

Université de Montréal

Assistances circulatoires : la prise en charge en physiothérapie
Remise finale

Physiothérapie en situation antérieure à l'implantation d'une assistance circulatoire chez
l'insuffisant cardiaque chronique sévère, par Élodie Pilon
Physiothérapie en situation postopératoire aiguë d'implantation d'une assistance
circulatoire, par Marie-Hélène Nadeau
Réadaptation post-opératoire avec l'assistance circulatoire,
par Camille Pilon-Cadieux

Maîtrise en physiothérapie
École de réadaptation
Faculté de médecine

Travail présenté à Rachel Brosseau et Célyn Marchand
Dans le cadre du cours PHT-6123
Travail d'intégration

Mai 2017

ABRÉGÉ	8
ABRÉVIATIONS	9
SECTION I	11
1. Problématique	11
2. Méthodologie	11
SECTION II : Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support (INTERMACS)	12
1. Description	12
2. Profils	13
2.1. Profil 1.....	13
2.2. Profil 2.....	13
2.3. Profil 3.....	14
2.4. Profil 4.....	14
2.5. Profil 5.....	14
2.6. Profil 6.....	15
2.7. Profil 7.....	15
3. Modificateurs	15
3.1. Arythmie : A.....	16
3.2. Assistance circulatoire temporaire : TCS.....	16
3.3. <i>Frequent flyer</i> : FF.....	16
SECTION III : Inventaire des assistances circulatoires	16
1. Indications générales	17
1.1. AC temporaires.....	17
1.1.1. La prévention lors de chirurgies cardiaques.....	17
1.1.2. Le pont à la récupération myocardique.....	17
1.1.3. Le pont à la prise de décision.....	18
1.2. AC à long terme.....	18
1.2.1. Le pont à la transplantation.....	18
1.2.2. Le pont à l'éligibilité.....	18
1.2.3. Le traitement définitif.....	18
2. Ballon intra-aortique	19
2.1. Rôle.....	19
2.2. Composantes générales et fonctionnement.....	19
2.3. Implantation.....	20
2.4. Considérations spécifiques.....	21
2.4.1. Indications.....	21
2.4.2. Contre-indications.....	21
2.4.3. Précautions.....	21
2.5. Complications.....	22
3. Impella	22
3.1. Rôle.....	23
3.2. Composantes générales.....	23
3.3. Implantation et fonctionnement.....	23
3.4. Considérations spécifiques.....	24
3.4.1. Indications.....	24
3.4.1.1. Impella 2,5, CP, 5,0 et LD.....	24
3.4.1.2. Impella RP.....	24
3.4.2. Contre-indications.....	24

3.5.	Complications.....	25
4.	Oxygénation extracorporelle par membrane.....	25
4.1.	Rôle.....	26
4.2.	Composantes générales et fonctionnement.....	26
4.3.	Implantation.....	27
4.4.	Considérations spécifiques.....	27
4.4.1.	Indications et contre-indications.....	27
4.5.	Complications.....	28
5.	Assistances univentriculaires gauche et droite à long terme.....	29
5.1.	Rôle et historique.....	29
5.2.	Fonctionnement.....	29
5.2.1.	Pompe pulsatile.....	29
5.2.2.	Pompe à débit continu.....	30
5.3.	Composantes générales.....	30
5.4.	Considérations spécifiques.....	31
5.4.1.	Indications.....	31
5.4.2.	Contre-indications.....	32
5.5.	Complications.....	33
5.5.1.	Hémorragie.....	33
5.5.2.	Thromboembolie.....	34
5.5.3.	Infection.....	34
5.5.4.	Arythmies sévères.....	34
5.5.5.	Insuffisance ventriculaire droite.....	35
5.5.6.	Réponse du système immunitaire.....	35
5.5.7.	Défaillance généralisée des organes.....	36
5.5.8.	Dysfonction de l'AV.....	36
5.5.9.	Problèmes psychologiques.....	37
5.5.10.	Malnutrition.....	37
5.6.	Particularités de certaines assistances univentriculaires.....	37
5.6.1.	Assistance paracorporelle « Thoratec ».....	37
5.6.2.	HeartMate II.....	38
5.6.3.	Jarvik 2000.....	38
5.6.4.	HeartWare.....	39
5.6.5.	CentriMag.....	40
5.6.6.	HeartMate III.....	41
6.	Cœur artificiel total.....	42
6.1.	Rôle et historique.....	42
6.2.	Composantes générales.....	42
6.2.1.	Cœur artificiel.....	42
6.2.2.	Canules.....	43
6.2.3.	Console externe.....	43
6.3.	Fonctionnement.....	44
6.4.	Implantation.....	44
6.5.	Considérations spécifiques.....	45
6.5.1.	Indications.....	45
6.5.2.	Contre-indications.....	45
6.5.3.	Précautions.....	46
6.6.	Complications.....	46
7.	Taux de survie.....	46
7.1.	Ballon intra-aortique.....	46
7.2.	Impella.....	47
7.3.	ECMO veino-artérielle.....	47
7.4.	HeartMate II.....	47

7.5. Cœur artificiel total.....	47
ANNEXE I : CLASSIFICATION NYHA	49
ANNEXE II : TABLEAU RÉSUMÉ DES PROFILS DE L'INTERMACS	50
ANNEXE II (SUITE) : TABLEAU RÉSUMÉ DES MODIFICATEURS DE L'INTERMACS	51
ANNEXE III-A : ECMO VV et A-V.....	52
ANNEXE III-B : TABLEAU RÉSUMÉ DES ASSISTANCES UNIVENTRICULAIRES ...	55
ANNEXE III-C : COMPOSANTES GÉNÉRALES DU CARDIOWEST	58
Références de la partie commune	59
SECTION IV : Physiothérapie en situation antérieure à l'implantation d'une assistance circulatoire chez l'insuffisant cardiaque chronique sévère, par Élodie Pilon.....	64
1. Objectifs.....	64
2. Introduction sur l'insuffisance cardiaque.....	65
2.1. Présentation et causes	65
2.2. Symptômes	66
2.2.1. Dyspnée	66
2.2.2. Fatigue.....	66
2.2.3. Douleur.....	67
2.2.4. Cachexie	67
2.2.5. Problèmes gastrointestinaux.....	68
2.2.6. Dépression	68
2.2.7. Autres signes et symptômes	68
3. Considérations spécifiques.....	68
3.1. Médication.....	68
3.1.1. Inhibiteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (IECA)	68
3.1.2. Bêta-bloquant (BB).....	69
3.1.3. Antagoniste de l'aldostérone.....	69
3.1.4. Diurétique	70
3.1.5. Antagoniste des récepteurs de l'angiotensine II (ARA)	70
3.1.6. Digoxine	70
3.1.7. Inhibiteur de la néprilysine-récepteur de l'angiotensine.....	71
3.1.8. Inhibiteur des canaux I _f	71
3.1.9. Combinaison de l'hydralazine et du dinitrate d'isosorbide.....	71
3.1.10. Acide gras polyinsaturé n-3	71
3.2. Contre-indications à l'épreuve d'effort (EE) et à la prescription d'un programme d'exercices	72
4. Évaluation de la condition physique pour la prescription d'exercices afin d'optimiser la condition des patients en vue de l'implantation d'une AC	74
4.1. Évaluation générale	74
4.2. Stratification du risque	74
4.3. Épreuve d'effort.....	74
5. Traitement pour optimiser la condition physique chez les insuffisants cardiaques sévères	77
5.1. Variables à considérer	77
5.2. Type de surveillance et critères d'arrêt	77
5.3. Amélioration ou maintien de la condition.....	78
5.4. Échauffement et retour au calme	78
5.5. Prescription d'exercice cardiorespiratoire sous le seuil d'entraînement	79

5.6.	Prescription d'exercice cardiorespiratoire dans la zone d'entraînement	79
5.7.	Prescription d'exercices avec BB	80
5.8.	Prescription d'exercice en force	80
5.9.	Entraînement des muscles inspiratoires.....	81
6.	Éducation et recommandations	81
7.	Perspective de recherche	82
8.	Synthèse	83
	Références.....	84

