitant un patient qui se présente en clinique avec une paralysie faciale subite et aiguë doivent recueillir de nombreuses informations cliniques dans le but de s'assurer de poser le bon diagnostic. En effet, des informations concernant les antécédents et l'historique du patient (revient-il de voyage, souffre-t-il de maladies chroniques, etc.) pourrait orienter vers un autre

diagnostic que la paralysie de Bell. Parmi les autres diagnostics qui peuvent causer une paralysie faciale, mentionnons la maladie de Kawasaki, la maladie de Lyme, l'amyloïdose, le syndrome Melkersson-Rosenthal, la sarcoïdose, le granulomatose Wegener et le syndrome de Ramsay Hunt. Nous nous attarderons surtout au syndrome de Ramsay Hunt, vu que cette maladie peut être facilement confondue avec une paralysie de Bell sévère. En termes épidémiologiques, le syndrome de Ramsay Hunt est plus rare que la PB, affectant environ 2 à 5 personnes sur 100 000, avec une incidence plus élevée chez personnes de plus de 40 ans. Comme pour la PB, il affecte également les hommes et les femmes, et les deux côtés du visage de façon égale. Il est cependant, pour sa part, causé par le virus *Zoster Varicella*, et se manifeste généralement par l'ensemble des trois signes suivants : 1) une paralysie faciale sévère, souvent considérée pire que Bell (plus sévère et avec un moins bon pronostic); 2) une éruption herpétique fréquente, et 3) une dysfonction vestibulo-cochléaire qui peut être accompagnée par une perte auditive neurosensorielle, ou par des vertiges et des étourdissements. Cependant, seulement 64% des cas présenteraient réellement la combinaison de ces 3 signes, et il existe une forme dite *Zoster sine herpete*, où aucune éruption cutanée n'a lieu (Slattery et Azizzadeh, 2014). Dans ces cas, seuls des tests sérologiques permettraient de faire la distinction entre Ramsay-Hunt et la PB, ce qui n'est pratiquement jamais fait en clinique. Des auteurs rapportent donc que 18 à 28 % des patients diagnostiqués avec la PB présenteraient en fait un syndrome de Ramsay-Hunt sine herpete. Le mécanisme d'activation des deux maladies est cependant semblable. Zoster Varicella se situerait surtout dans des cellules satellites au noyau neuronal, alors que VHS-1 serait surtout directement dans les neurones, dans le ganglion géniculé. Dans les 2 cas, les virus se réactiveraient transitoirement, causant l'apparition des symptômes. Dans tous les cas, la prise en charge pour Ramsay-Hunt doit être la même que pour les paralysies de Bell sévères, c'est-à-dire qu'il faut les traiter avec antiviraux et corticostéroïdes (Slattery et Azizzadeh, 2014). La question de la rééducation de ces cas ne semble jamais avoir été abordé dans la littérature.

1.5.2 Perspective du patient

Questionnaires des impacts fonctionnels et de la qualité de vie

Dans le but d'obtenir un portrait complet des impacts de la paralysie et d'offrir un traitement adapté aux besoins des patients, il est essentiel d'utiliser des questionnaires centrés sur le patient. Des questionnaires ont été développés dans le but de répondre à ce besoin, spécifiquement pour la paralysie faciale, dont le *Facial Clinimetric Evaluation* (FaCE) (Kahn et al., 2001) et le *Facial Disability Index* (FDI) (VanSwearingen et Brach, 1996). Ces deux questionnaires sont les plus présents dans la littérature et ont récemment été validés en français québécois (Gascon et al., 2021). FaCE est reconnue internationalement, fiable et facile à utiliser (Barry et al., 2019). FaCE comprend 15 questions portant sur la perception des patients à propos de leurs difficultés fonctionnelles et sociales. Six domaines sont couverts, soit les mouvements faciaux, le confort du visage et des yeux, la fonction orale, le contrôle lacrymal et la fonction sociale (Barry et al., 2019). Lorsque pondérée, cette échelle permet d'obtenir un résultat sur 100, très instinctif et reflétant le degré de dysfonction causé par les troubles faciaux (100 = pas de situations de handicap; 0 prédominance absolue de situations de handicap). Il a été démontré que FaCE serait excellente pour discriminer l'état normal d'une personne n'ayant pas de paralysie faciale de l'état morbide d'un individu atteint d'une paralysie faciale (Kahn et al., 2001). De plus, elle peut être utilisée de plusieurs façons en clinique, notamment pour mesurer l'évolution des situations de handicap de personnes ayant des paralysie faciales de diverses étiologies, et pour documenter les changements de perception des patients sur le plan social et fonctionnel (Kahn et al., 2001).

Le questionnaire FDI (VanSwearingen & Brach, 1996) permet pour sa part d'obtenir deux scores, soit un score de fonction physique, et un score de fonction sociale et de bien-être. En français québécois, ce questionnaire a démontré une excellente validité de construit et de critère, ainsi qu'une bonne validité test-retest et validité interne (Gascon et al., 2021). Cependant, la validité discriminative entre les groupes est apparue basse, ce qui n'était pas le cas avec FaCE-F (Gascon et al., 2021). De plus, ces questionnaires ne corrélaient pas toujours avec les échelles de symétrie faciale, démontrant qu'elles mesurent des construits différents, plus spécifiquement les

difficultés perçues (Martineau. et al., 2020). Leur utilisation est donc essentielle et complémentaire aux échelles de symétrie remplies par le clinicien (Kleiss et al., 2016).

RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 5 :

Pour évaluer la PB selon la perspective du clinicien, il existe des tests électrophysiologiques objectifs, tels que l'EMG et l'EnoG. Ces tests visent à évaluer concrètement l'intégrité du nerf facial. Lorsqu'ils sont conduits adéquatement, ils permettent de distinguer si le patient est atteint de neurotmésis ou d'axontmésis autour de la 3^e semaine après l'apparition des symptômes. L'avis des différents auteurs divergent quant à la pertinence ou la nécessité d'utiliser ces tests en clinique pour la PB. Le degré de complexité entourant leur interprétation et la procédure pour les conduire semble entraver leur utilisation à grande échelle, tant en recherche qu'en clinique. La plupart des professionnels évaluent la sévérité de la PB avec des échelles de symétrie faciale, dont les plus reconnues sont FNGS 2.0 et SB. Finalement, il peut arriver que le syndrome de Ramsay-Hunt, qui est généralement plus rare et plus sévère qu'une PB, et dont la distinction ne se fait qu'avec un test sérologique, soit mépris pour une PB. Concernant la perspective du patient, il existe des questionnaires auto-rapportés valides et largement utilisés en clinique comme en recherche. Deux de ces questionnaires ont récemment été validés pour la population québécoise, il s'agit de l'échelle FaCE-F et FDI-F.

1.6 Traitements de la Paralyse de Bell

Les sections précédentes ont fait état de distinctions importantes entre la paralysie de Bell en phase aiguë et chronique en termes de manifestations diverses. De plus, les outils d'évaluation à utiliser dans cette pathologie ont été abordés. Dans la section qui suit, les traitements pharmaceutiques et de rééducation faciale pour la paralysie de Bell seront abordés. La littérature fait également état d'une myriade de traitements chirurgicaux et paramédicaux (acupuncture, ostéopathie, etc.) pour traiter la PB, surtout en phase chronique. Cependant, ces traitements sortent du cadre du travail actuel et ne seront pas traités ici. L'état de l'art sur les traitements pharmaceutiques et de rééducation faciale seront abordés en comparant de façon continue la phase aiguë et la phase chronique.

1.6.1 Médicaments et rééducation faciale

Le traitement par excellence pour la paralysie de Bell est un traitement pharmaceutique constitué de corticostéroïdes et d'antiviraux (de Almeida et al., 2014a; Gagyor et al., 2019; Heckmann et al., 2019; Prud'hon et Kubis, 2018). Peu de données existent sur le dosage optimal. Il est cependant reconnu que ce traitement doit être donné le plus rapidement possible, dans les 72hres suivant l'apparition des symptômes, pour soutenir une récupération optimale jusqu'en phase chronique (Gagyor et al., 2015). Une mise à jour de la revue Cochrane sur le sujet et conduite en 2019 se questionne sur la plus-value entre le fait de donner des antiviraux seuls ou une combinaison de corticostéroïdes avec antiviraux (Gagyor et al., 2019). Avec réserves, les auteurs de la revue finissent par conclure que le traitement permettant probablement de réduire le plus efficacement les séquelles à *long terme* est la combinaison d'antiviraux et de corticostéroïdes. En ce qui concerne la rééducation faciale périphérique, les plus récentes revues de littérature ont été conduites en 2011 et 2015 (Ferreira et al., 2015; Pereira et al., 2011). En 2011, une méta-analyse de la littérature publiée de 1966 à 2010 a permis de démontrer l'efficacité de la rééducation faciale chez des patients en phase *chronique* avec la *Mime Therapy* (Pereira et al., 2011), qui sera réabordée plus tard. Concernant la rééducation de la phase aigüe, peu de données existe sur son efficacité (Ferreira et al., 2015). Dans leur revue systématique datant de 2015, Ferreira et al. (2015) ont recherché plus de 200 études pour tenter de savoir si une rééducation faciale précoce (donc donnée en phase aigüe), combinée au traitement pharmaceutique standard, aurait des effets positifs sur la qualité et les délais de récupération de patients atteints de paralysie de Bell. Seulement 4 essais contrôlés et standardisés ont démontré les qualités méthodologiques suffisantes pour être inclus dans l'étude. Basé sur ce petit échantillon, les conclusions étaient néanmoins intéressantes: la rééducation faciale précoce, combinée aux médicaments, pourrait permettre aux patients atteints de PB sévères et persistant plus de 14 jours à récupérer significativement mieux que des contrôles ayant bénéficié de médication seulement. Cependant, quelle rééducation donner en phase aigüe? Dans la littérature actuelle, peu ou pas de protocoles standardisés n'existent ou ne sont publiés pour la phase aigüe de la paralysie de Bell, bien que le moment où est donné la rééducation est important pour sélectionner des objectifs de thérapie adéquats (Segal et al., 1995; VanSwearingen, 2008). Bien

que la rééducation faciale en phase chronique ait été un sujet de recherche depuis plus de 40 ans, aucun programme de rééducation ne semble avoir été spécifiquement développé pour la phase aiguë de la paralysie de Bell. Cela est probablement dû à son haut taux de récupération et aux difficultés à distinguer la récupération spontanée de la récupération induite par la rééducation (de Almeida et al., 2014a). En l'absence de données probantes concernant la rééducation en phase aiguë, les rééducations les mieux appuyées en phase chronique seront présentées dans la section suivante.

1.6.2 Approches en rééducation faciale chronique : *Mime Therapy* et NMR

Les 2 rééducations qui se démarquent dans la littérature (Teixeira et al., 2011) sont la *Mime therapy* (Beurskens et al., 2004b; Devriese, 1994) et le *Neuromuscular Retraining* (ou NMR) (Diels, 1995; Diels et Combs, 1997). Les deux ont été développées pour les interventions en phase *chronique* de paralysies faciales (selon Beurskens et Heymans (2006). Brièvement, la *Mime therapy* consiste en des massages faciaux et des exercices qui permettent de coordonner les deux hémifaces en utilisant des indices émotionnels (ex. « pensez à quelque chose de joyeux ») (Beurskens et al., 2004b; Beurskens et Heymans, 2006; Beurskens et al., 2006). La NMR pour sa part consiste en un réapprentissage de mouvements faciaux adéquats grâce à l'exécution consciente et contrôlée de mouvements lents, spécifiques et individualisés. En utilisant l'enseignement de l'anatomie, la concentration et le biofeedback, la personne atteinte de paralysie faciale réapprend à bouger son visage de façon symétrique (Diels, 1995; Diels et Combs, 1997). Dans la vie de tous les jours, la personne apprend à inhiber ou activer volontairement certains muscles (Diels, 1995; Diels et Combs, 1997). La NMR a également un volet de manipulations faciales préalables au ré-apprentissage en soi (Diels et Beurskens, 2014). Dans la littérature scientifique, nous constatons au début des années 2010 que la contribution de Beurskens et de la *Mime therapy* a été ajoutée à la NMR, et que les deux thérapies semblent s'être fusionnées sous le libellé NMR (Diels et Beurskens, 2014). Selon la plus récente revue Cochrane sur le sujet (Teixeira et al., 2011), le travail de Beurskens et Heymans (2006) est le seul offrant un niveau d'évidences de qualité modérée en faveur d'exercices faciaux pour soutenir et améliorer la récupération de paralysie faciale chronique. Cela fait donc de l'approche *NMR + Mime therapy* le « gold standard » de la rééducation faciale. Au fil des ans, le travail de nombreux

auteurs a été intégré à l'approche NMR (among them Alakram et Puckree, 2010, 2011; Balliet et al., 1982; Coulson et Croxon, 1994; Cronin et Steenerson, 2003; Manikandan, 2007; Ross et al., 1991; Segal et al., 1995; VanSwearingen, 2008). Le manque de standardisation et les grandes différences entre les nombreuses interventions prodiguées sous cette appellation rendent parfois difficile le travail des cliniciens désireux d'appliquer cette approche. En effet, une certaine confusion subsiste quant au procédé qui l'entoure (Beurskens et al., 2004a).

1.6.3 Application de la NMR en phase aigüe de PB

Certains principes généraux d'intervention de la NMR peuvent être appliqués à la phase aigüe de la PB puisqu'ils sont en lien avec la singularité des muscles faciaux et de l'anatomie faciale. Notamment, les principes concernant l'importance d'éviter les mouvements grossiers et non-symétriques, d'exécuter des mouvements lents, et d'utiliser du biofeedback (Nicastri et al., 2013) en font partie. De plus, la littérature antérieure a démontré que les exercices faciaux doivent être administrés au moins deux fois par jour en séries de 5 ou 10 répétitions pour être efficaces (Brach et al., 1997; Devriese, 1994; Diels et Beurskens, 2014; Diels et Combs, 1997; VanSwearingen, 2008). À date, aucune donnée n'indique que ce dosage ne serait pas approprié pour la phase aigüe. Cependant, la question à savoir si la NMR peut être efficacement prodiguée en phase aigüe de PB sévère demeure incertaine vu le manque de données probantes à ce sujet (de Almeida et al., 2014a; Ferreira et al., 2015). Par exemple, des études sur la rééducation faciale précoce qui se sont penchées sur la prévention des syncinésies ont démontré des résultats contradictoires, parfois avec amélioration de ces dernières (Fujiwara et al., 2018), parfois sans amélioration (Nicastri et al., 2013; Penteado et al., 2009). L'inconstance de ces résultats témoigne de l'importance de poursuivre la recherche dans le domaine de la rééducation faciale, ce qui est encore plus vrai en phase aigüe de PB, considérant le manque de données probantes pour cette phase. Diels et Beurskens (2014) ont décrit certains principes d'exécution motrice s'appliquant à la NMR. Ceux-ci réfèrent cependant à des principes *cognitifs* d'acquisition motrice, et non pas nécessairement à des principes d'apprentissages *moteurs*. La NMR utilise en effet les fonctions exécutives de haut niveau (comme l'attention et la concentration) pour optimiser le réapprentissage de mouvements faciaux (Diels et Beurskens, 2014). C'est pourquoi la NMR est une intervention qui a été décrite comme reposant principalement sur des processus *top-down*

(Shea, 2014) et cognitifs. Mais la nature propre de la rééducation faciale est aussi de réaliser des exercices *moteurs* qui ont le potentiel d'influencer la régénération du système nerveux périphérique du visage et de ses représentations corticales, ce qui reflète un processus *bottom-up* (Shea, 2014). Un tel travail, rendant explicites les liens entre les principaux principes d'apprentissages moteurs et la rééducation *faciale*, ne semblait pas avoir été fait jusqu'à ce jour.

RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 6:

Les traitements reconnus efficaces pour traiter la paralysie de Bell consistent en un traitement pharmaceutique de corticostéroïdes et d'antiviraux. Ceux-ci doivent être donnés précocement en phase aiguë de PB. En ce qui concerne la rééducation faciale, la littérature fait principalement état de 2 approches reconnues efficaces en phase chronique de PB : la *mime therapy* et la NMR. Ces 2 approches semblent s'être fusionnées sous l'appellation NMR au fil du temps. Les apports de différents auteurs et le manque de standardisation rendent l'application concrète de cette approche laborieuse pour les cliniciens. De plus, il est difficile de statuer sur l'efficacité de cette approche en phase aiguë de PB, vu le manque de données probantes. En outre, la NMR est basée sur le traitement moteur via des processus cognitifs conscients. Aucune étude à ce jour ne semble avoir explicitement lié les principes d'apprentissages moteurs à la rééducation faciale.

1.7 Apport des principes d'apprentissages moteurs en rééducation faciale

Les principes d'apprentissages moteurs sont un champ théorique et pratique qui se dévoue à l'étude et à l'application de différents paramètres pouvant influencer l'acquisition ou l'amélioration d'habiletés motrices (Maas et al., 2008). Ils couvrent divers aspects, tels que la structure de la pratique, la sélection des stimuli et la nature de la rétroaction donnée (Maas et al., 2008). Cela a de grandes implications pour la rééducation de nombreux troubles moteurs dans le domaine de pratique des orthophonistes, tel que les troubles de la parole ou la paralysie faciale (Bislick et al., 2012; Friedman, 2010; Maas et al., 2008). Le travail de Maas et al. (2008) a substantiellement contribué à implanter les principes d'apprentissages moteurs dans le traitement des troubles de la parole, en mettant l'accent sur certains aspects comportementaux pertinents pour la pratique clinique en orthophonie. Ils ont révisé la littérature sur les conditions

de pratique et de rétroaction pour mettre en lumière lesquelles étaient considérées les plus efficaces et lesquelles pouvaient s'appliquer aux *troubles de la parole*. Plus récemment Bislick et al. (2012) ont refait l'exercice et ont confirmé plusieurs aspects avancés par Maas et al. (2008). Tel que mentionné précédemment, il ne semble pas y avoir, dans la littérature propre à la rééducation faciale, de revue équivalente à celles réalisées en parole, qui réviserait concrètement les liens explicites entre les principaux principes d'apprentissages moteurs et la rééducation des paralysies faciales. Le fait de décrire explicitement l'utilisation de principes d'apprentissages moteurs en rééducation faciale a constitué un des éléments clefs de l'étude actuelle, car de nombreuses informations essentielles sur les conditions de pratique et le type de rétroaction à fournir lors d'une rééducation faciale demeuraient inconnues.

Le Tableau 1 illustre cet aspect en présentant les différents principes d'apprentissages moteurs décrits par Maas et al. (2008) comme pertinents dans les troubles de la parole. Ce tableau représente les données qui étaient les plus récentes au moment de la mise en place de notre étude. L'information a été organisée pour illustrer la relation entre les différents principes moteurs et les caractéristiques des muscles faciaux de la PB aigüe, tout en donnant des indications sur leurs impacts cliniques. Chaque principe d'apprentissage moteur a été lié à une caractéristique particulière des muscles faciaux et aux enjeux de la PB aigüe: 1) que faire dans les premiers jours, alors que la paralysie est totale? 2) Combien de temps cela prend-t-il pour un muscle facial avant de s'atrophier? 3) Est-ce que la stimulation électrique devrait être utilisée? 4) Quel ratio de contraction musculaire vs temps de repos devrait prévaloir? Finalement, l'interprétation de ces informations en regard de son application clinique a été décrite. Concernant l'imagerie motrice, de nombreuses études récentes portant sur l'apprentissage moteur ont précisément identifié l'imagerie motrice comme l'une des formes de renforcement des apprentissages moteurs (Berends et al., 2013; Eaves et al., 2016; Macuga et Frey, 2012; Vogt et al., 2013; Wright et al., 2014). L'imagerie motrice est une pratique mentale qui active les représentations visuelles et kinesthésiques du mouvement, et qui permettrait d'améliorer les apprentissages moteurs en activant une signature neurale qui ressemble à celle de l'exécution motrice (Eaves et al., 2016; Vogt et al., 2013). Cette étape apparaît particulièrement importante dans la rééducation faciale en phase aigüe de PB, alors que les mouvements faciaux sont absents

et que ces déficits occasionnent de nombreuses altérations anatomiques, fonctionnelles et corticales rapides. L'imagerie motrice a donc été incluse dans les principes moteurs à considérer.

Tableau 1 – Principes moteurs pertinents, caractéristiques des muscles faciaux et implications pour la pratique clinique avec la PB sévère et aiguë avec références.

Principes moteurs pertinent	Caractéristiques des muscles faciaux	Intégration des principes et caractéristiques et implications pour la pratique clinique avec la PB sévère et aiguë
Grande quantité de pratique (Bislick et al., 2012; Maas et al., 2008; Shumway-Cook et Woolacott, 2017)	N/A	<ul style="list-style-type: none"> • Pratiques quotidiennes à la maison, en plus des sessions cliniques.
Pratique distribuée (Bislick et al., 2012; Maas et al., 2008; Shumway-Cook et Woolacott, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Atrophie musculaire lente (Angelov et al., 2007; Diels et Beurskens, 2014). • Mouvements de type discrets (avec un début et une fin prévisible) (Shumway-Cook et Woolacott, 2017); • Majoritairement des fibres musculaires de type II (fatigue rapide) (Stal, 1994). 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas besoin de stimulation électrique en phase aiguë; • Promouvoir des exercices à longs-termes. • Promouvoir des séries d'exercices courtes (5 répétitions); • Accorder des temps de repos aussi longs que le temps de contraction musculaire (rythme lent); • Contractions courtes. • Promouvoir plusieurs séances quotidiennes
Pratique variable (Bislick et al., 2012; Maas et al., 2008; Shumway-Cook et Woolacott, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Évolution naturelle vers l'hémispasme si le patient ne prend pas conscience de son hyperactivité faciale dû au recrutement 	<ul style="list-style-type: none"> • Enseigner pour améliorer la proprioception faciale dans tous les contextes possibles;

	de nombreuses unités motrices (Angelov et al., 2007; VanSwearingen, 2008).	<ul style="list-style-type: none"> • Même si la PB est flasque, éviter l'activité musculaire intense et non-spécifique;
Pratique randomisée (Maas et al., 2008; Park et al., 2016)	N/A	<ul style="list-style-type: none"> • Favoriser une pratique randomisée.
Imagerie motrice et observation d'action	<ul style="list-style-type: none"> • Les muscles faciaux ne possèdent pas de faisceaux neuromusculaires; • L'imagerie motrice et l'observation d'action favorise l'excitabilité corticale motrice et le maintien des propriétés musculaires (Angelov et al., 2007; Eaves et al., 2016; Stal, 1994; Wright et al., 2014) 	<ul style="list-style-type: none"> • La proprioception faciale doit être améliorée même si les mouvements sont absents pendant la phase aigüe. • Intégrer des sessions d'imagerie motrice d'abord pour améliorer la proprioception. Puis <i>regarder</i> des mouvements du visage en pensant à l'action faciale pour favoriser le maintien moteur (effet miroir)
Focus attentionnel sur l'effet du mouvement (connaissance des résultats) (Maas et al., 2008; Preston et Leaman, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Les muscles faciaux interagissent avec le système limbique et les émotions modulent leur contraction musculaire (Beurskens et al., 2004b; Beurskens et Heymans, 2006; Pohl et al., 2013). 	<ul style="list-style-type: none"> • Lier chaque mouvement facial réalisé avec un focus sur une émotion pour améliorer la naturalité du mouvement. Favoriser l'attention sur la finalité du mouvement réussi (connaissance des résultats par effet miroir modifié).
Feedback intrinsèque	<ul style="list-style-type: none"> • Les muscles faciaux ne possèdent pas de faisceaux neuromusculaires (Angelov et al., 2007; Beurskens et al., 2004b; 	<ul style="list-style-type: none"> • Compenser faible proprioception intrinsèque avec l'attention soutenue, le feedback extrinsèque et une intervention multimodale.

(Azola et al., 2017; Kitago et Krakauer, 2013; Maas et al., 2008; Shumway-Cook et Woolacott, 2017)	Beurskens et Heymans, 2006; Stal, 1994; VanSwearingen, 2008).	
Feedback extrinsèque (Azola et al., 2017; Kitago et Krakauer, 2013; Maas et al., 2008; Shumway-Cook et Woolacott, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Les muscles faciaux ne possèdent pas de faisceaux neuromusculaires (Angelov et al., 2007; Beurskens et al., 2004b; Beurskens et Heymans, 2006; Stal, 1994; VanSwearingen, 2008). 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser une rétroaction multimodale augmentée: visuelle, kinesthésique.

1.7.1 Apprentissages moteurs: de l'importance de la rétroaction visuelle dans la rééducation faciale

Les principes d'apprentissages moteurs dictent donc les conditions de pratique et les types de rétroactions à fournir pour optimiser l'acquisition motrice. Parmi les types de rétroaction ayant été explicitement reconnues comme exerçant une forte influence sur l'exécution motrice, mentionnons la rétroaction visuelle ou *biofeedback* (Preston et al., 2013; Preston et Leaman, 2014; Preston et al., 2016; Preston et al., 2018). Sur le plan théorique, il apparaît logique que tout apprentissage revêtant une composante *motrice* fondamentale, tel que la parole ou les mouvements faciaux, nécessite une intervention à *base motrice* en cas de troubles (Preston et Leaman, 2014). Le fait d'ajouter des indices *visuels* sur le mouvement à exécuter permet de mettre en *saillance* des aspects moteurs de réalisation du mouvement, facilitant par le fait même l'acquisition et la rétention de nouveaux mouvements. Plus précisément, on permettrait aux patients d'accéder visuellement à des informations supplémentaires sur la nature du mouvement, et sur son degré de différence avec la cible recherchée (Preston et al., 2013; Preston et Leaman, 2014). L'accès à ce type d'informations plutôt procédurales est une augmentation de la rétroaction appelée « connaissance de la performance » (*Knowledge of performance* : KP). Elle devrait permettre à l'individu de stabiliser, de modifier et de mettre à jour ses patrons moteurs (Preston et al., 2013). En outre, quelques études récentes distinguent de plus en plus les effets de cette rétroaction visuelle sur les différentes phases d'acquisition du mouvement (Preston et al., 2016; 2018). Empiriquement, on s'aperçoit que la rétroaction visuelle semble surtout bénéfique au stade *initial* de l'intervention, ce qui correspond à l'acquisition précoce. La connaissance de la performance (KP) serait donc surtout bénéfique en début de réapprentissage moteur (Maas et al., 2008).

Le stade initial d'apprentissage moteur est mis en opposition avec la phase de *consolidation*, qui correspond au maintien et à la généralisation des acquis, et qui se mesure surtout *après* l'intervention (Preston et al., 2016). En général, une rétroaction augmentée sur l'*exactitude* du résultat, qui permet de dire si oui ou non, le mouvement est réussi, est appelé « connaissance des résultats » (*knowledge of results* » (KR)). La connaissance des résultats ou KR semble préférable pour la phase de consolidation (Maas et al., 2008; Preston et al., 2018). Les résultats

de la plus récente étude sur l'apraxie de la parole de Preston et al. (2018) semblent corroborer qu'une rétroaction procédurale (KP) plus fréquente en début de traitement, et une rétroaction moins fréquente sur l'exactitude de la performance (KR) en fin de de traitement, favorisent les apprentissages. Cependant, cette étude met en lumière que les différentes phases d'acquisition du mouvement ne sont pas encore bien définies (i.e. à partir de quand un apprenant est-il en phase de consolidation? Comment le mesurer?), et qu'il subsiste donc encore du travail en recherche pour bien comprendre comment appliquer de façon optimale la rétroaction visuelle. Puisque la rééducation faciale est un type spécifique d'apprentissage moteur, et qu'elle utilise également beaucoup le biofeedback, dont le feedback visuel (Cardoso et al., 2008), elle devrait également être structurée en fonction des principes d'apprentissages moteurs, et ces mêmes questions entourant l'opérationnalisation des conditions de pratique idéales devraient être abordées en recherche.

1.7.2 Rétroaction visuelle *modifiée* et rééducation faciale: Le Protocole Effet Miroir

La rétroaction visuelle est donc l'un des processus *bottom-up* les plus puissants pour influencer l'organisation corticale et restaurer les fonctions cérébrales (Ramachandran et Altschuler, 2009). L'utilisation d'un miroir traditionnel est souvent intégrée durant le processus de rééducation faciale, peu importe la phase de la paralysie, pour permettre aux patients de regarder leurs mouvements faciaux et de les analyser (Cardoso, 2008). Cependant, l'utilisation d'un miroir traditionnel pourrait présenter quelques désavantages à longs termes. En effet, la discordance entre la commande motrice envoyée et l'input visuel pourrait conduire à une compensation mésadaptée ou à une hyperactivité des muscles adjacents (Ding et al., 2019; Altschuler et al., 1999; Ramachandran et al., 1996). L'utilisation d'un effet miroir *modifié* pourrait alors régler ces problématiques en fournissant au patient une rétroaction visuelle corrigée, en redupliquant l'activité musculaire du côté sain du visage, et en permettant de démontrer des mouvements symétriques (Ding et al., 2020). Ce genre de thérapie est utilisé depuis longtemps pour traiter les douleurs fantômes, les paralysies des membres supérieurs (Ramachandran et al., 1996) et les hémiparésies induites par un AVC (Rossiter et al., 2014). Récemment, le protocole Effet Miroir (Blanchin et al., 2013) a été utilisé avec succès pour améliorer la fonction faciale de patients ayant

subi une myoplastie d'allongement du temporal. Le protocole Effet Miroir a en effet été développé pour améliorer la fonction faciale de patients ayant subi une chirurgie de réanimation faciale nommée MAT, en utilisant une rétroaction visuelle modifiée (Blanchin et al., 2013). Avec l'aide d'un programme informatique, le protocole Effet Miroir duplique le côté sain du visage pendant la réalisation d'exercices faciaux. Cela permet au patient d'observer un visage symétrique qui corrige les afférences visuelles altérées provoquées par la paralysie faciale. Blanchin et al. (2013) ont démontré que le sourire de 13 patients qui ont eu la MAT et qui suivaient le protocole Effet Miroir avaient un sourire significativement plus ample et plus symétrique compare à 13 patients contrôles ayant aussi subi la MAT, mais ayant suivi une rééducation faciale traditionnelle. Ils ont aussi émis l'hypothèse que la rétroaction visuelle corrigée permettait n outre de maintenir la motivation des patients suivant la thérapie. De plus, une étude avec IRMf a confirmé que ces améliorations cliniques observées après la chirurgie et le protocole semblaient être sous-tendus par des changements secondaires à la plasticité cérébrale (Garmi et al., 2013).

Plus récemment encore, Paolucci et al. (2020) ont conduit une étude auprès de 20 patients qui avaient une paralysie faciale périphérique à la suite d'une résection de neurinome acoustique. Les patients ont été randomisés en 2 groupes, le groupe expérimental recevant un traitement basé sur de la rétroaction visuelle modifiée et sur de l'imagerie motrice avec émotions, et le groupe contrôle recevant une intervention plus traditionnelle (*mime therapy*). Les patients des 2 groupes ont été évalués avant, pendant et après le traitement, pour la symétrie faciale sur l'échelle FNGS et SB, ainsi qu'avec l'échelle FaCE. Les participants du groupe expérimental ont démontré une amélioration significative de leurs scores de symétrie sur FNGS ainsi que de leur score fonctionnel sur FaCE par rapport au groupe contrôle, bien que tous les participants (tous groupes confondus) se soient améliorés. Les auteurs ne font pas directement référence aux principes d'apprentissages moteurs dans leur étude, mais nous pouvons spéculer sur les mécanismes à l'œuvre. En effet, le fait d'offrir une rétroaction visuelle modifiée change potentiellement le focus attentionnel des patients, qui deviendrait alors plutôt externe (par opposition à une emphase sur les sensations faciales provoquées par les mouvements), ce qui devrait aider aux apprentissages et à la rétention/généralisation (Maas et al., 2008). Même lors de l'imagerie motrice, l'emphase est mise sur l'effet du mouvement (transmission des émotions),

permettant probablement l'adoption d'un focus plus externe. L'étude démontre d'ailleurs des résultats compatibles avec ces observations, puisqu'une diminution des impacts fonctionnels négatifs et un maintien des acquis ont été observés, ce qui témoigne d'une généralisation. De plus, le fait que l'image soit *modifiée* offre une information quant à la réalisation du résultat attendu (symétrie du mouvement : KR). Une emphase sur KR est reconnue comme favorisant les apprentissages moteurs stables (*learning*) et non pas une simple adaptation transitoire (*performance*). Barth et al. (2020) ont également trouvé que l'ajout d'un effet miroir à une thérapie faciale plus standard aurait amélioré significativement la symétrie et fonction faciale de patients ayant une PB. Les principes de l'effet miroir modifié dans le visage sont les mêmes que ceux dans la littérature des membres supérieurs: les patients doivent performer leurs exercices en observant une version modifiée de leur visage, aidant à apprendre de multiples réponses motrices faciales adéquates, et évitant une surcompensation musculaire mésadaptée.

RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 7 :

Dans cette section, nous avons vu que les principes d'apprentissages moteurs sont un domaine de recherche et d'interventions qui permet de préciser de nombreux paramètres visant à soutenir l'acquisition d'habiletés motrices. Aucune étude à ce jour n'avait réellement effectué le travail de lier les principes d'apprentissages moteurs à l'intervention en rééducation faciale de la PB aigüe et sévère, ce qui a été réalisé ici. En outre, parmi les principes d'apprentissages moteurs les plus puissants, se trouve l'augmentation de la rétroaction intrinsèque via la rétroaction visuelle. La rétroaction visuelle semble être un type de rétroaction nommée « connaissance de la performance » (KP) puisqu'elle donne des informations supplémentaires sur la procédure liée au mouvement. Ce type de rétroaction (KP) semble surtout améliorer la phase initiale d'apprentissage moteur. En contrepartie, la phase de consolidation des apprentissages semble surtout profiter d'un autre type de rétroaction, nommée connaissance des résultats (KR). Par ailleurs, plusieurs études font état de l'utilisation de la rétroaction visuelle dans la rééducation faciale. Plus spécifiquement, l'utilisation d'une rétroaction visuelle *modifiée* semble avoir fait l'objet de plusieurs recherches récentes. Ces études témoignent toutes de l'effet positif de la rétroaction visuelle *modifiée* sur la symétrie et la fonction faciale.

1.8 Développement du *Mirror Effect Plus Protocol* (MEPP)

Tout au long de la section précédente, le manque de données probantes sur la rééducation faciale en phase aigüe de PB, ainsi que le manque de protocoles standardisés spécifiquement développés pour cette phase, ont été constatés. La spécification des conditions de pratique et de rétroaction nécessaires pour la rééducation faciale en lien avec les apprentissages moteurs qui a été réalisée dans le cadre de ce travail (tableau 1), a été décrite. De plus, vu les caractéristiques cliniques de la PB aigüe (flasque), le type de manifestations corticales qu'elle semble provoquer (secondaire à une discordance visuomotrice) et les données récentes sur l'effet miroir modifié en rééducation faciale (Barth et al., 2020; Blanchin et al., 2013; Paolucci et al., 2020), l'intérêt de ce type d'outil thérapeutique a été démontré. C'est en considérant tous ces facteurs que le Protocole Effet Miroir Plus (*Mirror Effect PLUS Protocol* ou MEPP) a été développé.

Dans le développement du MEPP, des composantes de la NMR pertinentes à la rééducation faciale pour la paralysie de Bell aigüe ont été retenues. Vu les grandes variations dans la structure de la NMR dans les différentes études, la formule de NMR décrite par Nicastrì et al. (2013) a été retenue pour 2 raisons principales. D'abord, il s'agissait alors de l'essai contrôlé et randomisé le plus récent sur le sujet, donc sa description incluait les plus récents changements amenés à la méthode, tels que l'inclusion de caractéristiques propres à l'ancienne *Mime Therapy*. Ensuite, cette étude avait reçu une cotation méthodologique dite « bonne » (7/10) à l'échelle PEDro (Ferreira et al., 2015; for details on PEDro Scale, see Maher et al., 2003). Le tableau suivant illustre la comparaison entre le protocole Effet Miroir de Blanchin et al. (2013) et la NMR décrite par Nicastrì et al. (2013), basée sur certains critères dérivés de la revue Cochrane de Teixeira et al. (2011). Cette revue relate que les études sur l'intervention faciale devraient décrire avec exactitude les patients et types d'interventions proposés. Le tableau 2 décrit donc ces critères et les détaillent comme ceci : 1) définition de la population ciblée, 2) buts poursuivis par la thérapie, 3) durée globale de l'intervention, 4) détails de la structure de l'intervention (sa nature exacte, fréquence des rendez-vous en clinique, fréquence des exercices à la maison) et 5) détails sur les exercices eux-même (leur nature, nombre de répétitions, ratio du temps de contraction/repos). En se basant sur ces critères, la structure de la NMR et de l'Effet Miroir de Blanchin a été spécifiée.

Tel que le démontre le Tableau 2, plusieurs paramètres de ces deux rééducations, particulièrement en regard des exercices, n'étaient pas bien définis.

Tableau 2 – Analyse et Comparaison des composantes de l'effet miroir et de la NMR

	Effet Miroir (Blanchin et al, 2013)	Neuromuscular retraining (Nicastri et al, 2013)
Population	Patients avec une paralysie faciale chronique, qui ont subi une myoplastie d'allongement du temporal	Patients avec paralysie faciale chronique
Buts de thérapie	Améliorer la mobilité de l'hémiface paralysée et améliorer la symétrie du sourire	Améliorer la mobilité de l'hémiface paralysée, retrouver la symétrie et prévenir ou réduire les syncinésies
Durée	5 mois	6 mois
Structure		
Nature	15 minutes par jour d'exercices faciaux devant un ordinateur qui reproduit le côté sain du visage	<ul style="list-style-type: none"> • Enseignement sur la physiologie faciale • Manipulations faciales 10 minutes (deux fois par jour) • Exercices actifs • Stratégies pour améliorer les difficultés à manger, à boire et à sourire • Enseignement pour modifier les patrons de parole dans la production de voyelles, de consonnes bilabiales, labio-dentales et affriquées de manière symétrique • Étirement des muscles et relaxation si syncinésies
Fréquence des rendez-vous	Non- spécifié	45 minutes, 2 fois par semaine pour 3 mois et 1 fois par semaine jusqu'à 6 mois
Exercices à la maison	Quotidiens	4 fois/jour pour 10 minutes chaque fois
Exercices		
Nature	<ul style="list-style-type: none"> • Sourire bouche ouverte • Sourire bouche fermée • Projection labiale • Élévation des narines • Plisser les yeux 	Non- spécifié
Répétitions	Non- spécifié	Non- spécifié
Ratio contraction/repos	Non- spécifié	Non- spécifié

Dans le but de spécifier les paramètres non-définis, nous avons intégré les principes d'apprentissages moteurs jugés pertinents du tableau 1. En intégrant ces différentes

composantes en un design de rééducation cohérent, la structure du MEPP a été spécifiée. Le protocole détaillé de la rééducation MEPP a été ajouté à la fin de la thèse dans l'Annexe C – A Pilot Study on the Mirror Effect PLUS Protocol: A Standardized and Adapted Facial Rehabilitation for Acute Bell's Palsy. Il est possible de voir dans le premier tableau de cet article (Martineau et al., 2020a) la comparaison du MEPP avec la NMR et l'Effet Miroir de Blanchin et al. (2013). Brièvement, ce tableau démontre que la thérapie vise à améliorer la mobilité et la symétrie des mouvements faciaux, de même qu'à prévenir l'apparition de syncinésies. Si les syncinésies apparaissent, une méthode pour les réduire est présentée. Le suivi clinique dure jusqu'à 6 mois pour couvrir au complet la période de phase aiguë et critique au développement des syncinésies, qui arrive normalement entre 3 à 5 mois après l'apparition des symptômes (Nicastri et al., 2013). Aussi cette période de temps est en accord avec le principe d'apprentissage moteur de pratique distribuée et à long termes (Shumway-Cook et Woolacott, 2017). La nature de l'intervention y est décrite et elle intègre toutes les caractéristiques pertinentes détaillées plus haut. Puisque le but du MEPP est de donner une intervention rapide, la première évaluation devrait être complétée entre 10 à 14 jours après l'apparition des symptômes de PB, et la rééducation devrait commencer dans les jours suivants cette première évaluation. Nous avons choisi ce délai parce que la récupération complète et spontanée de la PB se produit généralement dans les 10 premiers jours après l'apparition des symptômes selon (Mancini et al., 2014) et parce que la PB sévère à une semaine (7 jours *post-onset*) après l'apparition des symptômes serait l'un des indicateurs cliniques des plus valides pour le développement potentiel de séquelles permanentes (Fujiwara et al., 2014). Ce délai avait aussi été choisi par (Nicastri et al., 2013). Les réévaluations sont répétées à tous les mois pendant 6 mois. L'enseignement du MEPP se fait pendant 4 sessions en clinique, pendant les 2 premières semaines après la première évaluation, et des sessions supplémentaires peuvent être ajoutées au besoin. Des exercices à la maison sont faits à tous les jours pendant au moins 6 mois ou jusqu'à récupération. La récupération est définie comme un retour à la normale ou à la quasi-normale de la fonction faciale, tel qu'évalué par des échelles standardisées de symétries faciales HB et SB, soit 80% et plus sur SB et FNGS 2.0 II ou I (Neely et al., 2010). Si aucune récupération n'a lieu, ou si le patient n'est pas assez satisfait de son évolution

après 1 an, le patient est référé pour les interventions en phase chronique, tant médicales qu'en termes de rééducation. Les exercices faciaux sont initiés après que les patients ont eu reçu de l'enseignement sur la fonction faciale et l'anatomie, et après qu'ils ont eu pratiqué de l'imagerie motrice, en accord avec des principes d'apprentissages moteurs énoncés plus haut. Les patients réalisent aussi des manipulations faciales quotidiennes thérapie manuelle qui pourrait influencer leur proprioception grâce à la mobilisation de structures périphériques (Weppeler et Magnusson, 2010) ainsi que le tropisme musculaire (Infante-Cossio et al., 2016). Lorsque les exercices faciaux sont entamés, ils sont réalisés à l'aide d'indices sur les émotions, tel que prescrit dans les travaux originaux de Beurskens et Heymans (2006) et un feedback visuel modifié qui duplique le côté sain de l'hémiface, tel qu'avec le protocole Effet Miroir, sont réalisés. Nous avons choisi des exercices qui engagent chaque groupe musculaire du visage (front, nez, yeux, bouche, joues, menton et cou). Le nombre de répétitions et le ratio de repos vs contraction musculaire a été spécifié avec attention, et selon le rationnel spécifié dans le tableau 2 (Diels et Beurskens, 2014; Shumway-Cook et Woolacott, 2017; Stal, 1994; VanSwearingen, 2008). Le nombre de séances quotidiennes et la durée de ces dernières (deux fois 15 minutes) a été établi de façon à respecter une grande quantité de pratique, tout en étant relativement distribué pour éviter la fatigue musculaire et permettre une meilleure intégration des patrons moteurs (Shumway-Cook et Woolacott, 2017). De plus, ce dosage était conforme à ce qui était prodigué dans les études les mieux appuyées en rééducation faciale, soit 30 minutes de rééducation OU deux à quatre courtes séances de 10 à 15 minutes par jour (Beurskens et al., 2004b; Beurskens et Heymans, 2006; Beurskens et al., 2006; Brach et al., 1997; Nicastrì et al., 2013).

La figure 5 représente la première proposition de modélisation théorique du MEPP. Ce modèle a été développé en fonction de l'évolution de la paralysie de Bell dans le temps, et l'on peut d'abord y observer que la macrostructure de la thérapie se décline en 2 étapes. Puisque le MEPP est une thérapie motrice, la première étape est celle où le clinicien met en place les conditions pour favoriser la connaissance de la performance (KP), qui, rappelons-le, correspond à une période de pré-pratique, pendant laquelle les connaissances nécessaires à une bonne exécution motrice sont mises en place chez le patient. On veut plus précisément l'amener, à l'aide d'informations *procédurales* sur le mouvement (explications verbales, indices kinesthésiques, etc.), à

comprendre ce qu'on attend de lui. Il convient ici de rappeler que cette phase est très importante en rééducation faciale, vu que les muscles faciaux sont dépourvus de faisceaux neuromusculaires (Angelov et al., 2007), et que la proprioception de la mobilité de ces muscles est souvent réduite chez les patients. Dans un deuxième temps, les patients sont accompagnés dans une phase de *pratique* où l'accent est mis sur la connaissance des résultats (KR), et sur l'effet du mouvement, ainsi que sur le résultat recherché du mouvement. C'est là où l'effet miroir est utilisé, de pair avec d'autres moyens, pour favoriser un apprentissage moteur durable. C'est aussi à cette étape que les principes d'apprentissages moteurs seront mis en œuvre, de manière à structurer l'intervention, pour venir consolider les apprentissages. Le modèle permet aussi de constater que la macrostructure du MEPP est conforme à ce qui est actuellement recommandé dans la littérature scientifique (Preston et al., 2016) pour favoriser l'intégration et la généralisation des apprentissages moteurs (par opposition à la simple adaptation motrice ou « performance » temporaire). En effet, les interventions avec connaissance de la performance (KP) sont prodiguées en premier, et les interventions avec connaissance des résultats (KR), en deuxième.

Dans ce schéma, tous les moyens thérapeutiques en œuvre sont représentés par des encadrés à coins pointus, alors que les mécanismes neurophysiologiques sur lesquels ces moyens agissent sont représentés dans des encadrés à coins arrondis. On peut aussi constater, grâce à l'orientation des flèches qui unissent les moyens et les mécanismes, comment s'articulent les relations d'influence *top-down* et *bottom-up* entre les différentes composantes du modèle.

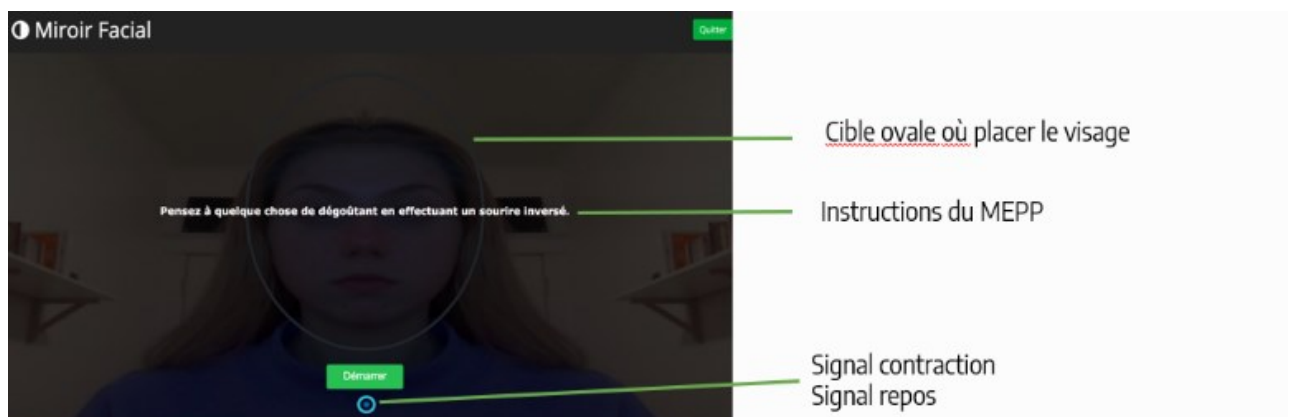
En termes de microstructure, les deux premières séances du MEPP, où l'on enseigne les notions d'anatomie, les manipulations faciales et l'imagerie motrice, correspondent donc à la phase de pré-pratique (KP). Les deux séances subséquentes correspondent ensuite à l'étape de la connaissance des résultats (KR), pendant laquelle le patient bénéficie d'un feedback modifié et réalise des mouvements faciaux qui impliquent une programmation et exécution motrice, conforme aux principes d'apprentissages moteurs.

(Barth et al., 2020; Blanchin et al., 2013; Ding et al., 2020; Paolucci et al., 2020), les études actuelles utilisent des systèmes de miroirs réels sur table (Barth et al., 2020; Ding et al., 2020) ou alors des applications informatiques non-spécifiques qui dupliquent le visage, et pour lesquels peu d'informations n'est fournie (Blanchin et al., 2013; Paolucci et al., 2020). Les avantages des applications informatiques par rapport aux systèmes de miroirs réels concernent le fait qu'elles offrent une plus grande liberté pour la posture des patients et qu'elles facilitent l'entraînement à la maison par leur aspect portable ou déplaçable (Ding et al., 2020).

Lors de l'élaboration du projet de cette thèse, nous avons choisi le site web Webcamtoy© (www.webcamtoy.com; WCT) pour dupliquer le côté sain du visage des patients et produire l'effet miroir modifié, vu sa gratuité et sa facilité d'accès. Dû au fait que le site web n'avait pas été développé à des fins de thérapie, il présente de nombreuses limitations pour une utilisation en rééducation faciale. Ces limitations ont été observées très rapidement par les patients dans la réalisation de l'étude. Elles seront détaillées dans la troisième étude, mais brièvement, elles consistaient en des difficultés à bien gérer simultanément l'outil web avec les feuilles d'instruction, la montre pour la durée des exercices, etc. En s'additionnant les uns aux autres, tous ces facteurs pouvaient entraver la réalisation de la thérapie, et augmenter la charge cognitive des patients. Récemment, le concept de charge cognitive a été appliqué au développement et à l'évaluation comparative de systèmes d'interfaces informatiques dans le but d'améliorer les caractéristiques de performance des interfaces mobiles, éducatives et autres (Oulasvirta et al., 2005; Oviatt, 2006). Un système qui soutient le patient en réduisant la complexité extrinsèque (par exemple, en réduisant la manipulation de feuilles) et les interruptions devrait conséquemment améliorer la performance du patient en lui dégageant des ressources cognitives qui pourront être utilisées pour la tâche principale, soit la rééducation. Le domaine qui s'intéresse au développement de technologies informatiques se conformant à des standards respectant l'utilisateur est connu sous le nom de design centré sur l'humain (« human centered-design » Oviatt, 2006). Les systèmes conçus en étant centré sur l'humain permettent généralement de réduire la charge cognitive inutile. Ce faisant, la satisfaction de l'utilisateur, ses émotions positives et sa motivation à utiliser le produit sont augmentées (Schmutz et al., 2009).

Donc, dans le but de réduire la charge cognitive des patients et d'améliorer leur expérience de rééducation faciale, un outil web nommé *MEPP-website* a été développé par notre équipe dans le but de remplacer le site non-spécifique Webcamtoy®. Ce site web à visée thérapeutique présente les caractéristiques suivantes : un profil clinicien et profil patient personnalisé, un visage rédupliqué par axe central, l'intégration d'instructions faciales à l'écran, l'intégration de principes d'apprentissages moteurs dans la façon dont sont présentés les exercices, la présentation visuelle du temps à respecter pour les exercices et l'intégration d'un historique de thérapie pour valider l'adhésion à la thérapie. (Pour plus d'informations sur le *MEPP-website*, originalement appelé « *Miroir Facial* », nous vous invitons à regarder cette [capsule](#).). La Figure 5 démontre l'interface de cet outil avec quelques fonctionnalités.

Figure 6 – Interface du *MEPP-website*



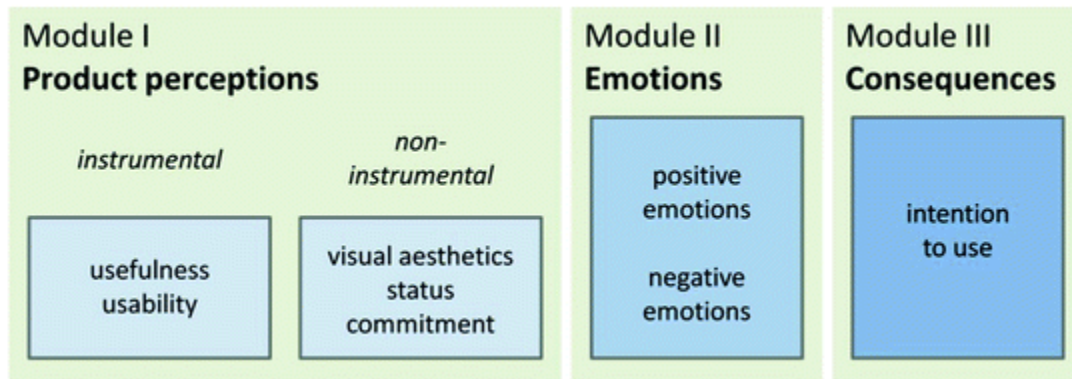
1.9.2 *MEPP-website*, utilisabilité et expérience utilisateur

Dans le cadre de cette thèse, la décision de créer le *MEPP-website* a été prise pour améliorer et supporter de déroulement de la rééducation faciale MEPP chez les patients. Or, ce nouveau site web n'ayant jamais été utilisé, il est impératif de valider s'il a l'effet positif escompté chez les participants, par rapport à l'utilisation de l'application générique Webcamtoy®. Pour ce faire, l'évaluation de l'appréciation des usagers en lien avec l'utilisation comparative des deux technologies employées est essentielle. En effet, pour éviter l'abandon des technologies en

réadaptation, il est primordial de considérer l'opinion des utilisateurs sur la qualité et la performance de ces dites technologies (Phillips et Zhao, 1993). Ainsi, pour s'assurer de rencontrer ces critères, l'utilisation d'une approche centrée sur le patient et visant à évaluer l'*utilisabilité* de la technologie par le patient ainsi que sa perception de la qualité de la technologie, est recommandée (Mann et al., 1993).

L'organisation internationale de la normalisation (International Organisation for Standardisation : ISO), qui est la fédération mondiale sur l'utilisation de standard, définit l'utilisabilité de cette façon : « degré selon lequel un système, un produit ou un service peut être utilisé par des utilisateurs spécifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction dans un contexte d'utilisation spécifié (norme ISO 9241-11 : 2018)» (Standardization., 2018.). L'utilisabilité d'un produit est donc un concept qui s'avère important à évaluer pendant l'étape de conception d'une technologie, ou pour évaluer les interactions entre un usager et son outil technologique, puisque cela permettra de s'assurer que l'outil est convenable (Thüring et Mahlke, 2007). Le questionnaire standardisé MeCUE (Minge et al., 2016b) permet de mesurer cette variable. Le MeCUE a spécifiquement été développé dans le but d'évaluer de façon modulaire les différentes composantes de l'expérience utilisateur, dont l'utilisabilité, et il respecte la norme ISO 9241-11 : 2018 (Minge et al., 2016a; Minge et al., 2016b). Cet outil a été conceptualisé en suivant un modèle analytique de l'expérience utilisateur nommé « *Components model of User Experience* » (Thüring et Mahlke, 2007), qui intègre un nombre de théories et d'approches, et dont la particularité est de tenir compte de toutes les composantes de l'expérience utilisateur, notamment : 1) la perception des qualités instrumentales (l'utilisabilité et l'utilité) et non-instrumentales (esthétique, etc.) de la technologie; 2) l'influence des émotions de l'utilisateur par rapport au produit; 3) les conséquences de ces composantes sur la loyauté et l'intention à utiliser le produit; 4) l'évaluation globale du produit par l'utilisateur (Minge et al., 2016a). La Figure 6 représente ces différentes composantes.

Figure 7 – Composantes du MeCUE



The meCUE Questionnaire: A Modular Tool for Measuring User Experience.

Licence de reproduction Springer Nature sans droit de modification 5163450977115

L'Annexe D – Questionnaire MeCUE en français présente la version utilisée du questionnaire standardisé MeCUE (Minge et al., 2016b) dans la troisième étude pour évaluer adéquatement l'expérience utilisateur des usagers utilisant Webcamtoy© et le *MEPP-website*.

Ce deuxième volet ajoute à cette thèse une dimension d'innovation technologique, avec la création d'un nouvel outil clinique, ainsi que l'évaluation comparative de l'expérience utilisateur de ses usagers. En effet, l'étude de l'expérience utilisateur du site web MEPP permet de valider de manière exploratoire certains aspects primordiaux de la rééducation faciale, telle que l'adhérence au traitement des patients et l'intention d'utiliser de tels outils de rééducation chez les cliniciens. Elle permet également la mise sur pied d'un volet de transfert des connaissances, afin de répondre au besoin clinique de manque d'outil concret pour réaliser de la rééducation faciale en phase aigüe.

RÉSUMÉ INTERMÉDIAIRE 9 :

Pour réaliser le MEPP, il est impératif d'utiliser un outil qui duplique le côté sain du visage. Un site-web générique Webcamtoy© a d'abord été utilisé à cette fin dans le cadre de cette étude. Or, il a rapidement été constaté que ce site web non-spécifique occasionnait de nombreuses difficultés aux usagers dans la réalisation de la thérapie et augmentait leur charge cognitive. Afin d'améliorer l'expérience des participants, un nouvel outil spécifique à la rééducation faciale a été

développé. Dans le but de s'assurer que la nouvelle plateforme améliorerait réellement l'expérience utilisateur des participants par rapport à l'ancienne, et que ce nouvel outil présentait une meilleure utilisabilité pour les patients, ces aspects ont été évalués à l'aide d'un questionnaire standardisé et validé nommé MeCUE.

1.10 Contextualisation du problème de recherche

En résumé, il a été démontré que la paralysie de Bell provoque de grandes problématiques anatomiques, fonctionnelles et psychologiques chez les patients qui en souffrent. Il a été suggéré qu'une intervention rapide, dès la phase aiguë est probablement souhaitable pour soutenir la prévention de séquelles invalidantes en phase chronique de paralysie de Bell sévère. Quelques données semblent suggérer que, combinée aux médicaments, la rééducation faciale débutée en phase aiguë de paralysie de Bell sévère pourrait favoriser une meilleure récupération. Des données concernant des changements corticaux précoces et témoignant d'une discordance sensorimotrice dans la PB ont aussi été exposées. Or, les rééducations faciales et les protocoles d'intervention actuellement disponibles pour la phase aiguë sont rares, ou calqués sur ce qui est fait en phase chronique, sans nécessairement tenir compte spécifiquement des principes d'apprentissages moteurs pertinents pour la phase aiguë. Le MEPP a été développé en se basant sur certains paramètres pertinents de rééducations faciales existantes, sur l'application de différents principes d'apprentissages moteurs et d'imagerie motrice, et en mettant l'accent sur une rétroaction visuelle modifiée en considérant les particularités de la phase aiguë de PB. Finalement, pour permettre une réalisation améliorée du MEPP, un outil web spécifique de rééducation faciale, le MEPP-website, a été développé. Il vise à diminuer la charge cognitive des patients, et à améliorer leur expérience utilisateur, mais doit être étudié à cet effet. Plus spécifiquement, trois des quatre modules ont été sélectionnés pour l'étude actuelle. En effet, le module portant sur les émotions a été exclu, puisqu'il incluait des questions qui ne s'appliquaient pas à un contexte clinique (i.e. « ce site web me détend»), parce qu'il présentait des items avec une qualité psychométrique moindre (Lallemant et Koenig, 2017), ainsi que des items qui ne pouvaient se rapporter exclusivement à l'expérience utilisateur dans le cadre d'un réentraînement facial musculaire (e.g., "Ce site web me fatigue."). Les sous échelles retenues

visaient à évaluer l'utilité et l'utilisabilité du produit, la loyauté au produit et l'intention à utiliser le produit, ainsi que l'évaluation globale.

1.11 Objectifs

1.11.1 Objectifs généraux de la présente thèse

Dans le premier volet de cette thèse, l'objectif général est de déterminer si la rééducation faciale MEPP, donnée en phase aigüe de paralysie de Bell modérée-à-sévère à totale, permettrait aux patients de mieux récupérer, et d'avoir moins de séquelles en phase chronique. Spécifiquement, les questions suivantes ont été posées : 1) Quels sont les effets à moyen terme du MEPP sur la symétrie faciale et sur les syncinésies des patients? 2) Quels sont les effets à long terme du MEPP sur la symétrie faciale, les syncinésies, les impacts fonctionnels rapportés par les patients, ainsi que sur leur parole telle que jugée par des observateurs naïfs? Dans le deuxième volet de cette thèse, nous avons cherché à étudier si un site web spécialement conçu pour réaliser le MEPP modifierait l'expérience utilisateur des patients et des cliniciens. De plus, nous avons mesuré objectivement l'adhérence au traitement à l'aide d'une fonctionnalité du nouvel outil clinique *MEPP-website*.

1.11.2 Objectifs et hypothèses de la première étude

Pour notre première étude, nous avons comme objectif de documenter les effets préliminaires à moyen terme du MEPP sur la symétrie faciale et les syncinésies. Nos hypothèses étaient que le MEPP, donné en phase aigüe de PB modérée-à-sévère à totale, améliorerait la symétrie faciale et les syncinésies des patients, six mois après l'apparition des symptômes, par rapport à des patients contrôles. La période de six mois a été choisie puisqu'elle correspond à une étape intermédiaire entre la phase aigüe et la phase chronique.

1.11.3 Objectifs et hypothèses de la deuxième étude

Pour notre deuxième étude, nous avons comme objectif de documenter les effets à long terme du MEPP, en considérant à la fois la symétrie faciale, les syncinésies, mais aussi la qualité de vie et les difficultés fonctionnelles auto-rapportées, ainsi que l'intelligibilité perçue des patients. Nos

hypothèses étaient que le MEPP donné en phase aigüe de PB sévère permettrait une amélioration significative en termes de symétrie faciale, de syncinésies, et de difficultés fonctionnelles ou qualité de vie auto-rapportées. Nous avons émis l'hypothèse que ces effets seraient toujours présents 12 mois après l'apparition des symptômes. Cependant, nous avons postulé que le MEPP n'aurait pas d'effet sur l'intelligibilité perçue de la parole, puisque la PB, même sévère, n'affecte que peu ce paramètre (Moverare et al., 2017).

1.11.4 Objectifs et hypothèses de la troisième étude

Pour notre troisième étude, nous avons comme objectif de documenter l'expérience utilisateur de patients et de cliniciens, ainsi que l'adhérence au traitement des patients, lors de l'utilisation du *MEPP-website* par rapport au site web générique *Webcamtoy®*. Cet objectif a été développé plus tardivement dans le processus de cette thèse, en fonction de ce que nous observions chez les patients et en fonction de leurs commentaires sur le déroulement de la thérapie avec l'application *Webcamtoy®*. Nos hypothèses étaient que l'expérience utilisateur serait meilleure lors de l'utilisation du site spécialisé du MEPP, mais qu'il y aurait peut-être un effet d'ordre d'utilisation. Concernant l'adhérence au traitement, nous avons émis l'hypothèse qu'elle serait élevée, peu importe si le *MEPP-website* avait été utilisé en premier ou en deuxième.

2. PREMIER ARTICLE

Rôle de chaque auteur:

- Martineau, S.: acquisition des données, analyse et interprétation des données, principale écriture et révision du manuscrit
- Chouinard, A.-M.: acquisition des données et révision du manuscrit
- Piette, E.: révision du manuscrit
- Rahal, A.: supervision et révision du manuscrit
- Marcotte, K.: supervision et révision du manuscrit

The Mirror Effect Plus Protocol for acute Bell's palsy: A randomised and longitudinal study on facial rehabilitation

Sarah Martineau^{a,b,c}, Akram Rahal^a, Éric Piette^{b,d}, Anne-Marie Chouinard^{b,c}, & Karine Marcotte^{b,c}

^a *Hôpital Maisonneuve-Rosemont, Montréal, Québec, Canada;* ^b *Centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l'île-de-Montréal, Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, Montréal, Québec, Canada;* ^c *École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada;* ^d *Département de médecine d'urgence, Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l'île-de-Montréal, Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, Montréal, Québec, Canada*

This is an Author's Original Manuscript of an article published by Taylor & Francis Group in Acta Oto-Laryngologica available online at:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00016489.2020.1842905>

Abstract

Background: Small but interesting evidence suggest that facial rehabilitation for acute Bell Palsy (BP) could improve facial outcomes in patients who benefited from optimal medication, but whose symptoms are still severe two-weeks after BP's onset.

Aims/Objective: This study aimed to provide preliminary evidence of the mid-term effects of a new facial retraining based on motor imagery and mirror therapy, the Mirror Effect Plus Protocol (MEPP).

Material and methods: Twenty BP patients received the standard medication for acute BP and were then randomly allocated to the treatment (MEPP) or control group, if their palsy was still at least moderate-to-severe at 14 days post-onset. Three blind independent assessors graded the patients' evolution until 6 months after onset.

Results: Significant differences between the groups were not found for any measured variable; however, a trend toward better recovery was found in the treatment group for every measured variable. This trend grew bigger for patients with severe or total BP.

Conclusions: This study suggests a promising effect of the MEPP on acute severe to total BP but requires further investigation with a larger number of participants.

Significance: Facial rehabilitation should be considered as an adjunct to medication for acute and most severe degrees of BP.

Keywords: Bell Palsy, Facial Nerve Paralysis, Rehabilitation, Mirror Effect

Introduction

Up to 30% of patients with severe Bell Palsy (BP) have incomplete recoveries resulting in severe esthetic, functional, or social impairments (de Almeida et al., 2014a). Few studies are conducted during the early recovery phase of BP, most likely because of its great spontaneous recovery rate. Because levels of evidence for facial retraining in acute BP are weak, a medical consensus is not clear, and recommendations are scarce (de Almeida et al., 2014a).

Nonetheless, the body of literature reporting the advantages of early facial retraining combined with standard medication for moderate-to-severe to total acute BP has grown over the last decade (Nicastri et al., 2013). Many authors studied the effects of early rehabilitation, showing that those receiving facial retraining had significantly better facial functions compared to controls (Monini et al., 2016). The encouraging conclusions of these recent studies suggest numerous potential advantages of early facial retraining. In the absence of adequate early counseling, patients are more prone to develop bad facial habits by attempting to elicit gross and non-specific facial movements (Alakram et Puckree, 2011). Thus, early retraining could guide patients and maintain good facial habits and proprioception (Paolucci et al., 2020). Early education about facial muscles could allow patients to optimize facial proprioception and potentially adjust erroneous movements caused by the sensory-motor discrepancy that prevails in BP (Song et al., 2017). This type of biofeedback, which is known to provide “knowledge of performance” (KP), as it is known in the motor learning literature, could be helpful for recovering facial symmetry because it gives information about the nature of a movement and how it differs from the target movement (Preston et al., 2013).

Our research team developed a new rehabilitation protocol, the Mirror Effect Plus Protocol (MEPP) (Martineau et al., 2020a), based on motor imagery and modified mirror therapy (Ramachandran et al., 1995). We adapted this therapy for early intervention in moderate-to-severe to total BP (Barbara et al., 2010; Nicastri et al., 2013) by adding components of facial neuromuscular retraining, principles of motor learning, and motor imagery sessions (Eaves et al., 2016). The use of a modified mirror therapy could particularly help regain smile symmetry by

maintaining adequate cortical representations of facial motor patterns while the palsy is complete or severe (Mandrini et al., 2016). The aim of this longitudinal study was to provide preliminary evidence of the mid-term effects of the MEPP in acute BP. Based on current evidence (Nicastri et al., 2013), we hypothesized that the MEPP would help patients more rapidly achieve better facial symmetry compared to medical treatment and basic counseling alone.

Method

The study was approved by the ethics committee of *Centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l'île-de-Montréal* (MP-32-2017-1365) and all patients gave their free and informed consent to participate.

Participants

Participants from the Otorhinolaryngology Department of two university hospital centers were examined in ambulant care settings. Inclusion criteria were: (1) first episode of BP; (2) the recommended drug regimen for severe and total BP (1000 mg valacyclovir three times daily for 7 days and 50 mg prednisone once daily for 10 days) began within 72 hours of onset (Gagyor et al., 2015); and (3) normal cognitive status based on the Montreal Cognitive Assessment (Nasreddine et al., 2005). From 240 referrals received from January 2017 to September 2019, 28 patients were enrolled and assigned using balanced block randomization to either the control ($n=13$) or treatment (MEPP) group ($n=15$). Two patients from the control group and three from the treatment group did not conform to the treatment schedule. Additionally, one from each group was lost during follow-up, and one from the treatment group was excluded for medical reasons (Ramsay Hunt Syndrome). The resultant 20 participants were evenly separated per protocol between the two groups and completed the study over a 6-month follow-up period.

Procedure

Assessments

The first assessment was performed 10-14 days after BP onset and prior to any intervention or therapy. The severity of facial palsy was assessed using the Facial Nerve Grading System 2.0 (FNGS 2.0; also known as the House-Brackmann 2.0 score; (Vrabec et al., 2009) and the Sunnybrook

Facial Grading System (SB; Ross et al., 1996). These were chosen because each has been shown to have high inter-observer agreement and validity (Fattah et al., 2015). Only patients who were graded with moderate-to-severe, severe, or total BP (4, 5, or 6 using FNGS 2.0) at the initial assessment (10 to 14 days after onset) were recruited for this study. Reassessments were performed 1, 2, 3, 4, 5, and 6 months after onset.

Each assessment was video-recorded using a Samsung Galaxy S5-Neo placed approximately 1 m in front of the patient. The electronic video files were transferred to a PC computer and then converted to .mp4 video files before being viewed by three independent medical students who received standardized training for applying the FNGS 2.0 and SB scales. They were blind to group assignment and the length of treatment. From the three independent scores, measures of central tendency (means and medians) were calculated for each variable of interest. Based on the work of Nicastrì et al. (Nicastrì et al., 2013), the primary outcome was the improvement in global recovery as measured by FNGS 2.0 grade, FNGS 2.0 score, and SB score at each assessment point. The secondary outcomes were the improvement in symmetry of overall voluntary facial movements using the SB scale. The tertiary outcome was the development of synkinesis as measured by the synkinesis subscores of both scales.

Intervention protocols

The MEPP, which consisted of facial counseling and retraining during four in-clinic sessions during the first 2 weeks following initial assessment, was used with all participants in the treatment group (for a complete description of the MEPP, see Martineau et al. (Martineau et al., 2020a)). Each patient first received information about facial function and anatomy. They then practiced motor imagery sessions and received passive soft tissue manipulation. Subsequently, specific facial exercises were explained and executed with the help of a free webpage (www.Webcamtoy.com) that provided modified visual biofeedback and a symmetrical image of the patient's face generated by duplicating the healthy side. Adherence to the protocol was assessed at the beginning of each appointment with a short interview regarding the exercises. In contrast, the control group received basic counseling such as instructions for avoiding excessive facial movements, but no therapy sessions.

Statistical analysis

All statistical analyses were performed using SPSS (IBM, version 25). Differences were significant when $P < 0.05$. Normalcy of continuous variables was tested with Kolmogorov-Smirnov test. Two-way random effects intraclass correlation coefficients (ICCs) were calculated for the FNGS 2.0 global scores and grades and for the SB scores to determine consistency between raters.

Descriptive graphs were constructed to observe the trajectories of every measured variable throughout follow-up. The Mann-Whitney test ($\alpha=0.05$ and confidence interval, 95%) was used to find significant differences between the groups in the distribution of each variable of interest for the complete study trajectory. Confidence intervals were also obtained through Hodges-Lehman estimator ($\alpha=0.05$ and confidence interval, 95%) for the difference between each variable's median between the groups. Because Nicastrì et al. (Nicastrì et al., 2013) demonstrated that early facial rehabilitation had a significant impact on the rate and quality of recovery for only those with either grade 5 or 6 on the House-Brackmann scale, we stratified our participants and excluded 6 patients (three per group) who were initially found with FNGS 2.0 grade 4. Mann-Whitney and Hodges-Lehman tests were then reperformed using only the resultant cohort of 14 participants.

Interrater reliabilities of the SB global score, the FNGS 2.0 global score, and the FNGS 2.0 grade were sufficient: ICCs were 0.924, 95% confidence interval (CI) [0.794, 0.963], 0.952, 95% CI [0.904, 0.972], and 0.908, 95% CI [0.860, 0.938], respectively.

Results

Patient characteristics at baseline (10-14 days after onset) are reported in Table 1 (6 women in controls; 5 in MEPP). Mean (standard deviation [SD]) age was 50.0 years (12.2 years) and 50.0 years (17.6 years), respectively. Every medical condition revealed by the medical histories was stable and controlled with medication. The control group had 3 patients with FNGS 2.0 grade 4, 4 patients with grade 5, and 3 patients with grade 6. The MEPP group had 3 patients with FNGS 2.0 grade 4, 6 patients with grade 5, and 1 patient with grade 6. Mean (SD) SB scores were 26 (16) and 28 (13), respectively.

Tableau 3 – Baseline characteristics of the participants in each group.

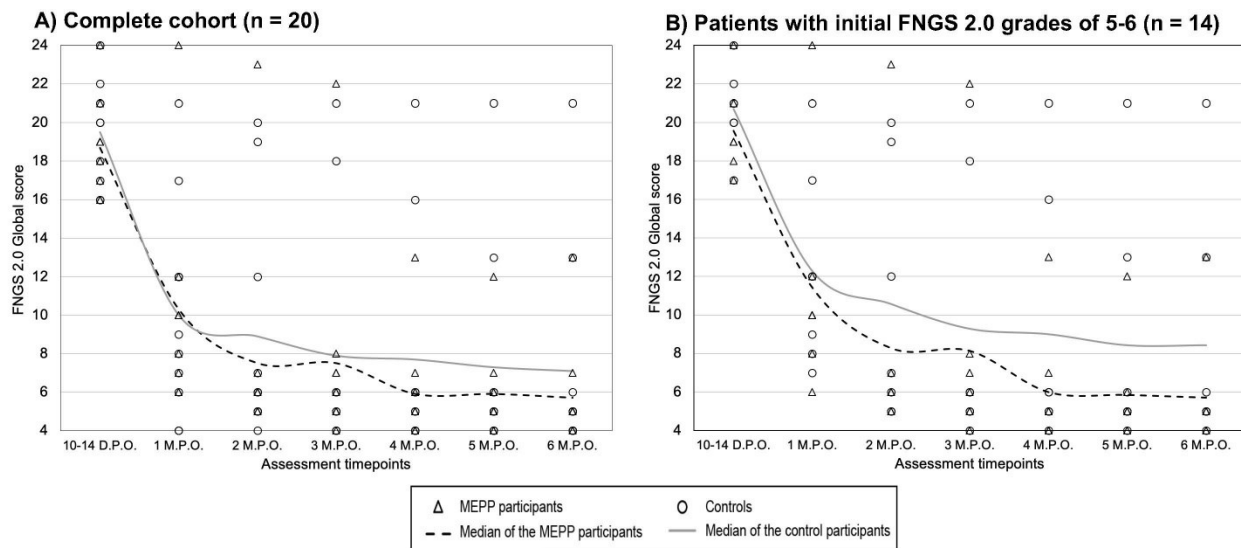
Group	Controls (n=10)	MEPP (n=10)
Sex, <i>n</i> (%)		
Female	6 (60%)	5 (50%)
Male	4 (40%)	5 (50%)
Age, mean (<i>SD</i>) in years	50.0 (12.2)	50.1 (17.6)
Medical history, <i>n</i> (%)		
Tobacco	3 (30%)	3 (30%)
HTA	2 (20%)	3 (30%)
dB	3 (30%)	0
Chol	1 (10%)	0
Thyroid	2 (20%)	1(10%)
FNGS 2.0 grade 10–14 D.P.O, <i>n</i> (%)		
4	3 (30%)	3 (30%)
5	4 (40%)	6 (60%)
6	3 (30%)	1 (10%)
SB score, mean (<i>SD</i>)	26.0 (16)	28.0 (13.0)

Note. Facial Nerve Grading Scale 2.0 (FNGS 2.0) scores: 6 = total palsy; 5 = severe palsy; 4 = moderate-to-severe palsy. Sunnybrook (SB) scores: minimum possible = 0 or total palsy; maximum possible = 100% or normal. D.P.O. = Days post-onset; MEPP =Mirror Effect Plus Protocol

Figures 7-10 present descriptive means and medians for each variable of interest at each assessment point based on group assignment. Results are shown for both the complete cohort ($n=20$) and the truncated cohort after the stratification procedure (grade > 4; $n=14$). Figure 7 shows the mean FNGS 2.0 global scores and Figure 8, the mean SB global scores. Figure 9 shows the median subscales for synkinesis and Figure 10, the SB global voluntary movement scores. Both groups showed improvements over time on the global FNGS 2.0 and SB scores for every variable of symmetry and movement, and both showed that light synkinesis developed. Additionally, the

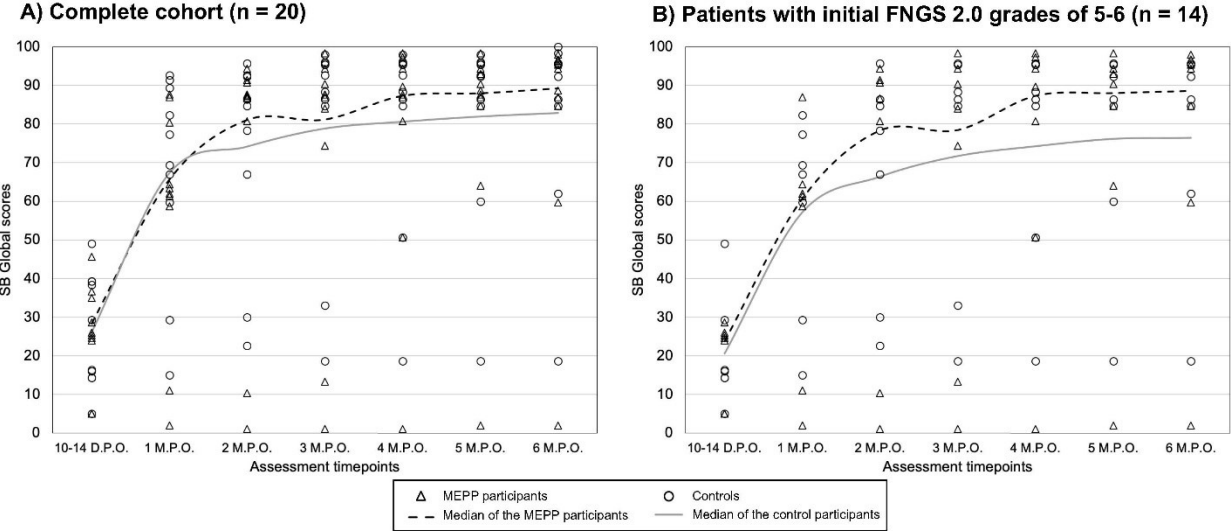
treatment group was found to have a slight advantage with each variable except for synkinesis (Figure 9). The gaps between groups seem to indicate that the treatment group, after excluding those with FNGS 2.0 grade 4, was favored.

Figure 8 – Individual changes in FNGS 2.0 global scores over the 6-month study period, according to treatment group, for the complete cohort (A) and after stratification (B).



Legend: FNGS 2.0 scores: 24= total palsy; 1 = normal facial function. D.P.O: Days Post Onset; M.P.O.: Months Post Onset; Triangles: MEPP participants; Circles: Controls; Dash line: Mean of the MEPP group; Plain line: Mean of the Control Group.

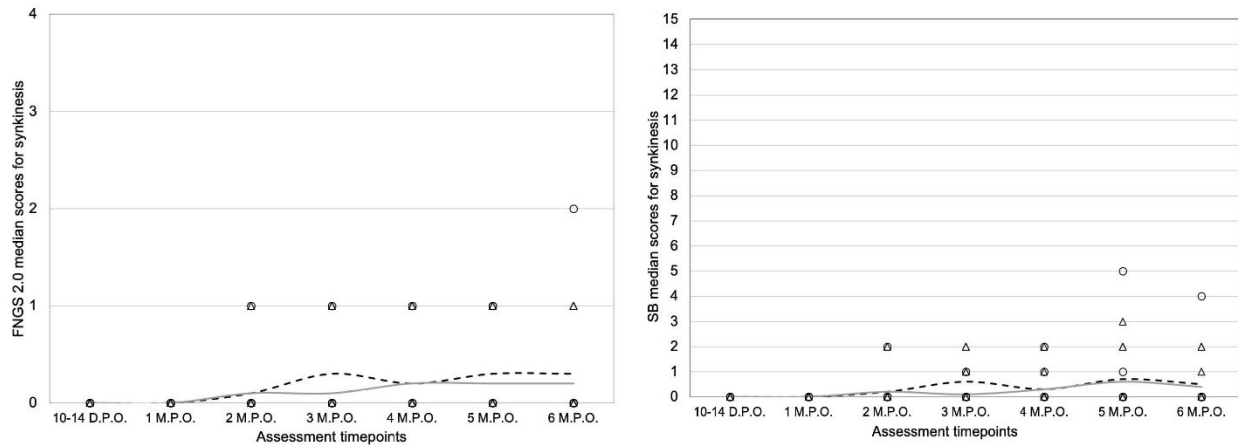
Figure 9 – Individual changes in Sunnybrook (SB) global scores over the 6-month study period, according to treatment group, for the complete cohort (A) and after stratification (B).



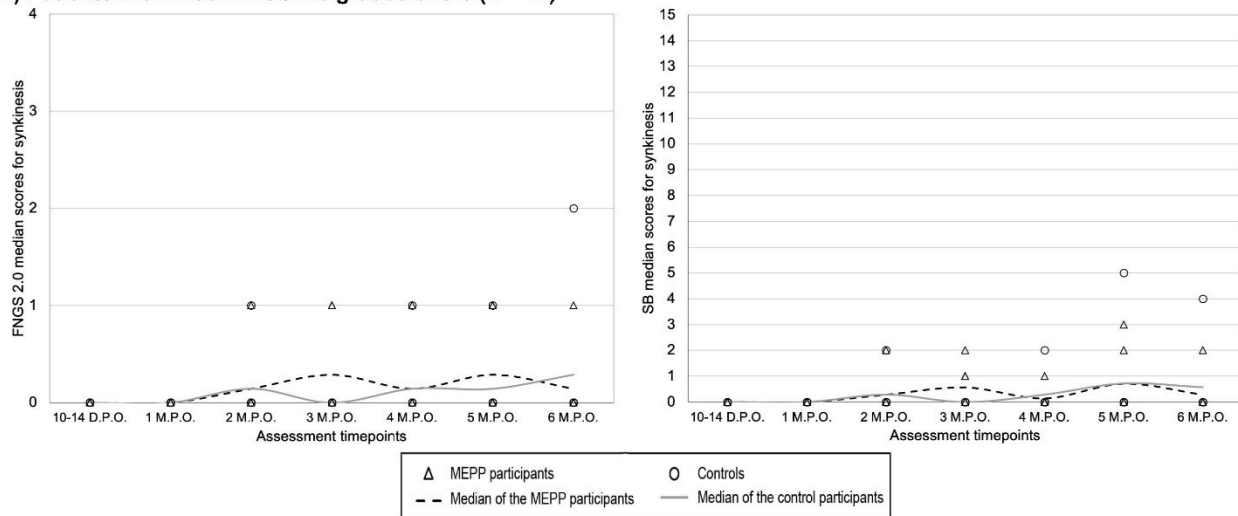
Legend: SB scores: 0= total palsy; 100 = normal facial function. D.P.O: Days Post Onset; M.P.O.: Months Post Onset; Triangles: MEPP participants; Circles: Controls; Dash line: Mean of the MEPP group; Plain line: Mean of the Control Group.

Figure 10 – Individual changes in FNGS 2.0 and Sunnybrook (SB) synkinesis scores over the 6-month study period, according to treatment group, for the complete cohort (A) and after stratification (B).

A) Complete cohort (n = 20)

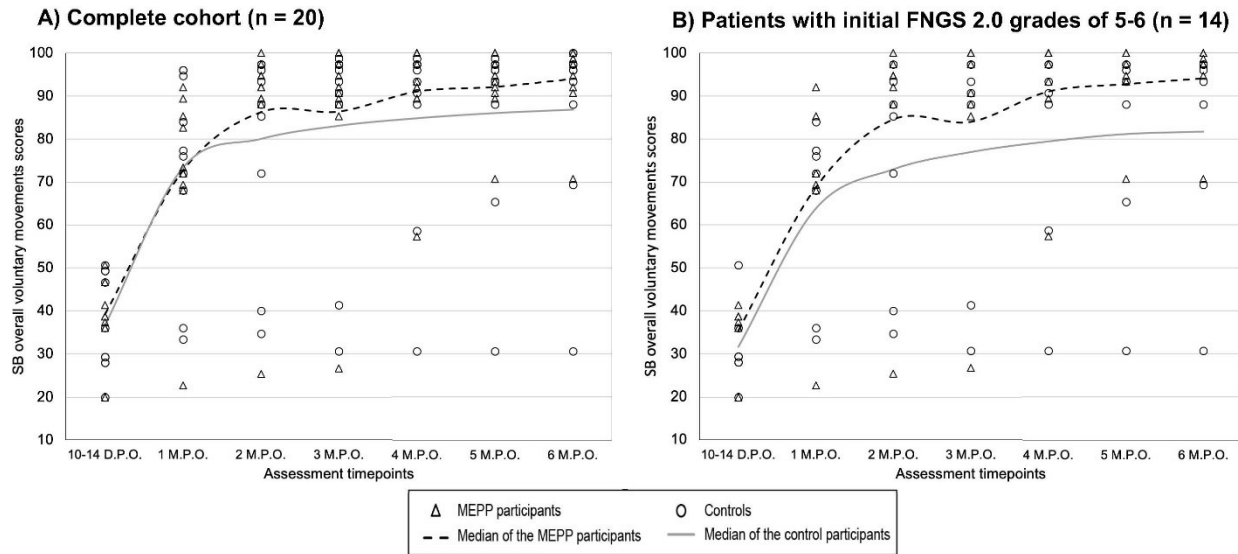


B) Patients with initial FNGS 2.0 grades of 5-6 (n = 14)



Legend: FNGS 2.0 synkinesis scores: 4= severe synkinesis; 0 = no synkinesis. SB synkinesis scores: 15= severe synkinesis; 0 = no synkinesis. D.P.O.: Days Post Onset; M.P.O.: Months Post Onset; Triangles: MEPP participants; Circles: Controls; Dash line: Median of the MEPP group; Plain line: Median of the Control Group.

Figure 10 – Individual changes in Sunnybrook (SB) overall voluntary movements scores over the 6-month study period, according to treatment group, for the complete cohort (A) and after stratification (B).



Legend: SB voluntary movements scores: 100= normal symmetry; 16 = gross asymmetry. D.P.O.: Days Post Onset; M.P.O.: Months Post Onset; Triangles: MEPP participants; Circles: Controls; Dash line : Median of the MEPP group; Plain line : Median of the Control Group.

Table 4 shows the results of the Mann-Whitney and Hodges-Lehman tests for all variables of interest, and the absence of significant differences between the groups before and after stratification. The global voluntary movement SB score seemed to trend positively for the treatment group ($U=39.0$, $P=0.073$), but the difference between groups was not significant.

Tableau 4 – Results of Mann-Whitney U tests and Hodges-Lehman $\hat{\Delta}$ tests (alpha: 0.05, [IC: 95%]) on each outcome variables between MEPP group and Control group before (on the left) and after (on the right) stratification.

	FNGS 4-5-6 at onset (n = 20)		FNGS 5-6 at onset (n = 14)	
GLOBAL SCORES AND GRADES				
	Mann-Witney U tests	Hodges-Lehman estimator	Mann-Witney U tests	Hodges-Lehman estimator
SB scores	U =52.0, $p=.912$	-0.333, [-9.476; 7.000]	U =34.0, $p=.259$	-4.952, [-37.333; 5.381]
FNGS 2.0 scores	U =47.5, $p=.853$	0.143, [-1.286; 1.571]	U =15.0, $p=.259$	1.000, [-0.429; 8.857]
FNGS 2.0 grades	U =47.5, $p=.853$	0.000, [-0.429; 0.429]	U =13.0, $p=.165$	0.286, [-0.143; 1.857]
SB voluntary movement	U =59.0, $p=.529$	-1,238, [-7,238; 5.333]	U = 39.0 , $p=.073$	-5.333, [-33.333; 0.190]
SYNKINESIS SUBSCORES				
FNGS 2.0	U =62.5, $p=.353$	0.000, 95% IC [-0.143; 0.000]	U =30.5, $p=.456$	0.000, [-0.286; 0.000],
SB	U =66.0, $p=.247$	-0.143, [-0.286; 0.000]	U =32.5, $p=.318$	-0.143, [-0.571; 0.143],

Note. FNGS 2.0= Facial Nerve Grading Scale 2.0; SB Sunnybrook scale

Discussion

This study evaluated the potential impact of early facial retraining on symmetry and synkinesis. Contrary to our hypothesis, statistical differences between the groups could not be found on any measure of global recovery. Nonetheless, a trend toward better symmetry was found in the treatment group for all facial movements. As shown by Nicastrì et al. (Nicastrì et al., 2013), the trend almost reached significance, in those with more severe BP initially.

Early facial retraining in acute BP remains controversial because high-quality evidence-based studies continue to be scarce (de Almeida et al., 2014a). The modified visual feedback provided by the MEPP during facial exercises might reduce the visual-motor mismatch of BP (Klingner et al., 2014; Martineau et al., 2020a), thus preventing patients from over-compensating for the paralysis and avoiding multiple nervous impulses that could lead to more aberrant reinnervation or hyperfunction.

A potential operant mechanism in the MEPP for sustaining motor recovery in BP is augmented KP during imagery sessions. In the motor learning literature, KP is defined as the ability to explicitly obtain information about the nature of a specific movement. Many case series have used visual biofeedback to enhance KP in the initial phases of speech motor learning therapies, showing positive outcomes (Cleland et al., 2019). Translated to the field of facial retraining, the augmented kinesthetic feedback provided by the MEPP during imagery sessions provides KP. Modified visual biofeedback then allows the brain to record multiple correct responses of a symmetrical movement. In doing so, the training likely enforces activation of normal motor patterns of facial mimicking and prevents uncalibrated motor compensation responses. Also, early intervention in BP allows patients to be better involved and engaged in their recovery processes, thereby reducing anxiety and reinforcing feelings of empowerment (Paolucci et al., 2020). Moreover, passive and specific soft tissue mobilizations included in the MEPP can indirectly stimulate nerve recovery by preserving muscle tone, trophism, and proprioception (Infante-Cossio et al., 2016).

Limitations of this study relate primarily to the small number of patients, which affects our statistical power and capacity to generalise conclusions. At this level, we must suggest that a larger study can be successfully implemented, given that clinically useful evidence showing

efficacy and safety is hereby provided. Also, the observed trend in favor of the MEPP encourages to pursue recruitment to overcome this limitation in a future study.

Conclusion

These results showed that a trend toward better symmetry for patients with severe or total and acute BP following early facial retraining. This study provides preliminary clinical evidence that the MEPP could be efficient and can be safely implemented in a clinical trial designed to investigate its efficacy in those with acute severe or total BP.

Conflict of interest statement: There are no conflicts of interest.

Funding: This study was supported by a REPAR-OOAQ grant to S.M., A.R., and K.M. S.M. holds a doctoral training scholarship and K.M. holds a research scholar (Junior 1) both from the “Fonds de Recherche du Québec – Santé”.

References

1. de Almeida JR, Guyatt GH, Sud S, et al. Management of Bell palsy: clinical practice guideline. *CMAJ*. 2014 Sep 02;186:917-22.
2. Nicastrì M, Mancini P, De Seta D, et al. Efficacy of early physical therapy in severe Bell's palsy: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013 Jul-Aug;27:542-51.
3. Monini S, Buffoni A, Romeo M, et al. Kabat rehabilitation for Bell's palsy in the elderly. *Acta Otolaryngol*. 2016 Jun;137:646-650.
4. Alakram P, Puckree T. Effects of electrical stimulation in early Bells palsy on facial disability index scores [bell's palsy; electrical stimulation; facial disability index scores]. *J Physiother*. 2011 2011-01-05;67(2):6.
5. Paolucci T, Cardarola A, Colonnelli P, et al. Give me a kiss! An integrative rehabilitative training program with motor imagery and mirror therapy for recovery of facial palsy. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2020 Feb;56(1):58-67.
6. Song W, Cao Z, Lang C, et al. Disrupted functional connectivity of striatal sub-regions in Bell's palsy patients. *NeuroImage: Clinical*. 2017;14:122-129.
7. Preston JL, Brick N, Landi N. Ultrasound biofeedback treatment for persisting childhood apraxia of speech. *Am J Speech Lang Pathol*. 2013 Nov;22(4):627-43.
8. Martineau S, Martel-Sauvageau V, Piette E, et al. A Pilot Study on the Mirror Effect PLUS Protocol: A Standardized and Adapted Facial Rehabilitation for Acute Bell's Palsy. *Canadian Journal of Speech-Language-Pathology and Audiology*. 2020;44(2):57-72.
9. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D, Cobb S. Touching the phantom limb. *Nature*. 1995 Oct 12;377(6549):489-90.
10. Barbara M, Antonini G, Vestri A, et al. Role of Kabat physical rehabilitation in Bell's palsy: A randomized trial. *Acta Otolaryngol*. 2010 2010/01/01;130:167-172.
11. Eaves DL, Riach M, Holmes PS, et al. Motor imagery during action observation: A brief review of evidence, theory and future research opportunities. *Front Neurosci*. 2016;10:514.

12. Mandrini S, Comelli M, Dall'angelo A, et al. Long-term facial improvement after repeated BoNT-A injections and mirror biofeedback exercises for chronic facial synkinesis: a case-series study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2016 Dec;52(6):810-818.
13. Gagyor I, Madhok VB, Daly F, et al. Antiviral treatment for Bell's palsy (idiopathic facial paralysis). *Cochrane Database Syst Rev*. 2015 Nov 09(11):Cd001869.
14. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bedirian V, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc*. 2005 Apr;53(4):695-9.
15. Vrabec JT, Backous DD, Djalilian HR, et al. Facial Nerve Grading System 2.0. *Otolaryngol and Head and Neck Surgery*. 2009 Apr;140:445-50.
16. Ross B, Fradet G, Nedzelski JM. Development of a sensitive clinical facial grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1996 Mar;114:380-6.
17. Fattah AY, Gurusinghe AD, Gavilan J, et al. Facial nerve grading instruments: Systematic review of the literature and suggestion for uniformity. *Plastic Reconstructive Surgery*. 2015 Feb;135:569-579.
18. Klingner CM, Volk GF, Brodoehl S, et al. The effects of deafferentation without deafferentation on functional connectivity in patients with facial palsy. *Neuroimage: Clinical*. 2014;6:26-31.
19. Sessle BJ, Adachi K, Avivi-Arber L, et al. Neuroplasticity of FaCE primary motor cortex control of orofacial movements. *Arch Oral Biol*. 2007 Apr;52(4):334-7.
20. Infante-Cossio P, Prats-Golczer V-E, Lopez-Martos R, et al. Effectiveness of facial exercise therapy for facial nerve dysfunction after superficial parotidectomy: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2016;30(11):1097-1107.

3. DEUXIÈME ARTICLE

Rôle de chaque auteur:

- Martineau, S.: acquisition des données, analyse et interprétation des données, principale écriture et révision du manuscrit
- Piette, E.: révision du manuscrit
- Moubayed, S.: révision du manuscrit
- Rahal, A.: supervision et révision du manuscrit
- Marcotte, K.: supervision et révision du manuscrit

L'article publié dans cette thèse se conforme aux lignes directrices de la revue pour laquelle il a été soumis. Néanmoins, pour permettre un approfondissement de certains concepts étudiés, l'introduction et la discussion incluent des sections qui ont été enlevées lors de la soumission.

The “Mirror Effect Plus Protocol” for acute Bell’s palsy: A randomized controlled trial with a one-year follow-up.

Sarah Martineau^{a,b,c}, Akram Rahal^{a, c}, Eric Piette^{b,d}, Sami Moubayed^{b,e} & Karine Marcotte^{b,c}

^a *Hôpital Maisonneuve-Rosemont, Montréal, Québec, Canada;* ^b *Centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l’île-de-Montréal, Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, Montréal, Québec, Canada;* ^c *Faculté de Médecine, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada;* ^d *Département de médecine d’urgence, Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l’île-de-Montréal, Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, Montréal, Québec, Canada;* ^e *Département d’oto-rhino-laryngologie, Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l’île-de-Montréal, Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, Montréal, Québec, Canada;*

This is the original author manuscript of an article first published in June 19, 2022 for Clinical Rehabilitation <https://doi.org/10.1177/02692155221107090>.

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits non-commercial use, reproduction and distribution of the work without further permission provided the original work is attributed as specified on the SAGE and Open Access page (<https://us.sagepub.com/en-us/nam/open-access-at-sage>).

Abstract

Objective: To study the effects of the “Mirror Effect Plus Protocol” (MEPP) on global facial function in acute and severe BP.

Design: Single blind and randomized controlled trial to compare the effects of basic counselling (control group) vs MEPP (experimental group) over one year.

Setting: Outpatient clinic following referrals from emergency rooms or Otorhinolaryngology Departments.

Subjects: 40 patients (n=20 in each group) with moderate-to-severe to total BP who received standard medication were first tested within 14 days of BP onset. Baseline characteristics were comparable between the groups.

Interventions: The MEPP group received the MEPP program (motor imagery + manipulations + facial mirror effect therapy) while the control group received basic counselling. Both groups met the clinician monthly until 6 months and at one-year post-onset for assessments.

Outcome measures: Facial symmetry, synkinesis, and quality of life were measured using standardized scales. Perceived speech intelligibility was rated before and after therapy by naïve judges.

Results: Descriptive statistics demonstrated a better recovery in favor of the MEPP for each variable. Significant differences were found for a facial symmetry score, for synkinesis measures ($P = 0.008$) and for quality-of-life ratings (FaCE-F mean (SD) score of 83.17% (17.383) for the control group vs 98.36% (3.608) in MEPP ($p = 0,002$)) in favor of the MEPP. No group difference was measured for perceived speech intelligibility.

Conclusion: The MEPP demonstrates promising long-term results when started during the acute phase of moderate-to-severe to total BP.

Keywords: Bell Palsy, Facial Nerve Diseases, Facial Paralysis, Rehabilitation, Synkinesis, Mirror Effect Therapy

Introduction

Bell's palsy is a terrifying and disabling condition for those patients affected by it, particularly for those experiencing severe enduring sequelae despite an adequate medication intake (Gyori et al., 2018; Luijmes et al., 2017). A recent systematic review reported the advantages of early facial rehabilitation combined with standard medication to support recovery of moderate-to-severe to total acute Bell's Palsy (Ferreira et al., 2015; Nicastri et al., 2013). Benefits of early facial rehabilitation and counseling are multifold (Infante-Cossio et al., 2016). It could guide the patient in not overstimulating his face, avoiding uncalibrated deleterious compensation, or it could allow passive and specific soft tissue mobilization with the intent to preserve muscle tone, tropism, and proprioception (Infante-Cossio et al., 2016). It could also be beneficial for management of functional difficulties with speech and swallowing (Moverare et al., 2017).

Contrary to chronic Bell's Palsy, no specific facial therapy seems to stand out for the treatment of acute Bell's Palsy (Paolucci et al., 2020). But as demonstrated by recent data (Barth et al., 2020; Martineau et al., 2020b; Paolucci et al., 2020; Ramachandran et Altschuler, 2009), interesting results could be achieved with mirror effect therapy. Paolucci et al. (2020) recently used mirror effect therapy and motor imagery with 22 patients with facial palsy resulting from acoustic neuroma resection. Their experimental group showed better recovery and fewer functional impairments than the control group, which received traditional facial neuromuscular retraining. As the patients observe the symmetrical movement on the screen and simultaneously try to match the somatosensory information to the adequate movement they see, they receive valuable information about precision, amplitude, and symmetry to achieve a particular facial expression. Modified visual biofeedback could also help patients regain smile symmetry by reducing sensorimotor discrepancies and maintaining adequate cortical representations of facial motor patterns during the acute phase when the palsy is complete or severe (Mandrini et al., 2016; Ranganathan et al., 2004). Because appropriate cortical representations change rapidly (Song et al., 2017), early intervention is desired.

Another potential mechanism of action of this approach is the implementation of adequate conditions for motor learning, using modified visual biofeedback. The use of visual

biofeedback to enhance motor learning has shown positive outcomes in speech therapy (Blyth et al., 2016; Cleland et al., 2019; Preston et al., 2013; Preston et Leaman, 2014). Facial rehabilitation performed through this modified visual feedback could provide “knowledge of performance” (KP) or “knowledge of results” (KR), which are respectively, feedback about the nature of a target movement (Preston et al., 2013; Sugden et al., 2019) or feedback about the correctness of a movement (Cleland et al., 2019; Preston et al., 2016).

Our team developed an early intervention for patients with acute and moderate-to-severe to total BP using mirror effect therapy as the main tool. The MEPP (see the methods for details and Martineau et al. (2020a)) also integrates facial manipulations (Infante-Cossio et al., 2016), motor imagery sessions (Eaves et al., 2016), principles of motor learning (Bislick et al., 2012; Maas et al., 2008), and components of facial neuromuscular retraining (Barbara et al., 2010; Diels et Combs, 1997; Nicastrì et al., 2013). To date, no studies have reported on the one-year longitudinal effects of modified mirror therapy on patients with acute BP, including perspectives of clinicians with standardized scales, perspectives of patients with patient-centered outcome measures, or perspectives of naïve observers. This randomized controlled longitudinal trial aimed to investigate the long-term effects of the MEPP in acute BP compared to medical treatment and basic counseling alone.