SECTION V : Physiothérapie en situation postopératoire aiguë d'implantation

	d'une assistance circulatoire, par Marie-Hélène Nadeau	87
1.	Objectifs.....	87
2.	Considérations spécifiques.....	88
2.1.	Traitement médical et impact en physiothérapie.....	88
2.1.1.	Restriction liquidienne	88
2.1.2.	Anticoagulants et anti-thrombotiques.....	89
2.1.3.	Dérivés nitrés	90
2.1.4.	Sédation	90
2.1.5.	Antibiotiques.....	90
2.2.	Hématologie	91
2.3.	Instrumentation	91
2.4.	Gestion de l'appareillage	92
2.5.	Précautions et contre-indications relatives à l'appareillage	93
2.6.	Facteurs pronostiques au rétablissement	94
3.	Évaluation	95
3.1.	Évaluation du système cardiovasculaire	95
3.1.1.	Particularités avec les AC insérées par voie percutanée	97
3.2.	Évaluation de la fonction respiratoire	97
3.2.1.	Auscultation cardiaque.....	97
3.2.2.	Auscultation pulmonaire.....	98
3.2.3.	Radiographie pulmonaire	98
3.2.4.	Forces des muscles inspiratoires.....	99
3.3.	Évaluation du système tégumentaire	99
3.3.1.	AC à court terme	99
3.3.2.	AC à long terme	100
3.4.	Bilan fonctionnel.....	100
4.	Traitement.....	100
4.1.	Traitement respiratoire.....	101
4.1.1.	Objectifs et modalités recommandées en fonction de l'AC	101
4.1.2.	Entraînement des muscles inspiratoires	102
4.2.	Positionnement, mobilisations et reconditionnement.....	102
4.2.1.	AC à court terme insérée par voie percutanée	103
4.2.2.	AV.....	104
4.2.3.	CAT	105
4.3.	Monitoring et critères d'arrêt à l'exercice.....	106
4.3.1.	Signes et symptômes.....	106
4.3.2.	Perception de la difficulté de l'effort	107
4.3.3.	Dyspnée	107
4.3.4.	Fréquence cardiaque	107
4.3.5.	Tension artérielle.....	107
4.3.5.1.	Particularités avec le BIA	107
4.3.5.2.	Particularités avec les AV.....	108
4.3.5.3.	Particularités avec le CAT	108
4.3.6.	Électrocardiogramme	108

4.3.6.1. Particularités avec le BIA	108
4.3.7. Saturation en oxygène	108
4.3.8. Auscultation pulmonaire	109
4.3.9. Paramètres de l'appareil	109
4.3.9.1. Particularités avec le BIA	109
4.3.9.2. Particularités avec le HeartMate II	110
4.3.9.3. Particularités avec le CAT	111
4.4. Éducation	111
5. Perspectives de recherche	112
6. Synthèse	113
Annexe V-A	114
Annexe V-B	115
Références	116
SECTION VI : Réadaptation post-opératoire avec l'assistance circulatoire, par	
Camille Pilon-Cadieux	121
1. Objectifs	121
2. Réponses physiologiques chez les patients porteurs d'une AV ou d'un CAT	121
.....	121
2.1. AV	121
2.1.1. Physiologie au repos	121
2.1.1.1. Système respiratoire	122
2.1.1.2. Fonction endothéliale	122
2.1.1.3. Système cardiovasculaire	122
2.1.1.4. Système gastro-intestinal	123
2.1.1.5. Systèmes rénal et hépatique	123
2.1.1.6. Système neurologique	124
2.1.1.7. Synthèse	124
2.1.2. Physiologie à l'exercice	124
2.1.2.1. Système respiratoire	124
2.1.2.2. Fonction endothéliale et hématologie	125
2.1.2.3. Système cardiovasculaire	125
2.1.2.3.1. Déterminants du débit cardiaque total	125
2.1.2.3.2. Déterminants du VO ₂ max	129
2.1.2.4. Synthèse	129
2.2. CAT	130
2.2.1. Physiologie au repos et à l'exercice	130
2.3. Physiologie à l'exercice des assistances biventriculaires	132
3. Considérations spécifiques et évaluation	133
3.1. Évaluation	133
3.2. Stratification du risque	135
3.3. Précautions et contre-indications à l'exercice	135
4. Traitement et monitoring	136
4.1. Entraînement cardiovasculaire (FITT)	136
4.1.1. Fréquence	137
4.1.2. Intensité	137
4.1.3. Temps	137
4.1.4. Type d'activité	138
4.2. Autres traitements	138
4.2.1. Entraînement en force	139
4.2.2. Entraînement en endurance musculaire	139
4.2.3. Entraînement spécifique	139
4.4. Monitoring et supervision	139

4.5. Critères d'arrêt de l'exercice	140
5. Recommandations et conseils	141
5.1. Gestion de l'équipement et de l'appareillage (HM II et CAT)	142
5.1.1. Gestion des alarmes	143
5.2. Conseils et recommandations pour le retour à domicile (HeartMate II)	143
6. Perspectives de recherche	145
7. Synthèse	146
Annexe VI-A : Écran et interface utilisateur du CardioWest	147
Annexe VI-B : Exemple de programme d'entraînement de 6 semaines pour un patient avec une AVG	149
Annexe VI-C : Préparation du retour à domicile des patients porteurs d'AVG	150
Références	151
SECTION VII (suite de la partie commune)	154
1. Discussion	154
2. Conclusion	155

Introduction : Lorsque le traitement médical ne suffit plus aux insuffisants cardiaques sévères, la transplantation cardiaque demeure le traitement de choix. Les dons d'organes étant insuffisants pour répondre à la demande, les chercheurs s'intéressent à l'apport des assistances circulatoires (AC) comme pont à la transplantation ou comme traitement définitif. Les AC sont aussi utilisées comme pont à la récupération myocardique pour l'insuffisance cardiaque (IC) aiguë secondaire à un événement cardiaque. **Objectif** : Guider les physiothérapeutes dans les trois phases du continuum de soins relatif à l'implantation d'AC à long terme ainsi qu'auprès des patients recevant une AC à la suite d'un événement cardiaque aigu. **Méthodologie** : Une recension des écrits a été effectuée dans les bases de recherche Medline, Embase et Cinahl. **Résultats** : Un inventaire des AC a été réalisé afin de guider les physiothérapeutes dans la prise en charge de cette clientèle. L'intervention précoce est sécuritaire et bénéfique à travers tout le continuum de soins pour préparer le patient à la chirurgie, prévenir les complications et, finalement, favoriser le reconditionnement. La progression de la mobilité fonctionnelle chez les porteurs d'AC temporaires est cependant limitée par l'instrumentation en place et la stabilité médicale. **Conclusion** : La physiothérapie joue un rôle dans la prévention des complications respiratoires et liées à l'alitement prolongé. L'intervention précoce en soins aigus est sécuritaire et bénéfique. En phase pré-implantation d'AC à long terme, la physiothérapie optimise la condition du patient pour la chirurgie alors que la réadaptation post-opératoire améliore l'endurance sous-maximale et la qualité de vie.

Mots-clés :

Physiothérapie, insuffisance cardiaque chronique sévère, insuffisance cardiaque aiguë, assistance circulatoire, ECMO, ballon intra-aortique, assistance ventriculaire, coeur artificiel total, soins aigus, réadaptation cardiaque.

ABRÉVIATIONS

AC	Assistance circulatoire
ARA	Antagoniste des récepteurs de l'angiotensine II
AV	Assistance ventriculaire
AVC	Accident vasculaire cérébral
AVD	Assistance ventriculaire droite
AVG	Assistance ventriculaire gauche
AVQ	Activité de la vie quotidienne
BB	Bêta-bloquant
BIA	Ballon intra-aortique
BPM	Battements par minute
CAT	Cœur artificiel total
CVF	Capacité vitale forcée
DCI	Défibrillateur cardiovertteur implanté
ECG	Électrocardiogramme
ECMO	Oxygénation extracorporelle par membrane
ECMO A-V	Oxygénation extracorporelle artério-veineuse par membrane
ECMO VA	Oxygénation extracorporelle veino-artérielle par membrane
ECMO VV	Oxygénation extracorporelle veino-veineuse par membrane
EE	Épreuve d'effort
EELS	Épreuve d'effort limitée par symptômes
EEM	Épreuve d'effort maximale
EESM	Épreuve d'effort sous-maximale
ESV	Extrasystole ventriculaire
FC	Fréquence cardiaque
FCR	Fréquence cardiaque de réserve
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FE	Fraction d'éjection
FER	Fraction d'éjection réduite
FEVG	Fraction d'éjection du ventricule gauche
GI	Gastro-intestinal
HM II	<i>HeartMate II</i>
IECA	Inhibiteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine
IC	Insuffisance cardiaque

ICT	Ischémie cérébrale transitoire
INR	Ratio international normalisé
INTERMACS	<i>Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support</i>
IVD	Insuffisance ventriculaire droite
MI(s)	Membre(s) inférieur(s)
MS(s)	Membre(s) supérieur(s)
NYHA	<i>New York Heart Association</i>
PAP	Pression artérielle pulmonaire
PI _{max}	Pression inspiratoire maximale
PTT	<i>Partial thromboplastin time</i>
PVC	Pression veineuse centrale
Q	Débit cardiaque
RAD	Retour à domicile
RVP	Résistance vasculaire pulmonaire
RVT	Résistance vasculaire totale
SatO ₂	Saturation en oxygène
TA	Tension artérielle
TAD	Tension artérielle diastolique
TAM	Tension artérielle moyenne
TAS	Tension artérielle systolique
TV	Tachycardie ventriculaire
VA	Valve aortique
VCO ₂	Production de gaz carbonique
VD	Ventricule droit
V _E	Ventilation minute
VEMS	Volume expiratoire maximal seconde
VG	Ventricule gauche
VO ₂	Consommation d'oxygène
VO ₂ max	Consommation d'oxygène maximale
VO ₂ R	Consommation d'oxygène de réserve
6MWT	<i>6 Minute Walking Test</i> (Test de marche de 6 minutes)

SECTION I

1. Problématique

Plus de 40 millions de personnes à travers le monde, dont 600 000 canadiens, sont atteints d'insuffisance cardiaque (IC) (1). L'IC est l'incapacité du muscle cardiaque à pomper suffisamment de sang pour combler les besoins métaboliques du corps. Il s'agit de la deuxième cause d'hospitalisation chez les 65 ans et plus et est responsable de 9% des décès, soit 22 000 décès par année (2). L'IC peut se développer lentement, ce qui correspond à l'IC chronique, ou être aiguë (3). L'IC aiguë peut être déclenchée par un événement cardiaque tel que l'infarctus du myocarde ou par une décompensation de l'IC chronique (3). Lorsque le traitement pharmacologique ne suffit plus, la transplantation cardiaque demeure la meilleure option de traitement pour les insuffisants cardiaques chroniques sévères en raison du haut taux de survie et du niveau élevé de qualité de vie qu'elle peut procurer (4). Les dons d'organes étant nettement insuffisants pour répondre à la demande en transplantation, les chercheurs s'intéressent à l'apport des assistances circulatoires (AC) comme pont à la transplantation ou comme alternative de traitement définitif. D'autres AC sont plutôt utilisées comme pont à la récupération myocardique pour l'IC aiguë.