Based on recent evidence (Barth et al., 2020; Ferreira et al., 2015; Monini et al., 2016; Nicastrì et al., 2013), we hypothesized that the MEPP would help patients achieve better facial symmetry and a better-perceived quality of life and that those effects would still be present a year post-onset. Also, based on contradictory evidence (Fujiwara et al., 2018; Nicastrì et al., 2013; Penteado et al., 2009), we made a weak hypothesis that the MEPP would have a beneficial effect on the long-term development of synkinesis. Finally, based on the findings of Moverare et al. (2017), we hypothesized that the MEPP would not affect speech intelligibility.

Methods

The study was approved by the ethics committee of *Centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l'île-de-Montréal* (MP-32-2017-1365; start date in January 2017 and end date October 2021), which was the organisation

responsible for the study's integrity and process. All patients gave their written, free and informed consent to participate. This study followed the CONSORT guidelines and recommendations for transparent, controlled trials [ISRCTN93896690](#). Retrospective registration took place as the study was initially designed to gather pilot data, but then ethic approbation was obtained to increase the number of participants and do a randomized trial.

This randomized controlled trial took place from January 2017 to October 2021. All patients were recruited from either the emergency rooms or the Otorhinolaryngology Department of two tertiary acute care centers, where patients received an information about the project and consented (or not) to be contacted by the research team. Participants were examined in ambulatory care settings. They were medically stable before Bell's Palsy onset. Other inclusion criteria were: (1) first episode of Bell's Palsy; (2) severity of at least Facial Nerve Grading System or FNGS 2.0 grade 4 at baseline (i.e., 10–14 days post-onset); (3) the recommended drug regimen for severe and total Bell's Palsy (1000 mg valacyclovir three times daily for 7 days and 50 mg prednisone once daily for 10 days) began within 72 h post onset (Gagyor et al., 2015); and (4) normal cognitive status based on the Montreal Cognitive Assessment (Nasreddine et al., 2005). Exclusion criteria were: (1) active psychiatric interventions; (2) history of head and neck cancer with chemo or radiotherapy; and (3) bilateral facial palsy. The research team set up the first appointment to confirm patient's eligibility. When eligible, allocation to the control group or MEPP group was performed by a researcher (K.M.) who was not in direct contact with the patients through a sealed email that was open in front of the patient, following computerized balanced (1:1 ratio) block randomization.

All patients underwent eight assessments spread over 12 months. The first assessment took place 10–14 days after Bell's Palsy onset and before any facial therapy. Each subsequent assessment was performed 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 12 months after onset. Assessments were video-recorded using a Samsung Galaxy S5-Neo placed approximately 1 m in front of the patient or with the institutional Zoom application during the COVID-19 pandemic. The electronic video files were transferred to a PC and then converted to mp4 video files.

First, the severity of facial palsy, the global symmetry and the degree of synkinesis were assessed through the perspective of clinicians with the FNGS 2.0 (Vrabec et al., 2009) (also known as the House-Brackmann 2.0 score) and the Sunnybrook Facial Grading System (Ross

et al., 1996). Both were chosen because of their high inter-observer agreement and validity (Fattah et al., 2015). The FNGS 2.0 gives a global score from 4 (*normal facial function*) to 24 (*total palsy*). It is also widely used for its grading from 1 to 6 (1 = *normal function*; 6 = *total palsy*). The Sunnybrook scale gives a global score, from 0% (*total palsy*) to 100% (*normal function*). Specific subscores (e.g., synkinesis, symmetry at rest) can be calculated from either scale to allow for more specific analyses. At the initial assessment, only patients who were graded with moderate-to-severe, severe, or total Bell's Palsy (grades of 4, 5, or 6 or scores 15 to 24 using FNGS 2.0) were recruited for this study.

Second, the perspective of patients was assessed with the validated Canadian French version of the Facial Clinimetric Evaluation questionnaire (FaCE-F) (Gascon et al., 2021). It was administered at each assessment time to measure the evolution of the patients regarding quality of life and the functional impact of their Bell's Palsy. This patient-reported outcome measure instrument is valid, reliable, and assesses facial palsy's functional and social impact (Gascon et al., 2021). The questionnaire was added to the protocol when it became available (starting with patient #12). Twelve patients from the control group and 14 from the experimental group completed the questionnaire.

To assess perceived speech intelligibility, the perspective of naïve listeners was adopted (details below). Patients were asked to talk about their past weekend for 1 to 2 minutes to gather a sample of spontaneous speech at each assessment point. Samples of spontaneous speech were extracted for patients who were native speakers of French ($n = 25$) at the initial and 5 months-post onset assessments.

Patients in the MEPP group underwent the intervention as described in detail in Martineau et al. (Martineau et al., 2020a; Martineau et al., 2020b). Briefly, it uses modified visual feedback (the mirror effect) as the main rehabilitation tool and integrates relevant components of other approaches (motor imagery, mime therapy and neuromuscular retraining). Patients met for four in-clinic sessions during the first 2 weeks following initial assessment and then once per month for follow-up. The MEPP integrates education about anatomy and function of the face, soft tissue manipulations, motor imagery sessions (Martineau et al., 2020a; Martineau et al., 2020b). Moreover, controlled specific facial movements are executed with the help of free websites (<https://webcamtoy.com/fr/> and <https://mepp.marcottelab.ca/auth/signin>), which provide modified visual biofeedback of the patient's face, generated by duplicating the

healthy side. Specific instructions that consider the particular morphology of facial muscles are given (Martineau et al., 2020a). Facial exercises are continued at home twice daily until recovery is achieved. Two daily and short sessions of 15 min of therapy are privileged to promote motor learning and avoid muscular fatigue (Martineau et al., 2020a).

Participants in the control group did not attend therapy sessions. Nonetheless, the control group received instructions for avoiding excessive facial movements during the assessments: for example, they were instructed not to over-activate their faces, try not to compensate for lack of mobility by trying high amplitude and non-specific movements. They also received responses to their questions if needed.

Based on the work of Nicastrì et al. (2013), the primary outcomes were the improvement in global recovery as measured by FNGS 2.0 grade, FNGS 2.0 score, and Sunnybrook scores at each Bell's Palsy phase. Recovery was defined as an FNGS 2.0 grade of 2 or less (FNGS 2.0 score of 9 or less) (Nicastrì et al., 2013) and a Sunnybrook score of 80 or more (Neely et al., 2010). The secondary outcome was the development of synkinesis as measured by the synkinesis subscores of both scales. The third outcome was the perceived change in the FaCE-F scale at each assessment point. Finally, the fourth outcome regarding changes in speech intelligibility was measured.

Facial movement recordings were analyzed for each patient at each time point by three independent judges, who were blind to group assignment, assessment time, and length of treatment. A mean score of the three independent judges was computed for continuous variables (the FNGS 2.0 and Sunnybrook total scores), whereas a median score was calculated for ordinal variables (synkinesis scores and FNGS 2.0 grades). To account for the clinical differences between each phase of Bell's Palsy evolution, assessment points were grouped in phases (Lindsay et al., 2010) for our analysis: baseline as flaccid phase (10–14 days post-onset); 1-, 2- and 3-months post-onset as paretic phase; 4-, 5- and 6- months post-onset as the synkinetic phase, and 1-year post-onset as the chronic phase. For perceived speech intelligibility, forty French speaking naïve judges, blind to group assignment and time of assessment, were asked to listen to spontaneous speech samples and to rate intelligibility using a visual analog scale from 0 to 100% (perceptual auditory analysis were 0% = not

intelligible at all and 100% = perfectly intelligible). For each patient, a mean score based on ratings of the blind judges was obtained at the two selected time points.

Statistical analyses were all performed with SPSS (IBM, version 27) with the significance level set at $p < 0.05$. Two-way random effects intraclass correlation coefficients (ICCs) and their respective 95% confidence interval (CI) were calculated to determine consistency between raters for measures of facial symmetry, synkinesis and perceptual analysis of speech intelligibility. Results are reported in Supplementary Material 1. All variables were above the threshold of high reliability, Intraclass Correlation > 0.80 (Streiner et Norman, 2008).

For the first and second outcomes (facial symmetry and synkinesis), descriptive statistics were obtained, and the data distribution was inspected to verify normality. A LOG transformation was applied on non-normal variables, and a mixed model analysis ($\alpha = 0.05$ and confidence interval, 95%) was conducted to observe differences in FNGS 2.0 global score and grade. Bonferroni corrections were applied to account for multiple testing. Synkinesis was treated as a dichotomic variable with a chi-square analysis because of the predominance of 0 values with only a few of every other value (0, 1, 2 and 3 for FNGS 2.0 and 0 to 10 for Sunnybrook).

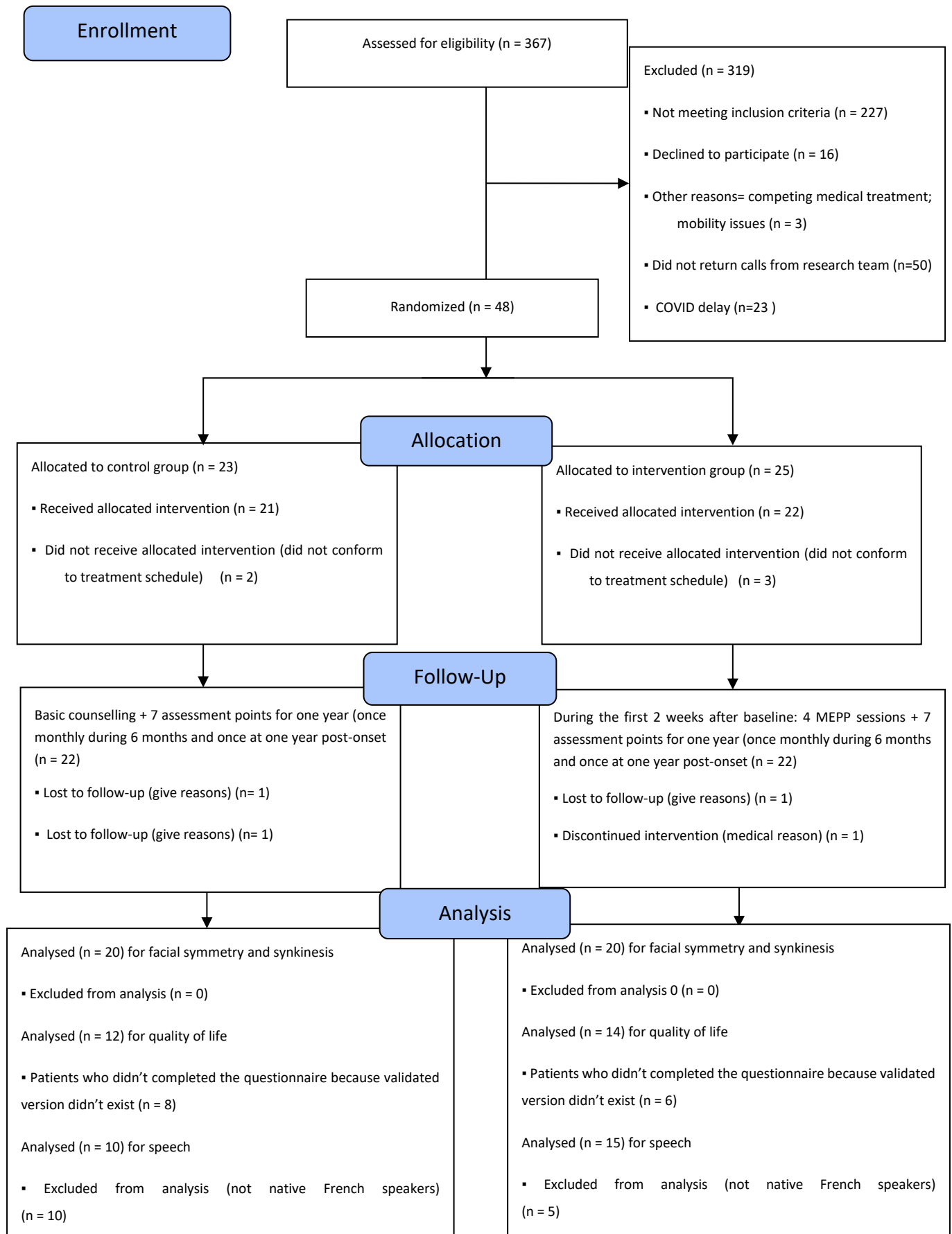
For the third outcome (quality of life) and the fourth outcome (perceived speech intelligibility), descriptive statistics and repeated measures ANOVAs with Greenhouse-Geisser correction were conducted. Visual inspection of quantile plots (Q-Q) for the difference between the time points did not reveal any notable deviations from normality. Every assessment time point was included in the analysis for quality of life. For perceived speech intelligibility, a comparison was made between the pre-determined 2-time points (at baseline and 5 months post-onset) to assess speech differences following the intervention. The synkinetic phase (5 months post-onset) was chosen for the post-intervention measure because it is generally the moment where patients reach a relatively stable level in their facial evolution.

Results

Three-hundred-sixty-seven patients were referred from January 2017 to October 2020. From that number, 48 patients were enrolled and assigned to either the intervention group (MEPP) ($n = 23$) or the control group ($n = 25$) using balanced block randomization. Two patients did not follow the treatment schedule from the control group, and one was lost to follow-up.

Three did not follow the treatment schedule from the treatment group, one was lost during follow-up, and one was excluded for medical reasons. The resultant 40 participants were evenly separated per-protocol between the two conditions and completed the study over a 12-month follow-up period (see CONSORT study flow diagram in Figure 10).

Figure 11 – CONSORT 2010 Flow Diagram of this controlled randomized longitudinal trial



Patient characteristics at baseline assessment and characteristics of lost or excluded patients after allocation are reported in Table 5. The added demographic data of the excluded or lost patients ($n = 8$) demonstrates that those patients were similar with each other independently of group allocation.

Tableau 5 – Baseline characteristics of the participants in each group and of the lost/excluded patients after allocation

Group	Controls (n = 20)	MEPP (n = 20)	Lost/excluded controls (n = 3)	Lost/excluded MEPP (n = 5)
Sex, n (%)				
Female	8 (40%)	10 (50%)	2	1
Male	12 (60%)	10 (50%)	1	4
Age, mean (SD) in years	48.2 (15.7)	47.9 (18.1)	58.0 (9.84)	51 (14.6)
Medical history, n (%)				
Tobacco	4 (20%)	3 (15%)	1	0
Hypertension	7 (35%)	7 (35%)	2	1
Diabetes	5 (25%)	3 (15%)	0	1
Dyslipidemia	5 (25%)	1(5%)	0	0
Hypothyroidism	2 (10%)	3(15%)	0	0
FNGS 2.0 grade 10–14 D.P.O, n (%)				
4	9 (45%)	11 (55%)	0	0
5	8 (40%)	7 (35%)	3	5
6	3 (15%)	2 (10%)	0	0
SB score, mean (SD)	27.9 (13.2)	30.7 (13.2)	19.0 (14.9)	20.8 (5.8)

Note. Facial Nerve Grading Scale 2.0 (FNGS 2.0) scores: 6 = total palsy; 5 = severe palsy; 4 = moderate-to-severe palsy. D.P.O. = Days post onset; Sunnybrook (SB) scores: minimum possible = 0 or total palsy; maximum possible = 100% or normal. MEPP = Mirror Effect Plus

Protocol

Table 6 presents results about facial symmetry. Specifically, descriptive means for FNGS 2.0 global scores and Sunnybrook global scores for each Bell's Palsy phase based on group assignment. The recovery criterion (FNGS 2.0 grade 2 (scores 4 to 9) or Sunnybrook 80%) was reached at the beginning of the paretic phase for the MEPP group and during the synkinetic phase for the control group. Faster recovery is observed in the MEPP group compared to the control group.

Tableau 6 – Descriptive results on Sunnybrook global score and FNGS 2.0 global score per group and assessment timepoints

Assessment timepoints	MEPP group			
	Baseline (Flaccid phase)	1-2-3 MPO (Paretic phase)	4-5-6 MPO (Synkinetic phase)	1 YPO (Chronic phase)
FNGS 2.0 mean scores (SD)	19.65 (2.53)	7.90 (5.21)	6,14 (3.94)	5.1 (1.44)
SB mean scores (SD)	30.75 (13.22)	79.76 (23.21)	88.85 (16.65)	93.85 (8.39)
Assessment timepoints	Control Group			
	Baseline (Flaccid phase)	1-2-3 MPO (Paretic phase)	4-5-6 MPO (Synkinetic phase)	1 YPO (Chronic phase)
FNGS 2.0 mean scores (SD)	19.15 (2.45)	9.50 (4.94)	7.60 (4.54)	7.40 (3.15)
SB mean scores (SD)	27.95 (13.18)	72.45 (23.75)	82.35 (20.49)	83.80 (14.08)

Note. Facial Nerve Grading Scale 2.0 = FNGS 2.0; Sunnybrook = SB; SD = standard deviation;

MOP = months post-onset; YPO = year post-onset

The mixed model and the post-hoc analysis results are reported in Supplementary Material 2. In summary, for FNGS 2.0 grade and global score, a significant difference was found between the two groups for the paretic, synkinetic and chronic phases, but not at baseline. In other words, patients from the two groups evolved significantly differently after baseline when considering the FNGS 2.0 grade and global scores. No group effect was found on Sunnybrook global score.

Table 7 presents the number of individuals who developed synkinesis in each group at each assessment timepoints. Figure 11 shows the longitudinal changes of the synkinesis scores of

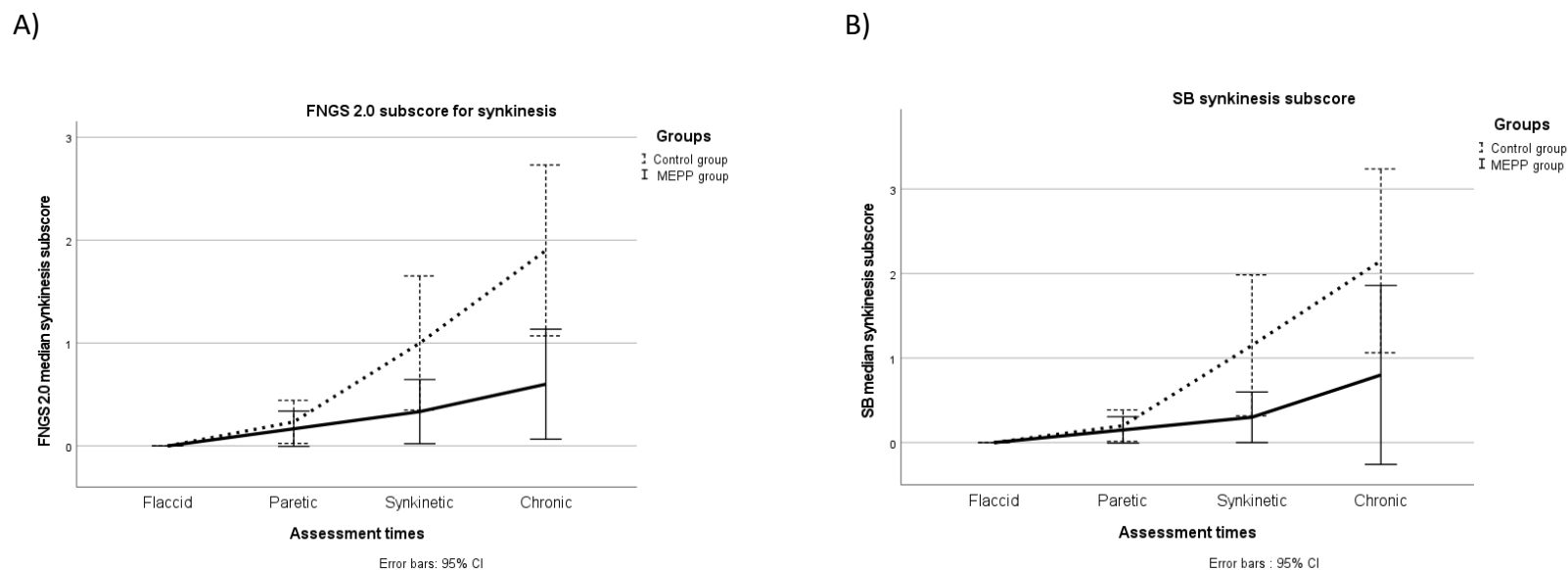
both FNGS 2.0 and Sunnybrook scales. Significant differences were found on the bilateral asymptomatic Chi-square test for synkinesis scores on FNGS 2.0 ($\chi^2 = 7.117, P = 0.008$) and with Sunnybrook ($\chi^2 = 3.772, P \leq 0.05$) for both the synkinetic and chronic phases.

Tableau 7 – Number of individuals with synkinesis at FNGS 2.0 and Sunnybrook synkinesis subscore

Assessment timepoints	MEPP group			
	Baseline (Flaccid phase)	1-2-3 MPO (Paretic phase)	4-5-6 MPO (Synkinetic phase)	1 YPO (Chronic phase)
Number of individuals with synkinesis at FNGS 2.0 Synkinesis subscore	0	1	3	5
Number of individuals with synkinesis at SB 's synkinesis subscore	0	2	4	5
	Control Group			
Number of individuals with synkinesis at FNGS 2.0 synkinesis subscore	0	5	8	13
Number of individuals with synkinesis at SB 's synkinesis subscore	0	4	9	12

Note. Facial Nerve Grading Scale 2.0 = FNGS 2.0; Sunnybrook = SB; SD = standard deviation; MOP = months post-onset; YPO = year post-onset

Figure 12 – Longitudinal changes in A) median FNGS 2.0 and B) Sunnybrook (SB) synkinesis scores, according to the treatment group for the complete cohort (n = 40)



Legend: FNGS 2.0 synkinesis scores: 4 = severe synkinesis; 0 = no synkinesis. SB synkinesis scores: 15 = severe synkinesis; 0 = no synkinesis Assessment times: Flaccid phase = 10-14 days post onset; Paretic phase: 1-, 2- and 3- months post onset; Synkinetic phase: 4-, 5- and 6-months post onset; Chronic phase: 1 year post-onset; Black line: MEPP participants; Dash line: Control

Table 8 shows the results about quality of life and functional impact. Specifically, mean scores for the FaCE-F questionnaire (Gascon et al., 2021) for the two groups at each phase. The repeated measures ANOVA showed an interaction of time and group ($F = 3.224$; $p = 0.003$) for the global score of FaCE-F. The post-hoc analysis demonstrated a significant group effect in favor of the experimental group ($F = 12.831$; $p = 0,002$). Those results demonstrate that long-lasting functional improvements for quality of life are larger in the MEPP group. A figure illustrating the evolution of the global score of FACE-F of both groups over every phase of the study is presented in Supplementary Material 3.

Tableau 8 – Mean changes of quality of life and functional impacts measured with Face-F for each group (n = 26) and assessment timepoints along with standard errors and confidence intervals.

Assessment timepoints	MEPP group			
	Baseline (flaccid phase)	1-2-3 MPO (Paretic phase)	4-5-6 MPO (Synkinetic phase)	1 YPO (Chronic phase)
FaCE mean scores (SE)	30.83 (4.95)	90.78 (4.23)	96.69 (3.56)	98.35 (3.22)
[CI 95%]	[20.60 - 41.63]	[81.99 - 99.48]	[3.57 - 89.23]	[91.70 - 105.01]
Assessment timepoints	Control Group			
	Baseline (flaccid phase)	1-2-3 MPO (Paretic phase)	4-5-6 MPO (Synkinetic phase)	1 YPO (Chronic phase)
FaCE mean scores (SE)	43.571 (4.58)	68.00 (4.57)	84.02 (3.85)	83.167 (3.48)
[CI 95%]	[34.10 - 53.04]	[76.07 - 91.98]	[76.07 - 91.98]	[75.97 - 90.35]

Legend: FaCE-F scores: 100 = no functional impact; 0 = severe functional impact. Assessment times: Flaccid phase = 10-14 days post onset; Paretic phase: 1-, 2- and 3-months post onset; Synkinetic phase: 4-, 5- and 6- months post onset; Chronic phase: 1 year post onset; YPO = Year post -onset SE= standard errors; CI 95%: Confidence interval.

Finally, results about the perceived speech intelligibility are reported in Supplementary material 4. Descriptive statistics of the perceptual analysis of 40 French speaking naïve judges were included in this analysis, to avoid confounding variables in the analysis (such as understandability problems because of a foreign accent). Twenty-five patients (control group $n = 10$; experimental $n = 15$) were included in the analysis, and both groups received high intelligibility ratings at the first assessment (mean of 86.9% [± 4.91] for the control group and 86.6 [± 6.33] for the experimental group), and at 5 months post-onset (mean of 91.5 [± 5.45] for the control group and 90.9 [± 4.7] for the experimental group). The repeated measures ANOVA demonstrated a significant improvement of perceived intelligibility over time ($F = 12.24$; $p = 0.002$), without a group effect ($F = 0.057$; $p = 0.814$).

Discussion

In this study, descriptive results showed a trend toward a better and faster recovery of the MEPP group for every tested outcome measure except for intelligibility, which was in line with our initial hypothesis. Statistical differences between the groups could be found on the global FNGS 2.0 score, grade and synkinesis score, as well as on quality-of-life measures. This suggests that the MEPP significantly improved those parameters. Also, the differences between the groups were larger in the chronic phase, suggesting a long-lasting effect of early intervention.

One of the strengths of this study is the follow-up of every patient until one-year post-onset. Until now, very little literature has longitudinally studied the effects of facial palsy for as long as one-year post-onset. Quality evidence-based studies about the effects of early facial retraining on synkinesis continue to be scarce (Ferreira et al., 2015; Pereira et al., 2011). This study suggests that the MEPP could decrease the risk of developing synkinesis in moderate-to-severe to total Bell's Palsy. Another strength of the study consists in the multidimensional assessment of facial palsy, including clinicians' outcomes, patient-centered outcome and observer outcome (i.e. naïve judges). As a weakness in this study, a higher number of participants would have helped to rule

out potential decreased statistical power in our results and would also be necessary to generalize our results about the efficacy of the MEPP. Unfortunately, eight participants could not be included in the analysis after allocation. Absence of significant differences between groups for the Sunnybrook scores could maybe explained by potential lack of statistical power. It could also be the result of a potential effect of the basic counseling given to the control group, which could have contributed to reducing the gap between the trajectory of both groups. Another weakness of this study concerns the quality-of-life questionnaire which has not been completed by our full cohort. When we started the study, no validated patient-centered questionnaire for facial palsy was available in Canadian French. This measure has thus been added for the patients recruited into the study after its publication(Gascon et al., 2021).

The MEPP was developed to compensate for uncalibrated facial motor executions and to decrease sensory-motor discrepancies in severe or total acute BP (Klingner et al., 2014; Martineau et al., 2020a), therefore we were highly interested in the results with regards to facial symmetry, movements, and synkinesis. Among other things, the MEPP uses motor imagery sessions, optimal instructions for controlled proprioceptive awareness of the face during motor execution and modified visual feedback during facial exercises. We hypothesize that the MEPP positively influences the motor representations of the face at the cortical level, thus improving the recovery of facial movements and resulting in better long-term motor activities of the face (Sessle et al., 2007). Many studies have demonstrated structural and functional changes in the face area of M1 related to the loss of facial nerve activity and subsequent network reorganization processes, which were modeled by training and learning during facial recovery (Klingner et al., 2012; Mandrini et al., 2016; Munera et al., 2012; Sessle et al., 2007). A large body of literature also supports the idea that motor imagery and action observation, such as that provided by the MEPP, enhance motor learning by activating a neural signature that is similar to that of motor execution (Eaves et al., 2016; Macuga et Frey, 2012; Vogt et al., 2013; Wright et al., 2014). By augmenting multimodal sensory feedback, we hypothesize that the MEPP helps maintain an adequate representation of the paralyzed face, avoiding a “learned paralysis” (Ramachandran et Altschuler,

2009) and guides appropriate activation in the motor peripheral system (Blanchin et al., 2013; Garmi et al., 2013; Martineau et al., 2020a).

The beneficial effects of MEPP could also be analyzed within the conceptual framework of the motor learning literature. In the motor learning literature, “knowledge of performance” (KP) and “knowledge of results” (KR) are two types of feedback that act differently during rehabilitation to help patients in their appropriation of new motor goals. Specifically, KP is the feedback that highlights explicit information about the *nature* of a specific movement. In contrast, knowledge of results (KR) corresponds to information about the *accuracy* of the executed movement, that is, whether the movement was correct or incorrect (Preston et Leaman, 2014). The potential mechanism of action of the MEPP could be two-fold: first, it could sustain motor recovery in BP by increasing KP during initial imagery sessions, enhancing awareness of micro facial activations and promoting motor control. Second, optimal motor activations coupled with modified visual biofeedback could guide patients in executing an accurate movement by showing them the right facial motor response, which corresponds to augmented KR. The modified visual feedback and KR provided by the MEPP during facial exercises might reduce the visual-motor mismatch of BP (Paolucci et al., 2020; Puls et al., 2020), thus preventing patients from over-compensating the paralysis and avoiding multiple non-specific nervous impulses. Many case series have used visual biofeedback to enhance speech motor learning in rehabilitation with positive outcomes (Blyth et al., 2016; Cleland et al., 2019; Preston et al., 2013; Preston et Leaman, 2014). Among others, ultrasound visual biofeedback has been shown to efficiently help patients relearn accurate articulation and lingual movements after partial glossectomy (Preston et Leaman, 2014).

Regarding synkinesis, significant differences between the groups were found in favor of the intervention group, contrary to the findings by Nicastrì et al. (2013), but similar to others (Fujiwara et al., 2018; Penteadó et al., 2009). It must be highlighted that the differences between the groups in the present study were larger in the chronic phase of the facial palsy (i.e., 1-year post-onset), whereas Nicastrì et al. (2013) followed their patients only until 6 months post-onset. Until now, very little literature has longitudinally studied the effects of facial palsy for as long as one-year post-onset. Quality evidence-based studies about the effects of early facial retraining on synkinesis continue to be scarce (Ferreira et al., 2015; Pereira et al., 2011). This study

demonstrates that the MEPP does not lead to poorer outcomes. On the contrary, the MEPP does decrease synkinesis after 12 months compared to patients who did not receive the therapy. Synkineses' universally reproducible and repetitive patterns suggest that their development could be triggered by disturbed topography in the facial nerve nucleus after facial nerve lesions occur with regeneration (Slattery et al., 2014). The facial nerve nucleus acts as a turntable, sending motor efferences from the central nervous system to the peripheral nervous system. The degree of stimulation that it undergoes modulates the intensity of the voluntary efferent signal sent to it. By modulating the intensity of the signal through early therapy, aberrant fiber activation could be lowered, and synkinesis could be lessened through modulating the activity of the facial nucleus (Angelov et al., 2007).

Regarding the quality-of-life and functional impacts of BP, the present study found a significant improvement for the MEPP group compared to the control group. Those results align with our initial hypothesis and align with many informal comments received by the patients, who stated that they appreciated being involved and engaged very early on in their recovery process. This also supports the hypothesis that facial rehabilitation in the acute phase has probably positive effects on anxiety and reinforces patients' feelings of empowerment (Infante-Cossio et al., 2016; Paolucci et al., 2020).

An improvement was also observed over time in perceived speech intelligibility, but the effect was similar for both groups, which was expected. Intelligibility was rated as high as 86% at baseline, demonstrating overall good intelligibility even in the context of flaccid severe Bell's Palsy. Data about intelligibility in early Bell's Palsy is relatively scarce and somewhat contradictory (Barry et al., 2019; de Swart et al., 2003; Kahn et al., 2001; Moverare et al., 2017). This is probably explained by the fact that until now, speech intelligibility was mostly assessed through patient-centered questionnaires (Barry et al., 2019; de Swart et al., 2003; Kahn et al., 2001). Thus, even though patient-related outcome measures are primordial in facial palsy assessment, they are also subject to a certain variability caused by personal factors (Kleiss et al., 2015). Using the perspective of naïve listeners, we showed that the intelligibility of patients with acute and severe Bell's Palsy seems to remain relatively good despite the context of severe facial palsy. Similarly, a previous study reported that patients with facial palsy patients did not differ from normative data

using objective results of intelligibility through standardized assessment (Moverare et al., 2017). Clinically, this could mean that intelligibility is not a factor to address specifically in therapy.

Conclusion

These results suggest that early facial retraining for acute and severe Bell's Palsy using a mirror effect therapy could support a more rapid recovery in facial symmetry and help decrease synkinesis development in the long run. Positive consequences of early facial rehabilitation with MEPP compared to controls were generally clearer in the chronic phase. Also, this study demonstrated that the MEPP helped patients achieve a better quality of life than controls. From the perspective of naïve observers, patients with severe facial palsy do not seem to demonstrate intelligibility difficulties, and the MEPP didn't significantly change intelligibility ratings compared to controls.

Clinical Messages:

- Patients who receive appropriate medication but still suffer of severe BP after 14 days seem to benefit from early MEPP facial rehabilitation.
- MEPP significantly improves patient's quality of life during recovery and significantly decrease synkinesis at one-year post-onset.
- MEPP tends to support a more rapid recovery in facial symmetry.

Acknowledgments:

We deeply thank our participants and their families for their commitment to this project. We also thank our precious collaborators, who participated either in recruitment, analysis or as blind judges: Anne-Marie Chouinard, Camille Rivest, Marie Julien, Khawla Kharra, Nadim T. Saydy, Laurence Gascon, Ariane Poulin and Stéphanie Des Ormeaux

Funding:

The author(s) disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: *This work was supported by REPAR-OOAQ grant [number 5080]; and Fonds de Recherche du Québec – Santé grants [number 266532 and 33310].*

Conflict of interest statement:

The Authors declare that there is no conflict of interest

References

1. Luijmes RE, Pouwels S, Beurskens CH, et al. Quality of life before and after different treatment modalities in peripheral facial palsy: A systematic review. *Laryngoscope* 2017; 127: 1044-1051. 2016/11/20. DOI: 10.1002/lary.26356.
2. Gyori E, Przechlowski C, Pona I, et al. Quality of life and functional assessment of facial palsy patients: A questionnaire study. *Int J Surg* 2018; 55: 92-97. 2018/05/23. DOI: 10.1016/j.ijsu.2018.04.061.
3. Puls WC, Jarvis JC, Ruck A, et al. Surface electrical stimulation for facial paralysis is not harmful. *Muscle Nerve* 2020; 61: 347-353. DOI: 10.1002/mus.26784.
4. Prud'hon S and Kubis N. [Bell's palsy] La paralysie faciale périphérique a frigore. *Rev Med Interne* 2018; 40: 28-37. 2018/04/04. DOI: 10.1016/j.revmed.2018.03.011.
5. Shokri T, Azizzadeh B and Ducic Y. Modern Management of Facial Nerve Disorders. *Semin Plast Surg* 2020; 34: 277-285. 2021/01/01. DOI: 10.1055/s-0040-1721824.
6. Ferreira M, Marques EE, Duarte JA, et al. Physical therapy with drug treatment in Bell palsy: a focused review. *Am J Phys Med Rehabil* 2015; 94: 331-340. 2015/03/19. DOI: 10.1097/phm.0000000000000255.
7. Monini S, Buffoni A, Romeo M, et al. Kabat rehabilitation for Bell's palsy in the elderly. *Acta Otolaryngol* 2016; 137: 646-650. 2016/12/15. DOI: 10.1080/00016489.2016.1262553.
8. Nicastrì M, Mancini P, De Seta D, et al. Efficacy of early physical therapy in severe Bell's palsy: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2013; 27: 542-551. DOI: 10.1177/1545968313481280.
9. Barth JM, Stezar GL, Acierno GC, et al. Mirror Book Therapy for the treatment of Idiopathic Facial Palsy. *Ear Nose Throat J* 2020: 145561320913211. 2020/07/25. DOI: 10.1177/0145561320913211.

10. Adhikari SP, Chaudhary M and Rubee D. Kabat Interventions integrated with facial expressive and functional exercises for better and speedy recovery in Bell's Palsy: A pre-post design. *Journal of Chitwan Medical College* 2020; 10: 71-76.
11. Paolucci T, Cardarola A, Colonnelli P, et al. Give me a kiss! An integrative rehabilitative training program with motor imagery and mirror therapy for recovery of facial palsy. *Eur J Phys Rehabil Med* 2020; 56: 58-67. 2019/03/28. DOI: 10.23736/s1973-9087.19.05757-5.
12. Infante-Cossio P, Prats-Golczer V-E, Lopez-Martos R, et al. Effectiveness of facial exercise therapy for facial nerve dysfunction after superficial parotidectomy: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2016; 30: 1097-1107. DOI: 10.1177/0269215515617309.
13. Moverare T, Lohmander A, Hultcrantz M, et al. Peripheral facial palsy: Speech, communication and oral motor function. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 2017; 134: 27-31. 2016/11/12. DOI: 10.1016/j.anorl.2015.12.002.
14. Nuesch E, Trelle S, Reichenbach S, Rutjes AW, Tschannen B, Altman DG, Egger M, Juni P: Small study effects in meta-analyses of osteoarthritis trials: meta-epidemiological study. *Bmj*. 341: c3515-10.1136/bmj.c3515.
15. Eaves DL, Riach M, Holmes PS, et al. Motor imagery during action observation: A brief review of evidence, theory and future research opportunities. *Front Neurosci* 2016; 10: 514. 2016/12/06. DOI: 10.3389/fnins.2016.00514.
16. Martineau, Rahal A, Piette É, et al. The Mirror Effect Plus Protocol for acute Bell's palsy: a randomised and longitudinal study on facial rehabilitation. *Acta Otolaryngol* 2020: 1-6. DOI: 10.1080/00016489.2020.1842905.
17. Ramachandran VS and Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain* 2009; 132: 1693-1710. 2009/06/10. DOI: 10.1093/brain/awp135.
18. Ding L, Wang X, Chen S, et al. Camera-Based Mirror Visual Input for Priming Promotes Motor Recovery, Daily Function, and Brain Network Segregation in Subacute Stroke Patients. *Neurorehabil Neural Repair* 2019; 33: 307-318. DOI: 10.1177/1545968319836207.

19. Ranganathan VK, Siemionow V, Liu JZ, et al. From mental power to muscle power--gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia* 2004; 42: 944-956. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.018.
20. Mandrini S, Comelli M, Dall'angelo A, et al. Long-term facial improvement after repeated BoNT-A injections and mirror biofeedback exercises for chronic facial synkinesis: a case-series study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2016; 52: 810-818. 2016/05/11.
21. Song W, Cao Z, Lang C, et al. Disrupted functional connectivity of striatal sub-regions in Bell's palsy patients. *NeuroImage: Clinical* 2017; 14: 122-129. 2017/02/10. DOI: 10.1016/j.nicl.2017.01.008.
22. Blyth KM, McCabe P, Madill C, et al. Ultrasound visual feedback in articulation therapy following partial glossectomy. *J Commun Disord* 2016; 61: 1-15. 2016/03/21. DOI: 10.1016/j.jcomdis.2016.02.004.
23. Cleland J, Scobbie JM, Roxburgh Z, et al. Enabling New Articulatory Gestures in Children With Persistent Speech Sound Disorders Using Ultrasound Visual Biofeedback. *J Speech Lang Hear Res* 2019; 62: 229-246. DOI: doi:10.1044/2018_JSLHR-S-17-0360.
24. Preston JL, Brick N and Landi N. Ultrasound biofeedback treatment for persisting childhood apraxia of speech. *Am J Speech Lang Pathol* 2013; 22: 627-643. 2013/07/03. DOI: 10.1044/1058-0360(2013/12-0139).
25. Preston JL and Leaman M. Ultrasound visual feedback for acquired apraxia of speech: A case report. *Aphasiology* 2014; 28: 278-295. DOI: 10.1080/02687038.2013.852901.
26. Sugden E, Lloyd S, Lam J, et al. Systematic review of ultrasound visual biofeedback in intervention for speech sound disorders. *Int J Lang Commun Disord* 2019; 54: 705-728. DOI: 10.1111/1460-6984.12478.
27. Preston JL, Maas E, Whittle J, et al. Limited acquisition and generalisation of rhotics with ultrasound visual feedback in childhood apraxia. *Clin Linguist Phon* 2016; 30: 363-381. 2015/08/04. DOI: 10.3109/02699206.2015.1052563.

28. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D and Cobb S. Touching the phantom limb. *Nature* 1995; 377: 489-490. DOI: 10.1038/377489a0.
29. Blanchin T, Martin F and Labbe D. [Lengthening temporalis myoplasty: A new approach to facial rehabilitation with the "mirror-effect" method]. *Ann Chir Plast Esthet* 2013; 58: 632-637. DOI: 10.1016/j.anplas.2013.03.001.
30. Martineau, Martel-Sauvageau V, Piette E, et al. A Pilot Study on the Mirror Effect PLUS Protocol: A Standardized and Adapted Facial Rehabilitation for Acute Bell's Palsy. *Canadian Journal of Speech-Language-Pathology and Audiology* 2020; 44: 57-72.
31. Maas E, Robin DA, Austermann Hula SN, et al. Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. *Am J Speech Lang Pathol* 2008; 17: 277-298. 2008/07/30. DOI: 10.1044/1058-0360(2008/025).
32. Bislick LP, Weir PC, Spencer K, et al. Do principles of motor learning enhance retention and transfer of speech skills? A systematic review. *Aphasiology* 2012; 26: 709-728. DOI: 10.1080/02687038.2012.676888.
33. Barbara M, Antonini G, Vestri A, et al. Role of Kabat physical rehabilitation in Bell's palsy: A randomized trial. *Acta Otolaryngol* 2010; 130: 167-172. DOI: 10.3109/00016480902882469.
34. Diels J and Combs D. Neuromuscular retraining for facial paralysis. *Otolaryngol Clin North Am* 1997; 30: 727-743. 1997/10/01.
35. Fujiwara K, Furuta Y, Yamamoto N, et al. Factors affecting the effect of physical rehabilitation therapy for synkinesis as a sequela to facial nerve palsy. *Auris Nasus Larynx* 2018; 45: 732-739. 2017/11/05. DOI: 10.1016/j.anl.2017.10.003.
36. Penteado TCB, Testa JRG, Antunes ML, et al. Évaluation de la technique Chevalier pour la prévention des séquelles dans la paralysie faciale périphérique: Evaluation of the Chevalier method for the prevention of sequelae after peripheral facial nerve palsy. *Kinésithérapie, la Revue* 2009; 9: 40-47. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1779-0123\(09\)74656-X](https://doi.org/10.1016/S1779-0123(09)74656-X).

37. Gagyor I, Madhok VB, Daly F, et al. Antiviral treatment for Bell's palsy (idiopathic facial paralysis). *Cochrane Database Syst Rev* 2015; Cd001869. 2015/11/13. DOI: 10.1002/14651858.CD001869.pub8.
38. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bedirian V, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc* 2005; 53: 695-699. 2005/04/09. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x.
39. Lindsay RW, Robinson M and Hadlock TA. Comprehensive Facial Rehabilitation Improves Function in People With Facial Paralysis: A 5-Year Experience at the Massachusetts Eye and Ear Infirmary. *Phys Ther* 2010; 90: 391-397. DOI: 10.2522/ptj.20090176 %J Physical Therapy.
40. Vrabc JT, Backous DD, Djalilian HR, et al. Facial Nerve Grading System 2.0. *Otolaryngology and Head and Neck Surgery* 2009; 140: 445-450. DOI: 10.1016/j.otohns.2008.12.031.
41. Ross B, Fradet G and Nedzelski JM. Development of a sensitive clinical facial grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1996; 114: 380-386. 1996/03/01. DOI: 10.1016/s0194-59989670206-1.
42. Fattah AY, Gurusinghe AD, Gavilan J, et al. Facial nerve grading instruments: Systematic review of the literature and suggestion for uniformity. *Plastic Reconstructive Surgery* 2015; 135: 569-579. DOI: 10.1097/PRS.0000000000000905.
43. Gascon L, Martineau S, Saltychev M, et al. French Canadian Translation, Cultural Adaptation, and Validation of Facial Clinimetric Evaluation Scale and Facial Disability Index Questionnaires for Patients with Peripheral Facial Paralysis. 2021; 0: null. DOI: 10.1089/fpsam.2020.0608.
44. Neely JG, Cherian NG, Dickerson CB, et al. Sunnybrook facial grading system: Reliability and criteria for grading. *The Laryngoscope* 2010; 120: 1038-1045. DOI: 10.1002/lary.20868.
45. Streiner DL and Norman GR. *Health measurement scales: A practical guide to their development and use*. . 4th Edition ed. Oxford: Oxford University Press, 2008.

46. Klingner CM, Volk GF, Brodoehl S, et al. The effects of deafferentation without deafferentation on functional connectivity in patients with facial palsy. *Neuroimage: Clinical* 2014; 6: 26-31. 2014/11/08. DOI: 10.1016/j.nicl.2014.08.011.
47. Sessle BJ, Adachi K, Avivi-Arber L, et al. Neuroplasticity of face primary motor cortex control of orofacial movements. *Arch Oral Biol* 2007; 52: 334-337. 2006/12/19. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2006.11.002.
48. Klingner CM, Volk GF, Brodoehl S, et al. Time course of cortical plasticity after facial nerve palsy: a single-case study. *Neurorehabil Neural Repair* 2012; 26: 197-203. 2011/08/31. DOI: 10.1177/1545968311418674.
49. Munera A, Cuestas DM and Troncoso J. Peripheral facial nerve lesions induce changes in the firing properties of primary motor cortex layer 5 pyramidal cells. *Neuroscience* 2012; 223: 140-151. 2012/08/11. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2012.07.063.
50. Macuga KL and Frey SH. Neural representations involved in observed, imagined, and imitated actions are dissociable and hierarchically organized. *Neuroimage* 2012; 59: 2798-2807. 2011/10/19. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.09.083.
51. Vogt S, Di Rienzo F, Collet C, et al. Multiple roles of motor imagery during action observation. *Front Hum Neurosci* 2013; 7: 807. 2013/12/11. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00807.
52. Wright DJ, Williams J and Holmes PS. Combined action observation and imagery facilitates corticospinal excitability. *Front Hum Neurosci* 2014; 8: 951. 2014/12/17. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00951.
53. Garmi R, Labbe D, Coskun O, et al. Lengthening temporalis myoplasty and brain plasticity: A functional magnetic resonance imaging study. *Ann Chir Plast Esthet* 2013; 58: 271-276. 2013/04/30. DOI: 10.1016/j.anplas.2013.03.002.
54. Pereira LM, Obara K, Dias JM, et al. Facial exercise therapy for facial palsy: Systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 2011; 25: 649-658. 2011/03/09. DOI: 10.1177/0269215510395634.

55. Slattery WH and Azizzadeh B. *The facial nerve*. New York: Thieme, 2014, p.236.
56. Angelov DN, Ceynowa M, Guntinas-Lichius O, et al. Mechanical stimulation of paralyzed vibrissal muscles following facial nerve injury in adult rat promotes full recovery of whisking. *Neurobiol Dis* 2007; 26: 229-242. 2007/02/14. DOI: 10.1016/j.nbd.2006.12.016.
57. Preston JL, McAllister T, Phillips E, et al. Treatment for Residual Rhotic Errors With High- and Low-Frequency Ultrasound Visual Feedback: A Single-Case Experimental Design. *J Speech Lang Hear Res* 2018; 61: 1875-1892. 2018/08/04. DOI: 10.1044/2018_jslhr-s-17-0441.
58. Baker E. Optimal intervention intensity in speech-language pathology: discoveries, challenges, and uncharted territories. *Int J Speech Lang Pathol* 2012; 14: 478-485. 2012/09/15. DOI: 10.3109/17549507.2012.717967.
59. Barry P, Mancini J, Alshukry A, et al. Validation of French versions of the Facial Disability Index and the Facial Clinimetric Evaluation Scale, specific quality of life scales for peripheral facial palsy patients. *Clin Otolaryngol* 2019; 44: 313-322. DOI: 10.1111/coa.13294.
60. de Swart BJ, Verheij JC and Beurskens CH. Problems with eating and drinking in patients with unilateral peripheral facial paralysis. *Dysphagia* 2003; 18: 267-273. 2003/10/23. DOI: 10.1007/s00455-003-0011-0.
61. Kahn JB, Gliklich RE, Boyev KP, et al. Validation of a patient-graded instrument for facial nerve paralysis: the FaCE scale. *Laryngoscope* 2001; 111: 387-398. 2001/02/27. DOI: 10.1097/00005537-200103000-00005.
62. Kleiss IJ, Hohman MH, Susarla SM, et al. Health-related quality of life in 794 patients with a peripheral facial palsy using the FaCE Scale: a retrospective cohort study. *Clin Otolaryngol* 2015; 40: 651-656. 2015/04/11. DOI: 10.1111/coa.12434.
63. A Machine Learning Approach for Automated Facial Measurements in Facial Palsy. 2018; 20: 335-337. DOI: 10.1001/jamafacial.2018.0030.