À l'heure actuelle, il n'existe pas de guide de pratique pour orienter les cliniciens dans l'évaluation et le traitement en physiothérapie des patients ayant une AC à long terme ou pour une prise en charge précoce lorsqu'implantée pour une IC aiguë. L'objectif de ce travail est de procéder à une recension des écrits permettant de guider les physiothérapeutes dans les trois phases du continuum de soins auprès des insuffisants cardiaques de classe III et IV selon la *New York Heart Association* (NYHA) en attente d'une AC et suite à l'implantation, de même que pour une intervention précoce auprès des patients recevant une AC pour une IC aiguë

La classification NYHA est disponible à l'*ANNEXE I*.

2. Méthodologie

Les recherches ont été effectuées dans les bases de données scientifiques Medline, Embase et Cinahl. La littérature grise a également été consultée.

1^{ère} recherche :

Les mots clés utilisés pour les aides circulatoires et la physiothérapie sont : assisted circulation, artificial heart, mechanical circulation, heart assist support, heart assist device, ventricular assist device, intra-aortic balloon pumping, physical therapists, physical therapy modalities, physical therapy specialty, walking, early ambulation, exercise, exercise tolerance, exercise therapy, exercise test, physical fitness, motor activity, sports, mobility, ambulation, walk, bicycle, physical activity, physical fitness, physical training, physical endurance, physiotherapy, rehabilitation activity.

2^{ème} recherche :

Les mots clés utilisés pour l'insuffisance cardiaque et la physiothérapie sont : heart failure, cardiac failure, cardiac insufficiency, preoperative period, end-stage, final stage, assisted circulation, artificial heart, mechanical circulation, heart assist support, heart assist device, ventricular assist device, intra-aortic balloon pumping, physical therapists, physical therapy modalities, physical therapy specialty, walking, early ambulation, exercise, exercise tolerance, exercise therapy, exercise test, physical fitness, motor activity, sports, mobility, ambulation, walk, bicycle, physical activity, physical fitness, physical training, physical endurance, physiotherapy, rehabilitation activity.

SECTION II : Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support (INTERMACS)

1. Description

L'INTERMACS est un registre nord-américain qui a fait son apparition en 2005. Celui-ci a été conçu pour les patients souffrant d'IC sévère ayant reçu une AC comme traitement (5). Ce registre sert donc à évaluer les différentes AC afin de faciliter le développement de celles-ci et la sélection des patients qui les recevront (5).

L'INTERMACS recueille les données dès l'hospitalisation(5) des patients en classe III et IV selon la NYHA (6) puis fait le suivi post-implantation à une semaine, un mois, trois mois, six mois et enfin à chaque six mois suivants. Lors de ces suivis, les principales données recueillies sont la mort, les transplantations ainsi que les retraits des AC. De plus, le niveau de fonction et la qualité de vie sont pris en compte afin d'évaluer le traitement (5). L'INTERMACS a mis au point des profils qui caractérisent la condition des patients pour

aider les cliniciens à savoir quels patients souffrant d'IC sévère bénéficieraient davantage d'une AC(5).

Cette classification comporte sept profils et trois modificateurs qui seront présentés ci-dessous. Un profil et un modificateur, s'il y a lieu, sont attribués aux patients lorsque la décision d'implanter une AC est prise. Ce profil peut être modifié lorsque la condition du patient se détériore entre le moment de l'évaluation du profil initial et celui de la chirurgie. Si c'est le cas, le profil qui correspond le mieux à leur condition juste avant l'implantation de l'assistance ventriculaire (AV) ou du cœur artificiel total (CAT) sera celui écrit dans le dossier (6).

2. Profils

2.1. Profil 1

Le premier profil 1 de l'INTERMACS correspond aux patients les plus gravement atteints d'IC. Lorsque les patients se retrouvent dans cette catégorie, c'est qu'ils sont en choc cardiogénique. Cette condition est plus fréquente chez les personnes ayant subi un infarctus du myocarde majeur dû à l'occlusion du tronc commun de la coronaire gauche ou suite à une myocardite très sévère. Ces patients sont souvent traités par ballon intra-aortique, par support cardiopulmonaire percutané, par ventilateur ou par catécholamines intraveineuses. Ce profil est aussi souvent nommé «crash and burn» en raison de la diminution rapide des réponses hémodynamiques et de la perte de fonction de plusieurs organes vitaux (7). Les patients sont menacés par l'hypotension sévère, malgré la prise de médicaments inotropes pour l'élever, et par l'hypoperfusion critique. Cette dernière est souvent confirmée par le niveau de lactate et d'acidose anormal. Dans cette situation, il est primordial d'intervenir dans les heures qui suivent pour l'implantation de l'AC (8).

2.2. Profil 2

Contrairement au premier profil 1 où les patients se détériorent rapidement, ce niveau correspond aux patients qui suivent une détérioration progressive. Ce profil est aussi appelé *sliding on inotropes* puisque, malgré la prise de médicaments inotropes, les patients présentent une diminution de la fonction rénale (8). Il comprend également les patients intolérants aux inotropes en raison de tachycardie, d'ischémie ou d'autres effets secondaires indésirables (9). L'intervention, qui consiste à implanter une AC, doit être réalisée dans les jours qui suivent (8).

2.3. Profil 3

En ce qui concerne le troisième profil, les patients peuvent être hospitalisés ou être à domicile. Ils sont dépendants des inotropes intraveineux ou portent une AC temporaire afin de garder leur condition stable. C'est la raison pour laquelle il est nommé *dependant stability*. Le sevrage de ces médicaments a été tenté à maintes reprises chez ces patients, mais l'hypotension ou la dysfonction progressive des organes réapparaît. En lien avec ces conditions, les patients doivent être suivis pour leur fonction rénale, la rétention de liquide et/ou la nutrition. Pour ce profil, l'AC n'a pas besoin d'être implantée aussi rapidement que pour le premier et le deuxième profil. Dans ce cas, l'intervention peut se faire entre une semaine et quelques mois (8).

2.4. Profil 4

Dans ce profil, les patients résident à leur domicile et prennent une médication orale. Celui-ci est également appelé *resting symptoms* car les patients sont symptomatiques au repos ou lors des activités de la vie quotidienne (AVQ). Ils peuvent présenter des symptômes comme l'orthopnée ou la dyspnée lorsqu'ils s'habillent ou prennent leur douche, par exemple. Les patients peuvent également souffrir de problèmes gastro-intestinaux (GI), de nausées, d'œdème sévère des membres inférieurs et de perte d'appétit. Certains patients vont fluctuer entre le profil 4 et 5. Pour ce profil, l'intervention aura lieu entre quelques semaines et quelques mois (8).

2.5. Profil 5

Dans ce profil, les patients sont asymptomatiques au repos, mais peuvent quand même souffrir de rétention liquidienne associée à la dysfonction rénale.(9) Ces patients ont de légères difficultés lorsqu'ils exercent leurs activités de la vie quotidienne ou qu'ils marchent sur de courtes distances à l'intérieur. Ce profil est également nommé *exertion intolerance*. En effet, ils deviennent symptomatiques lorsqu'ils font des activités comme la marche à l'extérieur. L'application de l'intervention dépend de plusieurs facteurs, dont la condition nutritionnelle, la fonction organique et l'activité. Si un patient souffre de trouble nutritionnel ou de problèmes organiques dans ce profil, il peut courir un plus grand risque qu'un patient du profil 4 ; il faut donc appliquer l'intervention rapidement. (8)

2.6. Profil 6

Dans ce profil, les patients ne présentent pas de symptôme au repos, aux activités de la vie quotidienne ni aux activités de faible niveau fait à l'extérieur. Ces patients, contrairement au profil 5, ne présentent pas d'évidence de rétention de liquide (8). Lors d'activités un peu plus difficiles physiquement que celles qui provoquent des symptômes dans le profil 5, ils seront fatigués après seulement quelques minutes (8). Chez cette clientèle, il arrive parfois que la condition des patients s'aggrave et que, dans l'année précédente, ceux-ci aient été hospitalisés afin de soulager leur épisode de symptômes (9). En ce qui concerne l'intervention pour les patients de ce profil, elle dépendra des mêmes facteurs que le profil 4, soit la condition nutritionnelle, la fonction organique et l'activité (8).