SUPPLEMENTARY MATERIAL 1**Tableau 9** – Intraclass Coefficient Correlations (ICC) for SB, the FNGS 2.0 scores and sub-scores, and perceived speech intelligibility

Scores and Subscores	ICC, 95% [confidence interval] with Signification
FNGS 2.0 grade	0.971, [0.965, 0.976]; $p < 0.001$
FNGS 2.0 global score	0.987, [0.985, 0.990]; $p < 0.001$
FNGS 2.0 subscore for synkinesis	0.865, [0.830, 0.894]; $p < 0.001$
SB global score	0.984, [0.978, 0.988]; $p < 0.001$
SB subscore for synkinesis	0.920, [0.899, 0.937]; $p < 0.001$
Perceived speech intelligibility (first timepoint)	0.983, [0.972, 0.991]; $p < 0.001$
Perceived speech intelligibility (second timepoint)	0.985, [0.975, 0.992]; $p < 0.001$

Legend. Facial Nerve Grading Scale 2.0 = FNGS 2.0; Sunnybrook = SB

SUPPLEMENTARY MATERIAL 2

Tableau 10 – Results from the mixed model analysis on SB global score, FNGS 2.0 global score and FNGS 2.0 grade

Variable of interest	Mean(SD) or median(IQR) scores per group at 1 YPO		Time effect	Condition effect	Interaction effect
	CONTROLS	MEPP			
SB global mean score	83.7 (14.0)	93.87 (8.3)	F = 217.44 (<i>p</i> < 0.001)	F = 4.44 (<i>p</i> = 0.04)	F = 1.12, (<i>p</i> = 0.346)
FNGS 2.0 mean score	7.4 (3.1)	5.0 (1.4)	F = 185.37 (<i>p</i> < 0.001)	F = 6.55 (<i>p</i> = 0.013)	F = 3.93 (<i>p</i> = 0.010)
FNGS 2.0 median grade	2.2 (1)	1.4 (0.25)	F = 104.04 (<i>p</i> < 0.001)	F = 9.445 (<i>p</i> < 0.003)	F = 4.28 (<i>p</i> = 0.007)

Note. Facial Nerve Grading Scale 2.0 = FNGS 2.0; Sunnybrook = SB; SD = standard deviation; IQR = interquartile range; YPO = year post-onset

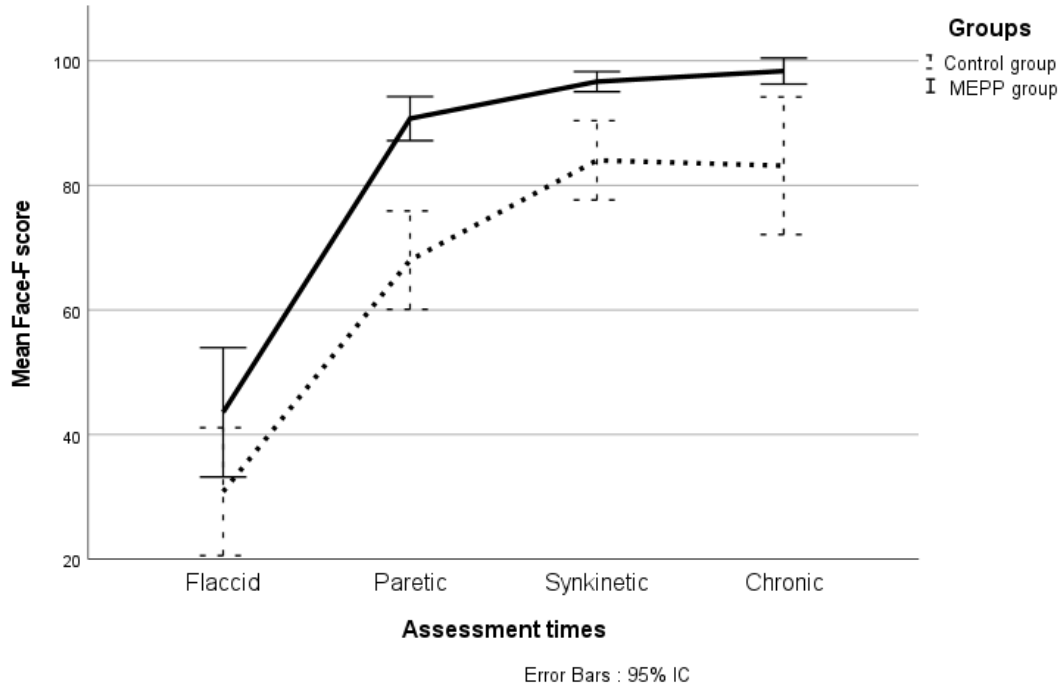
Tableau 11 – Post hoc analysis of the mixed model for significant results of interaction for FNGS 2.0 grade and score, demonstrating the different evolution between the MEPP group and control group after baseline

Assessment points	DF	Denominator	F	Signification
FNGS 2.0 Grade				
Baseline (Flaccid phase)	1	108.354	0.016	0.901
1-2-3 MPO (Paretic phase)	1	108.354	4.482	0.037
4-5-6 MPO (Synkinetic phase)	1	108.354	5.505	0.021
1 YPO (Chronic phase)	1	108.354	20.237	0.000
FNGS 2.0 score				
Baseline (Flaccid phase)	1	98.902	0.051	0.821
1-2-3 MPO (Paretic phase)	1	98.902	6.111	0.015
4-5-6 MPO (Synkinetic phase)	1	98.902	6.673	0.011
1 YPO (Chronic phase)	1	98.902	10.133	0.002

Note. Facial Nerve Grading Scale 2.0 = FNGS 2.0; Sunnybrook = SB; DF = degree of freedom; F = Anova results; MPO = months post onset; YPO = year post onset; P = significance with $\alpha = 0.95$

SUPPLEMENTARY MATERIAL 3

Figure 13 – Longitudinal changes of quality of life and functional impacts measured with Face-F for each group (n = 26).



Legend: FaCE-F scores: 100 = no functional impact; 0 = severe functional impact. Assessment times: Flaccid phase = 10-14 days post onset; Paretic phase: 1-, 2- and 3-months post onset; Synkinetic phase: 4-, 5- and 6- months post onset; Chronic phase: 1 year post onset; Black line: MEPP participants; Dash line: Controls; Error Bars: 95% Confidence Interval.

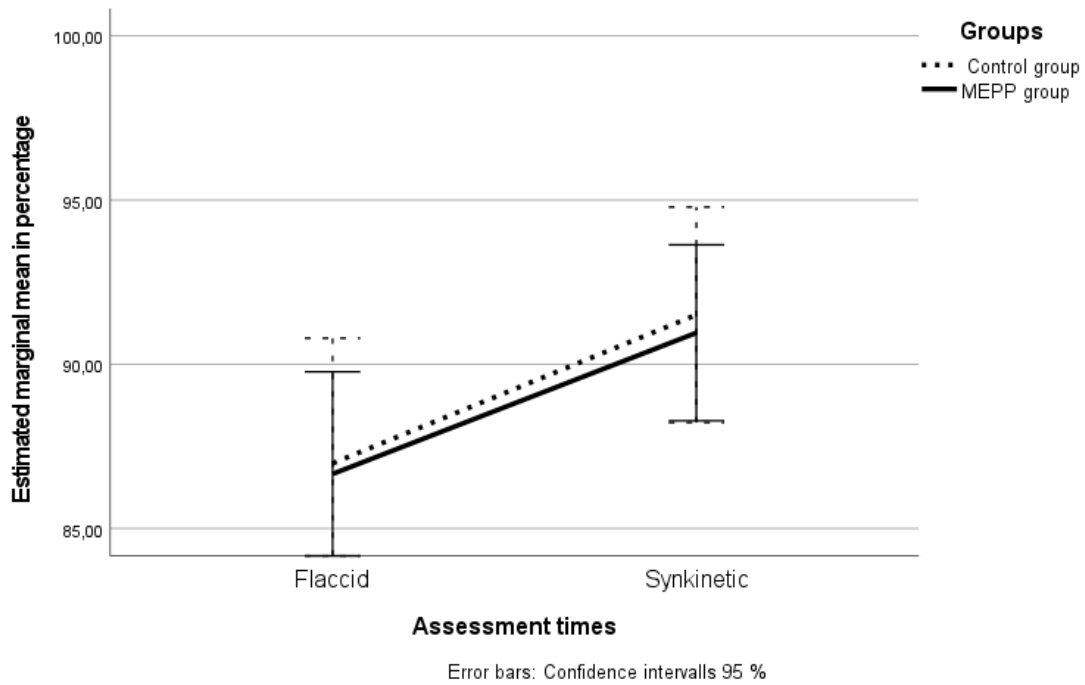
SUPPLEMENTARY MATERIAL 4

Tableau 12 – Descriptive statistics of the perceptual speech analysis of intelligibility by naïve judges in percentage.

Group	Control (n = 10)		MEPP (n = 15)	
	Baseline (Flaccid phase)	5 MPO (Synkinetic phase)	Baseline (Flaccid phase)	5 MPO (Synkinetic phase)
Mean speech intelligibility (%) [SD]	86.9 [4.91]	91.5 [5.45]	86.6 [6.33]	90.9 [4.70]

Note. SD = Standard deviation; MEPP = Mirror Effect Plus Protocol; MPO = months post onset

Figure 14 – Perceived intelligibility as rated by native French naïve judges on French speakers with BP (n = 25) during the flaccid and the synkinetic phases. Time effect is significant ($F = 12.248$; $p = 0.002$) but without a group effect ($F = 0.008$; $p = 0.93$).



4. TROISIÈME ARTICLE

Rôle de chaque auteur:

- Martineau, S.: acquisition des données, analyse et interprétation des données, principale écriture et révision du manuscrit
- Rivest, C.: acquisition des données et révision du manuscrit
- Rahal, A.: supervision et révision du manuscrit
- Marcotte, K.: supervision et révision du manuscrit

Development of an open-source facial rehabilitation website for severe Bell's palsy: a within-subject study on user experience and patients' compliance with the MEPP-website

Sarah Martineau^{a,b,c}, Camille Rivest^c, Akram Rahal^{a, c}, & Karine Marcotte^{b,c*}

^a Hôpital Maisonneuve-Rosemont, Montréal, Québec, Canada; ^b Centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l'île-de-Montréal, Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, Montréal, Québec, Canada; ^c Faculté de Médecine, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada

“This is an Accepted Manuscript version of the following article, accepted for publication in Disability and Rehabilitation (10.1080/09638288.2021.2012846). It is deposited under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited, and is not altered, transformed, or built upon in any way.”

Abstract

Purpose: An open source and free website called Mirror Effect Plus Protocol (MEPP)-website was developed with features to diminish cognitive load and support motor learning during facial exercises. Assessing patients' perceptions is crucial when developing rehabilitation tools because patients' willingness to use the tools strongly affect engagement in the rehabilitation process. This study compared clinicians' and patients' user experience with the MEPP-website versus a hobby-designed website.

Materials and Methods: Ten patients with acute severe Bell's palsy and five clinicians were enrolled in a within-subject and crossover design. User experience was assessed with the Modular evaluation of Components of User Experience questionnaire. Wilcoxon-Signed-Rank test analysed user experience, and descriptive analyses explored the order effect. Therapeutic compliance was verified for the MEPP-website by an integrated feature. Clinicians' descriptive statistics and subjective observations were also reported.

Results: Both patients and clinicians demonstrated a preference for the MEPP-website, whether they used it first or second. Despite this preference, compliance with the MEPP-website was reduced, although it tended to be better when used first.

Conclusions: MEPP- website during facial rehabilitation improved user experience. Better user experience likely optimizes how patients perform and facilitate their exercises. Factors affecting compliance with facial rehabilitation remain to be addressed.

Keywords: Bell's palsy, facial nerve, facial rehabilitation, mirror therapy, peripheral facial palsy

Introduction

Bell's palsy

Bell's palsy (BP) is one of the most common causes of abrupt onset of unilateral facial weakness in addition to stroke (Gilden, 2004). It is well documented that BP can have dramatic impacts on the lives of those affected, especially in incomplete recovery, when patients may be left with permanent disfiguring facial weakness, hemifacial spasms, and synkinesis (Gilden, 2004; Prud'hon et Kubis, 2018). Facial rehabilitation programs such as neuromuscular retraining (NMR; Diels et Combs, 1997) and mime therapy (Beurskens et Heymans, 2006) have long been recognized as efficient for the treatment of permanent sequelae in chronic BP (de Almeida et al., 2014a). Additionally, a growing body of research has demonstrated the beneficial effects of *early* facial rehabilitation (combined with drug therapy) to support the recovery of BP (Ferreira et al., 2015; Martineau et al., 2020b; Nicastrì et al., 2013). If provided as early as two weeks after onset, facial rehabilitation could lead to better recovery with long-lasting effects (Ferreira et al., 2015).

Irrespective of whether they are designed for acute or chronic BP, most facial rehabilitation programs (Azuma et al., 2012; Coulson et Croxon, 1994) integrate, at least at some point during the process, the use of a traditional mirror, to allow patients to observe and analyze their facial movements (Cardoso et al., 2008). However, working with a traditional mirror during facial rehabilitation may present disadvantages over time. The mismatch between the visual input of the affected side of the face provided by the mirror and the motor input applied during the exercises could lead to maladaptive muscle hyperactivity and compensation (Altschuler et al., 1999; Ding et al., 2020; Ramachandran et al., 1995). The use of a real mirror has also been identified as a barrier to patients' achievement of a high rate of adherence to therapy (Szczepura et al., 2020), probably because it sends an altered, confrontational image to the patients while they attempt to undergo therapy (Blanchin et al., 2013).

Therefore, a mirror effect therapy has been developed to address these issues by providing corrected mirror visual feedback instead of only a patient's reflection during exercises (Ding et al., 2020). With the help of a mirror-book or computer-based program, the modified mirror effect

adjusts the visual biofeedback during motor exercises by duplicating the healthy side of the face or any other parts of the body, resulting in a symmetrical movement and correction of the resulting visual afferences. This type of mirror therapy has been found beneficial in the treatment of phantom limb pain and paralysis (Ramachandran et Altschuler, 2009) and stroke-induced hemiparesis (Altschuler et al., 1999). The principle of mirror therapy has recently been applied for treatment of facial palsy: patients were asked to perform facial exercises while observing a display of a modified version of their faces. Data suggests that mirror effect therapy was helpful to improve facial function in patients who underwent a facial corrective surgery called temporal lengthening myoplasty (Blanchin et al., 2013) and also in patients with peripheral facial nerve palsy from different aetiologies (Barth et al., 2020; Martineau et al., 2020b; Paolucci et al., 2020). Because facial and limb muscles are differently constituted (i.e. facial muscles have no spindles, have connexions with limbic system, etc.), instructions given during facial mirror effect therapy has to be adapted to this reality (Martineau et al., 2020b). With adapted instructions, patients can learn from multiple adequate facial motor responses through the mirror effect, and avoid unnecessary muscular overcompensation (Barth et al., 2020; Martineau et al., 2020b).

Computer-based tools constitute an interesting way to provide mirror effect, as they can be utilized autonomously at home by patients, compared to a set-up made of several real mirrors together to create a mirror effect (Ding et al., 2020). Our team developed a facial rehabilitation protocol called the Mirror Effect Plus Protocol (MEPP) specifically designed for acute BP, which combines the advantages of mime therapy and NMR with the modified visual biofeedback from a modified mirror effect (for a complete description of MEPP see Martineau et al., 2020a). MEPP requires the use of a computer to duplicate the healthy hemiface of patients during facial exercises. During the development of the MEPP therapy, we lacked a free computer-based program adapted for clinical use to create modified visual feedback during facial exercises. A free hobby-designed website named Webcamtoy© (www.webcamtoy.com; WCT) was first used, as it allows the replication of the preserved half of the face to the paralyzed side. Given that the website was not developed for therapy purposes, it has some limitations. First, patients had to choose which side of the face should be replicated by themselves. They also needed to refer to an off-line exercise sheet provided by the clinician, as the website did not allow the addition of

instructions. Because patients already needed to be highly focused on the specificity of their facial movements, proprioception, and visual feedback, managing both an exercise's sheet and the website was overwhelming. Furthermore, they needed to concentrate on the timing of the exercises and to pick up exercises randomly on their own (in accordance with the principle of randomized practice), which could lead to an imbalance in the rehabilitation (Maas et al., 2008; Shumway-Cook et Woolacott, 2017). Altogether, these factors increase the extraneous complexity and interruptions of the therapy, which are factors that could contribute to a high cognitive load, thereby undermining users' ability to engage in the high-level, integrative thinking needed for facial therapy (Oviatt, 2006). This, in turn, could eventually lead to decreased compliance and poorer outcomes in facial rehabilitation (Alakram et Puckree, 2011; Jack et al., 2010; Martineau et al., 2018).

Compliance or adherence to treatment is an important factor to measure, as poor compliance can negatively influence outcomes and healthcare costs (Jack et al., 2010; Szczepura et al., 2020). Objective measures of compliance are needed for clinical and research purposes, as they can help alleviate the variation in and inaccuracy of patients' self-rated measures (Jack et al., 2010). Without objective measures of compliance, adherence to treatment can be difficult to observe because it requires clinicians to rely on what could be recalled inaccurately by patients (Szczepura et al., 2020).

Development of a MEPP-website

To compensate for these difficulties, we developed a specialized website adapted to facial rehabilitation. The MEPP-website should optimize the way patients perform their exercises and should facilitate clinicians' work via its many integrated features. First, the MEPP-website allows the creation of separate clinician and patient accounts. From their account, clinicians can preprogram which side of the face has to be replicated, reducing the risk of having a patient choose the wrong side for the autonomous home sessions. Additionally, clinicians can determine and assess the relevant facial exercises required specifically for each patient, also allowing the modification of the exercise program along with the progress of the patient. Clinicians can also follow patients' compliance through a feature that records an entry in the personal history of the

patient each time they log into their profile to complete the therapy, and each time they finish a session. This allows for an objective measure of patient compliance. Moreover, the MEPP-website was developed to have every instruction appear on the screen during each exercise, including emotional cueing that helps elicit a more natural movement (Beurskens et Heymans, 2006) at a specific pace. As mentioned earlier, the chosen pace should favor an ideal rhythm of execution in which each repetition respects the ideal contraction/rest time ratio for the facial muscles, as well as allowing enough time to concentrate on the facial sensations. Additionally, the website randomizes the exercises, allowing optimal randomized practice conditions. Thus, the interface and features of the MEPP were designed to reduce extraneous complexity and interruptions during therapy, which should diminish cognitive load and help patients concentrate on their facial exercises, thereby encouraging good compliance (Oviatt, 2006). The MEPP-website is intended to be open source and available for free once development is completed. It is well known that subjective factors such as perceptions, judgments, emotions, motivation, and personal values influence the likelihood of a system being used and integrated into everyday life (Minge et al., 2016b). These subjective impressions can differ significantly from usability-oriented performance data (Kurosu et Kashimura, 1995). Thus, evaluating the user experience is crucial for the development of a novel technical system.

This study aimed to investigate the user experience of our new customized and open-source MEPP-website among patients with BP and clinicians. The patients and clinicians completed the MeCUE questionnaire, an adaptable, validated questionnaire of user experience (Minge et al., 2016a) which has already been used to investigate the user experience of patients with facial palsy (Ding et al., 2020), to compare the new customized MEPP-website and the non-specific WCT for MEPP rehabilitation. First, considering that the MEPP-website was specifically designed for MEPP rehabilitation and that it offered additional relevant features for facial rehabilitation, we hypothesized that it would facilitate a better user experience than could WCT, in patients and clinicians. Second, thanks to the cross-over design, we explored a potential order effect that could have affected patients' user experience, with descriptive statistics. Third, we described compliance to therapy with an integrated feature of the MEPP-website, that allowed to

objectively measure this parameter for this webtool. Finally, order effect for compliance with the MEPP-website was analysed with descriptive statistics.

Methods

Patient Participants

Ten patients who were recruited for a larger longitudinal study aiming to estimate the efficacy of the MEPP (ethics approval number: MP-32-2017-1365) participated in this study. The demographic information is summarized in table 13. These patients were originally referred by otorhinolaryngologists and emergency physicians working at CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal and CIUSSS du Nord-de-l'Île-de-Montréal. The patients who were randomly assigned to the mirror effect rehabilitation group in the larger study were selected to use both WCT and the MEPP-website when it became available. The patients were recruited according to the following inclusion criteria: (1) age 18 years or older, (2) acute severe BP for under 10 days, and (3) having received the following standardized drug therapy: prednisone 50 mg per day for 10 days and valacyclovir 1000 mg three times a day for 7 days, prescribed within 72 hours of onset. The exclusion criteria were: (1) medical history of facial nerve trauma, (2) previous BP or other facial paralysis, (3) history of cognitive impairment or disorder (e.g., stroke, neurodegenerative diseases), (4) psychiatric disorder requiring active monitoring (e.g., severe depression, schizophrenia), (5) medical history of neoplastic disorders, and (6) bilateral facial palsy. All patients were informed of the purpose of their participation and provided written and informed consent prior to enrollment.

Clinician Participants

Clinicians were enrolled to form an advisory committee to evaluate user experience with both the MEPP-website and WCT from the clinician's point of view. They were recruited via email from various hospitals and rehabilitation centers in Quebec. They were selected for their interest and expertise in peripheral facial palsy interventions. The purpose of this committee was to use both web tools in clinical settings and to give their comparative impressions about user experiences, after using each website for facial rehabilitation for a short trial period.

Tableau 13 – Demographic data about patients

Patient	Sex	BP side	Age	Schooling years	FNGS 2.0 grade at onset	SB score at onset	First website used
P1	F	L	38	13 years and more	6	10	WCT
P2	F	R	19	< or = to 12 years	4	56	WCT
P3	F	R	29	13 years and more	6	8	WCT
P4	F	R	19	< or = to 12 years	5	18	WCT
P5	M	R	75	13 years and more	4	44	WCT
P6	F	R	43	< or = to 12 years	5	27	MEPPws
P7	M	L	68	13 years and more	5	33	MEPPws
P8	F	L	58	13 years and more	4	54	MEPPws
P9	M	R	29	< or = to 12 years	5	23	MEPPws
P10	M	L	53	13 years and more	5	29	MEPPws
P11	F	R	49	13 years and more	5	28	MEPPws

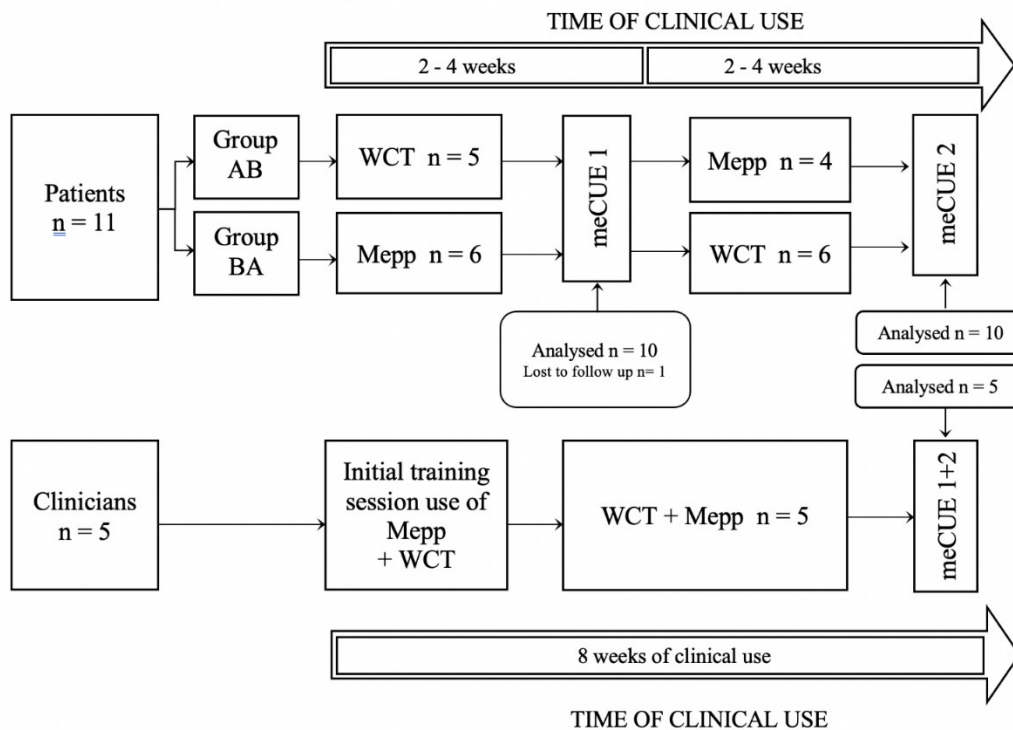
Legend: BP: Bell's palsy; FNGS 2.0: Facial Nerve Grading System 2.0; WCT: Webcamtoy©; MEPPws: MEPP-website; FNGS 2.0 scores: 6= total palsy; 1= normal facial function. Sunnybrook (SB) scores: 0= total palsy; 100= normal facial function

Study design

Figure 14 shows a flowchart of the study. A within-subject design trial was employed to compare user experience in interaction with both websites. A crossover design was also chosen for the patients with BP to control for potential order effects. Patients were assigned to one of the following groups: group AB started with the hobby-designed website WCT and group BA with the MEPP-website. The first mirroring system was used for at least 2 to 4 weeks of facial

rehabilitation. User experience was then assessed for the first website. The second system was then introduced and used at least for 2 to 4 weeks, after which user experience was assessed for the second website. For clinicians, no crossover design was used to give them more freedom to use the websites at their convenience in the challenging clinical context of the COVID-19 pandemic. Instead, all the clinicians met once for an explanation of how both websites worked. They were then given an eight-week trial period during which they had to use each website numerous times, set up a patient account on the MEPP site, and run a facial therapy program with both websites and with a real patient. The clinicians were told that each website had advantages and disadvantages and that their comments on each website and their preferences would be gathered at the end of the given period. At the end of the trial, we met with each clinician individually so that they could complete the MeCUE (Minge et al., 2016a) twice (one for each website) and provide specific comments about the advantages and disadvantages of each website.

Figure 15 – Design of the study



Legend: WCT: Webcamtoy©; MEPPws: MEPP-website.

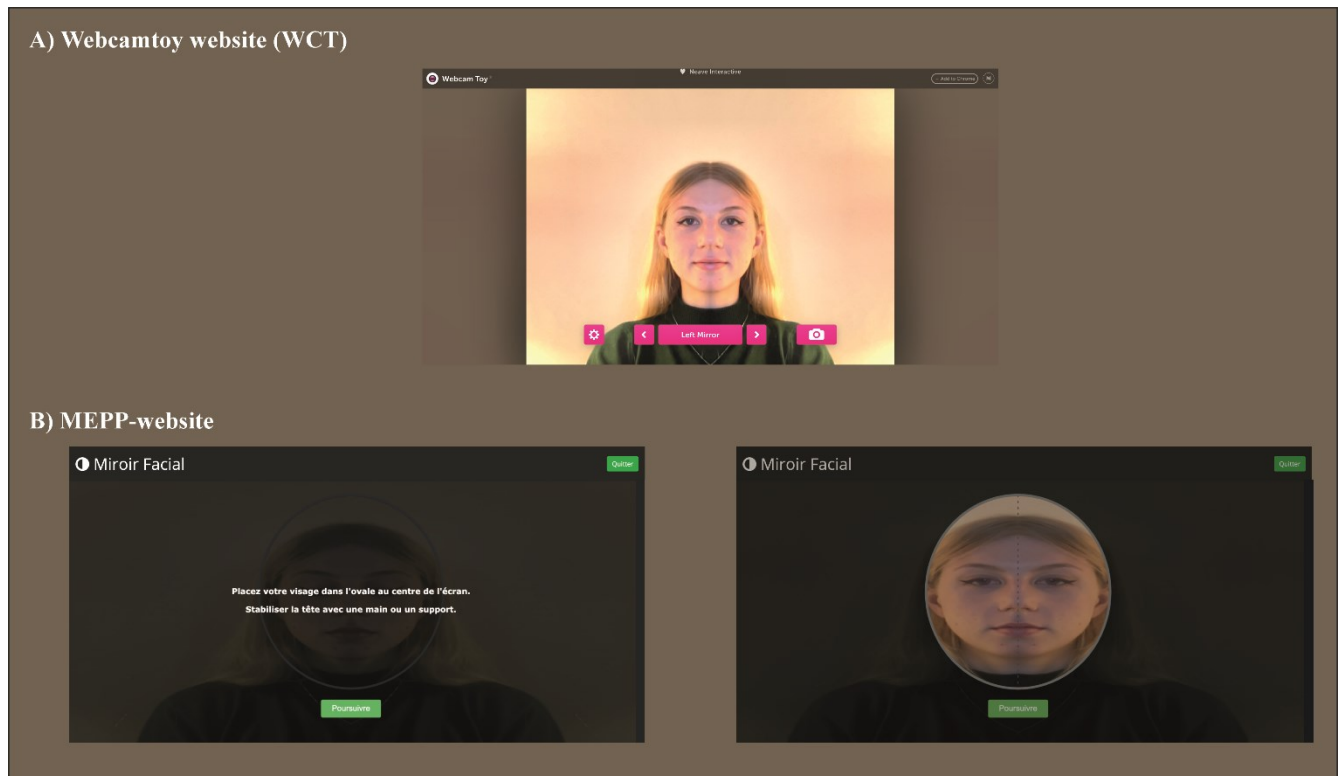
Therapy

In this study, the MEPP was used to provide facial rehabilitation to all participants with BP. MEPP is a therapy specifically designed to treat acute severe BP (for a complete description see Martineau et al., 2020a). Briefly, it consists of counseling, motor imagery, and facial retraining with a mirror effect. Counseling is provided during the first sessions of treatment and consists of a basic overall introduction to facial function and anatomy. Motor imagery sessions are then provided, and patients learn passive tissue manipulation. Specific facial exercises are then explained using the principles of NMR (Diels et Beurskens, 2014) and practiced with the help of either one of the two websites. The facial exercises presented to the patients are chosen according to individual deficits. Retraining is performed at home, where patients perform the previously explained muscle exercises using one of the two websites until recovery. To favor motor learning, to avoid muscle fatigue and to conform to principles reported in facial rehabilitation literature (Brach et al., 1997; Nicastrì et al., 2013; Shumway-Cook et Woolacott, 2017), patients are asked to apply a distributed practise, through two short sessions of 15 minutes of facial rehabilitation everyday.

Websites

As mentioned previously, the two websites were tested by clinicians and patients. Each website uses computer vision technologies to provide patients with a symmetrical facial picture (see figure 15). The two websites produce similar pictures because they both use the same technological strategy to present modified visual feedback of the face, i.e., mirroring based on the central axis of the image. Although both websites share a purpose and produce similar images, their discrepancy resides in the features they offer, as explained previously.

Figure 16 – Example of the facial mirroring system for Webcamtoy© (A) and MEPP-website (B).



Outcome measures: MeCUE questionnaire, subjective impressions, and compliance

First, to compare and assess user experience with the two facial mirroring systems, the user experience questionnaire (MeCUE: Modular evaluation of Components of User Experience; <http://mecue.de/>) was used. This questionnaire was chosen because it constitutes an adaptable, complete, and validated questionnaire of user experience (Minge et al., 2016b). The MeCUE questionnaire is composed of four modules that were created to assess key components of user experience: product perception, user emotions, consequences of usage, and global judgment. This questionnaire was validated in a way that allows researchers to select relevant modules to assess and remove some of the modules without affecting the validity (Minge et al., 2016b). Three of these modules were selected because the second module, which centers on user emotions, includes questions that do not apply to a product designed for clinical purposes (e.g., the product makes me feel euphoric). The second module also presents items with low psychometric quality

(Lallemand et Koenig, 2017) and includes items that could not assess user experience exclusively when considering the context in which the product was used, i.e., facial muscular retraining (e.g., “When using this product, I feel exhausted.”). Some items from the subscales “commitment” and “status” of the first module were also removed given their poor fit with the context of therapeutic usage of the system (e.g., “I would not mind if my friends envied me for this product.”). Finally, items on the “visual aesthetics” subscale were also removed because visual design was not deemed a key factor differentiating the websites; their distinction rested in instrumental rather than non-instrumental properties. The subscales that were retained and analyzed as dependent variables were usefulness, usability, product loyalty, intention to use, and overall evaluation. The same modules were used for the clinicians.

Additionally, compliance to therapy was measured for the MEPP-website through an intrinsic functionality. Specifically, a history of logins and completed sessions for each patient was recorded on the website. No comparisons were made with compliance to WCT, as no objective and comparable measures were available for this website.

Finally, subjective impressions were gathered informally from the clinicians at the end of their 8-week trial regarding the advantages and disadvantages of each system; specifically, they had to answer the following questions: “What did you prefer while using the (MEPP/WCT) website?” and “What could have been better in the (MEPP/WCT) website?”

Data analysis

All statistical analyses were performed using XLSTAT version 2021.1 (Addinsoft, Paris). As prescribed by the authors of the MeCUE, a mean value for each subscale of the MeCUE questionnaire was first calculated for each patient (Minge et al., 2016a). The data was analyzed using descriptive statistics for each MeCUE variable for both patients and clinicians. The Wilcoxon signed test for matched samples was then used to analyze intra-subject differences in patients’ user experience between the two websites for each MeCUE subscale with a p -value of 0.05 indicating statistical significance. This nonparametric test was conducted because the assumption of a normal distribution could not be met, considering the limited sample size. Next, to explore the presence of an order effect in user experience, descriptive statistics were extracted between

users who utilized the MEPP-website first (n=6) and second (n=4), and between users who utilized WCT first (n=4) and second (n=6).

Compliance to the MEPP-website was obtained by extracting the number of completed treatment sessions per day per patient for the first 14 days of use (the minimum required length of treatment for each system). As each patient was asked to perform two short sessions of 15 minutes of exercise per day, we extracted the number of completed sessions for a total of 28 recommended sessions. If patients performed more than two sessions per day, every extra session contributed to the total until a maximum of 28 sessions was achieved. Initiated but incomplete sessions were discarded. We then explored descriptive data about the total number of completed sessions to assess for a potential order effect. No data on compliance was gathered regarding WCT because there was no comparative feature that allowed for equivalent analysis. Finally, qualitative feedback from clinicians was gathered and reported in an Excel table for global appreciation and purpose of comparison. No hypothesis testing was undertaken for any inter-subject comparisons (with patients or clinicians), considering the small sample size.

Results

Eleven patients [females, 7; median (interquartile range or IQR) age, 49 (15,5) years; left-sided facial palsy, 4; House-Brackmann median score, 5] and five clinicians [females, 5; median (IQR) age, 32 (16); years of experience in field (range), 13(2–30)] were initially enrolled. One patient in group AB failed to complete the questionnaires. Thus, the analysis was conducted on the ten remaining patients. The raw data are presented for each patient and clinician on each measured variable in Supplementary Material 5. The descriptive data in A) shows that patients and clinicians appear to prefer the MEPP-website in four of five modules: usefulness, intention to use, product loyalty, and overall evaluation. Also, median and IQR range values about a potential order effect in B) demonstrated no differences between patients who used MEPP first vs second, and patients who used WCT first vs second, for any of the measured variable. Figure 16 illustrates the preference of both clinicians and patients for the MEPP-website using box plots of three representative modules of the MeCUE (usefulness, intention to use, and overall evaluation). Figure 16 also shows that MEPP was attributed higher ratings by both clinicians and patients in

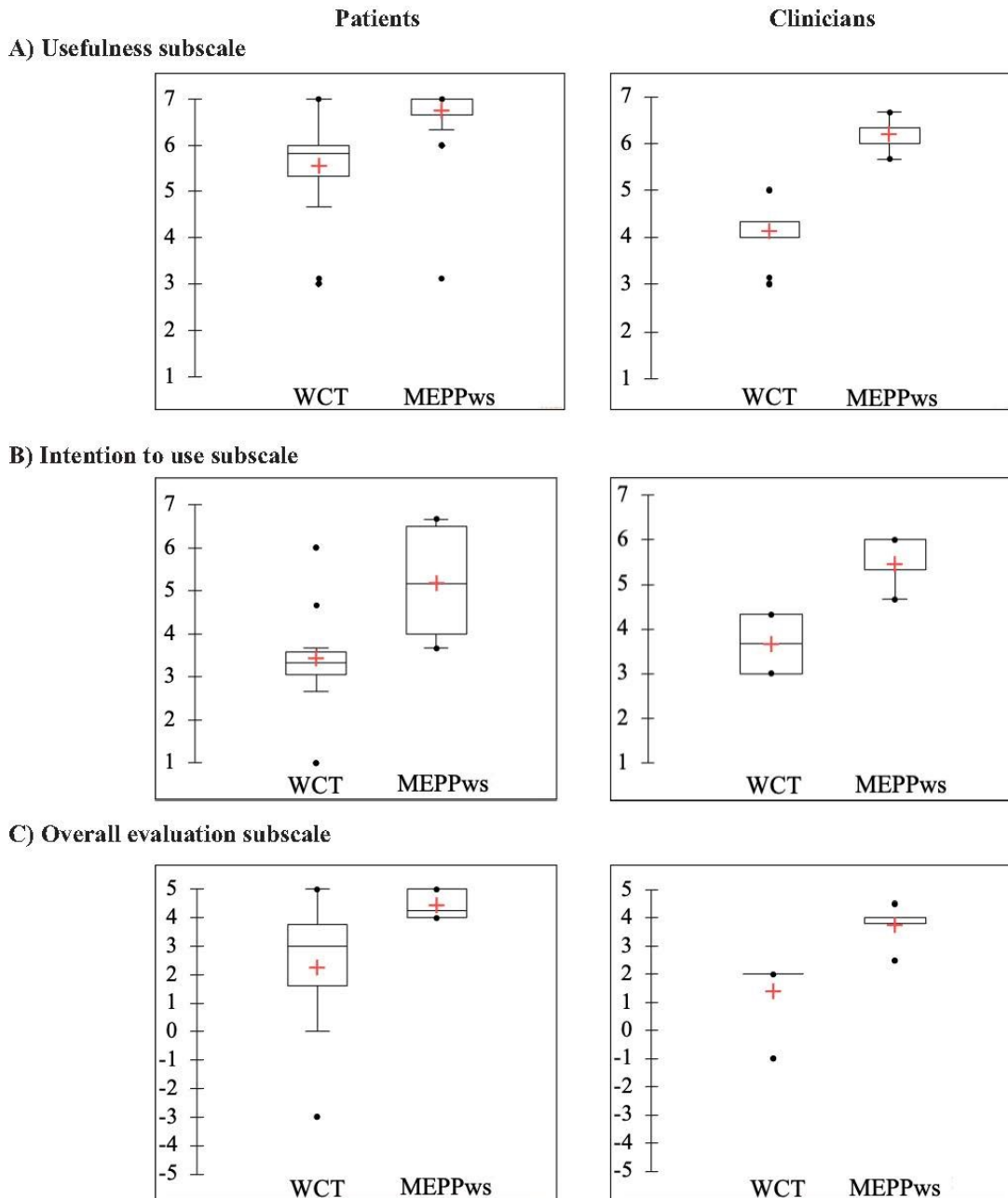
all three modules. Conversely, there were no differences between the two websites in terms of usability [global median score of 6 for WCT and of 7 for MEPP in patients; 5.67 for WCT and 5.33 for MEPP in clinicians]. In other words, each website attained high ratings for this module. As demonstrated in table 14, the results of the Wilcoxon signed test demonstrated that patients significantly preferred the MEPP-website in terms of usefulness ($V = 1$; $p = 0,017$), intention to use ($V = 6$; $p = 0,028$), product loyalty ($V = 3,5$; $p = 0,024$), and overall evaluation ($V = 0$; $p = 0,011$) compared to the hobby-designed website. However, the difference was not significant for the usability subscale ($V = 1,5$; $p = 0,058$).

The results regarding compliance are presented in Supplementary Material 6. Globally, only four patients (P6, P7, P10, and P11) conformed to the recommended schedule of therapy (two completed sessions per day) during the verified timeframe. Patient 5 only practiced twice during a two-week period, while patients 8 and 9 only practiced three and five times, respectively. Compliance with the MEPP-website can thus be qualified as reduced, even if patients clearly mentioned their preference for this web tool. As for compliance with the MEPP-website, exploration of the order effect with descriptive statistics tends to show that compliance was higher in the group where the MEPP-website was used first [median number of completed sessions, 26 (IQR = 17.25) vs 6.5 (IQR = 2.75) than in the group where it was used second]. Indeed, four of the six patients who used the MEPP-website first mostly conformed to the recommended schedule of therapy. No patients who used the MEPP-website after WCT conformed to the parameters of therapy.

A summary of the information about the advantages and disadvantages of each system expressed by clinicians are presented in table 15. Concrete examples are also reported in Supplementary material 7. All clinicians found each website relatively easy to use, although clinician 5 reported that navigation was not intuitive on the MEPP-website. For the MEPP-website, the quality of the instructions for facial exercises (i.e., their appropriateness in terms of font, color, and ease of understanding) was a recurring topic and appeared to be an advantage of this tool for clinicians. It was reported that the MEPP-website was better in terms of many therapeutic parameters (measures of compliance, follow-up, adaptability of the therapy according to progress, etc.). WCT being usable on mobile devices was an advantage for that website. Clinicians also noted for both

websites that their patients presented difficulties in maintaining their head stability in the central axis for optimal reduplication of the unaffected side during the exercises.

Figure 17 – Patients (A) and clinicians (B) results to the modified MeCUE questionnaire for usefulness, intention to use and overall evaluation for both websites”. The box plots are the first and third quartiles, the whiskers are the maximum and minimum non-remote values, the dots are extreme values and the red crosses are the means



Legend: MEPPws: MEPP-website

Tableau 14 – Intra-subject differences between scores for each subscale of the MeCUE (MEPP-website and WCT) used first with Wilcoxon tests values for effect of webtool on user experience

Modules	Subscale	Patients	Δ in scores	V	p
Perception	Usefulness	P6	-0,67	1	0.017
		P7	0		
		P8	0		
		P9	-1,33		
		P10	-4		
		P11	0,34		
		P2	-2		
		P3	-1		
		P4	-1,67		
		P5	-1,67		
		Usability	Usability		
P7	0,67				
P8	0				
P9	0				
P10	-3				
P11	0				
P2	-1,67				
P3	-1				
P4	-0,67				
P5	-2,33				
Usage	Product loyalty			P6	-2,66
		P7	-1		
		P8	0,67		
		P9	-2,67		
		P10	-3,67		
		P11	-1,33		
		P2	-3,33		
		P3	-3,67		
		P4	0		
		P5	1		
		Intention to use	Intention to use	P6	-1,44
P7	-0,34				
P8	2				
P9	-2				
P10	-5				
P11	-2				
P2	-3,34				
P3	-3,67				
P4	-1,33				
P5	-0,34				
Overall evaluation	Overall evaluation			P6	-2
		P7	-1		
		P8	0		
		P9	-5		
		P10	-7		
		P11	-1		
		P2	-3,5		
		P3	0		
		P4	-1,5		
		P5	-1		

Legend: WCT: Webcamtoy©; MEPPws: MEPP-website; Gray shaded cells: patients who used MEPP-website first; White cells: patients who used WCT first; Δ scores: the difference between the WTC's score and the MEPP's score for each category of the MeCUE questionnaire; Wilcoxon results= V. alpha = 0,05;

Tableau 15 – Summary of clinicians’ feedback on the MEPP and WCT website to the following questions: “What did you prefer while using (MEPP/WCT)-website? What could have been better in (MEPP/WCT)-website?”

Websites	Advantages	Disavantages
MEPPws	<ul style="list-style-type: none"> • Feature to assess compliance is good • Clear instructions • Easy to use 	<ul style="list-style-type: none"> • Need auditive output • Central axis is problematic • Emailed info for use should be added • Instructions are non-optimal • User-friendliness to be improved
WCT	<ul style="list-style-type: none"> • Good accessibility (i.e. mobiles devices) • Easy to use 	<ul style="list-style-type: none"> • Central axis is problematic • Instructions are non-optimal • Unsited for therapeutic goals • User-friendliness to be improved

Legend : WCT: Webcamtoy; MEPPws: MEPP-website;

Discussion

Consistent with our hypothesis, the patients rated almost all the subscales of user experience (usefulness, product loyalty, intention of use, and overall rating) significantly higher for the MEPP-website, with no order effect. The descriptive results of the MeCUE and subjective impressions of the clinician users exhibited a similar trend, with a numerical preference for MEPP in all categories except for usability. Despite patients' preference for the MEPP-website, compliance was reduced with this web tool.

The patients rated the usefulness of the MEPP-website significantly higher than that of WCT. This indicates that the therapeutic website was of greater help for users to meet their goals, which is the key factor in usefulness according to the original definition of Thüring et Mahlke (2007). The MEPP-website was also assigned significantly higher scores regarding the other modules assessed (i.e., intention to use, product loyalty, and overall rating) by both clinicians and patients, suggesting that patients and clinicians would choose the MEPP-website over WCT if given the option. The fact that the overall module was significantly higher also indicates that even though usability was not rated significantly higher for the MEPP-website, both patients and clinicians preferred it to WCT.

We hypothesized that the MEPP-website accommodates patients in performing therapy by reducing interruptions (e.g., managing instruction sheets), which in turn increases the patient's performance and focus on the main task (Oviatt, 2006). It is known that when a computer system is designed to reduce cognitive load, the user satisfaction and motivation to use the product again are increased (Schmutz et al., 2009). This suggests that the added features of the MEPP-website contributed to diminishing patients' cognitive load, resulting in a more favorable user experience (Oviatt, 2006). Perhaps surprisingly, the rating of the usability did not differ significantly between the MEPP-website and WCT. The original definition of usability by Thüring et Mahlke (2007) refers to the ease, efficiency, and effectiveness with which a user interacts with and learns to use a product. In the MeCUE, usability is measured using the following statements: "The product is easy to use," "It is quickly apparent how to use the product," and "The operating procedures of the product are simple to understand" (Minge et al., 2016b). Users' perception of usability is

influenced by a product's navigation system and terminology (Tsakonas et Papatheodorou, 2008). Based on these observations, two potential causes for the lack of significant differences between the two websites were identified. First, the navigation system of each website is relatively simple and quick to master. The fact that both websites were attributed high usability supports this hypothesis. Indeed, navigating the MEPP-website and WCT only requires a few clicks to reach the facial mirroring page. Second, while displaying similar technology for reduplication of the healthy hemiface over the paralyzed one, the websites did not differ in terms of efficiency of the system. Each system presents difficulties in stabilizing the face during therapy, as reported by our clinicians.

The present study also found no order effect in any of the user experience components in patients with descriptive statistics. An order effect would have been likely to occur because the perceived advantages of the MEPP-website's added features (e.g., display of instructions and visuals for timed contractions and rest) could have been lessened if this website was used second (because of patients' familiarity with the therapy). However, descriptive statistics suggest otherwise than such an effect. Even if patients likely retained some elements of the protocol by memory, it did not influence their appreciation of the MEPP-website in comparison to WCT; the former was still perceived as superior to the latter.

Additionally, we objectively measured patients' compliance with the MEPP-website, as compliance is an important factor for success in facial rehabilitation (Alakram et Puckree, 2011). A globally low compliance to therapy was found through the MEPP-website data, even though patients reported a preference for that webtool. Furthermore, we could not establish a comparison with the therapy through WCT, as the latter website does not offer the functionality to observe patients' login history. Consequently, we could not comment on compliance with the WCT. However, WCT received globally poorer ratings in terms of user experience than did the MEPP-website, and this represents a factor that could affect day-to-day use (Oviatt, 2006). Low compliance with facial reeducation has been reported previously and was mostly attributed to a lack of commitment due to other responsibilities such as professional occupation (Alakram et Puckree, 2011). We observed a similar phenomenon, as two of the four committed and compliant patients in this study were retired adults with fewer professional responsibilities. Additionally, a

recent study reported varying levels of self-reported adherence to facial rehabilitation, with only approximately 30% of the participants (32/97) demonstrating very high adherence (Szczepura et al., 2020), which is in accordance with our findings. One of the main factors preventing high compliance reported by the participants was “difficulties in fitting facial exercises into daily life” (Szczepura et al., 2020). Descriptive data suggests that compliance was higher in the group that used the MEPP-website first, with four of six patients being compliant. One possible explanation for the relatively low global compliance is that compliance is high at the onset of therapy but diminishes over time as patients recover. In fact, four of our non-compliant patients were those who initiated therapy with WCT due to the crossover design. They may have become less compliant with the therapy by the time they started to use the MEPP-website. Other factors such as severity at onset could explain the lack of adherence, with three of six non-compliant patients having a severity of 4 in the Facial Nerve Grading System (FNGS) at the onset. Nevertheless, one of the greatest advantages of the MEPP-website (as reported by clinicians) is that it presents a functionality that assesses compliance objectively.

Finally, clinicians were asked to provide input on their experience with both websites in a more informal setting. Some stated that while they preferred the MEPP-website overall, they found WCT more practical because it could be used on other devices such as digital tablets and smartphones. Users also reported difficulties in maintaining facial stability while performing facial exercises with both websites. Maintaining an adequate posture for optimal face mirroring feedback is indeed tedious with the conventional technology, which consists of duplication (reduplication) based on the central axis of the image. Making the website available on multiple devices and resolving facial stability issues are considered key changes that can greatly increase user satisfaction. Incorporating augmented reality techniques, such as appearance mirroring and muscle mirroring, as used for computer vision technology-based face mirroring systems (Ding et al., 2020), could potentially improve user experience and concentration on facial tasks. Since augmented reality technology provides a more organic and realistic face rendition, it could also have positive impacts on embodiment and motor learning (Ding et al., 2020), which are core principles in MEPP therapy. In a future study that would compare different facial reduplication technologies, it would be important to assess the patients’ differences in facial visual

representations and embodiment experience with a validated tool, such as an adaptation of the Virtual Embodiment Questionnaire (Roth et Latoschik, 2020).

This study had some limitations. First, the main limitation of the present study is the low number of participants and clinicians, which limits the conclusions that can be drawn from our results. For example, clinicians' impressions can't be generalized. With regard to the general prevalence of BP and the relative rarity of severe and persistent cases, the sample size in this study remains fair. International recruitment of expert clinicians could be considered in a future study. Second, although we considered investigating the impact of the mirroring system on facial improvements, we elected not to process the associated data because of the small patient sample size, variability in treatment length (2 to 4 weeks, dependent on the progress of BP), and relative variability of severity at onset (grades 4 to 6, FNGS 2.0). Furthermore, it would have been interesting to control the order effect in the clinicians as well. Lastly, age of the participants varies much and could have potentially induced a bias given an eventual difference in interests or easiness in technology usage among participants.

Conclusion

This study suggests that the user experience of the specialized MEPP-website used to perform facial rehabilitation is better than is that of a hobby-designed website (here, WCT). The advantages of the MEPP-website reside in its many specific functionalities, which assist both clinicians and participants in the rehabilitation process, probably with a lesser cognitive load dedicated to the management of the therapy. Concretely, as the instructions, pace, and randomization of facial exercises are provided by the website, patients can focus on facial motor learning and better achieving their goals of working on their facial functions. Clinicians can follow their patients' progress, evaluate patient compliance, and adapt each therapy based on a personalized profile they create for therapeutic goals.

Conflict of interest statement: There are no conflicts of interest.

Funding: This study was supported by a REPAR-OOAQ grant and a grant by La Division ORL to S.M., A.R., and K.M. S.M. holds a doctoral training scholarship and K.M. holds a research scholar (Junior 1) both from the “Fonds de Recherche du Québec – Santé”.

Data availability statement: The authors confirm that the data supporting the findings of this study are available within the article and its supplementary materials.