2.7. Profil 7

Ce profil représente les patients atteints d'IC sévère de classe III selon la NYHA, mais qui sont stables. Ces patients sont confortables aux exercices de faible intensité soit marcher plus d'un coin de rue malgré les décompensations précédentes et la fraction d'éjection qui peut être diminuée. Ils sont cependant symptomatiques lors d'exercices d'intensité modérée, soit pour une intensité plus élevée que celle provoquant les symptômes dans le profil 6. Dans ce profil, les patients n'ont subi aucun épisode de rétention liquidienne récent, comme pour le profil 6 et contrairement au profil 5 (8). Si au cours des derniers mois, les patients ont dû être hospitalisés ou ont eu besoin de prendre des diurétiques intraveineux, ils seront reclassés au profil 6 ou moins (9). En ce qui concerne l'implantation d'une AC, une étude est actuellement en cours à savoir si les patients souffrant d'IC sévère nuisant à leur qualité de vie, mais n'ayant aucun déficit nutritionnel, organique ou de mobilité, aideraient à diminuer l'IC (9).

3. Modificateurs

Les modificateurs ont été créés afin de pouvoir mieux classer les patients. Les modificateurs sont ainsi ajoutés au profil des patients lorsque nécessaire et ne peuvent être utilisés seuls pour caractériser les patients (8).

3.1. Arythmie : A

Ce modificateur est le seul qui était présent lors la création de la classification de l'INTERMACS. Il peut être ajouté à chacun des profils (8). Les patients dans cette catégorie sont à risque de tachycardie ventriculaire (TV). Pour pouvoir ajouter ce modificateur au dossier, le patient doit avoir subi durant la même semaine au moins deux interventions pour contrôler cette arythmie (7). Les interventions ont dû nécessiter soit l'utilisation d'un défibrillateur externe ou des chocs provenant du défibrillateur cardiaque du patient (6).

3.2. Assistance circulatoire temporaire : TCS

Cette catégorie de modificateur peut être ajoutée aux patients hospitalisés seulement, donc des profils 1, 2 et 3 (8). Si le patient est considéré comme un profil 3, mais qu'il est retourné chez lui en attendant la chirurgie, le modificateur ne peut être inscrit. Plusieurs assistances circulatoires sont comprises dont le BIA, l'impella, l'ECMO, le tandemheart (6).

3.3. Frequent flyer : FF

Ce modificateur peut être appliqué aux patients du profil 4, 5 ou 6. Pour être inscrits, les patients doivent avoir été hospitalisés ou doivent être allés à l'hôpital en urgence au moins deux fois au cours des trois derniers mois ou au moins trois fois au cours des six derniers mois (8). Ceux-ci doivent avoir reçu des diurétiques intraveineux, des inotropes ou une ultrafiltration à l'hôpital. Cependant, si les patients classés dans le profil 3 reçoivent un traitement par inotropes intraveineux à domicile, le modificateur peut s'appliquer. Dans le cas où le patient est admis pour une arythmie ou traité par chocs du cardiofibrillateur, le modificateur «A» sera inscrit et non le «FF»(6).

Des tableaux comparatifs pour les différents profils et modificateurs sont disponible en *ANNEXE II*.

SECTION III : Inventaire des assistances circulatoires

Cette section constitue un inventaire des AC retrouvées le plus fréquemment dans la littérature. De façon générale, les AC servent à assurer une circulation sanguine adéquate lorsque le cœur n'y parvient plus. Cela permet de maintenir la fonction des organes vitaux et de décharger le ou les ventricules cardiaques affaiblis en situation aigüe ou chronique

(10). Les AC temporaires en cas de défaillance cardiaque aigüe sont les suivantes : le ballon intra-aortique (BIA), l'Impella et l'oxygénation extracorporelle par membrane (ECMO). Les AC à long terme implantés dans les cas d'IC chronique sévère sont les suivantes : les assistances univentriculaires et le cœur artificiel total (CAT). Le continuum de soins en physiothérapie élaboré dans ce travail d'intégration concerne uniquement les AC à long terme. Le rôle, les composantes générales, le fonctionnement, l'implantation, les considérations spécifiques et les complications de chaque AC sont décrits dans cet inventaire.

1. Indications générales

Il existe six classes générales d'indications : la prévention lors de chirurgies cardiaques, le pont à la récupération myocardique, le pont à la prise de décision, le pont à la transplantation, le pont à l'éligibilité et le traitement définitif.

1.1. AC temporaires

1.1.1. LA PRÉVENTION LORS DE CHIRURGIES CARDIAQUES

Certaines chirurgies cardiaques sont effectuées sur un cœur à risque d'instabilité hémodynamique et, dans ce cas, les AC temporaires sont indiquées pour prévenir les complications associées.

1.1.2. LE PONT À LA RÉCUPÉRATION MYOCARDIQUE

Il s'agit d'une indication fréquente des AC temporaires, dans les cas où le cœur natif a le potentiel d'améliorer sa fonction avec un support sanguin à court terme. Cette indication s'applique aux situations suivantes :

- Choc cardiogénique suite à un infarctus aigu du myocarde, à une myocardite, à une cardiomyopathie péripartum ou encore, suite à une IC chronique (11-14);
- Défaillance ventriculaire gauche de causes diverses : régurgitation mitrale, rupture du septum ventriculaire, défaillance ventriculaire gauche réfractaire, arythmie ventriculaire réfractaire, cardiomyopathies, septicémie et anomalies cardiaques complexes pédiatriques (15, 16);

- Défaillance ventriculaire droite suite à l'utilisation d'une AVG, à un infarctus du myocarde, à la transplantation cardiaque ou à une chirurgie cardiaque (17-19).

1.1.3. LE PONT À LA PRISE DE DÉCISION

Dans un contexte de défaillance cardiaque aiguë, une période de temps peut être nécessaire à l'équipe médicale pour décider de l'alternative thérapeutique optimale à long terme tout en maintenant la vie du patient par une AC temporaire.

1.2. AC à long terme

1.2.1. LE PONT À LA TRANSPLANTATION

Les AC à long terme peuvent être implantées durant la période où le patient insuffisant cardiaque chronique sévère est dans l'attente d'un donneur compatible pour une transplantation cardiaque.

1.2.2. LE PONT À L'ÉLIGIBILITÉ

Dans certains cas, les AC peuvent être indiquées comme « pont à l'éligibilité » en vue d'une transplantation cardiaque éventuelle. En effet, après une certaine période avec une AC, certains patients pourraient devenir des candidats admissibles à la transplantation. Cela peut se produire, par exemple, suite à une amélioration de la fonction de certains systèmes ou suite à une perte de poids importante.

1.2.3. LE TRAITEMENT DÉFINITIF

Il existe maintenant une dernière classe d'indication prometteuse, c'est-à-dire l'utilisation définitive d'une AC comme traitement de l'IC chronique sévère pour les patients qui ne sont pas éligibles à la transplantation. Cette inéligibilité peut s'expliquer par l'âge avancé, l'hypertension pulmonaire irréversible ou par toute autre condition présente risquant de limiter le succès de la transplantation en termes de survie (3).

2. Ballon intra-aortique (20)

2.1. Rôle

Le ballon intra-aortique (BIA) est l'AC la plus utilisée à travers le monde chez les patients en condition critique liée à une pathologie cardiaque. L'objectif principal du BIA est d'améliorer la performance du ventricule gauche (VG), d'une part, en augmentant l'apport en oxygène du myocarde et, d'autre part, en diminuant la postcharge. Il peut aussi y avoir des effets bénéfiques sur le ventricule droit (VD).

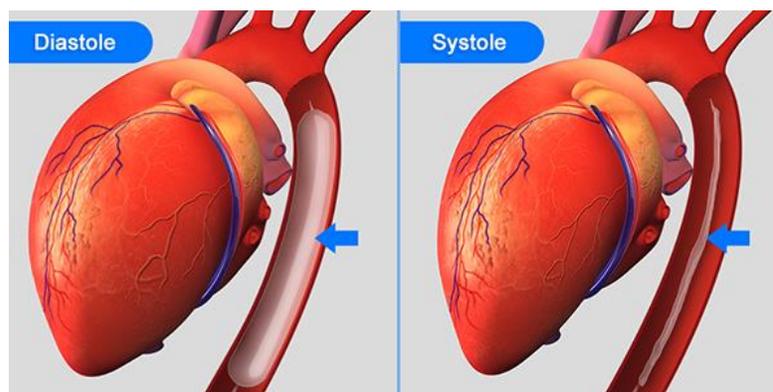
2.2. Composantes générales et fonctionnement

Le BIA est composé de :

- 1) Un cathéter à double lumière ayant, à son extrémité distale, un ballon de polyéthylène d'un volume variant de 25 à 50 ml ;
- 2) Un périphérique de contrôle qui sert à pomper de l'hélium dans le ballon.

La lumière interne du ballon sert à recueillir les données de tension, alors que la lumière externe sert à insérer le gaz dans le ballon. Le BIA se gonfle à la diastole, après la fermeture de la valve aortique, et se dégonfle au début de la systole, juste avant l'ouverture de la valve aortique.