References

- Alakram, P. et Puckree, T. (2011). Effects of electrical stimulation in early Bells palsy on facial disability index scores. *Journal of Physiotherapy*, 67(2), 6. doi: 10.4102/sajp.v67i2.44
- Altschuler, E. L., Wisdom, S. B., Stone, L., Foster, C., Galasko, D., Llewellyn, D. M. et Ramachandran, V. S. (1999). Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*, 353(9169), 2035-2036. doi: 10.1016/s0140-6736(99)00920-4
- Azuma, T., Nakamura, K., Takahashi, M., Ohyama, S., Toda, N., Iwasaki, H., . . . Takeda, N. (2012). Mirror biofeedback rehabilitation after administration of single-dose botulinum toxin for treatment of facial synkinesis. *Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 146(1), 40-45. doi: 10.1177/0194599811424125
- Barth, J. M., Stezar, G. L., Acierno, G. C., Kim, T. J. et Reilly, M. J. (2020). Mirror Book Therapy for the treatment of Idiopathic Facial Palsy. *Ear, Nose, and Throat Journal*, 145561320913211. doi: 10.1177/0145561320913211
- Beurskens, C. H. et Heymans, P. G. (2006). Mime therapy improves facial symmetry in people with long-term facial nerve paresis: A randomised controlled trial. *Australian Journal of Physiotherapy*, 52(3), 177-183.
- Blanchin, T., Martin, F. et Labbe, D. (2013). [Lengthening temporalis myoplasty: A new approach to facial rehabilitation with the "mirror-effect" method]. *Annales de Chirurgie Plastique et Esthétique*, 58, 632-637. doi: 10.1016/j.anplas.2013.03.001
- Cardoso, J. R., Teixeira, E. C., Moreira, M. D., Fávero, F. M., Fontes, S. V. et Bulle de Oliveira, A. S. (2008). Effects of exercises on Bell's palsy: systematic review of randomized controlled trials. *Otology & Neurotology*, 29(4), 557-560. doi: 10.1097/MAO.0b013e31816c7bf1
- Coulson, S. E. et Croxon, G. R. (1994). Facial Nerve Rehabilitation- the Role of Physiotherapy. *Australian Journal of Otolaryngology*, 1, 418-421.
- de Almeida, J. R., Guyatt, G. H., Sud, S., Dorion, J., Hill, M. D., Kolber, M. R., . . . Chen, J. M. (2014). Management of Bell palsy: clinical practice guideline. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, 186, 917-922. doi: 10.1503/cmaj.131801

- Diels, J. et Beurskens, C. H. (2014). Neuromuscular Retraining: Nonsurgical therapy for facial palsy. Dans W. H. Slattery & B. Azizzadeh (dir.), *The Facial Nerve* (p. 205-212). New York, NY: Thieme Medical.
- Diels, J. et Combs, D. (1997). Neuromuscular retraining for facial paralysis. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 30, 727-743.
- Ding, L., Li, L., Xu, Z., Tian, J., Chen, S., Wang, H., . . . Jia, J. (2020). Computer vision technology-based face mirroring system providing mirror therapy for Bell's palsy patients. *Disability and Rehabilitation*, 42(6), 833-840. doi: 10.1080/09638288.2018.1510551
- Ferreira, M., Marques, E. E., Duarte, J. A. et Santos, P. C. (2015). Physical therapy with drug treatment in Bell palsy: a focused review. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94, 331-340. doi: 10.1097/phm.0000000000000255
- Gilden, D. H. (2004). Clinical practice. Bell's Palsy. *New England Journal of Medicine*, 351(13), 1323-1331. doi: 10.1056/NEJMcp041120
- Jack, K., McLean, S. M., Moffett, J. K. et Gardiner, E. (2010). Barriers to treatment adherence in physiotherapy outpatient clinics: a systematic review. *Manual Therapy*, 15(3), 220-228. doi: 10.1016/j.math.2009.12.004
- Kurosu, M. et Kashimura, K. (1995). *Apparent usability vs. inherent usability: experimental analysis on the determinants of the apparent usability*. Communication présentée Conference Companion on Human Factors in Computing Systems, Denver, Colorado, USA. doi: 10.1145/223355.223680 Repéré à <https://doi.org/10.1145/223355.223680>
- Lallemant, C. et Koenig, V. (2017). La Testing Beyond Usability: Challenges and Recommendations for Assessing User Experiences. *Journal of Usability Studies*, 12(3), 133-154.
- Maas, E., Robin, D. A., Austermann Hula, S. N., Freedman, S. E., Wulf, G., Ballard, K. J. et Schmidt, R. A. (2008). Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 17, 277-298. doi: 10.1044/1058-0360(2008/025)
- Martineau, Martel-Sauvageau, V., Piette, E., Chouinard, A.-M., Rahal, A. et Marcotte, K. (2020). A Pilot Study on the Mirror Effect PLUS Protocol: A Standardized and Adapted Facial

- Rehabilitation for Acute Bell's Palsy. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 44(2), 57-72.
- Martineau, Rahal, A., Piette, É., Chouinard, A.-M. et Marcotte, K. (2020). The Mirror Effect Plus Protocol for acute Bell's palsy: a randomised and longitudinal study on facial rehabilitation. *Acta Oto-Laryngologica*, 1-6. doi: 10.1080/00016489.2020.1842905
- Martineau, S., Rahal, A., Dufour-Fournier, C. et Marcotte, K. (2018). Rééducation orthophonique post myoplastie d'allongement du temporal (MAT) : Une étude de trois patients. *Revue Canadienne d'Orthophonie et d'Audiologie*, 42, 117-126.
- Minge, M., Thuring, M. et Wagner, I. (2016). *Developing and Validating an English Version of the meCUE Questionnaire for Measuring User Experience*. Communication présentée Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. doi: 10.1177/1541931213601468 Repéré à https://www.researchgate.net/publication/307945825_Developing_and_Validating_an_English_Version_of_the_meCUE_Questionnaire_for_Measuring_User_Experience
- Minge, M., Thuring, M., Wagner, I. et Kuhr, C. V. (2016). *The meCUE Questionnaire: A Modular Tool for Measuring User Experience*. Communication présentée Applied Human Factors and Ergonomics Society (AHFE), Orlando. doi: 10.1007/978-3-319-41685-4_11 Repéré à https://www.researchgate.net/publication/305877075_The_meCUE_Questionnaire_A_Modular_Tool_for_Measuring_User_Experience
- Nicastri, M., Mancini, P., De Seta, D., Bertoli, G., Prosperini, L., Toni, D., . . . Filippo, R. (2013). Efficacy of early physical therapy in severe Bell's palsy: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27, 542-551. doi: 10.1177/1545968313481280
- Oviatt, S. (2006). *Human-centered design meets cognitive load theory: designing interfaces that help people think*. Communication présentée Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimedia, Santa Barbara, CA, USA. doi: 10.1145/1180639.1180831 Repéré à <https://doi.org/10.1145/1180639.1180831>
- Paolucci, T., Cardarola, A., Colonnelli, P., Ferracuti, G., Gonnella, R., Murgia, M., . . . Mangone, M. (2020). Give me a kiss! An integrative rehabilitative training program with motor imagery

- and mirror therapy for recovery of facial palsy. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 56(1), 58-67. doi: 10.23736/s1973-9087.19.05757-5
- Prud'hon, S. et Kubis, N. (2018). [Bell's palsy] La paralysie faciale périphérique a frigore. *Revue de Médecine Interne*, 40, 28-37. doi: 10.1016/j.revmed.2018.03.011
- Ramachandran, V. S. et Altschuler, E. L. (2009). The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*, 132, 1693-1710. doi: 10.1093/brain/awp135
- Ramachandran, V. S., Rogers-Ramachandran, D. et Cobb, S. (1995). Touching the phantom limb. *Nature*, 377(6549), 489-490. doi: 10.1038/377489a0
- Schmutz, P., Heinz, S., Métrailler, Y. et Opwis, K. (2009). Cognitive Load in eCommerce Applications—Measurement and Effects on User Satisfaction. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2009, 121494. doi: 10.1155/2009/121494
- Shumway-Cook, A. et Woolacott, M. H. (2017). *Motor Control: Translating research into clinical practice*. (5^e éd.). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.
- Szczepura, A., Holliday, N., Neville, C., Johnson, K., Khan, A. J. K., Oxford, S. W. et Nduka, C. (2020). Raising the Digital Profile of Facial Palsy: National Surveys of Patients' and Clinicians' Experiences of Changing UK Treatment Pathways and Views on the Future Role of Digital Technology. *Journal of Medical Internet Research*, 22(10), e20406. doi: 10.2196/20406
- Thüring, M. et Mahlke, S. (2007). Usability, aesthetics and emotions in human technology interaction. *Journal of International Journal of Psychology*, 42, 253-264. doi: 10.1080/00207590701396674
- Tsakonas, G. et Papatheodorou, C. (2008). Exploring usefulness and usability in the evaluation of open access digital libraries. *Information Processing & Management*, 44(3), 1234-1250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2007.07.008>

SUPPLEMENTARY MATERIAL 5

Tableau 16 – Appreciation of the WCT and MEPP-website by the patients and clinicians for each analyzed category of the MeCUE questionnaire.

Appreciation of the WCT and MEPP (n=15)

First website used	Patients	WCT					MEPPws				
		Average Usefulness	Average Usability	Average loyalty	Average Intention	Overall	Average Usefulness	Average Usability	Average loyalty	Average Intention	Overall 2
MEPP	P6	6	7	2.67	3.23	2	6.67	7	5.33	4.67	4
MEPP	P7	6	6.67	3.67	3.33	4	6	6	4.67	3.67	5
MEPP	P8	7	7	5	6	4	7	7	4.33	4	4
MEPP	P9	5.67	7	3	4.67	0	7	7	5.67	6.67	5
MEPP	P10	3	4	1.33	1	-3	7	7	5	6	4
MEPP	P11	6.67	6	2.67	3.67	3	6.33	6	4	5.67	4
WCT	P2	4.67	5.33	3.67	3.33	1.5	6.67	7	7	6.67	5
WCT	P3	6	6	3.33	3	5	7	7	7	6.67	5
WCT	P4	5.33	5	4.33	2.67	3	7	5.67	4.33	4	4.5
WCT	P5	5.33	4.67	5	3.33	3	7	7	4	3.67	4
Clinicians											
	C1	5	7	1.33	3	2	6	7	5.67	5.33	4
	C2	4	6.33	3	3.67	2	6.33	5.33	6.67	6	4
	C3	4.33	5.33	3	4.33	2	6.67	6.33	6	6	3.8
	C4	4.33	5.33	2	4.33	2	6.33	3.67	5.33	5.33	4.5
	C5	3	5.67	3	3	-1	5.67	3.67	3.33	4.67	2.5

Legend: WCT: Webcamtoy©; MEPPws: MEPP-website; Usefulness, usability, product loyalty and intention to use subscales are score on a scale of 1 to 7; 1= strongly disagree with the statement, 7= strongly agree with the statement. Overall evaluation scale goes from -5 to 5; -5= bad experience using the website, 5= good global attractiveness to the website.

Tableau 17 – Median and interquartile range for inter-subject comparisons of a potential order effect

Order effect comparisons depending on webtool	Mdn (IQR) Usefulness	Mdn (IQR) Usability	Mdn (IQR) Loyalty	Mdn (IQR) Intention to use	Mdn (IQR) Overall
Patients					
MEPP first	6.835 (0.585)	7 (0.75)	4.835 (0.8325)	5.17 (1.75)	4 (0.75)
MEPP second	7 (0.0825)	7 (0.3325)	5.665 (2.7525)	5.335 (2.7525)	4.75 (0.625)
WCT first	5.33 (0.3325)	5.165 (0.58)	4 (0.9125)	3.5 (1.165)	3 (0.875)
WCT second	6 (0.75)	6.835 (0.8325)	2.835 (0.8325)	3.165 (0.4125)	2.5 (3.25)
Clinicians					
MEPP	6.33 (0.33)	5.33 (2.66)	5.67 (0.67)	5.33 (0.67)	4 (0.2)
WCT	4.33 (0.33)	5.67 (1)	3 (1)	3.67 (1.33)	2 (0)

Legend: WCT: Webcamtoy©; MEPPws: MEPP-website; Mdn (IQR): median (interquartile range)

SUPPLEMENTARY MATERIAL 6

Tableau 18 – Number of completed sessions with MEPP-website during the first 14 days of therapy with Mann-Whitney

Patients	Severity of BP at onset (FNGS 2.0)	Mepp-website first	Number of completed sessions with MEPP-website during the first 14 days														Total of completed sessions (on a recommended total of 28)	Mdn (IQR)
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14		
P2	4	N	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	7	6.5 (2.75)
P3	6	N	2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	10	
P4	5	N	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	6	
P5	4	N	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	26 (17.25)
P6	5	Y	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26	
P7	5	Y	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26	
P8	4	Y	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
P9	5	Y	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
P10	5	Y	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	28	
P11	5	Y	1	2	2	1	2	3	3	3	3	2	2	1	2	2	29	

Legend: Mann-Whitney results= U; alpha = 0,05; N= No; Y = Yes; Mdn (IQR): median (interquartile range)

SUPPLEMENTARY MATERIAL 7

Tableau 19 – Clinicians’ feedback on the MEPP and WCT website to the following questions:

“What did you prefer while using (MEPP/WCT)-website? What could have been better in (MEPP/WCT)-website?”

Website	Clinician	Observation	Summarized information
MEPPws	C1	Easy to use and the instructions are easy to understand by the patient.	Clear instructions
	C1	It could be nice for the clinician to select also an auditive output for instructions.	Need auditive output
	C1	It is hard for patients to maintain their heads stable at the central axis while doing the exercises.	Central axis is problematic
	C2	The fact that you can follow your patient’s compliance to the therapy is helpful to initiate dialog about how well-suited the therapy is for him.	Feature for compliance is good
	C2	It could be great if the patient could receive some information about his therapy by email (e.g., date to start, password, etc.)	Emailed info should be added
	C3	The instructions are written with a good font and are not too complex.	Clear instructions
	C3	It is hard for patients to maintain their heads stable at the central axis while doing the exercises.	Central axis is problematic
	C3	However, instructions could be shorter and centered on the page for clients who suffer from hemineglect.	Instructions non-optimal
	C4	It is really simple to choose exercises and to create a therapy profile. It is easy to add new exercises.	Easy to use
	C4	It could be great to have an overview of patient’s session without having to leave the therapist interface (for authentication).	User-friendliness to be improved
	C4	It is hard for patients to maintain their heads stable at the central axis while doing the exercises.	Central axis is problematic
	C5	The instructions written in white color were easy to read.	Clear instructions
	C5	The navigation is not intuitive. However, the MEPP-website seems useful to me and more complete than the WCT.	User-friendliness to be improved
WCT	C1	It can be use on mobile devices, which is a great advantage for accessibility.	Good accessibility
	C1	It is hard for patients to maintain their heads stable at the central axis while doing the exercises.	Central axis is problematic
	C1	Patients are more likely to forget some instructions, above all if they don’t bring their complementary sheet along.	Instructions non-optimal
	C2	The WCT website is easy to use	Easy to use
	C2	The WCT website isn’t precise enough to allow a good therapeutic monitoring.	Unsuited for therapeutic goals
	C3	The WCT website is easy to use	Easy to use
	C3	WCT website can be confusing for patients with cognitive impairment, given the multiple options of face filters.	Unsuited for therapeutic goals
	C4/C4	It achieves the basic goal of reduplicating the face, nothing more	Unsuited for therapeutic goals
	C4	It is not easy to modify the therapy or add new exercises compare with the MEPP.	User-friendliness to be improved
	C5	It is hard for patients to maintain their heads stable at the central axis while doing the exercises.	Central axis is problematic

Legend : WCT: Webcamtoy©; MEPPws: MEPP-website; Dark shaded cells = clinicians’ suggestions of improvements, Pale shaded cells = features appreciated by clinician

5. DISCUSSION GÉNÉRALE

5.1 Rappel des objectifs et synthèse des résultats principaux

Cette thèse visait d'abord à étudier les effets longitudinaux à moyen et long terme de la rééducation faciale MEPP sur la paralysie de Bell aigüe, modérée-à-sévère à totale. Spécifiquement, nous avons cherché à savoir si le MEPP, débuté dès les premiers jours suivant l'apparition de la PB, permettrait d'améliorer la récupération faciale et de réduire les séquelles potentielles de la PB à long terme, soit plus précisément jusqu'à un an suivant l'apparition des symptômes. De plus, cette thèse avait pour second objectif de valider les effets d'un outil web spécialisé pour la rééducation MEPP sur 1) l'expérience utilisateur et, 2) l'adhérence au traitement de participants, soit cliniciens ou patients.

Concernant les apports scientifiques de cette thèse, rappelons que peu d'études se sont globalement attardées à la rééducation en *phase aigüe* de paralysie de Bell. Selon le guide de pratique clinique de l'Association Médicale Canadienne de De Almeida et al. (2014b), les données actuelles ne permettent pas de faire de recommandation sur l'efficacité de la rééducation en phase aigüe (*'We make no recommendation regarding the use of exercise physiotherapy for acute Bell palsy of any severity. No recommendation: very low confidence in effect estimate.'*). Cette réalité a des conséquences réelles sur l'hétérogénéité des suivis offerts aux patients qui consultent lors de l'apparition de leurs symptômes. Conséquemment, cette thèse contribue à l'avancement des connaissances scientifiques dans le contexte peu étudié de la rééducation faciale de la phase aigüe de paralysie de Bell. De ce fait, cette thèse apporte aussi une contribution clinique concrète, puisqu'elle permet aux cliniciens de baser leur choix d'offrir une rééducation faciale en phase aigüe sur des données probantes. Les résultats de nos travaux suggèrent qu'il serait potentiellement judicieux de ne pas attendre plusieurs semaines ou plusieurs mois avant de référer ces patients pour une rééducation faciale, tel qu'il est fréquemment fait actuellement. De plus, cette thèse informe sur le fait que la rééducation MEPP débutée tôt n'induit pas de syncinésies au long terme : au contraire, le MEPP prodigué dans les 2

semaines suivant l'apparition des symptômes semble prévenir l'installation des syncinésies un an après la PB.

Cette idée nous amène à mentionner une autre des forces majeures de la présente thèse, qui consiste à avoir documenté les effets longitudinaux du MEPP pendant un an, et ce, sur 40 participants. En effet, à notre connaissance, aucune autre étude portant sur la rééducation en phase aigüe de paralysie de Bell n'a suivi les patients sur une aussi longue période. Tel que rapporté dans une récente revue de littérature sur le sujet (Ferreira et al., 2015), un des meilleurs essais contrôlés et randomisés portant sur l'efficacité de la rééducation faciale en phase aigüe est l'étude de Nicastri et al. (2013). Dans cette étude, une rééducation faciale a été administrée à 39 patients avec PB, 10 jours après l'apparition des symptômes, et ce, pendant 6 mois. Le suivi sur 12 mois de 40 patients, réalisé dans le cadre de notre étude, est donc une contribution scientifique importante.

De plus, la thèse actuelle présente une évaluation multidimensionnelle des impacts du MEPP, ce qui a été globalement peu réalisé jusqu'à présent. En effet, l'efficacité du MEPP a été d'abord mesurée selon la perspective du clinicien, sur le plan de la symétrie faciale et de l'apparition des syncinésies comme ce qui se fait traditionnellement. Nous avons toutefois jugé important d'ajouter des mesures tenant compte de la perspective du patient, au niveau de la qualité de vie et des impacts fonctionnels de leur paralysie faciale, mais aussi une mesure d'intelligibilité de la parole par des juges naïfs.

Finalement, les travaux de la présente thèse ont mené au développement d'un outil web de rééducation nommé *MEPP-website*. Dans un processus de pratique collaborative, l'expérience utilisateur chez des patients et des cliniciens a été mesurée, de même que l'adhérence à la rééducation MEPP auprès des patients. Dans la littérature sur la rééducation faciale, les mesures objectives (et non auto-rapportées) d'adhérence au traitement sont rares. Cet outil a donc un haut potentiel d'amélioration des pratiques cliniques en rééducation faciale. D'abord, il a été conçu par une équipe interdisciplinaire constituée d'experts cliniciens et chercheurs, sur la base de leur expertise clinique de plus de 10 ans avec ces patients. Mais surtout, des patients atteints de PB et des cliniciens partenaires ont été inclus dans son développement, afin d'incorporer leurs

idées et leurs besoins, et de favoriser l'appropriation de l'outil par les milieux cliniques. De plus, cet outil permettra de documenter objectivement dès le premier jour l'adhérence au traitement, ce qui constitue une importante information pour les cliniciens, puisqu'elle pourrait permettre au clinicien de rappeler au patient l'importance d'effectuer les exercices. Dans les sections à venir, nous reviendrons sur les résultats principaux de cette thèse.

5.1.1 Premier article

Dans la première étude, les résultats préliminaires sur les effets à moyen terme (6 mois *post-onset*) du MEPP sur 20 patients (n=10 dans chaque groupe) n'ont pas permis de démontrer un effet significatif sur l'évolution du groupe expérimental, tel que mesuré par la symétrie faciale et les syncinésies. Cependant, les statistiques descriptives démontrent qu'une amélioration plus rapide a été observée sur les résultats des deux échelles, avec toutes les variables étudiées (scores globaux FNGS 2.0 et SB, grade FNGS 2.0, sous score du mouvement volontaire SB), à l'exception des syncinésies, pour lesquelles aucune différence n'était perçue. Rappelons que puisque les syncinésies sont une séquelle de la PB, l'effet recherché de la rééducation sur ces dernières est de les prévenir ou de les réduire. Une absence de différence entre les groupes à ce stade préliminaire pouvait donc être interprétée à la fois comme un signe potentiel d'absence d'effet préventif sur cette variable, mais aussi comme le signe rassurant que la rééducation précoce avec le MEPP n'engendrait pas une augmentation des syncinésies. Cette dernière interprétation est importante, puisque certains auteurs ne recommandent pas de rééducation précoce par crainte de précipiter le développement des syncinésies (de Almeida et al., 2014a; Diels et Beurskens, 2014). Finalement, à l'aide d'un test de sensibilité qui consistait à appliquer une stratégie de stratification employée précédemment dans la littérature (Nicastri et al., 2013), et qui visait concrètement à valider l'effet du traitement sur les patients dont la paralysie était la plus sévère (PB sévère et totale), la tendance vers une évolution plus favorable du groupe MEPP augmentait pour toutes les variables. Cependant, l'apparition des syncinésies chez ces patients plus sévères et plus à risques de développer des syncinésies demeurait comparable au groupe contrôle.

5.1.2 Deuxième article

Dans la deuxième étude, les résultats sur les effets à long terme du MEPP sur 40 patients (n=20 dans chaque groupe) ont permis de démontrer un effet significatif positif sur l'évolution du groupe expérimental pour la majorité des variables étudiées. En effet, la symétrie faciale globale de l'échelle FNGS 2.0 (score global et grade FNGS 2.0), les sous-scores des syncinésies sur FNGS 2.0 et sur SB, les mesures du questionnaire FaCE-F portant sur la qualité de vie et les impacts fonctionnels perçus par les patients, ont démontré une différence significative entre les groupes, à la faveur du groupe expérimental. Bien que s'approchant souvent du niveau de significativité, aucun effet significatif n'a été décelé pour le score global de symétrie de l'échelle SB. L'absence de significativité à l'échelle SB semble s'expliquer par un manque de puissance statistique, dans un contexte où l'effet de traitement est relativement petit et qu'une grande variabilité interindividuelle a été observée chez les patients. Le test de sensibilité appliqué lors de l'étude des effets à moyen terme n'a pas été réappliqué dans cette étude puisque l'inspection visuelle des données descriptives ne semblait pas révéler d'effets notablement plus grands sur les paralysies les plus sévères (soit les grades 5 et 6 sur l'échelle FNGS 2.0). Tel qu'attendu, aucune différence significative n'a été dénotée concernant l'intelligibilité perçue des patients du groupe MEPP par rapport aux patients du groupe contrôle. L'intelligibilité était évaluée comme étant élevée dès la ligne de base (au moment où les patients sont pourtant très symptomatiques de leur paralysie), ce qui renforce l'idée que, bien que la production de sons spécifiques puisse être atteinte chez les patients avec PB sévère et aigüe, ces atteintes n'affectent pas nécessairement l'intelligibilité globale des patients (Moverare et al., 2017).

5.1.3 Troisième article

Le deuxième volet de cette thèse a émergé dans le but de répondre aux besoins des patients, qui rapportaient des difficultés à réaliser la thérapie avec le site web générique utilisé au début du projet, soit *Webcamtoy*®. Rappelons que cette troisième étude visait à documenter les différences sur l'expérience utilisateur de patients et de cliniciens réalisant la rééducation faciale MEPP, alors qu'ils utilisaient successivement *Webcamtoy*® et le *MEPP-website* dans un devis intra-sujet, et croisé pour les patients. De plus, une description de l'adhérence à la rééducation MEPP été réalisée à partir de données objectives récoltées via une fonctionnalité du *MEPP-*

website, ce qui a peu été documenté jusqu'à présent, tous types de rééducation confondue. Il a été démontré que les patients et les cliniciens préféraient le *MEPP-website* au site générique *Webcamtoy®*, et que leur expérience utilisateur s'en trouvait améliorée. Pour les patients, l'expérience utilisateur était meilleure avec le *MEPP-website* peu importe si ce dernier avait été utilisé en premier ou en deuxième. De plus, l'inspection des données d'adhérence du *MEPP-website* a démontré qu'une minorité de patients avait suivi les recommandations concernant le dosage du MEPP (deux fois par jour). Les données descriptives ont démontré que quatre des six patients ayant utilisé le *MEPP-website* en premier étaient conformes (deux patients) ou très près d'être conformes (deux patients) au dosage recommandé, alors que l'ensemble des patients ayant utilisé le *MEPP-website* après le site générique *Webcamtoy®* (quatre patients) ne s'y étaient pas conformés. Ces résultats suggèrent donc que l'adhérence au traitement semble négativement affectée par le fait d'utiliser l'outil *MEPP-website* en deuxième. Globalement, 40% des patients présentaient une adhérence élevée. Cette troisième étude a permis de démontrer la valeur ajoutée d'un site web spécifique au MEPP pour réaliser la rééducation faciale. Ce volet de la thèse permet d'offrir aux patients et aux cliniciens un outil de rééducation faciale apprécié et concret, permettant de réaliser le MEPP, et ce, gratuitement. Finalement, cette étude offre une occasion de réfléchir aux raisons pouvant affecter l'adhérence des patients au traitement et incite à poursuivre la recherche en documentant objectivement le phénomène.

5.2 Liens entre la littérature et les résultats actuels

Dans les prochaines sections, nous reviendrons sur certains résultats des études de la thèse qui ont été moins discutés, tout en exposant leurs liens avec des concepts ou données de la littérature sur la rééducation faciale. D'abord, nous rappellerons succinctement comment le MEPP a été développé. Puis, nous aborderons deux des composantes principales du MEPP soit : les manipulations faciales, et la rétroaction visuelle modifiée, appelée effet miroir. Ensuite, nous aborderons les changements de la qualité de vie des patients, les changements potentiels dans le mécanisme d'action du MEPP sur les syncinésies, ainsi que divers enjeux en lien avec le dosage et la structuration du MEPP, pour enchaîner avec l'adhérence au traitement. Finalement, nous aborderons les liens entre l'utilisabilité, l'expérience utilisateur et la perception des usagers, qui sont des concepts importants pour la troisième étude.

5.2.1 Rappel sur le développement du MEPP

Le MEPP a été développé dans un contexte où très peu de données portant sur la rééducation des paralysies faciales périphériques et aiguës ne sont disponibles. Cependant, la réalité clinique et les données présentées en introduction de cette thèse tendent à démontrer que la paralysie faciale a des impacts délétères rapides sur la santé psychologique et mentale des patients (Arslan et al., 2018; Yoo et al., 2009), sur l'anatomie (Prud'hon et Kubis, 2018), sur la fonction faciale (VanSwearingen et al., 1998) et même sur l'organisation corticale (Klingner et al., 2014), ce qui suggère qu'une intervention rapide est souhaitable (Barbara et al., 2010; Monini et al., 2016). Ainsi, en se basant sur des principes d'interventions de différentes rééducations faciales en phase chronique (NMR, *Mime Therapy* et Effet Miroir), sur les particularités des muscles faciaux en phase aiguë, sur l'imagerie motrice ainsi que sur certains principes apprentissages moteurs, nous avons développé le MEPP. Parmi les rééducations sur lesquelles se base le MEPP, nommons la NMR, la *Mime Therapy* et l'Effet Miroir. Brièvement, rappelons que la NMR est basée sur le traitement de troubles moteurs via des processus cognitifs conscients, alors que la *Mime therapy* permet d'ajouter l'apport des émotions pour la naturalité des mouvements faciaux en rééducation. De plus, ces deux approches intègrent des manipulations faciales visant à améliorer la proprioception du visage et à améliorer la fonction via une mobilisation des tissus (Diels et Beurskens, 2014). L'Effet Miroir, pour sa part, est à la fois utilisé comme outil de rééducation faciale (Blanchin et al., 2013), mais aussi comme outil d'apprentissage moteur offrant une rétroaction visuelle modifiée. Cet outil semble donc permettre à la fois de corriger les discordances sensori-motrices étudiées dans le cadre de la PB (Song et al., 2017), tout en offrant au patient plusieurs occasions d'enregistrer visuellement un patron moteur sain, au rendu agréable.

5.2.2 Manipulations faciales

Le MEPP est donc une thérapie multimodale, qui est née de l'intégration de diverses approches en rééducation faciale, incluant un volet de manipulations faciales. Très peu d'études abordent spécifiquement les effets des manipulations faciales, ou de la thérapie manuelle, sur les nerfs crâniens (Ateras et von Piekartz, 2018; Ziegler et Vogel, 2010). Cependant, les manipulations faciales font toujours partie des composantes des rééducations faciales ayant démontré leur

efficacité (Beurskens et al., 2004b; Beurskens et Heymans, 2006; Nicastrì et al., 2013; Paolucci et al., 2020). Cliniquement, les manipulations faciales sont également toujours recommandées, pour différentes raisons, dont leur effet sur la mobilisation des tissus mous, qui permettrait de stimuler indirectement la récupération nerveuse, de préserver le tonus et le tropisme musculaire, et d'améliorer la proprioception du visage (Angelov et al., 2007; Infante-Cossio et al., 2016). Conséquemment, lors du développement du MEPP, il a semblé nécessaire d'inclure des manipulations faciales dans le protocole en regard des trois sphères des données probantes d'une part (expertise des cliniciens et bien-être rapporté par les patients), mais aussi en regard de la littérature sur les mécanismes qui sous-tendent ce volet. Dans cette thèse, le design choisi pour étudier les effets du MEPP ne permet pas d'isoler l'apport de l'effet miroir d'une part, de ceux des autres paramètres du MEPP, tels que les manipulations faciales. Cependant, dans la section suivante, nous aborderons la littérature spécifique aux manipulations faciales du MEPP, et exposeront ainsi comment ce paramètre contribue potentiellement aux effets globaux observés dans nos études.

Changements induits par la thérapie manuelle

La thérapie manuelle en orthophonie vise généralement à supprimer les restrictions de mobilité de différents systèmes (ex. laryngé, facial, lingual, etc.), ce qui permettrait de favoriser la restauration d'une physiologie saine pour les différentes fonctions associées à ces systèmes (Kennard et al., 2015). Plusieurs théories sont avancées pour tenter d'expliquer les mécanismes à l'œuvre dans le cadre des thérapies manuelles : les effets mécaniques, la neurodynamie et l'amélioration de la proprioception. Premièrement, la thérapie manuelle permettrait de mobiliser les tissus et induirait par le fait même des *effets mécaniques*, agissant soit par relâchement et assouplissement des tissus mous – tel que les fascias ou les muscles (Braga, 2016; Kennard et al., 2015), soit par neurodynamie. La neurodynamie est le principe selon lequel les nerfs sont faits pour bouger, se comprimer et glisser dans les structures (Von Piekartz, 2011). Dans un contexte pathologique de diminution de mobilité, la mobilisation des structures entraîne aussi une mobilisation des nerfs crâniens. Ainsi, une relation biomécanique réciproque s'installerait, avec un effet positif et normalisant sur la fonction nerveuse et les structures (Ateras et von Piekartz, 2018). Les patients souffrant de troubles neuromoteurs ayant une incidence sur le tonus et la

mobilité gagneraient donc à recevoir un traitement basé sur le relâchement mécanique des tissus, tel que démontré par une série de récentes études (Braga, 2016; Calixtre et al., 2015; Heredia-Rizo et al., 2013; Krisciunas et al., 2016; Krisciunas et al., 2019).

Une autre théorie pour justifier l'utilisation des manipulations faciales concerne la proprioception et les mécanorécepteurs de la peau (Heredia-Rizo et al., 2013; Mancini et al., 2015; Weppler et Magnusson, 2010). En effet, la thérapie manuelle pourrait influencer la proprioception du patient à travers la mobilisation des structures périphériques, ce qui favoriserait ensuite une réorganisation centrale (Weppler et Magnusson, 2010). À titre d'exemple, Mancini et al. (2015) ont envoyé des signaux nociceptifs à la main et ont enregistré les réponses corticales et sous-corticales à ces signaux, dont le *laser blink reflex*, qui est une réponse générée dans le tronc cérébral. Ils ont démontré que le toucher de la main pouvait inhiber ces réponses cérébrales. Ces auteurs affirment donc que le toucher pourrait agir de manière *bottom-up* sur des signaux nociceptifs, expliquant ainsi les effets bénéfiques de la thérapie manuelle. Cependant, d'autres facteurs, tels que l'influence de la relation d'aide sur le psyché, l'accompagnement, ou les sensations de bien-être du patient, pourraient aussi être en œuvre et influencer la modulation de ces signaux lors de ce type de thérapie (Mancini et al., 2015).

Quoi qu'il en soit, ces théories supportent l'idée que la mobilisation induite par les manipulations faciales offertes au sein du MEPP agit probablement sur le tonus, la tension et/ou les douleurs faciales, et contribue ainsi à l'effet bénéfique de ce dernier. Dans le futur, il serait intéressant de distinguer les effets de la thérapie manuelle des autres composantes du MEPP, afin de valider si cet effet est secondaire à l'apport combiné des différentes composantes, ou s'il relève plutôt de chacune des composantes individuelles.

5.2.3 Rétroaction visuelle modifiée : mécanismes de l'effet miroir

Mécanisme d'attribution des erreurs motrices

Dans la littérature sur les changements moteurs induits par la rééducation (Agostino et al., 1996; Kitago et Krakauer, 2013; Krakauer et al., 2012; Krakauer et Mazzoni, 2011; Shadmehr et Krakauer, 2008; Wolpert et al., 2011), une distinction entre adaptation motrice et apprentissage

moteur est généralement faite. Dans l'adaptation motrice, le système réagit à une nouvelle relation entre un mouvement connu et un nouveau but spatial ou temporel (Kitago et Krakauer, 2013). Il s'agit d'un processus implicite et à court terme de réduction d'erreurs, qui se produit relativement rapidement, et dont les changements seront transitoires (Krakauer et Mazzoni, 2011). L'apprentissage moteur, pour sa part, provoque un changement plus permanent, et permet donc d'automatiser la nouvelle fonction. Contrairement à l'adaptation motrice, l'automatisation d'un mouvement et son apprentissage se produit uniquement via une pratique rigoureuse et nécessitant de nombreuses occasions de pratique (Kitago et Krakauer, 2013). Cependant, pour devenir permanent, cet apprentissage dépend également probablement d'autres facteurs, dont l'attribution de la source de l'erreur par le système moteur (Kitago et Krakauer, 2013). Si le système pense que l'erreur vient de lui, il adaptera sa réponse en tout temps, ce qui permettra une généralisation et une automatisation plus rapide. Pour reprendre l'exemple de Berniker et Kording (2008), si je lance une roche vers une cible, mais que je manque la cible parce que la roche est trop lourde, mon système moteur ne corrigera pas nécessairement ma force lors du prochain lancer avec une roche différente (puisque la roche est différente, et que l'erreur a donc une source extrinsèque). Alors que si le système constate qu'il a manqué la cible parce que le bras n'était pas assez fort, il corrigera la force lors du prochain tir, car le même bras est utilisé dans les deux lancers (attribution de l'erreur à une source intrinsèque). Dans le cas du MEPP pour la rééducation faciale, et contrairement à la NMR, nous émettons l'hypothèse que le fait d'utiliser un biofeedback visuel *modifié* pourrait potentiellement permettre d'éviter que le système moteur facial ne s'attribue trop rapidement l'erreur motrice. Ce faisant, il tentera moins de corriger et de compenser la force faciale déployée pour bouger les muscles atteints. Ainsi, les compensations motrices délétères (hyperactivité musculaire) qui contribueraient à une poly-innervation mésadaptée seraient réduites (Skouras et al., 2011). En phase aigüe des PB sévères, l'absence totale de mouvement facial pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois, provoquera une tendance toute naturelle chez les individus à tenter de suractiver le visage pour lui permettre de bouger. La présente thèse semble corroborer cet effet positif et cumulatif d'une calibration lente et contrôlée, sans effet flagrant à moyen terme (article 1), mais avec des effets plus flagrants sur la symétrie et sur les syncinésies à long terme (article 2). En effet, un an après

l'apparition des symptômes, une harmonisation de la fonction faciale, qui se traduit par une amélioration de la symétrie faciale entre les deux hémifaces à l'échelle FNGS 2.0, et une diminution significative des syncinésies, est constatée. Nous pensons que la conséquence du mécanisme de changement de l'attribution de l'erreur, s'il a lieu, est le résultat spécifique du biofeedback visuel modifié du MEPP. Dans cette même veine, et suite à une étude portant sur des souris, Angelov et al. (2007) mentionnent que l'influence des systèmes sensoriels sur le système moteur facial serait une avenue clinique à privilégier pour l'amélioration de la fonction faciale. Évidemment, pour réellement distinguer les effets propres de l'effet miroir du MEPP de ceux induits par un autre type d'entraînement facial, tel que la NMR, les deux réadaptations faciales devraient être étudiées de façon comparative dans un essai contrôlé et randomisé.

Rétroaction extrinsèque et motivation du patient

Dans un autre ordre d'idée, la rétroaction visuelle est souvent considérée comme une rétroaction de type extrinsèque (Azola et al., 2017; Ribeiro et al., 2018). Azola et al. (2017) ont d'ailleurs démontré, dans une étude récente sur la rééducation de la dysphagie, que la rétroaction extrinsèque (dans ce cas, verbale et donnée par le clinicien) arrivait à supplanter la rétroaction intrinsèque des patients, et ce, même si cette rétroaction extrinsèque était erronée (Azola et al., 2017). Autrement dit, dans une condition où le clinicien se trompait et disait au patient qu'il n'avait pas réussi la manœuvre compensatoire enseignée (alors qu'ils l'avaient réussie), les patients se corrigeaient et en arrivaient à mal appliquer la manœuvre. Dans ce cas-ci, la supplantation de la rétroaction intrinsèque n'était pas souhaitable et a mené à des erreurs. Ces résultats démontrent que la rétroaction extrinsèque peut induire des changements mesurables en réadaptation, même dans le cas où l'information prodiguée n'est pas formellement équivalente avec la rétroaction intrinsèque. Dans le cas du MEPP, la rétroaction visuelle modifiée amène une information qui est discordante avec la rétroaction proprioceptive musculaire intrinsèque qui, rappelons-le, est faible en général, vu l'absence des faisceaux neuromusculaires des muscles faciaux (Diels et Beurskens, 2014). Cependant, l'effet recherché est précisément une rétroaction extrinsèque différente et normalisée, puisque non seulement elle favorisera la réalisation d'un mouvement plus précis et non forcé, mais elle offrira également au patient une image au rendu agréable, dont l'observation est motivante, et dont le résultat correspond à

l'atteinte des buts recherchés, soit la réalisation de mouvements symétriques (Paolucci et al., 2020). Tous ces aspects (mouvement non-forcé, image agréable, enregistrement visuel de mouvements symétriques, atteinte du but recherché) sont à prendre en considération dans l'appréciation du MEPP. Ces effets sont spécifiquement liés à la composante de l'effet miroir : ils ne peuvent se produire avec une rééducation uniquement de type NMR et pointent vers une valeur ajoutée de l'effet miroir comme outil unique de rééducation faciale. En effet, bien que la NMR permette d'améliorer le contrôle musculaire et de réaliser des mouvements de meilleure qualité, ce n'est que par l'entremise de l'effet miroir que le patient peut, en plus, bénéficier d'une rétroaction visuelle normalisée, encourageante et représentative d'une exécution motrice adéquate. Tel que mentionné dans notre troisième article, pour les patients atteints de paralysie faciale, le fait d'être confrontés visuellement à leur paralysie faciale, par l'entremise d'un miroir pendant les exercices faciaux par exemple, peut avoir des effets néfastes sur leur motivation et leur estime d'eux-mêmes (Szczepura et al., 2020). Non seulement ce fait a-t-il été étudié, mais il a été possible de le constater au sein de ces études par des commentaires fréquents des patients à ce propos. Par exemple, ils apprécient travailler avec l'effet miroir, car ils ont l'impression de se retrouver tel qu'ils étaient avant. Ou encore, ils mentionnent que le travail devant l'effet miroir leur donne un aperçu en temps réel et tangible des buts qu'ils aimeraient atteindre. Il serait intéressant de mesurer concrètement cet aspect motivationnel de manière comparative, chez des patients réalisant le MEPP vs la NMR par exemple.

Changements dans la connaissance de la performance et des résultats

Tel que décrit dans notre protocole (Martineau et al., 2020a), le MEPP débute par des séances d'imagerie motrice et de l'enseignement sur l'anatomie et la fonction faciale. Ces aspects de l'intervention sont semblables à ce qui est offert avec la NMR : des occasions multiples de se concentrer sur la réalisation des mouvements faciaux et d'appliquer des processus de contrôle moteurs de type *top-down*. L'imagerie motrice en général, et celle proposée aux patients dans le cadre du MEPP, correspond certainement à des occasions d'apprentissages modulés par une augmentation de la connaissance de la performance (*knowledge of performance* : KP). En effet, cette intervention permet principalement au patient de réaliser un mouvement avec une perspective très « procédurale » en se questionnant sur la nature du mouvement, et en se

référant à l'enseignement sur les groupes musculaires impliqués. Cette première étape du MEPP semble correspondre à une étape de pré-pratique (Blyth et al., 2016; Preston et Leaman, 2014; Preston et al., 2016), et permet ainsi à l'apprenant de bénéficier des effets de la connaissance de performance: « *KP may be more beneficial when the learner does not possess a reliable internal presentation of the movement goal* » (Maas et al., 2008).

Dans le cas du MEPP, et contrairement à la NMR qui n'applique aucun effet miroir, nous émettons l'hypothèse que l'application subséquente de la rétroaction visuelle modifiée permettrait d'améliorer la connaissance des résultats (*knowledge of results* : KR). Tel que décrit par quelques auteurs, une rétroaction visuelle *non-modifiée* permet probablement plutôt d'améliorer la connaissance de la performance (Cleland et al., 2015; Preston et Leaman, 2014). Dans les cas de certains troubles de la parole (l'apraxie verbale par exemple), où l'information motrice n'est pas facilement accessible via le canal visuel parce que les mouvements sont dans la bouche, l'augmentation de KP par rétroaction visuelle semble en effet surtout permettre d'améliorer l'accessibilité à des connaissances sur la nature du mouvement à exécuter (Preston et Leaman, 2014; Preston et al., 2018). Cependant, cela est moins vrai pour la rééducation faciale, puisque tout le monde peut très facilement se regarder dans le miroir en exécutant des mouvements faciaux. Le fait de se voir de façon modifiée diffère donc en termes de rétroaction donnée au patient. En effet, l'effet miroir modifié ne semble pas communiquer de l'information sur la nature du mouvement à réaliser, mais semble plutôt permettre d'offrir de l'information sur le résultat du mouvement. Avec l'effet miroir modifié une activation motrice normale, même de petite amplitude, résulte en une réponse enregistrée visuellement comme ayant eu l'effet escompté (dans ce cas-ci un mouvement symétrique), et ayant transmis l'émotion recherchée (qui est une autre forme de résultat). Ce faisant, le cerveau enregistre que les muscles bougent bien (changement de l'origine d'attribution de l'erreur), la réponse afférente visuelle et émotionnelle enregistrée (*le résultat*) est la bonne, et conséquemment, aucune tentative mésadaptée, activation musculaire diffuse ou forçage musculaire n'est mis en action.

L'effet miroir et la *Constraint Induced Movement Therapy*

À première vue, on pourrait penser que l'effet miroir est une technique qui contredit d'autres formes de rééducations motrices, dont la *Constraint Induced Movement Therapy (CIMT)* (Taub et

Uswatt, 2006). Dans la CIMT, on restreint l'apport en mouvement du côté sain pour éviter que celui-ci ne remplace le côté paralysé dans des mouvements fonctionnel, ce qui permettrait d'éviter une paralysie apprise, appelée en anglais *learned non-use* (Taub et al., 1993). La CIMT s'applique bien pour la rééducation de mouvements fonctionnels asymétriques (tels que prendre un objet, mener une tasse à sa bouche, etc.) et a démontré un apport intéressant pour la rééducation des membres supérieurs, mais moins pour motricité fine (Peurala et al., 2012). Afin de démontrer que ces deux types de thérapie ne sont pas nécessairement en contradiction l'une avec l'autre, mentionnons d'abord que l'effet miroir s'appuie également sur le principe d'éviter une paralysie apprise, mais en utilisant un autre mécanisme que celui en jeu dans la CIMT, soit le feedback visuel modifié comme source d'information primaire (Ramachandran et Altschuler, 2009). De plus, les deux approches sont parfois utilisées en complémentarité, comme dans l'étude de Yoon et al. (2014), où la CIMT combinée à l'effet miroir a provoqué chez les patients des améliorations plus importantes que la CIMT seule. De plus, en regard des particularités des muscles faciaux, l'effet miroir semble plus indiquée que la CIMT, puis ces derniers ne fonctionnent presque jamais de façon asymétrique, et puisque le paramètre de « force » est moins important pour eux que pour les muscles des membres supérieurs. En effet, les muscles faciaux sont très petits, ne servent pas à lever des objets, démontrent une atrophie lente et ne gagnent donc pas nécessairement à être mobilisés de manière préférentielle et spécifique, en inhibant le côté sain.

En somme, la composante effet miroir du MEPP contribue certainement à soutenir la récupération faciale, et plusieurs hypothèses ont été amenées pour en expliquer les mécanismes potentiels. Premièrement, il est possible que l'effet miroir modifie le mécanisme d'attribution des erreurs motrices, en permettant une attribution d'origine extrinsèque, ce qui réduirait l'hyperactivité compensatoire inadaptée. Deuxièmement, l'effet miroir pourrait également favoriser une activité musculaire normalisée par le biais d'une rétroaction extrinsèque visuelle qui transmet un mouvement symétrique normal, et qui améliore la motivation du patient pendant les exercices. Finalement, la réalisation de séances d'imagerie motrice permettrait aux patients de bénéficier de KP, suivi des bénéfices de l'effet miroir qui offrirait KR, ce qui correspond à une séquence favorable aux apprentissages moteurs (Cleland et al., 2019).

5.2.4 MEPP et changements dans la qualité de vie

Nous considérons que l'un des résultats les plus contributifs de cette thèse porte sur l'amélioration significative de la qualité de vie des participants du MEPP, tel que mesuré avec le questionnaire FaCE-F, qui est rapporté dans le deuxième article. En effet, lorsque questionnés en début d'intervention, tous les patients rapportent des difficultés fonctionnelles importantes (Chouinard et al., 2020). Pour adopter une approche basée sur les données probantes, il est essentiel de tenir compte de ces difficultés rapportées par le patient (Gyori et al., 2018). Cela est d'autant plus vrai dans le domaine des interventions en paralysie faciale aiguë, où le degré de difficultés perçues outre-passe parfois sévérité des symptômes physiques, tel que mentionné en introduction de la présente thèse (Kleiss et al., 2015). Dans notre étude, par rapport au groupe contrôle, il a été démontré que les participants du groupe MEPP rapportaient des changements de qualité de vie significatifs en lien avec des difficultés concernant leur paralysie faciale. Les analyses post-hoc démontrent plus spécifiquement que la différence entre les contrôles et les participants du MEPP est non-significative à la ligne de base, mais devient significative à 1-, 2-, 3-, 4-, 5 mois après l'apparition des symptômes (respectivement $F=18.7$; $p=0.001$, $F=11.296$, $p=0.003$; $F=9.336$, $p=0.005$; $F=9.038$, $p=0.006$ and $F=5.649$, $p=0.026$), ainsi qu'à un an après l'apparition des symptômes ($F=10.245$; $p=0.004$). Cependant, après la correction de Greenhouse-Geisser bien que souvent très près de la significativité, l'examen post-hoc de différents sous-scores du FaCE-F (confort facial, fonction orale et mouvements faciaux) n'a pas révélé de différence significative entre les groupes. Ainsi, ces résultats à eux seuls ne permettent pas de faire ressortir un aspect fonctionnel de la vie des patients qui aurait pu être particulièrement influencé par le MEPP (ex. les participants auraient pu trouver que leur confort facial s'est particulièrement amélioré, ce qui aurait pu signifier que les manipulations faciales sont un aspect important du MEPP à cet égard). C'est pourquoi, à ce stade, nous ne pouvons qu'émettre certaines hypothèses sur les mécanismes expliquant potentiellement l'amélioration significative de la qualité de vie avec le MEPP et l'absence de signification entre les groupes pour les sous-scores. Par exemple, tel que mentionné en introduction de cette thèse, les données actuelles concernant l'adéquation entre le degré de sévérité objectif de la PB aiguë et le degré de difficulté fonctionnelle, sociale et psychologique sont contradictoires (de Swart et al., 2003; Kahn et al.,

2001; Kleiss et al., 2015; Volk et al., 2017). De plus, différents facteurs tels que l'âge, le sexe ou les comorbidités semblent influencer la perception des patients de leur qualité de vie (Kleiss et al., 2015). Lorsque l'on s'attarde à évaluer un domaine spécifique, tel qu'avec les sous-scores de FaCE, cela pourrait se traduire par une grande variabilité interindividuelle (plus grande que lorsque tous les domaines sont considérés en même temps par le patient, comme dans le score global). Une telle variabilité pourrait engendrer de plus grandes difficultés à détecter un effet de thérapie dans une étude dont le n est relativement petit, par manque de puissance statistique. Et en effet, lorsque nous observons les données descriptives de nos sous-scores, cette variabilité interindividuelle semble être confirmée par de grands écarts types, tel que démontré dans le tableau 20. À titre comparatif, l'écart type du score global n'a dépassé que 2 fois le chiffre 20 (soit pour les contrôles au temps 2 et au temps 6), contre 9, 6 et 5 fois pour les domaines spécifiques ci-bas (confort facial, fonction orale et mouvements faciaux).

Tableau 20 – Moyennes et écarts types à trois des sous-scores du FaCE-F (confort facial, fonction orale et mouvements faciaux), en fonction du groupe et du temps (n = 26; 14 = MEPP et 12 = contrôles)

Temps	Conditions	Confort facial		Fonction orale		Mouvements faciaux	
		Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
Temps 1	Groupe contrôle	41,58	29,764	21,00	20,963	7,00	12,856
	Groupe MEPP	54,07	32,568	39,79	19,411	22,55	18,374
Temps 2	Groupe contrôle	58,42	24,854	56,42	30,461	45,19	31,130
	Groupe MEPP	77,36	23,326	89,36	15,385	76,86	19,370
Temps 3	Groupe contrôle	75,00	26,084	75,08	28,624	77,81	20,215
	Groupe MEPP	91,14	17,033	94,71	11,592	90,52	17,526
Temps 4	Groupe contrôle	83,42	17,697	78,17	29,192	79,19	23,160
	Groupe MEPP	95,86	7,853	97,43	5,110	94,05	11,996
Temps 5	Groupe contrôle	86,17	22,279	86,92	21,047	84,67	17,411
	Groupe MEPP	97,64	5,108	99,14	3,207	96,45	7,798

Temps 6	Groupe contrôle	76,42	33,332	79,21	33,794	84,00	20,605
	Groupe MEPP	94,57	12,183	99,14	3,207	95,90	7,021
Temps 7	Groupe contrôle	77,75	32,510	88,58	19,552	85,33	19,910
	Groupe MEPP	95,21	10,177	100,00	0,000	94,67	13,315
Temps 8	Groupe contrôle	64,58	38,410	90,67	19,185	84,08	21,086
	Groupe MEPP	94,07	14,403	99,14	3,207	98,86	2,905

Finalement, il est important de mentionner que de nombreux participants nous ont rapporté être très heureux de participer à ce projet de recherche, puisque le fait d’entreprendre une action concrète, d’être actif et de faire quelque chose contre leur paralysie leur amenait un grand sentiment de bien-être. Il est donc possible que ce sentiment d’*empowerment* contribue à l’amélioration de la qualité de vie des participants du MEPP, et que même de petites améliorations en termes de symétrie ou de fonction faciale aient de grands impacts sur leur qualité de vie. Il pourrait être intéressant d’étudier les impacts du MEPP sous l’angle de l’empowerment dans le futur.

5.2.4 MEPP et changements dans le mécanisme d’apparition des syncinésies

Dans la section suivante, nous exposerons comment le MEPP pourrait réduire ou prévenir l’apparition des syncinésies. Tel que mentionné en introduction, il existe trois théories principales pour le développement des syncinésies, soit par changements topographiques dans le noyau facial, soit par régénération aberrante des fibres nerveuses, qui sont appelées des repousses collatérales, ou encore par transmission éphaptique entre nerfs adjacents (Slattery et Azizzadeh, 2014). Comment le MEPP peut-il prévenir le développement potentiel des syncinésies en regard de ces différentes théories? Si l’on considère les premières étapes du MEPP, soit l’enseignement de l’anatomie et de la fonction faciale avec des séances d’imagerie motrice, les apprenants se trouvent en situation de pré-pratique et d’augmentation de KP. Des études démontrent que des actions mentales, telles que l’imagerie motrice, peuvent activer des substrats neuronaux

similaires à ceux d'actions réelles, qui résultent en des processus permettant le maintien de l'efficacité synaptique dans les faisceaux préalablement utilisés, dont ceux qui entrent et sortent du cortex moteur (Paolucci et al., 2020; Shors et Matzel, 1998). En augmentant le feedback sensoriel multimodal, le MEPP pourrait ainsi aider à maintenir des représentations adéquates du visage et permettrait d'éviter une paralysie apprise (Garmi et al., 2013; Klingner et al., 2012; Klingner et al., 2014; Ramachandran et Altschuler, 2009). De plus, nous émettons l'hypothèse que le travail avec l'effet miroir modifié et l'augmentation de KR devrait permettre de guider la régénération périphérique, en offrant un meilleur contrôle de l'output nerveux avec des micromouvements, ce qui devrait pouvoir résulter en une diminution de la surcharge des repousses aberrantes (Angelov et al., 2007; Skouras et al., 2011). Ainsi, le MEPP, autant par le maintien de l'efficacité synaptique préalablement établie via KP, qu'avec la normalisation de l'output nerveux via KR, devrait avoir un effet bénéfique sur les syncinésies, si celles-ci sont causées par des changements topographiques du noyau facial ou par des repousses collatérales aberrantes. Dans le cas où ces dernières seraient provoquées par une transmission éphaptique, il est plus difficile de voir comment le MEPP pourrait agir pour les réduire. En effet, si les membranes neuronales sont perméables à l'activation des branches nerveuses adjacentes, leur activation spécifique devient plus difficile, même avec une grande proprioception et précision musculaire, kinesthésique et kinétique. Bien que nos études ne se soient pas spécifiquement penchées sur les mécanismes à l'œuvre dans le développement des syncinésies, il serait intéressant d'aborder cet aspect dans une étude future.

5.2.5 Considérations sur la structuration et le dosage du MEPP

Nous avons émis des hypothèses quant à la possibilité que le MEPP agisse via une augmentation de KP (par imagerie motrice), suivie d'une augmentation de KR (par effet miroir). Nous avons également basé la construction de ce dernier sur les principes d'apprentissages moteurs. Il faut donc considérer que le MEPP est gouverné par ces principes et que ses effets sont sujets à être modulés par sa structuration et son dosage, comme toute intervention motrice (Wambaugh et al., 2018; Wambaugh et al., 2020). Rappelons d'abord que le choix de dosage du MEPP a été établi de façon à respecter une grande quantité de pratique, une pratique distribuée, et une fréquence des séances conforme aux études les mieux appuyées en rééducation faciale (Beurskens et al.,

2004b; Beurskens et Heymans, 2006; Beurskens et al., 2006; Brach et al., 1997; Nicastrì et al., 2013; Shumway-Cook et Woolacott, 2017). Mais les différents principes d'apprentissages moteurs, leurs effets et leurs interactions potentielles sont un domaine d'étude encore relativement jeunes à l'orthophonie (Bislick et al., 2012). Les données actuellement disponibles semblent confirmer qu'une grande quantité de pratique améliore les performances motrices des patients atteints de troubles de la parole (Bislick et al., 2012; Maas et al., 2008). Cependant, les effets de la distribution de la pratique sont moins clairs (Wambaugh et al., 2020), bien qu'il soit généralement accepté qu'une pratique intensive en début d'intervention, suivie d'une pratique distribuée est généralement la formule considérée comme étant la plus efficace pour les apprentissages moteurs (Preston et al., 2018). Des questions demeurent donc en suspens quant aux mécanismes d'action du MEPP, entre autres concernant le dosage et la fréquence.

En effet, les données actuellement recueillies sur le MEPP ne permettent pas de confirmer que le dosage choisi de 2 séries de 15 minutes d'exercices par jour est nécessairement optimal. Il se pourrait même qu'un dosage non-optimal ait contribué à un effet relativement modeste de la thérapie sur les différentes échelles de symétrie. Est-ce que les effets auraient été plus grands si les patients avaient pratiqué pendant 1h ou plus par jour ou 4 séances? Les résultats de la présente étude ne permettent pas de répondre à cette question. De plus, il est possible que la distribution du traitement ne soit pas optimale. Concernant la distribution des séances du MEPP, il a été demandé aux patients de réaliser le MEPP à tous les jours jusqu'à leur récupération complète. En accord avec des données sur la généralisation et le maintien des acquis, il semble cependant qu'une réduction progressive de la rétroaction visuelle aurait dû être privilégiée (Bislick et al., 2012). Bien que nous n'ayons pas appliqué systématiquement une réduction progressive de la fréquence des exercices (Preston et al., 2018), les résultats démontrent un bon maintien des acquis. Néanmoins, de futures études à propos des effets de différents dosages du MEPP seraient essentielles. Finalement, il faut tout de même souligner qu'un dosage plus intense pourrait avoir un impact négatif sur l'adhérence au traitement, surtout considérant les résultats d'adhérence mitigée obtenus lors de la troisième étude.

5.2.6 Adhérence au traitement

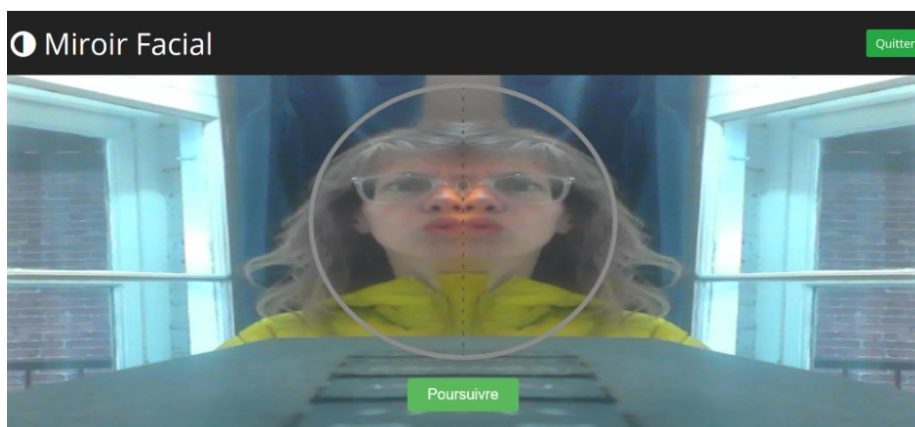
Pour les études 1 et 2, lorsque nous avons questionné les patients sur leur degré de fidélité au traitement en début de rencontres (« Avez-vous réalisé les exercices tels que recommandés, oui ou non? »), ceux-ci rapportaient une bonne adhérence au traitement. Cependant, nous avons mesuré objectivement l'adhérence au traitement avec le *MEPP-website* dans la troisième étude. À notre connaissance, aucune étude ne s'était penchée auparavant sur l'adhérence à la thérapie faciale avec des mesures objectives. Néanmoins, des données subjectives et auto-rapportées existent sur le sujet. Entre autres, Szczepura et al. (2020) ont rapporté des niveaux variables d'adhérence à la thérapie faciale, avec environ seulement 30% des patients qui affirmaient avoir une adhérence élevée. Dans cette même étude, il a été constaté que les professionnels de la santé surestimaient l'adhérence de leurs patients à la thérapie faciale. Par ailleurs, d'autres études récentes ont rapporté une adhérence mitigée à la rééducation faciale (Alakram et Puckree, 2011; Taeger et al., 2020). À titre d'exemple, Alakram et Puckree (2011) ont rapporté un taux d'abandon de 42% dans leur étude, avec 12 patients sur 28 ayant été exclus pour cause de refus de participation ou de non-conformité au traitement hebdomadaire (donc pour cause de mauvaise adhérence). Les facteurs expliquant ce manque d'adhérence sont divers, allant des difficultés à intégrer la routine de rééducation faciale dans le quotidien à cause des responsabilités professionnelles des patients, jusqu'aux difficultés à se déplacer physiquement sur les lieux de la thérapie (Alakram et Puckree, 2011; Szczepura et al., 2020).

Nos mesures subjectives indiquent une forte adhérence à la thérapie faciale, avec seulement 10% des patients (n=4) ayant affirmé à une ou deux reprises ne pas avoir suivi le protocole MEPP. Cependant, notre mesure objective d'adhérence au MEPP sur un sous-échantillon de 10 patients démontre que seulement 40% des patients avaient une adhérence élevée, ce qui est similaire aux données auto-rapportées recueillies par Szczepura et al. (2020). Il faut tout de même nuancer ces résultats, puisque ces données objectives d'adhérence sont probablement influencées par le fait d'avoir travaillé avec deux outils différents (*Webcamtoy*® et *MEPP-website*), par la vitesse de récupération de la paralysie chez certains patients, et par l'interaction entre ces deux facteurs, chez un petit nombre de patients. Par exemple, un patient ayant récupéré rapidement et ayant

utilisé *MEPP-website* en deuxième aura potentiellement été moins adhérent au traitement, puisqu'il s'améliore et voit moins la nécessité du traitement. En revanche, il n'est pas exclu que l'adhérence dans nos deux premières études soit objectivement plus mitigée que ce que les patients nous ont rapporté subjectivement, ce qui pourrait avoir contribué à réduire les effets du MEPP dans les études 1 et 2. De plus, nous avons proposé plus haut d'étudier l'augmentation du dosage du MEPP dans des études futures. Il faudrait alors considérer l'adhérence au traitement dans ces études et se demander s'il est réaliste pour les patients de réaliser 1h et plus d'exercices par jour pendant plusieurs semaines sans affecter leur adhérence. À ce stade, il est cependant intéressant de noter que la fonctionnalité du MEPP permettant de recueillir des données objectives d'adhérence est pertinente pour les cliniciens et les chercheurs, car elle permettra à ces derniers d'observer ou d'étudier des liens potentiels entre le niveau adhérence et les mesures de récupération faciale.

Finalement, il est important de mentionner que l'adhérence au traitement a pu être potentiellement négativement influencée par les difficultés technologiques propres à la technique de duplication du visage utilisée par les deux sites web employés dans nos études. En effet, les sites *Webcamtoy*® et *MEPP-website* utilisent tous les deux la technologie de duplication du visage par axe central. À cet effet, la principale critique des usagers ayant réalisé la rééducation MEPP concernait la difficulté à obtenir un rendu stable du visage avec cette technologie. Les participants ont fréquemment mentionné que le maintien d'une posture stable, permettant d'obtenir le rendu symétrique du visage pour réaliser la thérapie était difficile (voir le tableau 15 pour des exemples et la figure 17 pour l'illustration de cette difficulté). Le fait que le visage soit instable et que le patient doive constamment penser à son positionnement devant la caméra augmente les interruptions, la complexité extrinsèque à la thérapie et la charge cognitive, ce qui constitue des facteurs pouvant nuire à l'adhérence au traitement (Jack et al., 2010; Oviatt, 2006).

Figure 18 – Manque de stabilité du visage avec MEPP-website



En conclusion l'adhérence au traitement est un facteur complexe mais important à mesurer, puisqu'une faible adhérence peut mener à de moins bons résultats sur la fonction faciale, et avoir des conséquences sur les coûts des soins de santé (Jack et al., 2010; Szczepura et al., 2020). De plus, l'utilisation de mesures *objectives* d'adhérence au traitement sont nécessaires, tant en recherche qu'en clinique, puisque ces mesures permettraient de réduire les variations et l'inadéquation potentielle des mesures rapportées par le patient (Jack et al., 2010). En l'absence de mesures objectives, les cliniciens doivent en effet se fier sur les souvenirs du patient, qui pourraient s'avérer erronés (Szczepura et al., 2020). La fonctionnalité du *MEPP-website* permettant de recueillir cette mesure constitue donc une avancée intéressante pour la recherche et la clinique en paralysie faciale.

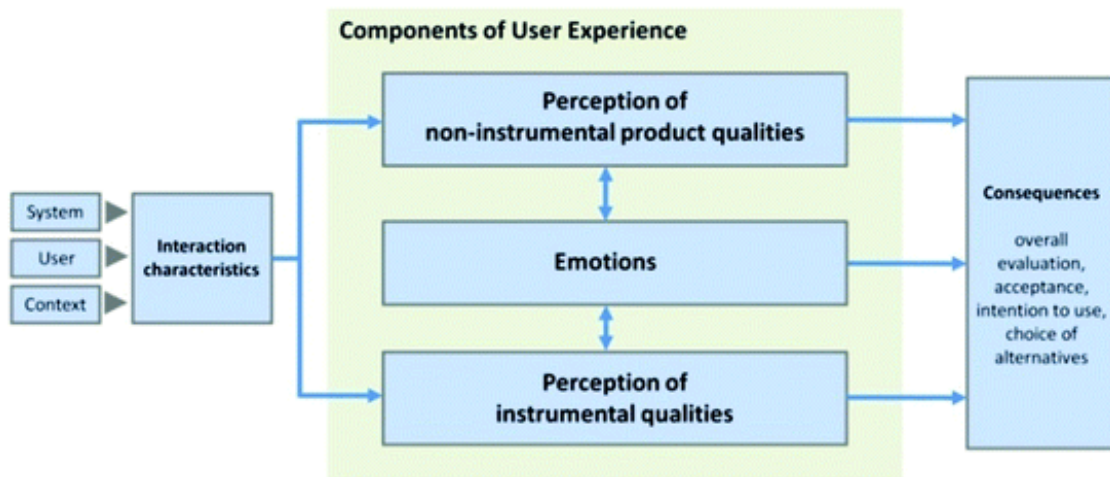
5.2.7 Liens entre expérience utilisateur, utilisabilité et perception des usagers

D'après ce qui a été rapporté par les patients, l'utilisation du site web générique *Webcamtoy@* pour réaliser le MEPP augmentait grandement la complexité et les interruptions de la thérapie. Nous avons d'ailleurs vu que l'utilisation du *MEPP-website* dans la troisième étude permettait d'améliorer significativement l'expérience utilisateur par rapport à l'utilisation de *Webcamtoy@*. L'expérience utilisateur est un facteur important à étudier dans le développement de nouveaux

outils de rééducation, puisque cet aspect influence la propension des usagers à utiliser un nouvel outil (Oviatt, 2006). Peut-être parler du processus de pratique collaborative

Cependant, dans la troisième étude, il a aussi été constaté que les patients n'ont pas donné une cotation significativement supérieure du *MEPP-website* concernant l'utilisabilité. Pour expliquer ce résultat, deux hypothèses ont été avancées dans le troisième article, soit le fait que les deux outils présentaient une simplicité d'usage comparable, et le fait que les deux outils présentaient peut-être une efficacité similaire, vu qu'ils utilisent la même technologie pour dupliquer du visage. Cependant, une troisième hypothèse pourrait aussi expliquer ce résultat. Il s'agit de l'influence des perceptions non-instrumentales et des émotions des usagers sur l'appréciation des systèmes. Il est reconnu que les facteurs subjectifs d'un usager, tels que sa motivation personnelle, ses perceptions du produit et ses émotions influencent sa probabilité à utiliser un système et à l'intégrer à sa vie de tous les jours (Minge et al., 2016b). Autrement dit, les qualités instrumentales d'un outil (celles influençant grandement la charge cognitive, comme son efficacité, son utilité, son utilisabilité, etc.), les qualités non-instrumentales (visuel, esthétique, etc.) ainsi que les émotions de l'utilisateur s'inter-influencent dans l'appréciation du produit chez un usager. Tous ces aspects et leurs relations bidirectionnelles sont d'ailleurs regroupés dans le modèle analytique des composantes clés de « expérience utilisateur » de Thüring et Mahlke (2007), représenté dans la Figure 18.

Figure 19 – Modèle analytique des composantes de l'expérience utilisateur



The meCUE Questionnaire: A Modular Tool for Measuring User Experience de Thüring et Mahlke.

Licence de reproduction Springer Nature sans droit de modification 5163450977115

Selon ce modèle, les qualités esthétiques et visuelles d'un système peuvent donc influencer la perception de l'utilisabilité d'une technologie chez un utilisateur (Thüring et Mahlke, 2016). Ainsi, en s'appuyant sur le modèle de Thuring et Mahlke, le questionnaire MeCUE comporte une sous-échelle mesurant l'appréciation des qualités esthétiques d'un produit, ainsi qu'un module complet portant sur les émotions que génèrent l'utilisation d'une technologie (Minge et al., 2016). L'esthétisme est mesuré par les questions suivantes : « le produit est conçu de manière créative », « Le design a l'air attrayant » et « Le produit est élégant » (Lallemand et Koenig, 2017). Or, cette sous-échelle n'a pas été sélectionnée pour l'étude en raison de sa nature non instrumentale. De plus, le module portant sur les émotions n'a pas été sélectionné lui non plus, vu sa nature jugée difficilement applicable. En rétrospective, l'étude de la perception de l'esthétisme des deux sites, ainsi que des émotions générées par ces deux technologies, aurait peut-être permis de déterminer si ces paramètres ont influencé la cotation de l'utilisabilité des outils par les usagers. Cela aurait potentiellement permis de mieux comprendre la raison pour laquelle l'utilisabilité des deux sites n'a pas été jugée significativement différente.

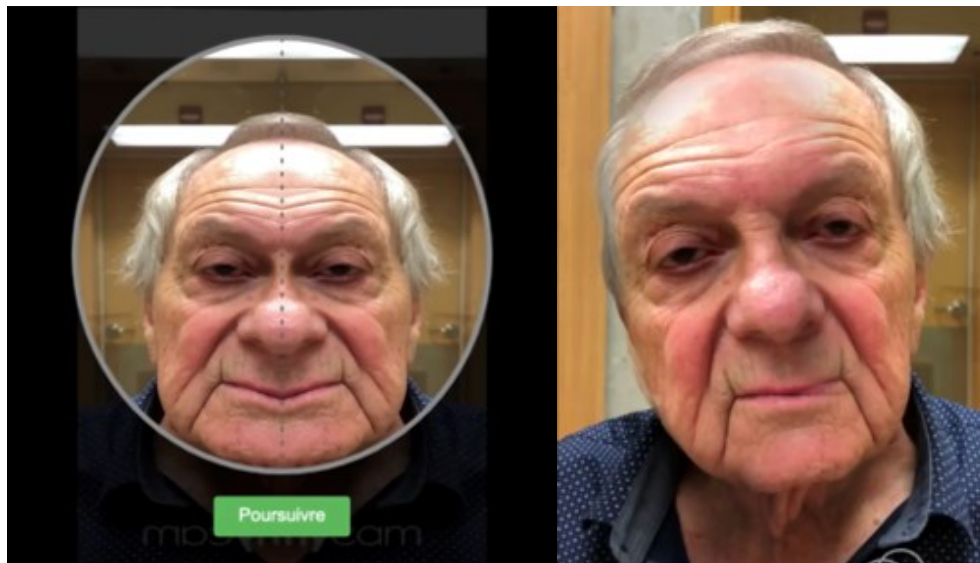
En résumé, les participants cliniciens et patients de la troisième étude n'ont pas jugé que l'utilisabilité du *MEPP-website* était supérieure à celle de *Webcamtoy@*. Ce résultat pourrait

potentiellement s'expliquer par l'influence de la perception des qualités non-instrumentales des deux outils (visuelles, etc.) des usagers, ou alors par leurs émotions. Néanmoins, il convient de rappeler que l'utilisation du *MEPP-website* a permis d'améliorer globalement leur expérience utilisateur. De plus, la création de ce nouvel outil dans le cadre de cette thèse constitue en soi une contribution importante sur le plan clinique car elle donne accès à une ressource concrète pour réaliser de la thérapie faciale. Finalement, la fonctionnalité du *MEPP-website* permettant de mesurer objectivement l'adhérence des patients constitue une avancée importante pour la recherche et la clinique.

5.2.8 Développement du MEPP 2.0

Tel que mentionné précédemment, les patients et les cliniciens ont fréquemment rapporté que l'instabilité du visage dupliqué par axe central les dérangeait. L'instabilité de l'effet miroir avec cette technologie rend en effet le visage moins naturel (tel qu'illustré à la figure 18), ce qui pourrait nuire à la capacité des patients de s'approprier l'image reflétée par le site (Ding et al., 2020). Le concept qui décrit la capacité de s'approprier une image de nous-même et de l'associer à nos proprioceptions s'appelle l'*embodiment* (Longo et al., 2008). Pour remédier au problème d'*embodiment* avec la technologie par de duplication par axe central, Ding et al. (2020) ont utilisé une technologie de réalité augmentée pour produire un effet miroir et ont constaté que cela permettait d'obtenir un rendu plus réaliste et plus stable du visage des patients (Ding et al., 2020). L'utilisation d'une telle technologie de réalité augmentée pour produire l'effet miroir semble donc une avenue intéressante pour améliorer la thérapie avec le MEPP. En effet, l'emploi de la réalité augmentée permettrait d'atteindre plusieurs objectifs. Dans un premier temps, les interruptions et la complexité extrinsèque à la thérapie et en lien avec le positionnement du visage seraient réduits, diminuant par le fait même la charge cognitive nécessaire à la tâche, et assurant ainsi une meilleure expérience utilisateur. De plus, l'emploi de cette technologie devrait permettre d'offrir un rendu plus réaliste du visage des patients, ce qui devrait favoriser le phénomène d'*embodiment* et les apprentissages moteurs (Ding et al., 2020; Jack et al., 2010; Oviatt, 2006). C'est pourquoi notre équipe travaille actuellement sur une deuxième version du *MEPP-website*, qui intègre cette technologie (voir figure 19).

Figure 20 – Différence entre le rendu du *MEPP-website* et celui du *MEPP-website 2.0*



Photographie publiée avec le consentement écrit du patient

Le [MEPP-website](#) 2.0 (voir présentation vidéo avec l'hyperlien) pourrait faire l'objet d'études subséquentes pour valider objectivement qu'il présente les avantages nommés ci-hauts (moins de charge cognitive, meilleur *embodiment*, meilleurs apprentissages moteurs : voir le lien pour une présentation préliminaire du produit). Il a été vu dans la troisième étude que l'ajout de fonctionnalités au *MEPP-website* original (tel qu'illustré à la figure 5, dans l'introduction) a permis d'améliorer significativement l'expérience utilisateur des participants, comparativement à l'utilisation de Webcamtoy®. Puisque les commentaires des participants ont également démontré une prédominance des difficultés liées à la technologie de duplication du visage par axe central, il serait pertinent d'étudier objectivement si la correction de cet aspect permet d'optimiser davantage l'expérience utilisateur lors de la réalisation du MEPP. De plus, le *MEPP-website* 2.0 a été repensé en profondeur pour répondre à plusieurs des demandes de nos partenaires, que nous n'avions pas pu inclure dans la première version, faute de financement (i.e. disponibilité en français et en anglais du site, cloisonnement des utilisateurs, mise en place d'un système d'envoi automatisé de mot de passe par courriel, mise en place d'un design plus amical pour le patient avec possibilité de faire une pause en cours de thérapie, sauter certains exercices, développement d'un historique des thérapies complétées, output auditif, etc.). À l'échelle internationale, seuls les travaux de Ding et al. (2020) en Chine semblent avoir permis de

développer un produit semblable, qui ne semble toutefois pas commercialisé, ni disponible en français ou en anglais. L'application américaine [Face2face](#) semblait disponible en 2019 à des fins de thérapie (cette application ne semble plus disponible). Cependant, cette application utilisait la duplication du visage par axe central, et il n'a pas été possible de savoir si? elle possédait aussi des fonctionnalités permettant d'intégrer les principes d'apprentissages moteurs à la rééducation, ni un profil patient et clinicien. À la lumière de ces informations, l'outil MEPP-website 2.0 semble donc relativement unique et devrait combler des besoins cliniques qui existent chez nous. La création de cet outil ouvre la voie à de nouvelles recherches, dont entre autres avec d'autres types de clientèles (avec paralysies faciales d'origine centrale par exemple), et ce, en regard de données récentes indiquant une valeur ajoutée potentielle de l'outil effet-miroir pour cette clientèle (Volk et al., 2019).

5.3 Limites et perspectives de recherche

Tout au long de cette discussion, des hypothèses, pistes de réflexion et ouvertures sur des perspectives de recherche ont été abordées. Dans cette section, nous reviendrons spécifiquement sur certaines limites générales de cette thèse, puis sur les limites de chaque étude spécifiquement.

5.3.1 Limites générales

D'abord, les études réalisées ne comptent qu'un nombre relativement petit de participants. La première étude ne comptait que 20 participants et était un sous-échantillon de la cohorte complète. La troisième étude ne comptait que 15 participants, dont les 10 patients qui constituaient aussi un sous-échantillon de la cohorte complète. Bien que la deuxième étude compte un nombre relativement respectable de 40 participants, le MEPP devrait être étudié sur un plus grand nombre de participants, afin d'en confirmer l'efficacité. Un plus grand nombre de participants permettrait d'améliorer notre capacité à généraliser nos résultats et permettrait d'évacuer tout doute concernant un manque potentiel de puissance statistique. En ce qui concerne notre protocole d'évaluation, l'absence de tests électrophysiologiques et de tests

sérologiques peut être considérée par certains comme une faiblesse. Bien que les échelles FNGS 2.0 et Sunnybrook présentent de bonnes qualités psychométriques (Fattah et al., 2015), et qu'elles soient aussi utilisées comme mesure principale dans plusieurs études portant sur la rééducation faciale (Nicastri et al., 2015; Monini et al., 2016; Paolucci et al., 2020.), des tests sérologiques ou électrophysiologiques permettraient de statuer sur l'influence potentielle de l'intégrité structurelle des nerfs ou d'autres types de paralysie faciale (comme le syndrome de Ramsay-Hunt) sur les effets du MEPP. Cependant, ils ajouteraient de la complexité au protocole expérimental et pourraient nuire au recrutement, en nécessitant des expertises plus pointues et requérant des patients des déplacements plus fréquents.

Concernant le protocole d'intervention, les patients du groupe contrôle ont reçu des conseils pour éviter de développer de mauvaises habitudes faciales tout au long du suivi longitudinal, tel que requis par le comité d'éthique et de la recherche. Or, la majorité des patients québécois souffrant de paralysie de Bell ne reçoivent pas un tel suivi indirect pour le moment. L'apport des conseils donnés aux patients du groupe contrôle a peut-être contribué à réduire l'écart entre les groupes pour certaines de nos mesures (i.e. mesures de l'échelle Sunnybrook sur la symétrie faciale). Finalement, tel que mentionné précédemment, pour confirmer les mécanismes d'action potentiels du MEPP (plasticité cérébrale, apprentissages moteurs, etc.) des études supplémentaires seraient nécessaires. Par exemple, des études d'imagerie cérébrale pourraient permettre de valider les changements potentiellement apportés par la thérapie en termes de plasticité. Des études sur des dosages différents permettraient de valider certains aspects du MEPP en regard des principes d'apprentissages moteurs. Par ailleurs, la mesure de l'apport de ses différentes composantes au sein de son effet global (ex : manipulations faciales vs effet miroir) serait importante.

5.3.2 Limites de l'étude 1

En plus des limites générales mentionnées précédemment, les effets du MEPP n'ont été mesurés dans cette première étude que sur les changements de symétrie faciale et de syncinésies, tel qu'évalué par des trois juges aveugles au temps d'évaluation et à la condition. Il aurait été intéressant de mesurer les changements induits dans la qualité de vie dès le début de l'étude.

Cependant, aucun questionnaire centré sur le patient validé en français québécois n'existait au moment de cette étude. Dans un projet de recherche parallèle à cette thèse, nous avons donc recruté 50 participants (25 contrôles et 25 patients atteints de paralysie faciale d'origine diverses et à toutes les phases) pour valider différents questionnaires auto-rapportés sur la qualité de vie des patients, dont le FaCE (ce qui a donné naissance au FaCE-F (Gascon et al., 2021)), et nous l'avons intégré dès que possible à l'étude actuelle. Finalement, dans cette étude, la stratification réalisée a réduit encore davantage le nombre de participants inclus dans l'étude (20 participants au départ, et 14 par la suite), ce qui a potentiellement réduit davantage notre puissance statistique.

5.3.3 Limites de l'étude 2

Dans cette étude, un résultat significatif en faveur du MEPP a été observé pour le score global de sévérité de l'échelle FNGS 2.0, mais pas sur l'échelle SB. Ce résultat en apparence discordant pourrait être expliqué par le manque de puissance statistique et la grande variabilité interindividuelle de nos participants, dans un contexte où l'effet de traitement demeure relativement modeste. Cependant, les résultats de la présente étude permettront de pouvoir faire de meilleurs calculs de puissance pour une étude plus large contrôlée et randomisée sur les effets du MEPP. Le recrutement d'un plus grand nombre de participants permettrait certainement aussi de diminuer l'impact de ces problèmes, tout en améliorant notre capacité à généraliser les résultats. De plus, puisque nous n'avons pas mesuré les changements sur la qualité de vie dès le début du recrutement, nos analyses de cette composante n'ont pu porter que sur un sous-groupe de notre échantillon (n= 26). Pour répondre au manque de données objectives dans la littérature concernant les impacts fonctionnels des patients atteints de PB, il aurait pu être intéressant de mesurer la précision consonantique à l'aide de mesures telles que le pourcentage de consonnes correctes ou l'étanchéité labiale en lien avec la force labiale avec un dynamomètre (Moverare et al., 2017). Finalement, pour une plus grande objectivité des mesures de symétrie faciale, l'utilisation d'un logiciel générant automatiquement des métriques faciales serait intéressant. Le logiciel Emotrics par exemple (Guarin et al., 2018), permet de générer des mesures faciales jugées objectives à partir de photographies standardisées de participants et de bases de données spécifiques aux visages paralysés. D'autres études comparant

spécifiquement les effets des différentes composantes du MEPP entre elles (effet miroir vs manipulations faciales) pourraient aussi mettre en lumière si un des moyens mis en œuvre dans cette rééducation surpasse les autres en termes d'impacts ou d'effets thérapeutiques.

5.3.4 Limites de l'étude 3

Dans cette étude, vu le petit nombre de patients et la variabilité de la sévérité initiale de la paralysie, il n'y a aucune mesure comparant l'effet des deux technologies sur la paralysie faciale et son évolution. De plus, la nature non aveugle du plan expérimental par rapport à la conception du site internet essayé, et le design non-croisé pour les cliniciens sont deux autres limites de cette étude. De plus, aucune comparaison objective de l'adhérence au traitement avec Webcamtoy© n'a pu être effectuée, vu que ce site ne permettait pas cette fonctionnalité. Il serait par ailleurs potentiellement intéressant de faire remplir un journal de bord au participant et de comparer leur adhérence auto-rapportée avec l'adhérence subjective. Un tel journal de bord aurait pu être employé dans notre troisième étude. Aussi, afin de s'assurer que les lacunes technologiques liées à la duplication du visage par axe central ne viennent pas affecter l'adhérence à la thérapie ainsi que les apprentissages moteurs et l'*embodiment* chez les patients, une étude mettant en œuvre le *MEPP-website 2.0* avec la réalité augmentée comme technologie de rééducation faciale sera essentielle. L'expérience utilisateur avec le *MEPP-website 2.0* devra être validée en tenant compte de l'influence des aspects visuels du produit, de même qu'en tenant compte des émotions générées chez les participants, vu l'importance de ce facteur dans le modèle théorique qui sous-tend le concept d'expérience utilisateur.

6. CONCLUSIONS

En somme, les travaux de cette thèse ont permis de développer une rééducation faciale et un outil clinique web spécialisé, spécifiquement conçus pour la paralysie de Bell aiguë, modérée-à-sévère à totale, et dont les patients et les cliniciens pourront bénéficier. La présente thèse a permis de démontrer que le MEPP semble avoir un effet positif sur la symétrie faciale, sur la prévention des syncinésies, et qu'il améliore la qualité de vie des patients. La présente thèse a su apporter une contribution scientifique sur la rééducation précoce de la PB, sur les effets longitudinaux de la rééducation faciale, et a permis de développer un outil clinique web apprécié des usagers, qui permet de mesurer objectivement l'adhérence des patients au traitement. De plus, il a été vu que la réalisation de la rééducation faciale à l'aide du site spécialisé *MEPP-website* améliore l'expérience utilisateur globale des participants pendant leur thérapie, bien que l'adhérence au traitement demeure majoritairement non-conforme au dosage recommandé. Cette thèse a également adopté une approche multidimensionnelle qui a permis de tenir compte de la perspective des cliniciens, des patients et d'observateurs naïfs pour mesurer les impacts du MEPP. Le fait d'avoir tenu compte de la perspective des patients, nous a permis de constater l'amélioration auto-rapportée significative de la rééducation MEPP sur leur qualité de vie, tel qu'illustré ci-dessous :

« Je suis très content d'avoir participé à ce projet. Je crois que c'est très important la sensation de **prise de pouvoir** et d'avoir la **possibilité de faire quelque chose** quand on est diagnostiqué avec la paralysie de Bell. »

Citation d'un participant utilisateur du MEPP

Le travail initié par cette thèse demeure toutefois à poursuivre. De nombreuses questions restent en suspens. D'abord, la nature multimodale du MEPP, qui est une des forces de cet outil, a pour conséquence qu'il est impossible de connaître le poids de chacune des composantes par rapport aux effets observés. De plus, des études sur un plus grand nombre de participants, visant à statuer sur les mécanismes d'action à l'œuvre dans le MEPP, et visant à documenter le paramétrage le plus efficace possible pour les apprentissages moteurs, seraient nécessaires. Finalement, des études spécifiques sur les effets du MEPP 2.0 et son applicabilité avec d'autres populations devraient être envisagées.

References

- Adhikari, S. P., Chaudhary, M. et Rubee, D. (2020). Kabat Interventions integrated with facial expressive and functional exercises for better and speedy recovery in Bell's Palsy: A pre-post design. *Journal of Chitwan Medical College*, 10(34), 71-76. www.icmc.com.np
- Agostino, R., Sanes, J. N. et Hallett, M. (1996, Aug). Motor skill learning in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 139(2), 218-226.
- Alakram, P. et Puckree, T. (2010, Apr 22). Effects of electrical stimulation on House-Brackmann scores in early Bell's palsy. *Physiotherapy Theory and Practice*, 26(3), 160-166. <https://doi.org/10.3109/09593980902886339>
- Alakram, P. et Puckree, T. (2011, 2011-01-05). Effects of electrical stimulation in early Bells palsy on facial disability index scores [bell's palsy; electrical stimulation; facial disability index scores]. *Journal of Physiotherapy*, 67(2), 6. <https://doi.org/10.4102/sajp.v67i2.44>
- Altschuler, E. L., Wisdom, S. B., Stone, L., Foster, C., Galasko, D., Llewellyn, D. M. et Ramachandran, V. S. (1999, Jun 12). Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*, 353(9169), 2035-2036. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(99\)00920-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)00920-4)
- Angelov, D. N., Ceynowa, M., Guntinas-Lichius, O., Streppel, M., Grosheva, M., Kiryakova, S. I., Skouras, E., Maegele, M., Irintchev, A., Neiss, W. F., Sinis, N., Alvanou, A. et Dunlop, S. A. (2007, Apr). Mechanical stimulation of paralyzed vibrissal muscles following facial nerve injury in adult rat promotes full recovery of whisking. *Neurobiology of Disease*, 26(1), 229-242. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2006.12.016>
- Arslan, F., Gökgöz, M. C., Binar, M., Aydemir, E. et Durmaz, A. (2018, Apr-May). Anxiety, depression, and hopelessness in patients before and after treatment for peripheral facial paralysis. *Ear, Nose, and Throat Journal*, 97(4-5), E1-e4.
- Aterias, B. et von Piekartz, H. (2018, Jul). Integration of a neurodynamic approach into the treatment of dysarthria for patients with idiopathic Parkinson's disease: A pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(3), 648-656. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.12.004>

- Azola, A. M., Sunday, K. L. et Humbert, I. A. (2017, Feb). Kinematic Visual Biofeedback Improves Accuracy of Learning a Swallowing Maneuver and Accuracy of Clinician Cues During Training. *Dysphagia*, 32(1), 115-122. <https://doi.org/10.1007/s00455-016-9749-z>
- Azuma, T., Nakamura, K., Takahashi, M., Ohyama, S., Toda, N., Iwasaki, H., Kalubi, B. et Takeda, N. (2012, Jan). Mirror biofeedback rehabilitation after administration of single-dose botulinum toxin for treatment of facial synkinesis. *Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 146(1), 40-45. <https://doi.org/10.1177/0194599811424125>
- Balliet, R., Shinn, J. B. et Bach-y-Rita, P. (1982). Facial paralysis rehabilitation: Retraining selective muscle control. *International Rehabilitation Medicine*, 4(2), 67-74. <https://doi.org/10.3109/09638288209166880>
- Barbara, M., Antonini, G., Vestri, A., Volpini, L. et Monini, S. (2010, 2010/01/01). Role of Kabat physical rehabilitation in Bell's palsy: A randomized trial. *Acta Oto-Laryngologica*, 130, 167-172. <https://doi.org/10.3109/00016480902882469>
- Barry, P., Mancini, J., Alshukry, A., Salburgo, F., Lavieille, J.-P. et Montava, M. (2019). Validation of French versions of the Facial Disability Index and the Facial Clinimetric Evaluation Scale, specific quality of life scales for peripheral facial palsy patients. *Clinical Otolaryngology*, 44(3), 313-322. <https://doi.org/10.1111/coa.13294>
- Barth, J. M., Stezar, G. L., Acierno, G. C., Kim, T. J. et Reilly, M. J. (2020, Jul 23). Mirror Book Therapy for the treatment of Idiopathic Facial Palsy. *Ear, Nose, and Throat Journal*, 145561320913211. <https://doi.org/10.1177/0145561320913211>
- Berends, H. I., Wolkorte, R., Ijzerman, M. J. et van Putten, M. J. (2013, Sep). Differential cortical activation during observation and observation-and-imagination. *Experimental Brain Research*, 229, 337-345. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3571-8>
- Berniker, M. et Kording, K. (2008). Estimating the sources of motor errors for adaptation and generalization. *Nature Neuroscience*, 11(12), 1454-1461. <https://doi.org/10.1038/nn.2229>
- Beurskens, C. H., Burgers-Bots, I. A., Kroon, D. W. et Oostendorp, R. A. (2004a). Literature review of evidence based physiotherapy in patients with facial nerve paresis. *Journal of the Japanese Physical Therapy Association*, 7(1), 35-39. <https://doi.org/10.1298/jjpta.7.35>

- Beurskens, C. H., Devriese, P. P., van Heiningen, I. et Oostendorp, R. A. (2004b). The use of mime therapy as a rehabilitation method for patients with facial nerve paresis. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 11(5), 206-210. <https://doi.org/10.12968/ijtr.2004.11.5.13340>
- Beurskens, C. H. et Heymans, P. G. (2006). Mime therapy improves facial symmetry in people with long-term facial nerve paresis: A randomised controlled trial. *Australian Journal of Physiotherapy*, 52(3), 177-183. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16942452>
- Beurskens, C. H., Heymans, P. G. et Oostendorp, R. A. (2006, Oct). Stability of benefits of mime therapy in sequelae of facial nerve paresis during a 1-year period. *Otology & Neurotology*, 27(7), 1037-1042. <https://doi.org/10.1097/01.mao.0000217350.09796.07>
- Bislick, L. P., Weir, P. C., Spencer, K., Kendall, D. et Yorkston, K. M. (2012, 2012/05/01). Do principles of motor learning enhance retention and transfer of speech skills? A systematic review. *Aphasiology*, 26(5), 709-728. <https://doi.org/10.1080/02687038.2012.676888>
- Blanchin, T., Martin, F. et Labbe, D. (2013, Dec). [Lengthening temporalis myoplasty: A new approach to facial rehabilitation with the "mirror-effect" method]. *Annales de Chirurgie Plastique et Esthétique*, 58, 632-637. <https://doi.org/10.1016/j.anplas.2013.03.001>
- Blyth, K. M., McCabe, P., Madill, C. et Ballard, K. J. (2016, May-Jun). Ultrasound visual feedback in articulation therapy following partial glossectomy. *Journal of Communication Disorders*, 61, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2016.02.004>
- Brach, J. S., VanSwearingen, J. M., Lenert, J. et Johnson, P. C. (1997, Jun). Facial neuromuscular retraining for oral synkinesis. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 99(7), 1922-1931; discussion 1932-1923.
- Braga, D. (2016). Manual therapy in diaphragm muscle: effect on respiratory muscle strength and chest mobility. *Manual Therapy, Posture and Rehabilitation Journal*, 14. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2016.14.302>
- Calistri, V., Mancini, P., Raz, E., Nicastri, M., Tinelli, E., Russo, F. Y., Fiorelli, M., De Seta, E., Carpentieri, D., De Vincentiis, M. et Caramia, F. (2021). fMRI in Bell's Palsy: Cortical Activation is Associated with Clinical Status in the Acute and Recovery Phases. 31(1), 90-97. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jon.12798>

- Calixtre, L. B., Moreira, R. F., Franchini, G. H., Albuquerque-Sendín, F. et Oliveira, A. B. (2015, Nov). Manual therapy for the management of pain and limited range of motion in subjects with signs and symptoms of temporomandibular disorder: a systematic review of randomised controlled trials. *Journal of Oral Rehabilitation*, 42(11), 847-861. <https://doi.org/10.1111/joor.12321>
- Cardoso, J. R., Teixeira, E. C., Moreira, M. D., Fávero, F. M., Fontes, S. V. et Bulle de Oliveira, A. S. (2008, Jun). Effects of exercises on Bell's palsy: systematic review of randomized controlled trials. *Otology & Neurotology*, 29(4), 557-560. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31816c7bf1>
- Chen, R., Cohen, L. G. et Hallett, M. (2002). Nervous system reorganization following injury. *Neuroscience*, 111(4), 761-773. [https://doi.org/10.1016/s0306-4522\(02\)00025-8](https://doi.org/10.1016/s0306-4522(02)00025-8)
- Chouinard, A.-M., Martineau, S., Rahal, A. et Marcotte, K. (2020). Évaluation des impacts fonctionnels de la paralysie de Bell dans le cadre de la rééducation MEPP. *Rééducation orthophonique*, 282, 105-131.
- Cleland, J., Scobbie, J. M., Roxburgh, Z., Heyde, C. et Wrench, A. (2019). Enabling New Articulatory Gestures in Children With Persistent Speech Sound Disorders Using Ultrasound Visual Biofeedback. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62(2), 229-246. https://doi.org/doi:10.1044/2018_JSLHR-S-17-0360
- Cleland, J., Scobbie, J. M. et Wrench, A. A. (2015). Using ultrasound visual biofeedback to treat persistent primary speech sound disorders. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 29(8-10), 575-597. <https://doi.org/10.3109/02699206.2015.1016188>
- Coulson, S. E. et Croxon, G. R. (1994). Facial Nerve Rehabilitation- the Role of Physiotherapy. *Australian Journal of Otolaryngology*, 1, 418-421.
- Coulson, S. E., O'Dwyer, N. J., Adams, R. D. et Croxon, G. R. (2004). Expression of Emotion and Quality of Life After Facial Nerve Paralysis. 25(6), 1014-1019. https://journals.lww.com/otology-neurotology/Fulltext/2004/11000/Expression_of_Emotion_and_Quality_of_Life_After.2.6.aspx

- Cronin, G. W. et Steenerson, R. L. (2003, Apr). The effectiveness of neuromuscular facial retraining combined with electromyography in facial paralysis rehabilitation. *Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 128, 534-538. <https://doi.org/10.1016/s0194-59980300005-6>
- de Almeida, J. R., Guyatt, G. H., Sud, S., Dorion, J., Hill, M. D., Kolber, M. R., Lea, J., Reg, S. L., Somogyi, B. K., Westerberg, B. D., White, C. et Chen, J. M. (2014a, Sep 02). Management of Bell palsy: clinical practice guideline. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, 186, 917-922. <https://doi.org/10.1503/cmaj.131801>
- de Almeida, J. R., Guyatt, G. H., Sud, S., Dorion, J., Hill, M. D., Kolber, M. R., Lea, J., Reg, S. L., Somogyi, B. K., Westerberg, B. D., White, C., Chen, J. M., Bell Palsy Working Group, C. S. o. O. H., Neck, S. et Canadian Neurological Sciences, F. (2014b, Sep 02). Management of Bell palsy: clinical practice guideline. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, 186(12), 917-922. <https://doi.org/10.1503/cmaj.131801>
- de Swart, B. J., Verheij, J. C. et Beurskens, C. H. (2003, Fall). Problems with eating and drinking in patients with unilateral peripheral facial paralysis. *Dysphagia*, 18, 267-273. <https://doi.org/10.1007/s00455-003-0011-0>
- Devriese, P. P. (1994, Dec). Rehabilitation of facial expression ("mime therapy"). *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 42-43. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-85090-5_10
- Dey, J. K., Ishii, L. E., Byrne, P. J., Boahene, K. et Ishii, M. (2015). The Social Penalty of Facial Lesions. *17(2)*, 90-96. <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2014.1131>
- Dey, J. K., Ishii, M., Boahene, K. D., Byrne, P. J. et Ishii, L. E. (2014, Jan). Changing perception: facial reanimation surgery improves attractiveness and decreases negative facial perception. *Laryngoscope*, 124(1), 84-90. <https://doi.org/10.1002/lary.24262>
- Diels, J. (1995). New concepts in nonsurgical facial nerve rehabilitation. Dans E. Myers et C. Bluestone (dir.), *Advances in Otolaryngology-Head and Neck Surgery* (vol. 10, p. 289-315). Mosby- Year Book.
- Diels, J. et Beurskens, C. H. (2014). Neuromuscular Retraining: Nonsurgical therapy for facial palsy. Dans W. H. Slattery et B. Azizzadeh (dir.), *The Facial Nerve* (p. 205-212). Thieme Medical. <https://doi.org/10.1055/b-0034-92471>

- Diels, J. et Combs, D. (1997, Oct). Neuromuscular retraining for facial paralysis. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 30, 727-743.
- Ding, L., Li, L., Xu, Z., Tian, J., Chen, S., Wang, H., Yang, M., Cui, X., Cao, L. et Jia, J. (2020, Mar). Computer vision technology-based face mirroring system providing mirror therapy for Bell's palsy patients. *Disability and Rehabilitation*, 42(6), 833-840. <https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1510551>
- Eaves, D. L., Riach, M., Holmes, P. S. et Wright, D. J. (2016). Motor imagery during action observation: A brief review of evidence, theory and future research opportunities. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 514. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00514>
- Fattah, A. Y., Gurusinghe, A. D., Gavilan, J., Hadlock, T. A., Marcus, J. R., Marres, H., Nduka, C. C., Slattery, W. H., Snyder-Warwick, A. K. et Sir Charles Bell, S. (2015, Feb). Facial nerve grading instruments: Systematic review of the literature and suggestion for uniformity. *Plastic Reconstructive Surgery*, 135, 569-579. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000000905>
- Feinberg, J. (2006, Feb). EMG: myths and facts. *HSS Journal*, 2(1), 19-21. <https://doi.org/10.1007/s11420-005-0124-0>
- Ferreira, M., Marques, E. E., Duarte, J. A. et Santos, P. C. (2015, Apr). Physical therapy with drug treatment in Bell palsy: a focused review. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94, 331-340. <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000000255>
- Franchi, G. (2001, 03/01). Persistence of vibrissal motor representation following vibrissal pad deafferentation in adult rats. *Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale*, 137, 180-189. <https://doi.org/10.1007/s002210000652>
- Friedman, I. B. A. B. H. G. S. M. J. B. (2010). Using Principles of Motor Learning to Treat Apraxia of Speech after Traumatic Brain Injury. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 18(1), pp13-31.
- Fu, L., Bundy, C. et Sadiq, S. A. (2011, Oct). Psychological distress in people with disfigurement from facial palsy. *Eye (London, England)*, 25, 1322-1326. <https://doi.org/10.1038/eye.2011.158>