L'image suivante, tirée du site internet de NMC Heartcare (21), illustre ce mécanisme :



Le gonflement du ballon ainsi que l'effet d'aspiration causé par le dégonflement du ballon contribuent, en proximal, à augmenter la perfusion myocardique et, en distal, à augmenter la perfusion systémique. Il est à noter que le BIA peut soit synchroniser chaque battement

cardiaque ou n'assister qu'une fraction des battements selon le statut hémodynamique du patient. Par exemple, lors du sevrage de l'AC, il pourrait assister un battement sur deux. En plus de son effet sur le VG, il peut aussi être bénéfique au VD. En effet, l'augmentation du débit myocardique peut améliorer la performance du VD tout comme pour le VG. De plus, la pression négative créée par l'effet du dégonflement du ballon entraîne une réduction de la pression auriculaire gauche et du réseau vasculaire pulmonaire ainsi qu'une diminution de la postcharge du VD.

Le tableau suivant, tiré de l'article de Krishna et al. 2009 (20), indique les changements hémodynamiques observés en présence d'un BIA :

Site	Aorte	VG	Cœur globalement	Coronaires
Effet(s)	↓ Pression systolique ↑ Pression diastolique	↓ Pression systolique ↓ Pression diastolique ↓ Volume sanguin dans le VG ↓ Tension murale	↓ Postcharge ↑ volume d'éjection systolique pour une même précharge ↑ Puissance cardiaque	↑ Débit sanguin

Dans l'aorte, la pression systolique est diminuée par la dégonflement du ballon qui crée un effet d'aspiration et la pression diastolique est augmentée par l'augmentation de volume du ballon à son gonflement. Le cœur ayant une postcharge diminuée, la contraction du VG est diminuée aussi, ce qui résulte en une diminution de pression systolique dans le VG. La puissance cardiaque est augmentée, ce qui se traduit par une augmentation de la fraction d'éjection. Le cœur se vidant davantage, la précharge est diminuée pour un même volume d'éjection systolique et la pression diastolique diminue. Au niveau des coronaires, le débit sanguin est augmenté, car le gonflement du ballon crée un reflux de sang vers le VG. La fermeture de la valve aortique empêche ce reflux vers le ventricule et redirige ainsi le sang vers les coronaires. De cette façon, l'apport en oxygène du myocarde est amélioré.

2.3. Implantation

Une insertion percutanée est habituellement réalisée dans l'artère fémorale, mais d'autres approches ont été étudiées, comme celles sous-clavières et axillaires, qui permettent une

mobilisation précoce (22) chez la majorité des patients (23). L'implantation peut aussi être faite chirurgicalement par une approche trans-thoracique ou trans-lombaire, mais ces techniques sont associées à un plus haut taux de mortalité péri-opératoire. Le trajet du ballon est guidé par fluoroscopie et l'échocardiographie trans-oesophagienne permet de vérifier l'alignement du ballon dans l'aorte descendante qui devrait être environ 2 à 3 cm sous l'origine de l'artère sous-clavière gauche ou vis-à-vis la carène trachéale.

2.4. Considérations spécifiques (15, 16)

2.4.1. INDICATIONS

Le BIA est indiqué pour la prévention lors de chirurgie cardiaque, comme pont à la transplantation et comme pont à la prise de décision. Il est aussi indiqué en cas d'infarctus du myocarde ou d'angine instable réfractaire lors de chirurgie de revascularisation ou d'angioplastie. Le sevrage suite à l'oxygénation extracorporelle par membrane (ECMO) peut être facilitée avec le BIA, qui permet alors au cœur de reprendre graduellement sa fonction de pompe en diminuant le nombre de battements synchronisés par le BIA.

2.4.2. CONTRE-INDICATIONS

Le BIA est contre-indiqué en présence de :

- Régurgitation ou en cas de dissection aortique, car le BIA pourrait amplifier ces problématiques déjà existantes ;
- *Stent* aortique en raison du risque de déplacement étant tous deux présents dans l'aorte descendante, ou en raison du risque de rupture de l'aorte.

2.4.3. PRÉCAUTIONS

La septicémie non-contrôlée est une précaution au BIA, car l'insertion par voie percutanée crée une voie d'entrée supplémentaire pour les micro-organismes pathogènes. L'amélioration de la perfusion systémique pourrait augmenter le risque de rupture en présence d'un anévrisme de l'aorte abdominale. Les maladies vasculaires périphériques sévères à risque d'ischémie et la chirurgie de reconstruction artérielle majeure sont des précautions puisque le réseau artériel est utilisé pour installer le BIA. Malgré que le BIA puisse bénéficier aux patients ayant des arythmies ventriculaires, celles tachycardes nécessitent une attention particulière. En effet, celles-ci peuvent progresser en fibrillation

ventriculaire, fortement associée avec la mort subite si elles ne sont pas traitées rapidement.

2.5. Complications

Il peut y avoir des complications liées au site d'insertion du cathéter à l'artère fémorale : infection, sténose de l'artère fémorale, ischémie au membre affecté et syndrome du compartiment. La pathophysiologie derrière l'apparition du syndrome du compartiment est liée à l'œdème de reperfusion. En effet, l'ischémie cause des dommages micro-vasculaires qui augmentent la perméabilité capillaire. L'augmentation de fluide dans le compartiment élève la pression causant ainsi le syndrome du compartiment. Des complications peuvent également survenir le long du trajet du cathéter lors de l'implantation. D'une part, les blessures vasculaires telles que le pseudo-anévrisme, l'hématome et le saignement sont possibles. D'autre part, la dissection aortique peut survenir et peut, elle-même, entraîner une tamponnade cardiaque. Malgré l'anticoagulation systémique, les complications liées au thrombus sont fréquentes. Elles incluent l'ischémie des membres pouvant mener à l'amputation et, parfois, une neuropathie périphérique consécutive, l'ischémie des viscères, l'ischémie de la moelle épinière et le syndrome du compartiment comme mentionné plus haut. Un mauvais positionnement du ballon pourrait compromettre la circulation au cerveau et au rein. Il y a également un risque de changements hématologiques comme l'hémolyse et la thrombocytopénie. Enfin, il existe des complications directement liées au BIA : une rupture du ballon peut entraîner une embolie gazeuse, et une petite perforation de la membrane du ballon, par laquelle du sang aurait pénétré dans le ballon, pourrait entraîner des difficultés à retirer le ballon et la nécessité de le retirer chirurgicalement par aortotomie.

3. Impella (17-19)

Cette section portera sur les quatre types d'Impella destinés à l'assistance temporaire du VG actuellement disponibles, soit l'Impella 2.5, l'Impella CP, l'Impella 5.0 et l'Impella LD, et sur l'Impella RP qui est plutôt une AVD à court terme. Dans le texte qui suit, on distinguera simplement les AVG et les AVD.

3.1. Rôle

Il s'agit d'une AC de court terme. La durée d'utilisation est de 4 jours ou moins pour l'Impella 2.5 et l'Impella CP, de 6 jours ou moins pour l'Impella 5.0 et l'Impella LD et de 14 jours et moins pour l'Impella RP. Les Impella assistant le VG servent à diminuer le travail ventriculaire gauche et aident à maintenir une circulation adéquate durant la récupération du VG. Elles peuvent également être utilisées en complément à un BIA. L'Impella RP, quant à elle, diminue la postcharge du VD, lui permettant de récupérer, lorsqu'il est en défaillance.

3.2. Composantes générales

L'Impella est formée d'une canule, comportant un orifice de prélèvement et un orifice de sortie du sang, un marqueur radio-opaque ou un capteur de pression différentiel et le compartiment du moteur électrique, rattaché à un cathéter en proximal. Son extrémité distale est spiralée sauf dans le cas de l'Impella LD.

3.3. Implantation et fonctionnement

L'installation est percutanée pour les cinq types d'Impella. Les Impella 2.5, 5.0 et CP sont mises en place par l'artère fémorale ou axillaire et insérées dans le VG. La voie axillaire aurait l'avantage de nécessiter moins d'anticoagulant et de favoriser l'ambulation et les traitements en physiothérapie, mais l'approche fémorale est encore la plus utilisée (24, 25). L'Impella LD, elle, est directement insérée dans l'aorte ascendante jusqu'au VG. La fluoroscopie permet de visualiser la procédure. Lorsque présent pour les Impella assistant le VG, le marqueur radio-opaque devrait apparaître, à la fluoroscopie, vis-à-vis l'anneau de la valve aortique lorsque bien positionné. Pour celles n'en ayant pas, un capteur de pression différentielle permet de vérifier l'alignement. Elles peuvent alors pomper le sang présent dans le VG vers l'aorte ascendante avec un débit non-pulsatile. L'Impella RP est seulement implantée par la veine fémorale et est placée dans le VD. Elle pompe le sang de la veine cave inférieure vers l'artère pulmonaire.