- Fujiwara, K., Furuta, Y., Yamamoto, N., Katoh, K. et Fukuda, S. (2018, Aug). Factors affecting the effect of physical rehabilitation therapy for synkinesis as a sequela to facial nerve palsy. *Auris, Nasus, Larynx*, 45(4), 732-739. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2017.10.003>
- Fujiwara, T., Hato, N., Gyo, K. et Yanagihara, N. (2014, Jul). Prognostic factors of Bell's palsy: prospective patient collected observational study. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 271(7), 1891-1895. <https://doi.org/10.1007/s00405-013-2676-9>
- Gagyor, I., Madhok, V. B., Daly, F., Somasundara, D., Sullivan, M., Gammie, F. et Sullivan, F. (2015, Nov 09). Antiviral treatment for Bell's palsy (idiopathic facial paralysis). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (11), Cd001869. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001869.pub8>
- Gagyor, I., Madhok, V. B., Daly, F. et Sullivan, F. (2019, Sep 5). Antiviral treatment for Bell's palsy (idiopathic facial paralysis). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9(9), Cd001869. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001869.pub9>
- Ganz, O. et Mowry, S. (2014). Surgical Management for Facial Palsies. Dans W. H. S. I. a. B. Azzadeh (dir.), *The Facial Nerve*. Thieme.
- Garmi, R., Labbe, D., Coskun, O., Compere, J. F. et Benateau, H. (2013, Aug). Lengthening temporalis myoplasty and brain plasticity: A functional magnetic resonance imaging study. *Annales de Chirurgie Plastique et Esthétique*, 58(4), 271-276. <https://doi.org/10.1016/j.anplas.2013.03.002>
- Gascon, L., Martineau, S., Saltychev, M., Rahal, A. et Moubayed, S. P. (2021). French Canadian Translation, Cultural Adaptation, and Validation of Facial Clinimetric Evaluation Scale and Facial Disability Index Questionnaires for Patients with Peripheral Facial Paralysis. *0(0)*, null. <https://doi.org/10.1089/fpsam.2020.0608>
- Gilden, D. H. (2004, Sep 23). Clinical practice. Bell's Palsy. *New England Journal of Medicine*, 351(13), 1323-1331. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp041120>
- Godoy, A., Ishii, M., Byrne, P. J., Boahene, K. D., Encarnacion, C. O. et Ishii, L. E. (2011, Dec). How facial lesions impact attractiveness and perception: differential effects of size and location. *Laryngoscope*, 121(12), 2542-2547. <https://doi.org/10.1002/lary.22334>

- Guarin, D., Dusseldorp, J., Hadlock, T. et Jowett, N. (2018). A Machine Learning Approach for Automated Facial Measurements in Facial Palsy. *20(4)*, 335-337. <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2018.0030>
- Gyori, E., Przestrzelski, C., Pona, I., Hagmann, M., Rath, T., Radtke, C. et Tzou, C. H. (2018, Jul). Quality of life and functional assessment of facial palsy patients: A questionnaire study. *International Journal of Surgery (London, England)*, *55*, 92-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2018.04.061>
- Heckmann, J. G., Urban, P. P., Pitz, S., Guntinas-Lichius, O. et Gágyor, I. (2019). The Diagnosis and Treatment of Idiopathic Facial Paresis (Bell's Palsy). *Deutsches Arzteblatt international*, *116(41)*, 692-702. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0692>
- Heredia-Rizo, A. M., Oliva-Pascual-Vaca, A., Rodríguez-Blanco, C., Piña-Pozo, F., Luque-Carrasco, A. et Herrera-Monge, P. (2013, Jun). Immediate changes in masticatory mechanosensitivity, mouth opening, and head posture after myofascial techniques in pain-free healthy participants: a randomized controlled trial. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, *36(5)*, 310-318. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2013.05.011>
- Hu, S., Wu, Y., Li, C., Park, K., Lu, G., Mohamed, A. Z., Wu, H., Xu, C., Zhang, W., Wang, L., Yang, J. et Qiu, B. (2015). Increasing functional connectivity of the anterior cingulate cortex during the course of recovery from Bell's palsy. *Neuroreport*, *26(1)*, 6-12. <https://doi.org/10.1097/wnr.000000000000295>
- Infante-Cossio, P., Prats-Golczer, V.-E., Lopez-Martos, R., Montes-Latorre, E., Exposito-Tirado, J. A. et Gonzalez-Cardero, E. (2016). Effectiveness of facial exercise therapy for facial nerve dysfunction after superficial parotidectomy: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, *30(11)*, 1097-1107. <https://doi.org/10.1177/0269215515617309>
- Jack, K., McLean, S. M., Moffett, J. K. et Gardiner, E. (2010). Barriers to treatment adherence in physiotherapy outpatient clinics: a systematic review. *Manual Therapy*, *15(3)*, 220-228. <https://doi.org/10.1016/j.math.2009.12.004>
- Kahn, J. B., Gliklich, R. E., Boyev, K. P., Stewart, M. G., Metson, R. B. et McKenna, M. J. (2001, Mar). Validation of a patient-graded instrument for facial nerve paralysis: the FaCE scale. *Laryngoscope*, *111(3)*, 387-398. <https://doi.org/10.1097/00005537-200103000-00005>

- Kasahara, T., Ikeda, S., Sugimoto, A., Sugawara, S., Koyama, Y., Toyokura, M. et Masakado, Y. (2017, Sep 20). Efficacy of Tape Feedback Therapy on Synkinesis Following Severe Peripheral Facial Nerve Palsy. *Tokai Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 42(3), 139-142.
- Kennard, E. J., Lieberman, J., Saaïd, A. et Rolfe, K. J. (2015, Nov). A Preliminary Comparison of Laryngeal Manipulation and Postural Treatment on Voice Quality in a Prospective Randomized Crossover Study. *Journal of Voice*, 29(6), 751-754. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.09.026>
- Khedr, E. M., Abo El-Fetoh, N., El-Hammady, D. H., Ghandour, A. M., Osama, K., Zaki, A. F. et Gamea, A. (2018, Feb 26). Prognostic role of neurophysiological testing 3-7 days after onset of acute unilateral Bell's palsy. *Neurophysiologie Clinique*. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2018.02.002>
- Kitago, T. et Krakauer, J. W. (2013). Motor learning principles for neurorehabilitation. *Handbook of Clinical Neurology*, 110, 93-103. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-52901-5.00008-3>
- Kleiss, I. J., Beurskens, C. H. G., Stalmeier, P. F. M., Ingels, K. J. A. O. et Marres, H. A. M. (2016, June 01). Synkinesis assessment in facial palsy: validation of the Dutch Synkinesis Assessment Questionnaire [journal article]. *Acta Neurologica Belgica*, 116(2), 171-178. <https://doi.org/10.1007/s13760-015-0528-7>
- Kleiss, I. J., Hohman, M. H., Susarla, S. M., Marres, H. A. et Hadlock, T. A. (2015, Dec). Health-related quality of life in 794 patients with a peripheral facial palsy using the FaCE Scale: a retrospective cohort study. *Clinical Otolaryngology*, 40(6), 651-656. <https://doi.org/10.1111/coa.12434>
- Klingner, C. M., Volk, G. F., Brodoehl, S., Burmeister, H. P., Witte, O. W. et Guntinas-Lichius, O. (2012, Feb). Time course of cortical plasticity after facial nerve palsy: a single-case study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 26(2), 197-203. <https://doi.org/10.1177/1545968311418674>
- Klingner, C. M., Volk, G. F., Brodoehl, S., Witte, O. W. et Guntinas-Lichius, O. (2014). The effects of deafferentation without deafferentation on functional connectivity in patients with facial palsy. *Neuroimage: Clinical*, 6, 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2014.08.011>

- Krakauer, J. W., Carmichael, S. T., Corbett, D. et Wittenberg, G. F. (2012, Oct). Getting neurorehabilitation right: what can be learned from animal models? *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 26(8), 923-931. <https://doi.org/10.1177/1545968312440745>
- Krakauer, J. W. et Mazzoni, P. (2011, Aug). Human sensorimotor learning: adaptation, skill, and beyond. *Current Opinion in Neurobiology*, 21(4), 636-644. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2011.06.012>
- Krisciunas, G. P., Golan, H., Marinko, L. N., Pearson, W., Jalisi, S. et Langmore, S. E. (2016, Aug). A novel manual therapy programme during radiation therapy for head and neck cancer - our clinical experience with five patients. *Clinical Otolaryngology*, 41(4), 425-431. <https://doi.org/10.1111/coa.12535>
- Krisciunas, G. P., Vakharia, A., Lazarus, C., Taborda, S. G., Martino, R., Hutcheson, K., McCulloch, T. et Langmore, S. E. (2019). Application of Manual Therapy for Dysphagia in Head and Neck Cancer Patients: A Preliminary National Survey of Treatment Trends and Adverse Events. 8, 2164956119844151. <https://doi.org/10.1177/2164956119844151>
- Kurosu, M. et Kashimura, K. (1995). *Apparent usability vs. inherent usability: experimental analysis on the determinants of the apparent usability*. Conference Companion on Human Factors in Computing Systems, Denver, Colorado, USA. <https://doi.org/10.1145/223355.223680>
- Kwon, H. J., Choi, J. Y., Lee, M. S., Kim, Y. S., Shin, B. C. et Kim, J. I. (2015, Jun 3). Acupuncture for the sequelae of Bell's palsy: a randomized controlled trial. *Trials*, 16, 246. <https://doi.org/10.1186/s13063-015-0777-z>
- Lallemant, C. et Koenig, V. (2017). La Testing Beyond Usability: Challenges and Recommendations for Assessing User Experiences. *Journal of Usability Studies*, 12(3), 133-154.
- Lapidus, J. B., Lu, J. C.-Y., Santosa, K. B., Yaeger, L. H., Stoll, C., Colditz, G. A. et Snyder-Warwick, A. (2020). Too much or too little? A systematic review of postparetic synkinesis treatment. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 73(3), 443-452. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2019.10.006>

- Levine, E., Degutis, L., Pruzinsky, T., Shin, J. et Persing, J. A. (2005, May). Quality of life and facial trauma: psychological and body image effects. *Annals of Plastic Surgery*, 54(5), 502-510. <https://doi.org/10.1097/01.sap.0000155282.48465.94>
- Lindsay, R. W., Robinson, M. et Hadlock, T. A. (2010). Comprehensive Facial Rehabilitation Improves Function in People With Facial Paralysis: A 5-Year Experience at the Massachusetts Eye and Ear Infirmiry. *Physical Therapy*, 90(3), 391-397. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090176> %J Physical Therapy
- Longo, M. R., Schüür, F., Kammers, M. P., Tsakiris, M. et Haggard, P. (2008, Jun). What is embodiment? A psychometric approach. *Cognition*, 107(3), 978-998. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.12.004>
- Luijmes, R. E., Pouwels, S., Beurskens, C. H., Kleiss, I. J., Siemann, I. et Ingels, K. J. (2017, May). Quality of life before and after different treatment modalities in peripheral facial palsy: A systematic review. *Laryngoscope*, 127(5), 1044-1051. <https://doi.org/10.1002/lary.26356>
- Maas, E., Robin, D. A., Austermann Hula, S. N., Freedman, S. E., Wulf, G., Ballard, K. J. et Schmidt, R. A. (2008, Aug). Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 17, 277-298. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2008/025\)](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2008/025))
- Macuga, K. L. et Frey, S. H. (2012, Feb 1). Neural representations involved in observed, imagined, and imitated actions are dissociable and hierarchically organized. *Neuroimage*, 59(3), 2798-2807. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.09.083>
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M. et Elkins, M. (2003, Aug). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*, 83, 713-721.
- Mancini, F., Beaumont, A.-L., Hu, L., Haggard, P. et Iannetti, G. D. D. (2015). Touch inhibits subcortical and cortical nociceptive responses. *Pain* 156(10). <https://doi.org/10.1097/j.pain.000000000000253>
- Mancini, P., De Seta, D., Prosperini, L., Nicastrì, M., Gabriele, M., Ceccanti, M., Sementilli, G., Terella, M., Bertoli, G. A., Filippo, R. et Inghilleri, M. (2014, Nov). Prognostic factors of Bell's

- palsy: multivariate analysis of electrophysiological findings. *Laryngoscope*, 124(11), 2598-2605. <https://doi.org/10.1002/lary.24764>
- Mandrini, S., Comelli, M., Dall'angelo, A., Togni, R., Cecini, M., Pavese, C. et Dalla Toffola, E. (2016, Dec). Long-term facial improvement after repeated BoNT-A injections and mirror biofeedback exercises for chronic facial synkinesis: a case-series study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 52(6), 810-818.
- Manikandan, N. (2007, Apr). Effect of facial neuromuscular re-education on facial symmetry in patients with Bell's palsy: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 21(4), 338-343. <https://doi.org/10.1177/0269215507070790>
- Mann, W. C., Hurren, D. et Tomita, M. (1993, Nov). Comparison of assistive device use and needs of home-based older persons with different impairments. *American Journal of Occupational Therapy*, 47(11), 980-987. <https://doi.org/10.5014/ajot.47.11.980>
- Martin, F., Belleme, S. et Leon, S. (2002). Le biofeedback électromyographique appliqué aux fonctions oro-faciales. *Rééducation orthophonique*, 210, 129-137.
- Martineau, S., Martel-Sauvageau, V., Piette, E., Chouinard, A.-M., Rahal, A. et Marcotte, K. (2020a). A Pilot Study on the Mirror Effect PLUS Protocol: A Standardized and Adapted Facial Rehabilitation for Acute Bell's Palsy. *Canadian Journal of Speech-Language-Pathology and Audiology*, 44(2), 57-72.
- Martineau, S., Rahal, A., Dufour-Fournier, C. et Marcotte, K. (2018). Rééducation orthophonique post myoplastie d'allongement du temporal (MAT) : Une étude de trois patients. *Revue Canadienne d'Orthophonie et d'Audiologie*, 42, 117-126.
- Martineau, S., Rahal, A., Piette, É., Chouinard, A.-M. et Marcotte, K. (2020b). The Mirror Effect Plus Protocol for acute Bell's palsy: a randomised and longitudinal study on facial rehabilitation. *Acta Oto-Laryngologica*, 1-6. <https://doi.org/10.1080/00016489.2020.1842905>
- Martineau., Gascon., Saltychev., Rahal, A., Marcotte, K. et Moubayed, S. (2020, Sep 22). French Translation and Validation of the Synkinesis Assessment Questionnaire. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 1-5. <https://doi.org/10.1017/cjn.2020.208>

- McCaul, J. A., Cascarini, L., Godden, D., Coombes, D., Brennan, P. A. et Kerawala, C. J. (2014, May). Evidence based management of Bell's palsy. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 52(5), 387-391. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2014.03.001>
- Mehta, R. P., WernickRobinson, M. et Hadlock, T. A. (2007, May). Validation of the Synkinesis Assessment Questionnaire. *Laryngoscope*, 117(5), 923-926. <https://doi.org/10.1097/MLG.0b013e3180412460>
- Minge, M., Thuring, M. et Wagner, I. (2016a). *Developing and Validating an English Version of the meCUE Questionnaire for Measuring User Experience*. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. https://www.researchgate.net/publication/307945825_Developing_and_Validating_an_English_Version_of_the_meCUE_Questionnaire_for_Measuring_User_Experience
- Minge, M., Thuring, M., Wagner, I. et Kuhr, C. V. (2016b). *The meCUE Questionnaire: A Modular Tool for Measuring User Experience*. Applied Human Factors and Ergonomics Society (AHFE), Orlando. https://www.researchgate.net/publication/305877075_The_meCUE_Questionnaire_A_Modular_Tool_for_Measuring_User_Experience
- Monini, S., Buffoni, A., Romeo, M., Di Traglia, M., Filippi, C., Atturo, F. et Barbara, M. (2016, Jun). Kabat rehabilitation for Bell's palsy in the elderly. *Acta Oto-Laryngologica*, 137, 646-650. <https://doi.org/10.1080/00016489.2016.1262553>
- Moverare, T., Lohmander, A., Hultcrantz, M. et Sjogreen, L. (2017, Feb). Peripheral facial palsy: Speech, communication and oral motor function. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 134(1), 27-31. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2015.12.002>
- Munera, A., Cuestas, D. M. et Troncoso, J. (2012, Oct 25). Peripheral facial nerve lesions induce changes in the firing properties of primary motor cortex layer 5 pyramidal cells. *Neuroscience*, 223, 140-151. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2012.07.063>
- Murakami, S., Mizobuchi, M., Nakashiro, Y., Doi, T., Hato, N. et Yanagihara, N. (1996, Jan 1). Bell palsy and herpes simplex virus: identification of viral DNA in endoneurial fluid and muscle.

Annals of Internal Medicine, 124(1 Pt 1), 27-30. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-124-1-part-1-199601010-00005>

Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bedirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L. et Chertkow, H. (2005, Apr). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695-699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>

Neely, J. G., Cherian, N. G., Dickerson, C. B. et Nedzelski, J. M. (2010). Sunnybrook facial grading system: Reliability and criteria for grading. *The Laryngoscope*, 120, 1038-1045. <https://doi.org/10.1002/lary.20868>

Nicastri, M., Mancini, P., De Seta, D., Bertoli, G., Prosperini, L., Toni, D., Inghilleri, M. et Filippo, R. (2013, Jul-Aug). Efficacy of early physical therapy in severe Bell's palsy: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27, 542-551. <https://doi.org/10.1177/1545968313481280>

Oulasvirta, A., Tamminen, S., Roto, V. et Kuorelahti, J. (2005). Interaction in 4-second bursts: the fragmented nature of attentional resources in mobile HCI. Dans *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (p. 919–928). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1054972.1055101>

Oviatt, S. (2006). *Human-centered design meets cognitive load theory: designing interfaces that help people think*. Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimedia, Santa Barbara, CA, USA. <https://doi.org/10.1145/1180639.1180831>

Paolucci, T., Cardarola, A., Colonnelli, P., Ferracuti, G., Gonnella, R., Murgia, M., Santilli, V., Paoloni, M., Bernetti, A., Agostini, F. et Mangone, M. (2020, Feb). Give me a kiss! An integrative rehabilitative training program with motor imagery and mirror therapy for recovery of facial palsy. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 56(1), 58-67. <https://doi.org/10.23736/s1973-9087.19.05757-5>

Park, S., Theodoros, D., Finch, E. et Cardell, E. (2016, Feb). Be Clear: A New Intensive Speech Treatment for Adults With Nonprogressive Dysarthria. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 25(1), 97-110. https://doi.org/10.1044/2015_ajslp-14-0113

- Penteado, T. C. B., Testa, J. R. G., Antunes, M. L. et Chevalier, A.-M. (2009, 6//). Évaluation de la technique Chevalier pour la prévention des séquelles dans la paralysie faciale périphérique: Evaluation of the Chevalier method for the prevention of sequelae after peripheral facial nerve palsy. *Kinésithérapie, la Revue*, 9(90), 40-47. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1779-0123\(09\)74656-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1779-0123(09)74656-X)
- Pereira, L. M., Obara, K., Dias, J. M., Menacho, M. O., Lavado, E. L. et Cardoso, J. R. (2011, Jul). Facial exercise therapy for facial palsy: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 25, 649-658. <https://doi.org/10.1177/0269215510395634>
- Peurala, S. H., Kantanen, M. P., Sjögren, T., Paltamaa, J., Karhula, M. et Heinonen, A. (2012, Mar). Effectiveness of constraint-induced movement therapy on activity and participation after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Rehabilitation*, 26(3), 209-223. <https://doi.org/10.1177/0269215511420306>
- Phillips, B. et Zhao, H. (1993). Predictors of assistive technology abandonment. *Assistive Technology*, 5(1), 36-45. <https://doi.org/10.1080/10400435.1993.10132205>
- Pohl, A., Anders, S., Schulte-Ruther, M., Mathiak, K. et Kircher, T. (2013). Positive facial affect - an fMRI study on the involvement of insula and amygdala. *PloS One*, 8(8), e69886. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069886>
- Preston, J. L., Brick, N. et Landi, N. (2013, Nov). Ultrasound biofeedback treatment for persisting childhood apraxia of speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 22(4), 627-643. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2013/12-0139\)](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2013/12-0139))
- Preston, J. L. et Leaman, M. (2014, 2014/03/04). Ultrasound visual feedback for acquired apraxia of speech: A case report. *Aphasiology*, 28(3), 278-295. <https://doi.org/10.1080/02687038.2013.852901>
- Preston, J. L., Maas, E., Whittle, J., Leece, M. C. et McCabe, P. (2016). Limited acquisition and generalisation of rhotics with ultrasound visual feedback in childhood apraxia. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 30(3-5), 363-381. <https://doi.org/10.3109/02699206.2015.1052563>
- Preston, J. L., McAllister, T., Phillips, E., Boyce, S., Tiede, M., Kim, J. S. et Whalen, D. H. (2018, Aug 8). Treatment for Residual Rhotic Errors With High- and Low-Frequency Ultrasound Visual

- Feedback: A Single-Case Experimental Design. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 61(8), 1875-1892. https://doi.org/10.1044/2018_jslhr-s-17-0441
- Prud'hon, S. et Kubis, N. (2018, Mar 30). [Bell's palsy] La paralysie faciale périphérique a frigore. *Revue de Médecine Interne*, 40, 28-37. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2018.03.011>
- Puls, W. C., Jarvis, J. C., Ruck, A., Lehmann, T., Guntinas-Lichius, O. et Volk, G. F. (2020). Surface electrical stimulation for facial paralysis is not harmful. *Muscle and Nerve*, 61(3), 347-353. <https://doi.org/10.1002/mus.26784>
- Ramachandran, V. S. et Altschuler, E. L. (2009, Jul). The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*, 132, 1693-1710. <https://doi.org/10.1093/brain/awp135>
- Ramachandran, V. S., Rogers-Ramachandran, D. et Cobb, S. (1995, Oct 12). Touching the phantom limb. *Nature*, 377(6549), 489-490. <https://doi.org/10.1038/377489a0>
- Ranganathan, V. K., Siemionow, V., Liu, J. Z., Sahgal, V. et Yue, G. H. (2004). From mental power to muscle power--gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia*, 42(7), 944-956. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.018>
- Ribeiro, D. C., Mącznik, A. K., Milosavljevic, S. et Abbott, J. H. (2018). Effectiveness of extrinsic feedback for management of non-specific low back pain: a systematic review protocol. *BMJ Open*, 8(5), e021259-e021259. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-021259>
- Ross, B., Fradet, G. et Nedzelski, J. M. (1996, Mar). Development of a sensitive clinical facial grading system. *Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 114, 380-386. <https://doi.org/10.1016/s0194-59989670206-1>
- Ross, B., Nedzelski, J. M. et McLean, J. A. (1991, Jul). Efficacy of feedback training in long-standing facial nerve paresis. *Laryngoscope*, 101, 744-750. <https://doi.org/10.1288/00005537-199107000-00009>
- Roth, D. et Latoschik, M. E. (2020, Dec). Construction of the Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ). *IEEE Trans Vis Comput Graph*, 26(12), 3546-3556. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2020.3023603>

- Schmutz, P., Heinz, S., Métrailler, Y. et Opwis, K. (2009, 2009/05/26). Cognitive Load in eCommerce Applications—Measurement and Effects on User Satisfaction. *Advances in Human-Computer Interaction, 2009*, 121494. <https://doi.org/10.1155/2009/121494>
- Segal, B., Zompa, I., Danys, I., Black, M., Shapiro, M., Melmed, C. et Arthurs, B. (1995, Jun). Symmetry and synkinesis during rehabilitation of unilateral facial paralysis. *Journal of Otolaryngology, 24*(3), 143-148.
- Sessle, B. J., Adachi, K., Avivi-Arber, L., Lee, J., Nishiura, H., Yao, D. et Yoshino, K. (2007, Apr). Neuroplasticity of face primary motor cortex control of orofacial movements. *Archives of Oral Biology, 52*(4), 334-337. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2006.11.002>
- Shadmehr, R. et Krakauer, J. W. (2008, Mar). A computational neuroanatomy for motor control. *Experimental Brain Research, 185*(3), 359-381. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1280-5>
- Shea, N. (2014). Distinguishing Top-Down from Bottom-Up Effects. Dans D. Stokes, Matthen, M., Biggs, S. (dir.), *Perception and Its Modalities* (p. 512). Oxford University Press. <https://doi.org/DOI:10.1093/acprof:oso/9780199832798.003.0004>
- Shors, T. et Matzel, L. (1998, 01/01). Long-Term Potentiation: What's Learning Got to Do with It? *The Behavioral and brain sciences, 20*, 597-614; discussion 614. <https://doi.org/10.1017/S0140525X97001593>
- Shumway-Cook, A. et Woolacott, M. H. (2017). *Motor Control: Translating research into clinical practice* (5^e éd.). Wolters Kluwer.
- Sittel, C. et Stennert, E. (2001, Jan). Prognostic value of electromyography in acute peripheral facial nerve palsy. *Otology & Neurotology, 22*(1), 100-104.
- Skouras, E., Ozsoy, U., Sarikcioglu, L. et Angelov, D. N. (2011, 2011/07/01/). Intrinsic and therapeutic factors determining the recovery of motor function after peripheral nerve transection. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger, 193*(4), 286-303. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aanat.2011.02.014>
- Slattery, W. H. et Azizzadeh, B. (2014). *The facial nerve*. Thieme.
- Somasundara, D. et Sullivan, F. (2017). Management of Bell's palsy. *Australian prescriber, 40*(3), 94-97. <https://doi.org/10.18773/austprescr.2017.030>

- Song, W., Cao, Z., Lang, C., Dai, M., Xuan, L., Lv, K., Cui, F., Jorgenson, K., Xu, M. et Kong, J. (2017). Disrupted functional connectivity of striatal sub-regions in Bell's palsy patients. *NeuroImage: Clinical*, 14, 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.01.008>
- Stal, P. (1994). Characterization of human oro-facial and masticatory muscles with respect to fibre types, myosins and capillaries. Morphological, enzyme-histochemical, immunohistochemical and biochemical investigations. *Swedish Dental Journal. Supplement*, 98, 1-55.
- [Record #8732 is using a reference type undefined in this output style.]
- Streiner, D. L. et Norman, G. R. (2008). *Health measurement scales: A practical guide to their development and use*. (4th Edition^e éd.). Oxford University Press.
- Sugden, E., Lloyd, S., Lam, J. et Cleland, J. (2019). Systematic review of ultrasound visual biofeedback in intervention for speech sound disorders. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 54(5), 705-728. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12478>
- Szczepura, A., Holliday, N., Neville, C., Johnson, K., Khan, A. J. K., Oxford, S. W. et Nduka, C. (2020, Oct 5). Raising the Digital Profile of Facial Palsy: National Surveys of Patients' and Clinicians' Experiences of Changing UK Treatment Pathways and Views on the Future Role of Digital Technology. *Journal of Medical Internet Research*, 22(10), e20406. <https://doi.org/10.2196/20406>
- Taeger, J., Bischoff, S., Hagen, R. et Rak, K. (2020, 2020/08/01). Development of a smartphone app for neuromuscular facial training. *HNO*, 68(2), 79-85. <https://doi.org/10.1007/s00106-020-00880-7>
- Takahashi, H., Hitsumoto, Y., Honda, N., Hato, N., Mizobuchi, M., Murakami, S., Kisaki, H., Wakisaka, H. et Gyo, K. (2001). Mouse Model of Bell's palsy Induced by Reactivation of Herpes Simplex Virus Type 1. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, 60(6), 621-627. <https://doi.org/10.1093/jnen/60.6.621> %J Journal of Neuropathology & Experimental Neurology
- Taub, E., Miller, N. E., Novack, T. A., Cook, E. W., 3rd, Fleming, W. C., Nepomuceno, C. S., Connell, J. S. et Crago, J. E. (1993, Apr). Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74(4), 347-354.

- Taub, E. et Uswatt, G. (2006). Constraint-Induced Movement therapy: answers and questions after two decades of research. *NeuroRehabilitation*, 21(2), 93-95.
- Teixeira, L. J., Valbuza, J. S. et Prado, G. F. (2011, Dec 7). Physical therapy for Bell's palsy (idiopathic facial paralysis). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (12), Cd006283. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006283.pub3>
- Thüring, M. et Mahlke, S. (2007). Usability, aesthetics and emotions in human technology interaction. *Journal of International Journal of Psychology*, 42, 253-264. <https://doi.org/10.1080/00207590701396674>
- Tsakonas, G. et Papatheodorou, C. (2008, 2008/05/01/). Exploring usefulness and usability in the evaluation of open access digital libraries. *Information Processing & Management*, 44(3), 1234-1250. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ipm.2007.07.008>
- Valente, S. M. (2009, Jan-Mar). Visual disfigurement and depression. *Plastic Surgical Nursing*, 29(1), 10-16; quiz 17-18. <https://doi.org/10.1097/01.Psn.0000347718.75285.23>
- VanSwearingen, J. (2008, May). Facial rehabilitation: A neuromuscular reeducation, Patient-centered approach. *Facial Plastic Surgery*, 24(2), 250-259. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1075841>
- VanSwearingen, J. et Brach, J. (1996). The Facial Disability Index: Reliability and Validity of a Disability Assessment Instrument for Disorders of the Facial Neuromuscular System. *Physical Therapy* 76, 1288-1298.
- VanSwearingen, J. M., Cohn, J. F., Turnbull, J., Mrzai, T. et Johnson, P. (1998, Jun). Psychological distress: Linking impairment with disability in facial neuromotor disorders. *Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 118(6), 790-796. [https://doi.org/10.1016/s0194-5998\(98\)70270-0](https://doi.org/10.1016/s0194-5998(98)70270-0)
- Vogt, S., Di Rienzo, F., Collet, C., Collins, A. et Guillot, A. (2013, Nov 25). Multiple roles of motor imagery during action observation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 807. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00807>
- Volk, G. F., Granitzka, T., Kreysa, H., Klingner, C. M. et Guntinas-Lichius, O. (2017, Jan). Initial severity of motor and non-motor disabilities in patients with facial palsy: an assessment

- using patient-reported outcome measures. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 274(1), 45-52. <https://doi.org/10.1007/s00405-016-4018-1>
- Volk, G. F., Steinerstauch, A., Lorenz, A., Modersohn, L., Mothes, O., Denzler, J., Klingner, C. M., Hamzei, F. et Guntinas-Lichius, O. (2019, Jan). Facial motor and non-motor disabilities in patients with central facial paresis: a prospective cohort study. *Journal of Neurology*, 266(1), 46-56. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-9099-x>
- Von Piekartz, H. (2011). Dysregulationen des autonomen Nervensystems. Dans P. Westerhuis, Wienser, R. (Eds.), (dir.), *Klinische Muster in Der Manuellen Therapie* (p. pp. 221e237.). Thieme.
- Vrabec, J. T., Backous, D. D., Djalilian, H. R., Gidley, P. W., Leonetti, J. P., Marzo, S. J., Morrison, D., Ng, M., Ramsey, M. J., Schaitkin, B. M., Smouha, E., Toh, E. H., Wax, M. K., Williamson, R. A., Smith, E. O. et Facial Nerve Disorders, C. (2009, Apr). Facial Nerve Grading System 2.0. *Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 140, 445-450. <https://doi.org/10.1016/j.otohns.2008.12.031>
- Wambaugh, J. L., Wright, S., Boss, E., Mauszycki, S. C., DeLong, C., Hula, W. et Doyle, P. J. (2018, Mar 1). Effects of Treatment Intensity on Outcomes in Acquired Apraxia of Speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 27(1s), 306-322. https://doi.org/10.1044/2017_ajslp-16-0188
- Wambaugh, J. L., Wright, S., Nessler, C., Mauszycki, S. C., Bunker, L., Boss, E., Zhang, Y., Hula, W. D. et Doyle, P. J. (2020, Feb 7). Further Study of the Effects of Treatment Intensity on Outcomes of Sound Production Treatment for Acquired Apraxia of Speech: Does Dose Frequency Matter? *American Journal of Speech-Language Pathology*, 29(1), 263-285. https://doi.org/10.1044/2019_ajslp-19-00005
- Warner, M. J. et Dulebohn, S. C. (2020). Bell Palsy. Dans *StatPearls*. StatPearls Publishing LLC.
- Weppler, C. H. et Magnusson, S. P. (2010, Mar). Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? *Physical Therapy*, 90(3), 438-449. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090012>

- Wolpert, D. M., Diedrichsen, J. et Flanagan, J. R. (2011, 2011/12/01). Principles of sensorimotor learning. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(12), 739-751. <https://doi.org/10.1038/nrn3112>
- Wright, D. J., Williams, J. et Holmes, P. S. (2014). Combined action observation and imagery facilitates corticospinal excitability. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 951. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00951>
- Yoo, J. H., Woo, H. H. et Lee, D. K. (2009). Neuropsychologic Analysis of Acute Bell's Palsy. *Annals of Clinical Neurophysiology*, 11(2), 48-53.
- Yoon, J. A., Koo, B. I., Shin, M. J., Shin, Y. B., Ko, H. Y. et Shin, Y. I. (2014, Aug). Effect of constraint-induced movement therapy and mirror therapy for patients with subacute stroke. *Ann Rehabil Med*, 38(4), 458-466. <https://doi.org/10.5535/arm.2014.38.4.458>
- Ziegler, W. et Vogel, M. (2010). Dysarthrie. Dans Thieme (dir.), *Verstehen - Untersuchen - Behandeln*, .

Annexes

Annexe A - Échelle de symétrie faciale FNGS 2.0

Région				
Score	Sourcil	Oeil	Pli nasogénien	Commissure orale
1	Normal	Normal	Normal	Normal
2	Légère faiblesse >75% normal	Légère faiblesse >75% normal Fermeture complète avec effort léger	Légère faiblesse >75% normal	Légère faiblesse >75% normal
3	Faiblesse évidente >50% normal Symétrie au repos	Faiblesse évidente >50% normal Fermeture complète avec effort maximal	Faiblesse évidente >50% normal Symétrie au repos	Faiblesse évidente >50% normal Symétrie au repos
4	Asymétrie au repos <50% normal	Asymétrie au repos <50% normal Ne peut fermer complètement	Asymétrie au repos <50% normal	Asymétrie au repos <50% normal
5	Mouvement minime	Mouvement minime	Mouvement minime	Mouvement minime
6	Pas de mouvement	Pas de mouvement	Pas de mouvement	Pas de mouvement

Mouvement secondaire : syncinésies (évaluation globale)

Score	Degré de mouvement
0	Aucun
1	Légères syncinésies: contracture minimale
2	Syncinésies évidentes: contractures légères à modérées
3	Syncinésies défigurantes: contractures sévères

Reporter les scores totaux de chaque region et du mouvement secondaire

Grades	Scores totaux
I	4
II	5-9
III	10-14
IV	15-19
V	20-23
VI	24

Annexe B - Échelle de symétrie faciale Sunnybrook

Système de gradation faciale													
Symétrie au repos (comparé au côté sain)		Symétrie de mouvements volontaires (degré d'excursion musculaire comparé au côté sain)						Syncinésies (degré de contraction involontaire dans chaque expression)					
Yeux (choisir un seul)		Expression	Pas capable d'initier le mouvement/ pas de mouvement	Initie un mouvement léger	Initie un mouvement avec excursion légère	Mouvement presque complet	Mouvement complet	Score	Aucun : pas de syncinésies	Léger : un peu de syncinésies	Modéré : Évidentes mais qui ne défigurent pas	Sévères : Mvt important de plusieurs muscles	Score
Normal	0	Plier front	1	2	3	4	5		0	1	2	3	
Étroit	1	Fermer les yeux	1	2	3	4	5		0	1	2	3	
Grand	1	Sourire bouche ouverte	1	2	3	4	5		0	1	2	3	
Chirurgie de la paupière	1	Grogner	1	2	3	4	5		0	1	2	3	
Joue + pli naso-génien normal	0	Baiser	1	2	3	4	5		0	1	2	3	
absent	2		Asymétrie complète	Asymétrie sévère	Asymétrie modérée	Asymétrie légère	Symétrie normale		Total = Score de syncinésies				
Moins prononcé	1	Total x 4 = Score du mouvement volontaire											
Plus prononcé	1	Score du mouvement volontaire – score de symétrie au repos – score de syncinésies : Score composite sur 100 :											
Bouche													
normale	0												
Coin affaissé	1												
Coin remonté/ étiré	1												
TOTAL													
Total x 5 = score de symétrie au repos													

Interprétation du Score global : Minimum possible 0 : très affecté Maximum possible 100 % : Normal

0 à 18 : sévère 19 à 38 : modéré à sévère 39 à 59 : modéré 60 à 79 : léger à modéré 80 à 99 : léger 100 : Normal

SUNNYBROOK FACIAL GRADING SYSTEM (Ross et al, 1993) Traduction libre par Sarah Martineau, M. Sc., Orthophoniste – 2013.

Corrections 2016

**Annexe C – A Pilot Study on the Mirror Effect PLUS Protocol: A
Standardized and Adapted Facial Rehabilitation for Acute
Bell’s Palsy**

Lien : https://cjslpa.ca/files/2020_CJSLPA_Vol_44/No_2/CJSLPA_Vol_44_No_2_2020_MS_1197.pdf

KEYWORDS

ACUTE BELL'S PALS

MIRROR EFFECT

FACIAL REHABILITATION

RECOVERY

FACIAL PALS

FACIAL EXPRESSIONS

Sarah Martineau

CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal (Hôpital Maisonneuve-Rosemont), Montréal, QC, CANADA

Centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l'Île-de-Montréal, Montréal, QC, CANADA

Université de Montréal, Montréal, QC, CANADA

Vincent Martel-Sauvageau

Centre interdisciplinaire de recherche en réadaptation et intégration sociale, Québec, QC, CANADA

Université Laval, Québec, QC, CANADA

Éric Piette

Centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l'Île-de-Montréal, Montréal, QC, CANADA

CIUSSS du Nord-de-l'Île-de-Montréal (Hôpital du Sacré-Coeur), Montréal, QC, CANADA

Université de Montréal, Montréal, QC, CANADA

Akram Rahal

CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal (Hôpital Maisonneuve-Rosemont), Montréal, QC, CANADA

Université de Montréal, Montréal, QC, CANADA

Anne-Marie Chouinard, and Karine Marcotte

Centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l'Île-de-Montréal, Montréal, QC, CANADA

Université de Montréal, Montréal, QC, CANADA

Editor-in-Chief:

David H. McFarland



A Pilot Study on the Mirror Effect PLUS Protocol: A Standardized and Adapted Facial Rehabilitation for Acute Bell's Palsy



Une étude pilote sur le protocole *Effet Miroir Plus*, une rééducation orthophonique standardisée et adaptée à la paralysie de Bell en phase aiguë

Sarah Martineau

Vincent Martel-Sauvageau

Éric Piette

Akram Rahal

Anne-Marie Chouinard

Karine Marcotte

Abstract

Combining early facial exercises with medication may help patients with acute Bell's palsy recover significantly faster and better than patients treated with medication alone. To date, exercise therapy in acute Bell's palsy consists mostly of transferring facial rehabilitation techniques that were developed for chronic Bell's palsy, despite the differences between those stages. The aim of this pilot study was to estimate the efficacy of the Mirror Effect PLUS Protocol, the first facial rehabilitation protocol specifically designed for acute Bell's palsy. Ten patients with acute moderate-to-severe, severe, and total Bell's palsy were recruited and assigned randomly to the Mirror Effect PLUS Protocol group or the control group. Both groups received the recommended medications. In addition, patients in the rehabilitation group performed exercises that were completed using a computer that duplicated their healthy hemiface. Compared to controls, a greater number of patients in the Mirror Effect PLUS Protocol group presented better facial symmetry and greater satisfaction towards their facial function. There were no differences in recovery between the rehabilitation and control groups; however, for the subset of patients with severe palsy, the Mirror Effect PLUS Protocol improved and accelerated recovery. These preliminary results support the hypothesis that the Mirror Effect PLUS Protocol enhances the recovery of severe acute Bell's palsy. However, replication of these results with larger samples is necessary. Additionally, the intervention's precise mechanisms of action need to be investigated thoroughly to exclude the effect of spontaneous recovery.

Abrégé

Combiner une rééducation orthophonique à la prise de médicaments pourrait favoriser un rétablissement plus rapide et optimal des patients présentant une paralysie de Bell en phase aiguë, comparativement à la prise seule de médicaments. Présentement, la rééducation qui est offerte aux patients présentant une paralysie de Bell en phase aiguë consiste principalement en l'utilisation de techniques ayant été développées pour les patients ayant une paralysie de Bell chronique, et ce, malgré les différences entre ces stades de la pathologie. L'objectif de la présente étude pilote était d'évaluer l'efficacité du protocole Effet Miroir Plus, un premier protocole de rééducation orthophonique spécifiquement conçu pour la paralysie de Bell en phase aiguë. Dix patients présentant une paralysie de Bell en phase aiguë de degré « modéré à sévère » ou « sévère », ou encore, pouvant être qualifiée de « totale » ont été recrutés. Ceux-ci ont été divisés aléatoirement dans deux groupes : un groupe de patients à qui le protocole Effet Miroir Plus a été administré et un groupe contrôle. Les deux groupes ont pris les médicaments recommandés dans le traitement standard de la paralysie de Bell. Les patients du groupe à qui une rééducation orthophonique a été offerte ont également effectué des exercices musculaires en utilisant un ordinateur qui dupliquait leur hémiface saine. Lorsque comparés aux patients du groupe contrôle, un plus grand nombre de patients du groupe Effet Miroir présentaient une meilleure symétrie faciale et une plus grande satisfaction à l'égard de leur fonction faciale. En termes de rétablissement, aucune différence n'a été notée entre les groupes, sauf pour le sous-ensemble de patients ayant une paralysie de degré « sévère ». Dans ce cas précis, le protocole Effet Miroir Plus a amélioré et accéléré le rétablissement. Ces résultats préliminaires soutiennent l'hypothèse que le protocole Effet Miroir Plus améliore le rétablissement des patients ayant une paralysie de Bell en phase aiguë de degré « sévère ». Il sera toutefois nécessaire de répliquer ces résultats avec des échantillons plus importants. Ajoutons qu'il sera également important d'investiguer de façon approfondie les mécanismes d'action précis de la rééducation orthophonique pour exclure l'hypothèse d'un rétablissement spontané.

Idiopathic peripheral facial palsy, also called Bell's palsy (BP), is a distressing condition in which people abruptly lose their facial motor function (Prud'hon & Kubis, 2018). With an annual incidence estimated between 11 and 53.3 new cases per 100,000 persons, BP is the most frequent peripheral facial palsy (Ferreira, Marques, Duarte, & Santos, 2015). BP is thought to be caused by the reactivation of the herpes simplex type 1 virus at the level of the facial nerve (de Almeida et al., 2014). The virus causes inflammation and nerve entrapment in the internal auditory canal and/or stylomastoid foramen and can potentially lead to axonal injury (Ferreira et al., 2015). To date, the combination of corticosteroid and antiviral therapies is the "gold standard" for treating acute BP (Gagyor et al., 2015; Sullivan, Daly, & Gagyor, 2016). Complete recovery is expected without treatment in 70% of BP cases and this proportion increases with oral corticosteroid and antiviral treatment (Prud'hon & Kubis, 2018). Despite adequate medication, 5% to 30% of patients that present with acute severe and total BP are at risk of developing permanent sequelae, such as synkinesis, dysarthria, and oral dysphagia (Prud'hon & Kubis, 2018). Early facial rehabilitation could further reduce the proportion of patients with permanent sequelae (Ferreira et al., 2015); however, there are few efficiency studies on this topic and the rehabilitation programs that consider the specificity of acute BP are lacking (de Almeida et al., 2014).

Recent neuroimaging studies have shown that BP causes significant neuroanatomical changes in sensorimotor associative areas as soon as the first few days following onset (Klingner, Volk, Brodoehl, Witte, & Guntinas-Lichius, 2014; Song et al., 2017). These early changes suggest that these BP-induced cortical modifications are the result of a discordance between the motor efferents that are preserved and the sensory afferents that are affected (Klingner et al., 2014). In other words, in BP (as opposed to facial palsy caused by central injury, such as a stroke), the palsy prevents the efferent signal from reaching the muscles, but the sensory afferents that indicate muscle immobility are detected by the sensory cortex, which causes an early sensory-motor mismatch (Song et al., 2017). The speed at which these changes develop suggests that rapid intervention is desirable (Barbara, Antonini, Vestri, Volpini, & Monini, 2010; Monini et al., 2016). However, very few high-quality studies have been conducted to evaluate the effect of facial rehabilitation in acute BP, considering the high rates of spontaneous and complete recovery (de Almeida et al., 2014).

A literature review and meta-analysis conducted by Pereira et al. (2011) showed that data on early facial therapy were scarce and that no meta-analysis was possible on that

matter; a meta-analysis was only possible for interventions in chronic facial palsy. In a more recent systematic review, Ferreira et al. (2015) searched over 200 studies to answer the following question: Can exercise therapy and standard drug treatment have positive effects on the quality and time of recovery for acute and subacute BP? Only four clinical trials met the quality criteria to be included in the review, which confirms the need for more research. The described protocols used for acute intervention in these studies were either developed for chronic BP or were not described well enough to be replicated. The rehabilitation protocols tested in these studies included Neuromuscular Retraining, which consists in individualised facial exercises (Nicastri et al., 2013); Kabat Rehabilitation, which consists of stretching and manipulating the face (Barbara et al., 2010); the Chevalier Method, which consists of analytic muscle exercises (Penteado, Testa, Antunes, & Chevalier, 2009); and finally, electrical stimulation combined with exercise therapy (Alakram & Puckree, 2010).

These studies, however, had several methodological issues such as inadequate follow-up, a lack of blind assessors, and a lack of allocation concealment. Two of these studies did not include randomization (Alakram & Puckree, 2011; Penteado et al., 2009). Only one of these studies received a good methodological quality score (Nicastri et al., 2013), which was evaluated by the PEDro Scale (see Maher, Sherrington, Herbert, Moseley, & Elkins, 2003, for more information on the PEDro scale); the others were rated as either fair or poor (Alakram & Puckree, 2011; Barbara et al., 2010; Penteado et al., 2009). Nonetheless, based on that small sample, Ferreira et al.'s (2015) conclusions are interesting: Early facial rehabilitation combined with the gold standard medication helps patients with severe, total, and persistent BP (over 14 days post-onset) to recover significantly faster and to a better extent than patients who received the medication alone.

Development of the Mirror Effect PLUS Protocol

To date, none of the existing facial rehabilitation protocols thoroughly described in the literature were specifically designed for acute BP. Very little data support the use of facial exercise therapy in acute BP despite its potential benefits for recovery (Ferreira et al., 2015). As a result, medical guidelines cannot recommend exercise therapy for acute BP (de Almeida et al., 2014). The Mirror Effect PLUS Protocol (MEPP) was thus developed to fill this important gap. **Table 1** offers an overview of the characteristics of the MEPP.

The MEPP is the first standardized facial rehabilitation protocol designed for acute moderate-to-severe, severe,

Table 1	
Description of the Mirror Effect PLUS Protocol	
Mirror Effect Plus Protocol	
Structure	
Assessments	<p>First assessment between day 10 and 14 post-onset</p> <p>Monthly follow-up assessments. Allow adjustments of the exercises if needed and if apparition of synkinesis is detected</p>
Therapy sessions	<p>45 minutes, twice a week for 2 weeks. Add therapies weekly for trouble shooting if needed</p> <ul style="list-style-type: none"> • Education on facial anatomy and function • Description of the facial exercises and adjustments made if needed • Progressive diminution of commentaries/feedback during therapy. This should help motor learning even if it decreases spontaneous motor performance
Home exercises	<p>10 minutes of facial massages (twice a day)</p> <p>15 minutes of daily facial exercises with a specialised website using the mirror effect. (see below)</p> <p>Motor imagery sessions for total facial palsy and to help integrate the facial anatomy as well as subtle kinaesthetic cueing</p> <p>*In case of synkinesis: make target movement without eliciting the synkinesis by reducing amplitude of target movement. Repeat in series of 5 repetitions, twice a day</p> <p>Education on facial anatomy and function</p>
Exercises	
Nature	<p>Think about something surprising and rise gently the eyebrows. Release.</p> <p>Think about something frustrating and gently frown the eyebrows. Release.</p> <p>Close and open the eyes very SLOWLY while feeling progressively the opening and closing on the eyelid.</p> <p>Think about something disgusting and wrinkle your nose GENTLY and briefly. Release.</p> <p>Think about something funny and smile with closed mouth. Release.</p> <p>Think about something funny and smile with open mouth. (The index finger should follow the movement on the cheeks). Release.</p> <p>Think about someone you love and send him/her a kiss. Release.</p> <p>Think about something disgusting and make a gentle inverted smile. Release.</p>
Repetitions	5 times each
Randomization	Each exercise sequence should be done in a random order, from session to session.
Contraction/Rest time ratio	Hold contraction for 3 seconds, rest for 3 to 5 seconds.

Note. * = optional.

and total BP. It was developed as a two-step procedure. First, it is based on relevant components from two existing facial rehabilitation protocols: the Mirror Effect Protocol

(Blanchin, Martin, & Labbe, 2013; Garmi, Labbé, Coskun, Compère, & Bénateau, 2013) and Neuromuscular Retraining protocol (Diels, 1995). The Mirror Effect Protocol was

designed to help patients regain smile symmetry after corrective facial surgery. It uses modified visual biofeedback that is created by a computer application, software, or a website that duplicates the patient's healthy hemiface during facial exercises (Blanchin et al., 2013). We included the use of a modified visuo-feedback mechanism in the MEPP because it should decrease the early cortical sensory-motor disturbances that occur in acute BP, which makes the MEPP particularly well-suited for early intervention in BP. Interestingly, the Mirror Effect Protocol has been shown to be effective (Blanchin et al., 2013) and to increase patients' compliance (Martineau, Rahal, Dufour-Fournier, & Marcotte, 2018). As the Mirror Effect Protocol was developed to help regain smile symmetry, it mainly focuses on moving the muscles around the mouth (Blanchin et al., 2013). In the MEPP, exercises for different facial regions (forehead, eyes, nose, and neck) were added.