Le tableau suivant indique les principales différences et similitudes entre les cinq types d'Impella :

	<i>Impella 2.5</i>	<i>Impella CP</i>	<i>Impella 5.0</i>	<i>Impella LD</i>	<i>Impella RP</i>
<i>Débit maximal</i>	2.5 L/min	3.5 L/min	5.0 L/min	5.0 L/min	4.0 L/min
<i>Durée d'utilisation</i>	≤ 4 jours	≤ 4 jours	≤ 6 jours	≤ 6 jours	≤ 14 jours
<i>Voie d'accès pour l'implantation</i>	Artère fémorale ou axillaire			Aorte ascendante	Veine fémorale

3.4. Considérations spécifiques

3.4.1. INDICATIONS

3.4.1.1. Impella 2.5, CP, 5,0 et LD

Les Impella pour AVG sont indiquées comme pont à la récupération myocardique lorsque le choc cardiogénique est causé par une défaillance du VG. Elles sont aussi indiquées pour la prévention lors de chirurgies cardiaques, particulièrement lors d'interventions percutanées au niveau des coronaires sur un cœur dont la fonction est grandement compromise (26). L'Impella 5.0 peut également être indiquée comme pont à la prise de décision (24, 25).

3.4.1.2. Impella RP

L'Impella RP pour AVD est indiquée comme pont à la récupération myocardique du VD.

3.4.2. CONTRE-INDICATIONS

Les contre-indications à l'utilisation de l'Impella sont :

- Tous changements vasculaires ou cardiaques pouvant empêcher le passage de la pompe :
 - Les défauts au niveau des veines, des artères ou de l'aorte (orifice < 0.6 cm²) ;
 - Un remplacement ou un rétrécissement sévère de valve cardiaque ;
 - Un filtre sanguin dans la veine cave.
- Les conditions pouvant diminuer l'efficacité de la pompe :

- Une valve tricuspide ou pulmonaire défectueuse qui causerait une régurgitation ;
- Une communication entre les compartiments du cœur.
- Un thrombus présent dans la veine cave ou l'oreillette droite susceptible de se détacher durant le fonctionnement de la pompe.
- Des conditions qui peuvent être aggravées avec l'usage de la pompe :
 - Défaut du septum auriculaire ou ventriculaire ;
 - Rupture ventriculaire qui pourrait être aggravée lors de l'implantation de l'Impella ;
 - Tamponnade cardiaque.

3.5. Complications

Comme l'Impella est installée par voie percutanée, il y a un risque d'infection au site d'insertion et de septicémie. L'installation pourrait causer des dommages vasculaires ou des perforations sur son trajet ainsi que des saignements. Il y a aussi des risques d'arythmies cardiaques telles que la fibrillation auriculaire ou ventriculaire et la tachycardie ventriculaire. Cela pourrait mener à un choc cardiogénique ou à l'infarctus du myocarde et pourrait donc nécessiter la réanimation cardiorespiratoire ou mener à la mort. Étant donné qu'il s'agit d'un appareil impliquant l'introduction d'un corps étranger dans le sang, il y a un risque de formation de thrombus. Un thrombus pourrait entraîner un accident vasculaire cérébral (AVC), une ischémie cérébrale transitoire (ICT) et l'ischémie d'un membre. Un risque de phlébite est, de plus, présent avec l'utilisation de l'Impella RP. L'hémolyse et la thrombocytopénie sont également probables. Avec les Impella 2.5, CP, 5.0 et LD, une défaillance rénale et hépatique, une dysfonction rénale aiguë, une dysfonction respiratoire, une tamponnade cardiaque, une IC droite, un dommage à la valve aortique ou une insuffisance aortique sont possibles et pourraient créer le besoin d'une chirurgie cardiaque, thoracique ou abdominale. Ces appareils sont également susceptibles de causer de l'hypotension sévère. Avec l'Impella RP, il y a aussi un risque de défaillance hépatique et de dysfonction des valves du cœur droit. Enfin, l'Impella pourrait avoir un défaut de fonctionnement (27).

4. Oxygénation extracorporelle par membrane (11-14)

Il existe trois types d'ECMO : l'ECMO veino-artériel (VA), l'ECMO veino-veineuse (VV) et l'ECMO artério-veineuse (A-V). Cette section traitera majoritairement de l'ECMO VA

puisqu'il s'agit de celle qui pallie à la fonction cardiaque en cas d'IC aiguë. Les deux autres types d'ECMO seront toutes fois décrites à l'*ANNEXE III-A*.

4.1. Rôle

Le rôle de l'ECMO VA est d'offrir une route alternative au sang afin de remédier à un déficit de la fonction circulatoire du cœur. Elle est utilisée lorsqu'il y a une diminution du travail cardiaque parce qu'elle permet le passage du sang du système veineux au système artériel sans traverser le cœur. Le cœur n'a donc pas besoin de pomper le sang et peut récupérer sa fonction. L'objectif de l'ECMO VA est donc la récupération myocardique. Elle est habituellement utilisée en dernier recours lorsque le traitement pharmacologique ne suffit plus et que le risque de mort est imminent étant donné l'IC aiguë. De plus, elle est utilisée comme pont à la transplantation cardiaque (28) ou comme pont à l'AC. Sa durée d'utilisation varie habituellement de quelques heures à quelques semaines.

4.2. Composantes générales et fonctionnement

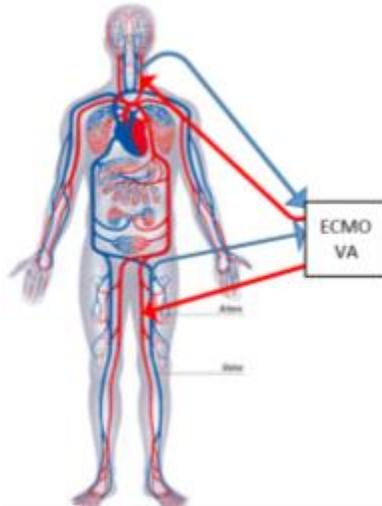
L'ECMO est composée de plusieurs éléments. Sa membrane semi-perméable en silicone ou en polypropylène permet de réduire les dommages aux composantes du sang qui peuvent survenir lors du contact direct entre le sang et les gaz. Sa pompe peut être centrifuge, fournissant une circulation en continu, ou à rouleaux, assurant une circulation pulsatile. Un conduit tubulaire assure le passage du sang d'un élément à l'autre et comporte, à ses extrémités, des canules qui permettent le prélèvement et le retour sanguin. Enfin, un échangeur thermique peut aussi s'ajouter à ce réseau.

Lors d'un fonctionnement optimal, le débit sanguin devrait varier autour de 60 ml/kg/min pour les patients sur ECMO VA. L'hémodynamie avec ce type d'ECMO est déterminée par la résistance vasculaire et le débit sanguin de la pompe additionné au débit natif du cœur. La pression artérielle systolique moyenne devrait varier entre 50 et 70 mmHg. La pression dans le circuit devrait être de -300 mmHg au site de prélèvement et de 400 mmHg au site de retour. Une augmentation de la pression du circuit peut suggérer une obstruction à la circulation et une augmentation de la pression de la membrane pourrait indiquer la formation d'un thrombus. La saturation de l'hémoglobine en oxygène devrait être supérieure à 70% au site de prélèvement et supérieure à 95% au site de retour sanguin. La température corporelle devrait être de 37°C ou entre 32 et 34°C lorsqu'on induit une hypothermie.

4.3. Implantation

L'installation de l'ECMO ne nécessite aucune intervention chirurgicale, car elle peut être installée par voie percutanée. Une canule assure le prélèvement du sang et l'autre de ramener le sang *in situ*. Pour l'ECMO VA, la canule de prélèvement peut être installée dans la veine jugulaire ou la veine fémorale et la canule de retour dans l'artère carotide commune droite ou l'artère fémorale. Une fois l'installation réalisée, le sang peut circuler de la canule de prélèvement vers la pompe, puis, vers l'oxygénateur et l'échangeur thermique, s'il y a lieu, avant de revenir à la circulation systémique.

L'image suivante permet de visualiser les sites d'insertion et de sortie du trajet sanguin de l'ECMO VA.



Adaptée de Solidea (2017). "Glossaire de la circulation sanguine." (29)

4.4. Considérations spécifiques

4.4.1. INDICATIONS ET CONTRE-INDICATIONS

L'ECMO VA est indiquée comme pont à la récupération myocardique ou lors d'une perfusion inadéquate des tissus reflétée par une situation d'hypotension ou de bas débit sanguin malgré un volume sanguin adéquat.

Les contre-indications à son utilisation incluent :

- L'impossibilité de récupération cardiaque chez un patient non-candidat à la transplantation ni à un dispositif d'AV ;

- La dysfonction chronique d'organes comme l'emphysème, la cirrhose du foie et l'insuffisance rénale ;
- La réanimation cardiopulmonaire prolongée sans perfusion adéquate des tissus.

L'obésité, l'âge avancé et l'incapacité à recevoir des traitements d'anticoagulation sont des précautions à considérer avec l'ECMO VA.

4.5. Complications

Les complications liées à l'ECMO se divisent en deux catégories : les complications rattachées à l'appareil et celles associées au patient. Les premières rassemblent les problèmes mécaniques avec le dispositif, l'introduction d'air dans le circuit, la formation de caillots dans le circuit, les difficultés lors de la canulation du patient. Les secondes comprennent les dommages causés par la ventilation mécanique comme l'atélectasie, les infections, l'insuffisance rénale, la mort cérébrale, l'hémolyse, l'ischémie des membres inférieurs, l'AVC, les saignements majeurs et les hémorragies. Les saignements majeurs et les hémorragies peuvent être causés au site de canulation par l'insertion des cathéters additionnée à la prise d'anticoagulants. Les saignements peuvent aussi être favorisés lors de traumatismes mineurs aux muqueuses et au système GI par la prise d'anticoagulant (13). Il est à noter que l'ischémie des membres inférieurs pourrait mener jusqu'à l'amputation et au syndrome du compartiment (tel qu'expliqué dans les complications du BIA) (30) à cause d'une embolie, une thrombose, un faux anévrisme ou une rupture, dissection ou perforation de l'artère fémorale commune ou iliaque. Le risque d'AVC, quant à lui, est présent lorsque le site de canulation de retour est la carotide. Il existe aussi un risque d'hypoxie cardiaque et cérébrale lorsque le site de canulation de retour est l'artère fémorale. En effet, le sang oxygéné se dirigera d'abord dans les membres inférieurs et les organes abdominaux avant de se rendre au cerveau et au cœur (13).

5. Assistances univentriculaires gauche et droite à long terme

5.1. Rôle et historique

Les AV à long terme ne datent pas d'hier; c'est en 1963 que la première AV a vu le jour (31). Les appareils ont beaucoup évolué au cours des dernières années. Les chercheurs en sont actuellement au développement de la troisième génération. Leur but commun est de mettre au point différentes alternatives à la transplantation cardiaque en limitant au maximum les complications engendrées par ce traitement nécessitant une sternotomie ou une thoracotomie (10). Les deux premières générations étaient constituées de pompes pulsatiles, alors que les AV plus récentes sont constituées d'une pompe à débit continu.

5.2. Fonctionnement

5.2.1. POMPE PULSATILE

Ce type de pompe permet une reproduction de l'activité pulsatile normale du cœur. En d'autres termes, elle mime l'activité ventriculaire tout en conservant les phases habituelles de diastole et de systole, c'est-à-dire de remplissage et de contraction permettant l'éjection du sang (32). À l'intérieur de la pompe, un sac de stockage en polyuréthane (une molécule organique) se remplit de sang; celui-ci est ensuite comprimé par un moteur électrique permettant l'éjection du sang (31). Deux valves unidirectionnelles se situent à l'entrée et à la sortie de la pompe, ce qui empêche notamment le reflux du sang (33). Un pouls est encore palpable chez les patients suite à l'implantation d'une AV pulsatile.

Ce type de pompe comporte, cependant, certains inconvénients. En effet, elle est plus massive et l'ensemble de l'appareillage, incluant la source d'énergie, est lourd et peu fonctionnel, ce qui limite l'ambulation et la qualité de vie des patients (31, 32). Les pompes pulsatiles sont aussi associées à un taux plus élevé de complications telles que les infections (10) et les dysfonctions des composantes de l'appareil (31); le taux de survie en est affecté. Les AV munies d'une pompe pulsatile sont plus rarement utilisées actuellement étant donné leur faible durabilité (32). Elles peuvent encore être appropriées et indiquées dans les cas où les patients nécessitent une AV à court terme (10), particulièrement lors d'une insuffisance ventriculaire droite (IVD) (34). Ce sont majoritairement les AV de première et deuxième générations qui sont constituées de cette

catégorie de pompe. Voici quelques exemples de ces appareils : AV paracorporelle Thoratec, Abiomed BVS 5000, Novacor et HeartMate XVE.

5.2.2. POMPE À DÉBIT CONTINU

Les pompes à débit continu permettent une circulation continue du sang dans l'organisme (35), ce qui se distingue de la physiologie normale du cœur étant donné l'absence de contraction rythmée du ventricule et donc, l'absence de pulsativité. Nous verrons plus loin dans ce travail d'intégration qu'il existe certaines particularités relatives à chaque AV et que, selon le cas, le sang peut circuler selon un flux axial ou centrifuge (32).

L'avènement de ce type de pompe de troisième génération comporte bien des avantages par rapport aux générations précédentes. Les pompes à débit continu sont plus fiables et durables que les pompes pulsatiles (35). De plus, étant donné leur taille réduite, cette AV est maintenant rendue disponible à un plus large éventail de la population, notamment les femmes de petite taille et les enfants (35, 36). Le câble de transmission rattachant la pompe intracorporelle au contrôleur est plus court et plus flexible, ce qui limite grandement le risque d'infection (35). Étant donné la circulation continue du sang dans la pompe, les valves unidirectionnelles ne font plus partie des composantes de l'appareil (37), ce qui a permis d'augmenter la durabilité de l'AV. En résumé, la conception de ce type de pompe est majoritairement axée sur la réduction de l'incidence des complications per et post-opératoires; notamment les saignements, les infections et les thromboembolies (10) qui, auparavant, étaient des complications fréquentes avec les pompes pulsatiles. Tous ces avantages combinés ensemble permettent d'augmenter la durée de support (32). Cependant, tel que mentionné ci-haut, les pompes à débit continu modifient le fonctionnement habituel du cœur, ce qui modifie le monitoring des signes vitaux en raison de l'absence de pouls et de tension artérielle systolique et diastolique. Ces particularités seront abordées plus loin dans le travail d'intégration du point de vue physiothérapique.

Les particularités spécifiques des AV suivantes seront abordées plus loin dans le travail d'intégration : HeartMate II, Jarvik 2000, HeartWare, CentriMag et HeartMate III.

5.3. Composantes générales

Malgré les nombreuses particularités techniques des différentes AV implantées actuellement dans le monde, elles ont en commun certaines caractéristiques de base. Les

AV intracorporelles sont munies de six composantes essentielles : la pompe, le conduit d'entrée, le conduit de sortie, le câble de transmission percutané, le contrôleur et la source d'énergie (31, 32, 38). Comme expliqué à la section 5.2., la pompe permet au ventricule gravement affaibli chez les patients atteints d'IC de faire circuler le sang à travers tout l'organisme (36). La vitesse de la pompe est ajustée par le médecin dans le but de diminuer et de soulager les symptômes ressentis par les patients. La pompe est souvent implantée chirurgicalement par sternotomie ou par thoracotomie (32) dans l'abdomen des patients ou directement dans la cavité péricardique (36). Le conduit d'entrée se situe à l'apex du VG lors du remplacement ventriculaire gauche et à l'oreillette droite lors du remplacement ventriculaire droit (32, 36). Le conduit de sortie, quant à lui, vient s'anastomoser à l'aorte ascendante ou descendante lors d'une AVG et au tronc pulmonaire lors d'une AVD. Cependant, lorsque les patients sont munis d'une pompe extracorporelle, les deux conduits reliés au cœur sortent du corps pour s'attacher à la pompe (38); c'est le cas de l'AV paracorporelle « Thoratec » et du CentriMag. Le câble de transmission percutané sortant à droite au niveau de l'abdomen permet la connexion entre l'assistance circulatoire interne et le contrôleur externe (32). Le contrôleur, que chaque patient porte à sa taille, contient un logiciel informatique qui permet d'afficher différentes informations essentielles telles que la vitesse sélectionnée et le débit de la pompe (32). De plus, il peut émettre des alertes spécifiques lorsque des ajustements sont nécessaires (35) ou qu'une pièce semble défectueuse. Finalement, la source d'énergie externe peut provenir de deux batteries portables fournissant environ 8 à 12 heures d'autonomie au patient ou bien directement d'une source électrique (32, 35). La source d'énergie est donc un élément essentiel au fonctionnement de la pompe et du contrôleur. D'ailleurs, une des fonctions du contrôleur est d'assurer l'affichage du niveau d'utilisation des batteries.

5.4. Considérations spécifiques

5.4.1. INDICATIONS

Les AV sont indiquées comme pont à la transplantation cardiaque, comme pont à la récupération myocardique, comme pont à l'éligibilité ainsi que comme traitement définitif (4, 31, 32, 34, 36, 39). Selon certaines études, l'implantation d'une AV serait de plus en plus indiquée dans les stades moins sévères d'IC (4), le but étant de diminuer le stress imposé au cœur avant l'apparition des complications irréversibles (32). En effet, débiter ce traitement alternatif de façon plus précoce permettrait de diminuer l'incidence de la

dysfonction terminale de certains organes tels que la cachexie cardiaque, l'hypertension pulmonaire et l'insuffisance rénale. (32).

5.4.2. CONTRE-INDICATIONS

- Insuffisance hépatique sévère ayant déjà causé des conséquences irréversibles (18, 33, 36, 40);
- Troubles sévères de la coagulation (18, 36, 40) mettant le patient plus à risque de saignements importants per et post-opératoire;
- Troubles cognitifs ou psychologiques graves (18) limitant l'observance aux traitements, la coopération du patient et sa capacité d'autogestion des soins nécessaires (40), ce qui diminuerait les chances de succès du traitement;
- Insuffisance légère du VD lorsque l'implantation d'une AVG est envisagée ; si le VD n'est pas assez performant initialement, le patient serait à risque trop élevé de développer une dysfonction ventriculaire droite (voir 5.5.5.) suite à l'implantation de l'AV ;
- Maladies respiratoires sévères (36, 40) ou toute autre condition (cardiaque, musculosquelettique, neurologique, etc.) risquant de limiter la réadaptation ;
- Absence de soutien social avec risque d'isolement post-implantation (18); la gestion de l'AV pourrait alors devenir un lourd fardeau pour le patient affrontant la réadaptation sans support ;
- AVC récent (33, 40) ayant entraîné de nombreuses conséquences neurologiques graves (18) ;
- Insuffisance rénale sévère (18, 36) nécessitant des traitements de dialyse à long terme (40);
- Cancer incurable (33, 40) limitant la survie du patient à moins de 2 ans (18);
- Obésité morbide avec un IMC > 40 kg/m² ou état de cachexie (18, 36) avec un IMC < 21 kg/m² chez les hommes et < 19 kg/m² les femmes (40);
- Sepsis ou infection non-contrôlée (18, 33, 40) rendant le patient trop instable et vulnérable pour subir une opération à cœur ouvert.