Also, components of the Neuromuscular Retraining protocol (Diels & Combs, 1997) were included in the MEPP. For chronic BP, Neuromuscular Retraining is considered to be the gold standard for facial rehabilitation (Pereira et al., 2011). It mostly consists of re-learning adequate facial movements through individualized, slow, and specific facial exercises (Diels, 1995). Some of its components regarding the neural and motor mechanisms of the facial musculature, such as the importance of working slowly and using emotional feedback (Diels & Beurskens, 2014), are also relevant for acute BP therapy. Taking those components into account allowed us to provide more precise instructions than the original instructions for the original Mirror Effect Protocol. For example, we used "Think about something surprising and gently raise the eyebrows. Release," rather than "Lift the eyebrows."

Some parameters of both the Mirror Effect Protocol and Neuromuscular Retraining, particularly the exercises (i.e., their precise nature, the number of repetitions, and the contraction/rest time ratio), are not well-defined in the literature. Consequently, as a second step for the development of the MEPP, all the missing components were defined using motor learning principles (Caramazza, Anzellotti, Strnad, & Lingnau, 2014; Cisek & Kalaska, 2010; Eaves, Riach, Holmes, & Wright, 2016; Maas et al., 2008; Macuga & Frey, 2012; Ramachandran & Altschuler, 2009; Ramachandran, Rogers-Ramachandran, & Cobb, 1995; Shea, 2014; Shumway-Cook & Woolacott, 2017; Vogt, Di Rienzo, Collet, Collins, & Guillot, 2013; Wright, Williams, & Holmes, 2014) and based on the characteristics of the facial muscles in acute BP (Devriese, 1994; Diels & Beurskens, 2014; Mancini et al., 2014; Monini et al., 2016; Nicastrì et al., 2013; Nusser-Müller-Busch, 2015; Pohl, Anders, Schulte-Ruther, Mathiak, & Kircher, 2013; Prud'hon & Kubis, 2018;

Ranganathan, Siemionow, Liu, Sahgal, & Yue, 2004; Sittel & Stennert, 2001; Stal, 1994). By combining motor learning principles and the characteristics of the facial muscles in acute BP, we developed a well-defined protocol specifically designed for acute interventions in patients with BP.

Very few facial rehabilitation programs have been thoroughly described and there is no specific standardized re-education protocol for acute BP. The purpose of this article is to describe the MEPP, a protocol that was based on the Mirror Effect Protocol and Neuromuscular Retraining and developed based on relevant motor learning principles and the particularities of the facial muscles and issues encountered in acute BP. To demonstrate the clinical use of the MEPP, we present a pilot study to estimate the efficacy of the MEPP in acute moderate-to-severe, severe, and total BP by comparing two different conditions: medical treatment (i.e., medication) alone, which is the gold standard treatment for acute BP, and medical treatment combined with the MEPP. Our hypothesis was that the combination of medical treatment and the MEPP would enhance patients' recovery from severe and total BP, compared to medical treatment alone.

Method

Participants and Procedure

This pilot study is part of a larger study. Of the 123 referrals received between January 2017 and October 2018, 10 patients (4 men, 6 women, $M_{age} = 50.7$ years) were recruited. All patients were recruited from the emergency rooms at the Hôpital du Sacré-Coeur de Montréal and Hôpital Maisonneuve-Rosemont as well as the Otorhinolaryngology department of the Hôpital Maisonneuve-Rosemont. The participants had no other diseases or health problems and took no medications on a regular basis prior to BP onset. This was their first episode of BP, and they all received the recommended medications for severe and total BP (1000 mg of valacyclovir three times a day for 7 days and 50 mg of prednisone once a day for 10 days) within 72 hours of disease onset (Gagyor et al., 2015). Patients provided their free and informed consent to participate in the experiment, which was conducted with the approval of the ethics committee of *Centre de recherche du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux du Nord-de-l'île-de-Montréal* (MP-32-2017-1365).

To assess the severity of facial palsy, most studies use the Facial Nerve Grading System (FNGS; Di Stadio, 2015), also called the House-Brackmann Scale (House & Brackmann, 1985). The Sunnybrook Facial Grading System (SB; Ross, Fradet, & Nedzelski, 1996) was developed a few years after the FNGS and is more sensitive to changes than

FNGS (Kanerva, Poussa, & Pitkaranta, 2006). More recently, Vrabec et al. (2009) developed the Facial Nerve Grading System 2.0 (FNGS 2.0) to incorporate regional scoring and synkinesis scoring. The FNGS 2.0 shows high intra- and inter-observer agreement with the FNGS scale, as well as better sensitivity to changes than the original FNGS (Vrabec et al., 2009). Although the FNGS 2.0 and SB facial nerve grading scales have excellent agreement and validity (Fattah et al., 2015), these scales do not evaluate the effect of the facial palsy on the patient's quality of life (Coulson, O'Dwyer, Adams, & Croxson, 2004) and its functional impact on speech and the oral stage of swallowing (i.e., lip seal and bolus preparation). The Facial Disability Index is one of the most frequently used and best-validated self-report questionnaires for the assessment of physical and social/well-being functions in facial palsy (Brach, VanSwearingen, Delitto, & Johnson, 1997). The Facial Disability Index provides additional information on the handicap caused by the facial palsy and describes how the facial palsy affects the patient's quality of life.

For the present study, a certified speech-language pathologist (SM) assessed the severity of BP, 10 to 14 days after onset, using the FNGS 2.0 (Vrabec et al., 2009) and SB (Ross et al., 1996) grading systems. Both scales were chosen for their high inter-observer agreement and validity (Fattah et al., 2015). Only patients who still presented moderate-to-severe, severe, or total BP (FNGS 2.0 grades 4, 5, or 6) on this initial assessment were recruited for the study.

To measure the patients' perception regarding their speech and swallowing impairments, each participant was asked the Facial Disability Index's first three questions on physical function during the initial assessment and at 2 months post-onset. These three questions were related to swallowing solids, drinking liquids, and making specific sounds with their mouths. A disability score for speech and swallowing was calculated at both timepoints using the formula proposed by VanSwearingen and Brach (1996):

$$\frac{\text{Total Score (questions 1-3)} - N}{N} \times \frac{100}{4}$$

where $N = 3$ (number of questions answered in the present study), which gives a score that ranges from -25 (worst) to 100 (best).

After the first assessment, patients were assigned using balanced block randomization to either the MEPP intervention group ($n = 5$; 1 man, 4 women) or the control group ($n = 5$; 3 men, 2 women). Computerized randomization was performed by an external researcher who was not in direct contact with the patients. Two reassessments were conducted at 1 and 2 months post-

onset. Each assessment was video-recorded with a Samsung Galaxy S5-Neo, transferred to a PC, and converted into an MP4 video file.

The position of the camera was standardized and always positioned in front of the patient at a distance of approximately 1 meter. The video files of these two assessments were analyzed by three independent, certified speech-language pathologists who were blinded to the assessment time and group assignment. All the FNGS 2.0 grades and SB scores reported in this study were determined by the blinded assessors based on their observations of the videos.

Intervention protocols. **Table 1** provides a detailed description of the MEPP. We also provide details on each therapy session for clarity and replicability (see Appendix), including the duration, objectives pursued, and intervention techniques. Briefly, the intervention group received the MEPP, which was administered during four in-clinic sessions that took place in the first 2 weeks after the first assessment. During those four sessions, the patients received information on facial function and anatomy and practiced motor imagery (see Eaves et al., 2016). The facial exercises were then explained and executed with the help of a free web page that provides modified visual biofeedback and a symmetrical face (www.webcamtoy.com). Facial exercises were provided for each muscle group of the face with emotional cueing, a specific pace, and a contraction/rest time ratio. A written document that contained detailed information about the exercises was given to each patient. Exercises were continued at home twice a day until recovery.

The control group received basic counselling, such as instructions on how to avoid excessive facial movements, but did not attend any therapy sessions.

Outcome definition and measurement. Based on the work of Nicastrì et al. (2013), the primary outcome was the improvement in recovery at each assessment time as measured by the FNGS 2.0 and SB scales. Recovery was defined as an FNGS 2.0 grade of 2 or less (Nicastrì et al., 2013) and an SB score of 60 or more (Neely, Cherian, Dickerson, & Nedzelski, 2010). The secondary outcome was any improvement reported by the patients with regard to their speech and swallowing impairments, which were assessed using the difference (over time) in the physical function score of the Facial Disability Index. Recently, patient-related outcome measures have gained attention as important measures of satisfaction towards interventions in facial palsy (Gyori et al., 2018); however, their use remains relatively scarce compared to

the use of impairment-based scales, which are clinician-administered. Gyori et al. (2018) reported that only 12% of the professionals that worked with facial palsy patients used the Facial Disability Index. In comparison, Santosa, Fattah, Gavilán, Hadlock, and Snyder-Warwick (2017) reported that 60% of clinicians used the FNGS and 58% used the SB. Therefore, to be able to compare our findings with other studies and render them uniform with clinical and research settings worldwide, we chose to use the scores from the FNGS 2.0 and SB as primary outcomes and the Facial Disability Index score as a secondary outcome.

Statistical analysis. To illustrate the effect of the treatment between the two samples, we calculated the Cohen's *d* standardized mean effect. This descriptive statistic is based on the mean difference between two subjects, divided by the pooled standard deviation (Cohen, 1977). We calculated it for the FNGS 2.0 and SB results. According to Cohen's convention, an effect is considered large if $d = 0.8$, moderate if $d = 0.5$, and small if $d = 0.2$ (Cohen, 1977). To ensure a more reliable and accurate comparison of the two groups, we included a stratification as previously performed by Nicastrì et al. (2013). In their study, they stratified their patients by FNGS grades and showed that therapy was efficient only for patients with grade 5 (severe) and grade 6 (total) palsies and not for patients with grade 4 (moderate to severe) palsies. A similar post-hoc procedure was performed in the present study. Based on Nicastrì et al. (2013), the stratification was performed to include only initial FNGS 2.0 grades 5 (severe). We did not include grades 6 as only one patient, which was in the MEPP group, had this initial grade.

Results

Table 2 presents the demographic characteristics of both groups, their FNGS 2.0 grades, and their SB and Facial Disability Index scores, all of which were obtained during the first assessment (i.e., 10–14 days post-onset). The inter-rater agreement between the blinded assessors was measured for both the FNGS 2.0 and SB and revealed intra-class correlation coefficients of 0.98, 95% CI [0.97, 0.99] and 0.97, 95% CI [0.95, 0.99], respectively. At baseline, the MEPP group presented with more severe BP than the control group (mean FNGS 2.0 grades of 5 and 4.6, respectively, and mean SB scores of 17 and 27, respectively), but these differences were not statistically significant when evaluated by the Mann-Whitney test ($p = .643$ and $.310$, respectively).

As reported in **Table 3**, at 1 month post-onset, one patient in the MEPP group reached the primary outcome, but none of the patients in the control group reached this outcome. At 2 months post-onset, four patients in the MEPP group reached a grade of 2 or less, but only one patient in the control group reached a grade of 2. **Table 4** displays the SB scores obtained for each patient at each of the assessment times. At 1 month post-onset, two patients in the MEPP group and three patients in the control group had scores of 60 or more (i.e., recovery). At 2 months post-onset, four patients in each group had scores of 60 or more, but the MEPP group had higher scores overall. Finally, **Table 5** presents the individual scores for speech and swallowing from the physical function of the Facial Disability Index at the initial and final assessments. In the MEPP group, three patients indicated that they had no difficulties with speech

	Controls	MEPP
Sex, <i>n</i> (%)		
Female	2 (40%)	4 (80%)
Male	3 (60%)	1 (20%)
Age, <i>M</i> (<i>SD</i>) in years	43.6 (11.3)	57.8 (13.3)
FNGS 2.0 grade 10–14 D.P.O., <i>n</i> (%)		
4	2 (40%)	1 (20%)
5*	3 (60%)	3 (60%)
6	0 (0%)	1 (20%)
SB score, <i>M</i> (<i>SD</i>)	27.0 (7.6)	17.0 (8.0)
FDI score, <i>M</i> (<i>SD</i>)	39.8 (14.6)	41.5 (12.9)

Note. * identifies the 6 patients included for the stratification. Facial Nerve Grading Scale 2.0 (FNGS 2.0) scores: 6 = total palsy; 5 = severe palsy; 4 = moderate-to-severe palsy. Sunnybrook (SB) scores: minimum possible = 0 or total palsy; maximum possible = 100% or normal. Speech and swallowing scores of the Facial Disability Index (FDI): below 25 = worst function; 100 = best function. D.P.O. = Days post-onset; MEPP = Mirror Effect Plus Protocol.

Table 3			
Individual FNGS 2.0 Grades and Means at Each Assessment Time in Both Groups			
	FNGS 2.0 grade		
	10–14 D.P.O.	1 M.P.O.	2 M.P.O.
MEPP group			
Participant 1*	5	3	2
Participant 4	4	3	2
Participant 5	6	6	5.3
Participant 9*	5	2	1.6
Participant 10*	5	2.3	2
<i>M (SD)</i>	5 (0.7)	3.2 (1.5)	2.5 (1.5)
Control group			
Participant 2*	5	5	4.6
Participant 3	4	2.6	2.6
Participant 6	4	3	2.3
Participant 7*	5	3	2
Participant 8*	5	3	2.3
<i>M (SD)</i>	4.6 (0.5)	3.3 (0.9)	2.7 (1.5)

Note. * identifies the 6 patients included for the stratification. The reported FNGS 2.0 are a mean of 3 blind assessors. Scores in bold represent those who achieved recovery. Facial Nerve Grading Scale 2.0 (FNGS 2.0) scores: 6 = total palsy; 5 = severe palsy; 4 = moderate-to-severe palsy; 3 = moderate; 2 = mild; 1 = normal function. D.P.O. = Days post-onset; MEPP = Mirror Effect Plus Protocol; M.P.O. = Months post-onset.

Table 4			
Individual SB Grades and Means at Each Assessment Time in Both Groups			
	SB grade		
	10–14 D.P.O.	1 M.P.O.	2 M.P.O.
MEPP group			
Participant 1*	21	59.3	92.6
Participant 4	28	57.3	80
Participant 5	7	4	9
Participant 9*	24	88.3	91.3
Participant 10*	22	66.6	85
<i>M (SD)</i>	20 (7.9)	55 (31.1)	71 (35.3)
Control group			
Participant 2*	22.6	30	34
Participant 3	38	66.6	66.6
Participant 6	30.6	75	82.3
Participant 7*	25	61	87
Participant 8*	19	59.6	80
<i>M (SD)</i>	27 (7.4)	58 (17)	69 (21.5)

Note. * identifies the 6 patients included for the stratification. The reported SB mean grades are a mean of 3 blind assessors. Scores in bold represent those who achieved recovery. Sunnybrook (SB) scores: minimum possible = 0 or total palsy; maximum possible = 100% or normal. D.P.O. = Days post-onset; MEPP = Mirror Effect Plus Protocol; M.P.O. = Months post-onset.

Table 5**Individual Scores and Means for Speech and Swallowing of the Facial Disability Index at Initial and Final Assessments in Both Groups**

	Speech and swallowing scores of the Facial Disability Index	
	10–14 D.P.O.	2 M.P.O.
MEPP group		
Participant 1*	57.5	100.0
Participant 4	33.3	100.0
Participant 5	41.6	50.0
Participant 9*	50.0	100.0
Participant 10*	25.0	83.0
<i>M (SD)</i>	41.5 (12.9)	86.6 (21.7)
Control group		
Participant 2*	57.5	57.5
Participant 3	25.0	75.0
Participant 6	41.6	91.0
Participant 7*	50.0	100.0
Participant 8*	25.0	83.0
<i>M (SD)</i>	39.8 (14.6)	81.3 (16.2)

Note. * identifies the 6 patients included for the stratification. Scores in bold represent those who indicated having perfect function. Speech and swallowing scores of the Facial Disability Index scores: below 25 = worst function; 100 = best function. D.P.O. = Days post-onset; MEPP = Mirror Effect Plus Protocol; M.P.O. = Months post-onset.

or swallowing, and thus obtained the best possible score (100%). Only one patient in the control group indicated that they had no difficulties with speech or swallowing.

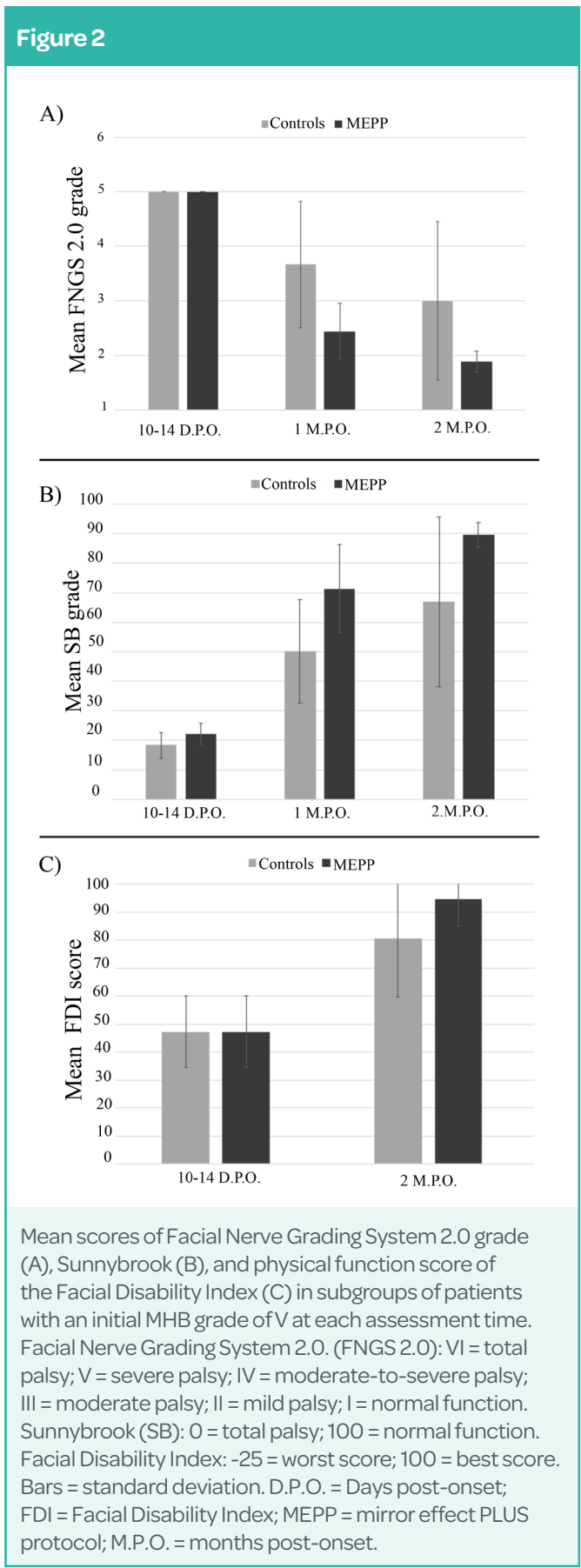
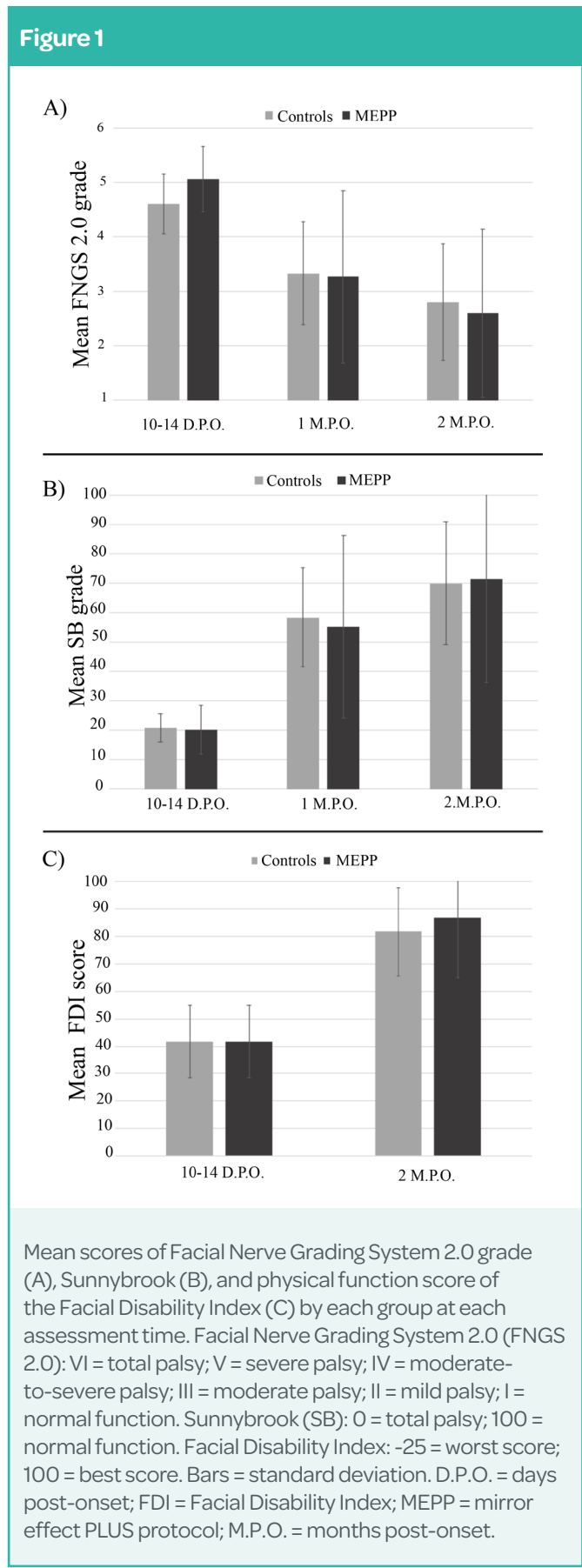
Figure 1 presents the mean FNGS 2.0 grades and SB scores obtained by each group at each assessment time, as well as the physical function score of the Facial Disability Index at the initial assessment and 2 months post-onset. There was no significant effect of MEPP treatment on the primary and secondary outcomes for the entire study sample.

As mentioned in the Method, we used a post-hoc stratification procedure, based on the work of Nicastrì et al. (2013). Three patients in each group presented with FNGS 2.0 grades of 5 at the first assessment, which constituted two-thirds of our sample. We quantified the treatment effect size on those six patients using a Cohen's *d* measure on the difference between the 2 months post-onset scores and the initial scores. Although our groups were small, the effect size for FNGS 2.0 ($d = 0.81$), SB ($d = 1.29$), and the physical function score of the Facial Disability Index ($d = 0.82$) exceeded Cohen's convention for a large effect ($d =$

0.80). **Figure 2** presents the mean FNGS 2.0 grades and SB scores obtained by each subgroup at each assessment time, as well as the physical function score of the Facial Disability Index at the initial assessment and 2 months post-onset. On the FNGS 2.0 scale, the results indicate that individuals in the MEPP group recovered to a greater extent ($M = 3.1$, $SD = 0.2$) than patients in the control group ($M = 2.0$, $SD = 1.4$). Similarly, for the SB scores, the MEPP group underwent greater changes between the 2 months post-onset assessments and the initial assessments ($M = 71.6$, $SD = 4.3$) than did the control group ($M = 44.8$, $SD = 29.0$). Patients in the MEPP group also reported greater changes in their speech and swallowing abilities between the 2 months post-onset assessments and the initial assessments ($M = 47.2$, $SD = 4.8$) than the control group ($M = 33.3$, $SD = 28.9$) on the physical function score of the Facial Disability Index.

Discussion

Here we described a detailed intervention protocol adapted for acute moderate-to-severe, severe, and total BP, called the MEPP. Although facial rehabilitation for chronic BP has been a research topic for more than 40 years, this is



the first protocol specifically designed for the rehabilitation of acute BP. The MEPP was developed based on some principles of two other facial rehabilitation protocols (i.e., the Neuromuscular Retraining and the Mirror Effect Protocol) that were designed for chronic facial palsies (Blanchin et al., 2013; Garmi et al., 2013; Martineau et al., 2018; Teixeira, Valbuza, & Prado, 2011) as well as relevant motor learning principles that accounted for the characteristics of the facial muscles in acute BP. We also provided a detailed description of the clinical parameters of this new rehabilitation for a clear clinical overview and to make the protocol easy to replicate (see Appendix). This pilot study showed that, when comparing homogeneous groups, the MEPP improves and accelerates the patient's recovery from acute and severe BP. This is a promising start for establishing the potential efficiency of the MEPP.

In order to compare our results with previous studies, our primary outcome measures were the improvement in recovery, as measured using the FNGS 2.0 and SB scales at three different assessment times. The results from the FNGS 2.0 scale showed that more patients in the MEPP group had recovered at the final assessment, compared to the patients in the control group. As for the SB scale, at 2 months post-onset, the same number of patients reached the recovery criterion in the two groups, but the scores were higher (i.e., better recovery) in the MEPP group. Taken together, these results suggest that the MEPP may improve the recovery from acute BP. However, the functional impacts on speech and swallowing are not covered by these grading systems (Marsk, Hammarstedt-Nordenvall, Engstrom, Jonsson, & Hultcrantz, 2013), which provides an incomplete picture of the effect of our facial rehabilitation (Gyori et al., 2018). Therefore, the physical function questionnaire of the Facial Disability Index on speech and swallowing was included as a secondary outcome. The number of participants who indicated being 100% satisfied with their speech and swallowing was higher in the MEPP group than in the control group. This suggests that the MEPP could not only be effective in reducing the severity of the facial palsy, but could also improve speech and swallowing functions. Also, the results of the present pilot study support the idea that future studies that measure the impact of facial rehabilitation on BP symptoms must also include measures of functional impairments (Moverare, Lohmander, Hultcrantz, & Sjogreen, 2017).

Strict inclusion criteria were established for this study, particularly with regard to the severity of BP, the medication given, and the time post-onset. This procedure helped us to control for the high number of spontaneous recoveries encountered in BP (Fujiwara, Hato, Gyo, &

Yanagihara, 2014; Mancini et al., 2014), but it also reduced the number of patients that could be included in the study and, consequently, affected our statistical power and generalization capacity. The strict inclusion criteria were meant to control for patient variability. Furthermore, we applied a stratification strategy, as did Nicastrì et al. (2013), that allowed us to consider even more homogeneous groups (e.g., only patients with initial FNGS grades of 5). The results following that procedure showed greater changes in the MEPP group on both scales at 1 and 2 months post-onset, suggesting that the MEPP reduced the severity of the facial palsy and accelerated the patient's recovery from severe BP, which is a promising start for establishing the potential efficacy of the MEPP.

However, our results still displayed high standard deviations. It is generally accepted that severe BP has a poor prognosis (Prud'hon & Kubis, 2018), but the variation of recovery within this group remains unclear because the exact pathogenesis of the disease has not yet been elucidated (Bucak et al., 2014). Our results also highlight the fact that, as the exact mechanisms of BP recovery are largely unknown, larger samples must be recruited for studies that evaluate therapeutic strategies in order to compensate for the unexplained variability in recovery.

One of the central tenets of the MEPP is that it is based on modified visual feedback, or mirror feedback, as originally described by Ramachandran and Altschuler (2009). There are two main reasons why this feature is of great importance during facial rehabilitation for acute BP. First, the visual mirror biofeedback is a concrete application of motor learning principles, even if this was not originally (explicitly) mentioned in the Mirror Effect Protocol literature. The visual mirror biofeedback is an example of using and controlling a sensory stimulus to sustain motor (re)learning. This reflects bottom-up processing, which is the basis of all motor rehabilitation (Shumway-Cook & Woolacott, 2017).

Recently, studies on motor learning principles have precisely identified action observation as a form of motor learning reinforcement and motor imagery as another form. A large body of research supports the use of these two means in motor rehabilitation to improve motor skills (e.g., Berends, Wolkorte, Ijzerman, & van Putten, 2013; Eaves et al., 2016; Vogt et al., 2013; Wright et al., 2014). Action observation involves the observation of the movement, whereas motor imagery involves a mental practice that involves the internal visual and kinesthetic representations of the movement (Eaves et al., 2016). When applied together, action observation and motor imagery are thought to enhance motor learning by activating a neural

signature that resembles that of motor execution (Vogt et al., 2013). For example, Wright et al. (2014) reported that single-pulse transcranial magnetic stimulation of the cortical representation of the hand produced greater motor-evoked potentials when stimulation was given during combined action observation and motor imagery than during action observation alone. These results suggest that simultaneously applying action observation and motor imagery facilitates corticospinal excitability.

When this idea is applied to the field of facial re-education, it suggests that visual and kinesthetic inputs, along with instructions that promote concrete mental representations of movements (motor imagery), should be used during facial exercises to enhance motor learning and to compensate for altered facial motor execution. These principles were therefore included in the MEPP with the use of a mirror-effect visual display, which allows action observation. Moreover, motor imagery sessions and the type of instructions provided for facial exercises (i.e., "... concentrate on muscular contractions and try to visualize the movement, even though the face doesn't move") were chosen to facilitate motor execution. Also, based on the available evidence, there is no indication that the MEPP could be deleterious if used to rehabilitate patients with chronic BP.

Second, as mentioned previously, the early cortical modifications that follow BP demonstrate a change in sensorimotor areas, which is thought to be caused by discrepancies between the preserved motor commands and impaired sensory feedback that prevail in the cortex after BP (Song et al., 2017). Indeed, a recent neuroimaging study of acute BP revealed decreased functional connectivity in the secondary somatosensory cortex, insula, thalamus, and cerebellum between 2 and 5 days post-onset (Klingner et al., 2014). Because the MEPP uses modified visual biofeedback during facial exercises, we hypothesize that it could correct these early discrepancies, thus helping to maintain normal functional connectivity and sustain recovery in a bottom-up manner (Blanchin et al., 2013; Garmi et al., 2013). Although we did not collect imaging data in this pilot study, it would be interesting to investigate the neurobiological mechanisms of the MEPP using functional neuroimaging.

The results presented here are limited to 10 patients, and a subset of six patients after stratification, which prevents generalization and does not allow us to distinguish our results from spontaneous recovery. Larger samples will help control for patient variability during the evolution of BP and to draw clearer conclusions regarding the effect of early facial rehabilitation. Moreover, our randomized

allocation to the experimental and control groups led to a sex imbalance. To our knowledge, two studies have tested the influence of sex on BP. First, Hsieh, Wu, Wang, and Lee (2009) investigated the factors that correlate with the degree of nerve involvement in early BP and the factors that predict the evolution of the disease. Using a group of 563 patients, no sex effect was found. This finding was confirmed by Fujiwara et al. (2014) who reported that the disease prognosis was not influenced by sex. Therefore, it is unlikely that the sex imbalance in the present study could affect our results.

In future studies, it will be important to assess the progression of patients with a longer follow-up (6 months to 1 year post-onset) in order to determine the stability of the therapeutic effect and its impact on preventing the development of synkinesis (involuntary movements during volitional facial movements), which normally appear 3 to 4 months post-onset (Nicastri et al., 2013). Because recovery was defined by an FNGS 2.0 grade of 2 or less (as in Nicastri et al., 2013) and an SB score of 60 or more, recovery occurred at different times. Therefore, the therapy length differed between patients. It will be important to assess the length of therapy as a potential confounding variable in a larger study that includes more patients in order to measure how this variable influences the stability of recovery during the longitudinal follow-up. The results from these patients serve as a starting point for investigating the efficacy of the MEPP.

Conclusion

The MEPP is the first standardized re-education protocol specifically designed for acute moderate-to-severe, severe, and total BP. Our preliminary results support the hypothesis that the MEPP is effective in enhancing patients' recovery from acute severe BP. This study also highlights the need for the recruitment of a larger population and longer follow-up times as well as better computing tools in order to obtain a more complete understanding of the effects of the treatment.

References

- Alakram, P., & Puckree, T. (2010). Effects of electrical stimulation on House-Brackmann scores in early Bells palsy. *Physiotherapy Theory and Practice*, 26, 160-166. doi:10.3109/09593980902886339
- Alakram, P., & Puckree, T. (2011). Effects of electrical stimulation in early Bells palsy on facial disability index scores. *South African Journal of Physiotherapy*, 67(2), 35-40. doi:10.4102/sajp.v67i2.44
- Barbara, M., Antonini, G., Vestri, A., Volpini, L., & Monini, S. (2010). Role of Kabat physical rehabilitation in Bell's palsy: A randomized trial. *Acta Oto-Laryngologica*, 130, 167-172. doi:10.3109/00016480902882469
- Berends, H. I., Wolkorte, R., Ijzerman, M. J., & van Putten, M. J. A. M. (2013). Differential cortical activation during observation and observation-and-imagination. *Experimental Brain Research*, 229, 337-345. doi:10.1007/s00221-013-3571-8

- Blanchin, T., Martin, F., & Labbe, D. (2013). Rééducation des paralysies faciales après myoplastie d'allongement du muscle temporal. Intérêt du protocole « effet-miroir ». *Annales de chirurgie plastique esthétique*, *58*, 632–637. doi:10.1016/j.anplas.2013.03.001
- Brach, J. S., Van Swearingen, J., Delitto, A., & Johnson, P. C. (1997). Impairment and disability in patients with facial neuromuscular dysfunction. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, *117*, 315–321. doi:10.1016/s0194-5998(97)70119-0
- Bucak, A., Ulu, S., Oruc, S., Yucedag, F., Tekin, M. S., Karakaya, F., & Aycicek, A. (2014). Neutrophil-to-lymphocyte ratio as a novel-potential marker for predicting prognosis of Bell palsy. *The Laryngoscope*, *124*, 1678–1681. doi:10.1002/lary.24551
- Caramazza, A., Anzellotti, S., Strnad, L., & Lingnau, A. (2014). Embodied cognition and mirror neurons: A critical assessment. *Annual Review of Neuroscience*, *37*, 1–15. doi:10.1146/annurev-neuro-071013-013950
- Cisek, P., & Kalaska, J. F. (2010). Neural mechanisms for interacting with a world full of action choices. *Annual Review of Neuroscience*, *33*, 269–298. doi:10.1146/annurev.neuro.051508.135409
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Rev. ed.). New York, NY: Academic Press.
- Coulson, S. E., O'Dwyer, N. J., Adams, R. D., & Croxson, G. R. (2004). Expression of emotion and quality of life after facial nerve paralysis. *Otology & Neurotology*, *25*, 1014–1019.
- de Almeida, J. R., Guyatt, G. H., Sud, S., Dorion, J., Hill, M. D., Kolber, M. R., ... Chen, J. M. (2014). Management of Bell palsy: Clinical practice guideline. *Canadian Medical Association Journal*, *186*, 917–922. doi:10.1503/cmaj.131801
- Devriese, P. P. (1994). Rehabilitation of facial expression ("mime therapy"). In E. R. Stennert, G. W. Kreutzberg, O. Michel, & M. Jungehülsing (Eds.), *The facial nerve* (pp. 42–43). Springer, Berlin: Heidelberg.
- Diels, H. J. (1995). New concepts in nonsurgical facial nerve rehabilitation. In E. N. Myers, C. D. Bluestone, D. E. Brackmann, & C. J. Krause (Eds.), *Advances in otolaryngology-Head and neck surgery* (Vol. 9, pp. 289–315). Chicago, IL: Mosby-Year Book.
- Diels, H. J., & Beurskens, C. H. G. (2014). Neuromuscular retraining: Nonsurgical therapy for facial palsy. In W. H. Slattery & B. Azizzadeh (Eds.), *The facial nerve* (pp. 205–212). New York, NY: Thieme.
- Diels, H. J., & Combs, D. (1997). Neuromuscular retraining for facial paralysis. *Otolaryngologic Clinics of North America*, *30*, 727–743.
- Di Stadio, A. (2015). Another scale for the assessment of facial paralysis? ADS Scale: Our proposition, how to use it. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, *9*(12), MC08–MC11. doi:10.7860/JCDJR/2015/15366.6953
- Eaves, D. L., Riach, M., Holmes, P. S., & Wright, D. J. (2016). Motor imagery during action observation: A brief review of evidence, theory and future research opportunities. *Frontiers in Neuroscience*, *10*, 1–10. doi:10.3389/fnins.2016.00514
- Fattah, A. Y., Gurusinge, A. D. R., Gavilan, J., Hadlock, T. A., Marcus, J. R., Marres, H., ... Snyder-Warwick, A. K. (2015). Facial nerve grading instruments: Systematic review of the literature and suggestion for uniformity. *Plastic and Reconstructive Surgery*, *135*, 569–579. doi:10.1097/PRS.0000000000000905
- Ferreira, M., Marques, E. E., Duarte, J. A., & Santos, P. C. (2015). Physical therapy with drug treatment in Bell palsy: A focused review. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *94*, 331–340. doi:10.1097/phm.0000000000000255
- Fujiwara, T., Hato, N., Gyo, K., & Yanagihara, N. (2014). Prognostic factors of Bell's palsy: Prospective patient collected observational study. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, *271*, 1891–1895. doi:10.1007/s00405-013-2676-9
- Gagyor, I., Madhok, V. B., Daly, F., Somasundara, D., Sullivan, M., Gammie, F., & Sullivan, F. (2015). Antiviral treatment for Bell's palsy (idiopathic facial paralysis). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *2015*(11), 1–46. doi:10.1002/14651858.CD001869.pub8
- Garmi, R., Labbé, D., Coskun, O., Compère, J. F., & Bénéteau, H. (2013). Lengthening temporalis myoplasty and brain plasticity: A functional magnetic resonance imaging study. *Annales de chirurgie plastique et esthétique*, *58*, 271–276. doi:10.1016/j.anplas.2013.03.002
- Györi, E., Przeszelski, C., Pona, I., Hagmann, M., Rath, T., Radtke, C., & Tzou, C.-H. J. (2018). Quality of life and functional assessment of facial palsy patients: A questionnaire study. *International Journal of Surgery*, *55*, 92–97. doi:10.1016/j.ijssu.2018.04.061
- House, J. W., & Brackmann, D. E. (1985). Facial nerve grading system. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, *93*, 146–147. doi:10.1177/01945988509300202
- Hsieh, R.-L., Wu, C.-W., Wang, L.-Y., & Lee, W.-C. (2009). Correlates of degree of nerve involvement in early Bell's palsy. *BMC Neurology*, *9*, 1–5. doi:10.1186/1471-2377-9-22
- Kanerva, M., Poussa, T., & Pitkaranta, A. (2006). Sunnybrook and House-Brackmann facial grading systems: Intrarater repeatability and interrater agreement. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, *135*, 865–871. doi:10.1016/j.otohns.2006.05.748
- Klingner, C. M., Volk, G. F., Brodoehl, S., Witte, O. W., & Guntinas-Lichius, O. (2014). The effects of deafferentation without deafferentation on functional connectivity in patients with facial palsy. *NeuroImage: Clinical*, *6*, 26–31. doi:10.1016/j.nicl.2014.08.011
- Maas, E., Robin, D. A., Austermann Hula, S. N., Freedman, S. E., Wulf, G., Ballard, K. J., & Schmidt, R. A. (2008). Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *17*, 277–298. doi:10.1044/1058-0360(2008)025
- Macuga, K. L., & Frey, S. H. (2012). Neural representations involved in observed, imagined, and imitated actions are dissociable and hierarchically organized. *NeuroImage*, *59*, 2798–2807. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.09.083
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*, *83*, 713–721. doi:10.1093/ptj/83.8.713
- Mancini, P., De Seta, D., Prosperini, L., Nicastrì, M., Gabriele, M., Ceccanti, M., ... Inghilleri, M. (2014). Prognostic factors of Bell's palsy: Multivariate analysis of electrophysiological findings. *The Laryngoscope*, *124*, 2598–2605. doi:10.1002/lary.24764
- Marsk, E., Hammarstedt-Nordenvall, L., Engström, M., Jonsson, L., & Hultcrantz, M. (2013). Validation of a Swedish version of the Facial Disability Index (FDI) and the Facial Clinimetric Evaluation (FaCE) scale. *Acta Oto-Laryngologica*, *133*, 662–669. doi:10.3109/00016489.2013.766924
- Martineau, S., Rahal, A., Dufour-Fournier, C., & Marcotte, K. (2018). Rééducation orthophonique post myoplastie d'allongement du temporal : une étude de trois patients. *Revue canadienne d'orthophonie et d'audiologie*, *42*, 117–126.
- Monini, S., Buffoni, A., Romeo, M., Di Traglia, M., Filippi, C., Atturo, F., & Barbara, M. (2016). Kabat rehabilitation for Bell's palsy in the elderly. *Acta Oto-Laryngologica*, *137*, 646–650. doi:10.1080/00016489.2016.1262553
- Movérare, T., Lohmander, A., Hultcrantz, M., & Sjögreen, L. (2017). Peripheral facial palsy: Speech, communication and oral motor function. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, *134*, 27–31. doi:10.1016/j.anorl.2015.12.002
- Neely, J. G., Cherian, N. G., Dickerson, C. B., & Nedzelski, J. M. (2010). Sunnybrook facial grading system: Reliability and criteria for grading. *The Laryngoscope*, *120*, 1038–1045. doi:10.1002/lary.20868
- Nicastrì, M., Mancini, P., De Seta, D., Bertoli, G., Prosperini, L., Toni, D., ... Filipo, R. (2013). Efficacy of early physical therapy in severe Bell's palsy: A randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *27*, 542–551. doi:10.1177/1545968313481280
- Nusser-Müller-Busch, R. (2015). *Die Therapie des Facio-Oralen Trakts* (4th ed.). Berlin, Germany: Springer.
- Penteado, T. C. B., Testa, J. R. G., Antunes, M. L., & Chevalier, A.-M. (2009). Évaluation de la technique Chevalier pour la prévention des séquelles dans la paralysie faciale périphérique. *Kinésithérapie, La Revue*, *9*(90), 40–47. doi:10.1016/S1779-0123(09)74656-X
- Pereira, L. M., Obara, K., Dias, J. M., Menacho, M. O., Lavado, E. L., & Cardoso, J. R. (2011). Facial exercise therapy for facial palsy: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, *25*, 649–658. doi:10.1177/0269215510395634
- Pohl, A., Anders, S., Schulte-Rüther, M., Mathiak, K., & Kircher, T. (2013). Positive facial affect - An fMRI study on the involvement of insula and amygdala. *Plos One*, *8*, 1–10. doi:10.1371/journal.pone.0069886
- Prud'hon, S., & Kubis, N. (2018). La paralysie faciale périphérique a frigore. *La Revue de médecine interne*, *40*, 28–37. doi:10.1016/j.revmed.2018.03.011
- Ramachandran, V. S., & Altschuler, E. L. (2009). The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*, *132*, 1693–1710. doi:10.1093/brain/awp135

- Ramachandran, V. S., Rogers-Ramachandran, D., & Cobb, S. (1995). Touching the phantom limb. *Nature*, *377*, 489–490. doi:10.1038/377489a0
- Ranganathan, V. K., Siemionow, V., Liu, J. Z., Sahgal, V., & Yue, G. H. (2004). From mental power to muscle power—Gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia*, *42*, 944–956. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.018
- Ross, B. G., Fradet, G., & Nedzelski, J. M. (1996). Development of a sensitive clinical facial grading system. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, *114*, 380–386. doi:10.1016/s0194-59989670206-1
- Santosa, K. B., Fattah, A., Gavilán, J., Hadlock, T. A., & Snyder-Warwick, A. K. (2017). Photographic standards for patients with facial palsy and recommendations by members of the sir Charles Bell society. *JAMA Facial Plastic Surgery*, *19*, 275–281. doi:10.1001/jamafacial.2016.1883
- Shea, N. (2014). Distinguishing top-down from bottom-up effects. In D. Stokes, M. Matthen, & S. Biggs (Eds.), *Perception and its modalities* (pp. 73–94).
- Shumway-Cook, A., & Woolacott, M. H. (2017). *Motor control: Translating research into clinical practice* (5th ed.). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health.
- Sittel, C., & Stennert, E. (2001). Prognostic value of electromyography in acute peripheral facial nerve palsy. *Otology & Neurotology*, *22*, 100–104.
- Song, W., Cao, Z., Lang, C., Dai, M., Xuan, L., Lv, K., ... Kong, J. (2017). Disrupted functional connectivity of striatal sub-regions in Bell's palsy patients. *NeuroImage: Clinical*, *14*, 122–129. doi:10.1016/j.nicl.2017.01.008
- Stål, P. (1994). Characterization of human oro-facial and masticatory muscles with respect to fibre types, myosins and capillaries. Morphological, enzyme-histochemical, immuno-histochemical and biochemical investigations. *Swedish Dental Journal*, *98* (Suppl.), 1–55.
- Sullivan, F., Daly, F., & Gagyor, I. (2016). Antiviral agents added to corticosteroids for early treatment of adults with acute idiopathic facial nerve paralysis (Bell Palsy). *JAMA Clinical Evidence Synopsis*, *316*, 874–875. doi:10.1001/jama.2016.10160
- Teixeira, L. J., Valbuza, J. S., & Prado, G. F. (2011). Physical therapy for Bell's palsy (idiopathic facial paralysis). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *2011*(12), 1–55. doi:10.1002/14651858.CD006283.pub3
- VanSwearingen, J. M., & Brach, J. S. (1996). The Facial Disability Index: Reliability and validity of a disability assessment instrument for disorders of the facial neuromuscular system. *Physical Therapy*, *76*, 1288–1298.
- Vogt, S., Di Rienzo, F., Collet, C., Collins, A., & Guillot, A. (2013). Multiple roles of motor imagery during action observation. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 1–13. doi:10.3389/fnhum.2013.00807
- Vrabec, J. T., Backous, D. D., Djallilian, H. R., Gidley, P. W., Leonetti, J. P., Marzo, S. J., ... Facial Nerve Disorders Committee. (2009). Facial Nerve Grading System 2.0. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, *140*, 445–450. doi:10.1016/j.otohns.2008.12.031
- Wright, D. J., Williams, J., & Holmes, P. S. (2014). Combined action observation and imagery facilitates corticospinal excitability. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 1–9. doi:10.3389/fnhum.2014.00951

Disclosures

No conflict of interest, financial or otherwise, are declared by the authors.

Authors' Note

Correspondence concerning this article should be addressed to Sarah Martineau, École d'orthophonie et d'audiologie, Faculté de Médecine, Université de Montréal, C.P. 6128, succursale Centre-Ville, Montréal, QC, H3C 3J7, Canada.

Acknowledgments

Thanks to Julie Rivard, Stéphanie Des Ormeaux, and Marie Julien for their valuable assistance with video's annotation. This study was supported by a REPAR-OOAQ grant to S.M., A.R., and K.M. S.M. holds a master training scholarship and K.M. holds a Career Award both from the "Fonds de Recherche du Québec – Santé".

Appendix

Clinical Structure of the MEPP

Session 1 (75 min approximately)	
Objective 1: Teaching on facial muscles and massages (45 min)	
Means	<ul style="list-style-type: none"> • Use any facial muscles schema that details the facial muscles and their innervation with the facial nerve. Begin with education on anatomy and function of each muscle region. • Demonstration and practice of facial massages following the schema: <ul style="list-style-type: none"> » For each muscular region (forehead, eyes, cheeks, nose, mouth, neck) follow muscle fibers orientation and retain the muscle at its anchor point. Apply a considerable pressure, so that discomfort can be felt (but won't last after massage is done). » Apply a considerable pressure. A discomfort could be felt (but won't last after massage is done).
Objective 2: Teaching of Motor Imagery Sessions Developing the ability to lightly and specifically move on muscle region at a time. (30 min)	
Means	<ul style="list-style-type: none"> • Relax the face, close the eyes and concentrate. • Every day until the next appointment, realize 10 minutes of motor imagery as follows: <ul style="list-style-type: none"> » Imagine doing ample complete and symmetrical movements of the face. Activate lightly and selectively each different muscle region. Refer to the schema if needed. » Repeat 5 times each with a 5 second pause between each visualization: Lift the eyebrows, Frown the eyebrows, Close the eyes, Open the eyes, Wrinkle your nostrils, Smile with closed mouth, Give a kiss, Stretch the lower lip downwards.

Session 2 (60 min approximately)	
Objective 1: Return on the massages (15 min)	
Means	<ul style="list-style-type: none"> • Execution of the massages by the patient. Corrections/Troubleshooting if needed
Objective 2: Teaching the exercises on the website (45 min)	
Means	<ul style="list-style-type: none"> • Instructions: <ul style="list-style-type: none"> » The healthy side is the reflected side. Stabilize your head with your hand or any other support. The exercises should be done slowly 5 times each, with a 5 second pause between each. While doing the exercises, concentrate on the specific facial movements and try to feel them even though the face doesn't move. Don't force! The other parts of your face should be relaxed. During the exercise, if you feel any movement, you have to touch your paralysed side with your thumb and index finger. Your fingers should follow the ongoing movement for more kinesthetic input. Everyday, mix the order of the exercises given, in a random way. • Exercises: <ul style="list-style-type: none"> » Think about something surprising and rise gently the eyebrows; Think about something frustrating and gently frown the eyebrows; Close and open the eyes very slowly while feeling progressively the opening and closing on the eyelid; Think about something disgusting and wrinkle your nose gently and briefly; Think about something funny. Smile with the mouth closed; Think about something funny and smile with open mouth. (The index finger and the thumb should follow the movement on the cheeks); Think about someone you love and send him/her a kiss; Think about something disgusting and make an inverted smile.

Session 3 (60 min approximately)	
Objective 1: Return on the exercises with the website (45 min)	
Means	<ul style="list-style-type: none"> • Invite the patient to do his exercise session in front of you. • Make any necessary correction on speed, precision, and use of sensitive biofeedback. • Decrease verbal instructions to promote motor learning. • When improvement occurs, progressively modify the exercises in order to treat only the remaining impairments.
Objective 2: Counselling regarding specific problems (15 min)	
Means	<ul style="list-style-type: none"> • Invite the patient to ask any questions about how to do his/her exercises or how to manage its difficulties regarding eating, drinking, and speaking.

Session 4 (45 min)	
<ul style="list-style-type: none"> • Idem as session 3 but with less verbal instructions during exercises, to promote motor learning. 	

Extra material (30 min)	
<ul style="list-style-type: none"> • Procedure to inhibit synkinesis (approximately around 3-5 months post-onset): Relax face. Do the target movement till the synkinesis is felt. Then relax the synkinesis while holding the target movement. OR Do the target movement with reduced amplitude and hold it just before the synkinesis starts. <p style="margin-left: 40px;">* If synkinesis are still present at 6 months post-onset, management in the chronic phase should be considered.</p>	

Annexe D – Questionnaire MeCUE en français

Patient:	Site Web:	IV
----------	-----------	----

Comment trouvez-vous ce site web en général?