Selon le rapport de l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS) publié en 2016 (18), les seules contre-indications absolues seraient l'AVC récent, l'absence de soutien social, les troubles cognitifs et psychologiques sévères et

l'insuffisance hépatique sévère. Toutes les autres seraient des contre-indications relatives, c'est-à-dire que, pour chaque patient, la situation devra être évaluée par l'équipe médicale afin de prendre une décision de traitement dans le meilleur intérêt du patient et ce, en fonction du rapport bénéfice/risque.

5.5. Complications

Grâce à l'évolution des appareils et des techniques chirurgicales, les complications durant et après l'opération sont de moins en moins fréquentes. Malgré tout, l'implantation d'une AV présente encore certains risques que les cliniciens doivent garder en tête. Ces complications peuvent survenir durant la période d'hospitalisation aux soins intensifs ou encore, suite au retour à domicile des patients (31).

5.5.1. HÉMORRAGIE (31)

Le risque d'hémorragie est élevé chez les patients avec une AV récemment implantée. C'est la complication la plus fréquente des pompes à débit continu (41). L'importance des saignements ainsi que leurs conséquences sont variables d'un individu à un autre. En effet, dans certains cas, une transfusion sanguine s'avère nécessaire alors que parfois, une réintervention chirurgicale est de mise pour arrêter le saignement (42). Plusieurs facteurs contribuent à rendre les patients plus vulnérables à cette complication, notamment la prise d'anticoagulants, la chirurgie d'implantation de longue durée ainsi que les comorbidités présentes avant l'opération chez les patients souffrant d'IC. En plus d'augmenter le risque d'infection par un affaiblissement du système immunitaire, une hémorragie rend le patient plus susceptible de développer une hypoperfusion des organes menant, entre autres, à une défaillance systémique généralisée. Selon Barnes et al. (2008) (31), certaines études suggèrent que les patients transfusés ont plus de risque de développer une IVD secondaire à une hypertension pulmonaire et une distension du VD. Finalement, les saignements gastro-intestinaux (GI) sont particulièrement fréquents chez 15 à 30 % (41) des patients avec des AV de 3^e génération. Une anticoagulothérapie prolongée, un facteur de Von Willebrand défectueux entraînant des troubles de coagulation et une angiodysplasie au niveau du système GI sont tous des facteurs qui peuvent causer ce type de saignements (41). C'est la seule complication plus fréquente avec les pompes continues comparativement aux pompes pulsatiles. Le saignement peut être réversible en diminuant la dose d'anticoagulants donnée ou en diminuant la vitesse de la pompe (43), ce qui est moins traumatisant pour les cellules sanguines.

5.5.2. THROMBOEMBOLIE (31, 32, 42)

Selon le type d'AV, le risque de thromboembolie varie entre 10 % et 25 %. Cette complication peut survenir lors du contact entre le sang du patient et l'AV qui constitue un corps étranger. Le thrombus peut se former directement au niveau de la pompe ou dans le ventricule (44). La majorité des thromboembolies ont des conséquences cérébrovasculaires, en causant des AVC et des ICT avec des conséquences neurologiques variables. Des thromboembolies ayant des conséquences plus en périphérie (rate, reins, extrémités, etc.) sont aussi possibles. Les patients reçoivent tous des anticoagulants et des antiplaquettaires pour diminuer au maximum le risque de formation de thrombus. L'INR visé en prévention suite à la chirurgie varie selon les études; celui-ci devrait être maintenu entre 1,8 et 3,5 selon l'hôpital et le type d'AV implantée.

5.5.3. INFECTION (31, 42)

Les infections font aussi partie des complications souvent observées durant la période post-opératoire à court et à long terme. L'infection peut se présenter sous différentes formes notamment sous forme d'infection urinaire, de médiastinite, d'endocardite, de pneumonie ou encore de septicémie. Les patients sont faibles et leur état de santé est précaire avant l'opération, ce qui les rend plus vulnérables aux différents agents pathogènes d'où le risque élevé d'infection suite à l'implantation de l'AV. Les patients sont aussi susceptibles de développer une infection au niveau du câble de transmission percutané étant donné son exposition aux agents pathogènes situés à l'extérieur du corps. Dans cette situation, l'infection s'accompagne de signes et symptômes locaux (31) tels que la douleur, l'érythème, l'œdème, la chaleur, etc. Elle se traite par des soins appropriés de la plaie ainsi que par des antibiotiques. Il est important de contrôler rapidement l'infection locale afin d'éviter la propagation vers la pompe intracorporelle, ce qui pourrait causer des conséquences notamment la nécessité de changer l'AV ou, dans les cas plus graves, la mort (32).

5.5.4. ARYTHMIES SÉVÈRES

Les arythmies cardiaques sont fréquentes chez les patients avec une AV. Cela peut avoir de graves conséquences sur la fonction de la pompe qui est dépendante du volume de sang en circulation. En présence d'une AVG, l'impact de l'arythmie dépend de son influence sur le VD qui assure le remplissage de la pompe (32). Lors d'une arythmie cardiaque, si le volume sanguin envoyé dans l'AVG est insuffisant, cela peut entraîner

une diminution du débit sanguin total ainsi qu'une aspiration (ou « suckdown ») problématique du VG (32). En présence d'une AVD, la gravité des conséquences de l'arythmie va plutôt dépendre de l'impact de celle-ci sur le VG dans sa capacité à éjecter le sang dans le système. Si le volume éjecté diminue, cela entraîne une diminution du volume de remplissage de l'AVD, ce qui correspond à une diminution de la précharge et donc du débit sanguin en circulation (32). La même problématique d'aspiration du VD peut alors survenir.

Les patients avec une AV sont souvent munis d'un défibrillateur cardiovertéur implanté (DCI), souvent nommé « pacemaker-défibrillateur » (36). En effet, il est souvent implanté dans les stades avancés de l'IC. La plupart des patients le conserve étant donné le risque d'arythmies, notamment d'arythmies ventriculaires, malgré la présence de l'appareil d'AV. Le DCI est particulièrement important pour les patients ayant une cardiopathie ischémique puisque ceux-ci seraient plus susceptibles de développer des arythmies ventriculaires mortelles (9). Cet appareil perçoit les anomalies du rythme pouvant avoir un impact négatif sur la fonction normale du cœur. Il ajuste sa réponse en fonction de ce qui est enregistré. Le DCI envoie une impulsion qui stimule le cœur en cas de bradycardie importante et dans d'autres cas, il envoie une impulsion anti-tachycardique lorsque le rythme cardiaque perçu est trop rapide (38).

5.5.5. INSUFFISANCE VENTRICULAIRE DROITE (31, 42, 45)

Après l'implantation d'une AVG, un déséquilibre peut parfois apparaître entre le VD d'origine et le VG remplacé par la prothèse. Suite à une augmentation du volume de sang en circulation dans le corps, le retour veineux est également augmenté. Ce volume de sang arrivant au cœur droit peut alors surpasser la fonction du VD, ce qui cause l'IVD. Cette complication peut causer des arythmies ou de l'ischémie. Parfois, l'implantation d'une AVD peut s'avérer nécessaire à court ou à long terme, lorsque le patient ne répond pas adéquatement aux traitements médicaux instaurés. La fonction du VD est évaluée avant d'entreprendre un traitement avec une AVG. Par contre, dans certains cas, l'IVD ne devient apparente qu'après la chirurgie.

5.5.6. RÉPONSE DU SYSTÈME IMMUNITAIRE (31)

Suite à l'implantation d'une AV, l'immunité du patient peut être affectée. En effet, les AV sont constitués de matériaux qui, lorsqu'en contact avec le sang, peuvent parfois

déclencher une réponse inflammatoire. Cette réaction peut, par conséquent, causer un affaiblissement du système immunitaire. Lorsque c'est le cas, les lymphocytes T défectueux ne parviennent plus à jouer leur rôle favorisant ainsi l'apparition d'infections secondaires. Dans d'autres cas, c'est une hyperactivité des lymphocytes B qui va être remarquée. Cette hyperactivité peut déclencher une réaction auto-immune chez le patient. S'il est porteur d'une AV en attente de transplantation, cette réaction auto-immune néfaste pourrait nuire au succès de la transplantation cardiaque à venir par l'accroissement du risque de rejet du cœur transplanté.

5.5.7. DÉFAILLANCE GÉNÉRALISÉE DES ORGANES (31)

Chez plusieurs patients avec une AV implantée, la fonction de certains organes tels que le foie, les poumons et les reins peut déjà être perturbée avant la chirurgie. Effectivement, les patients souffrant d'insuffisance cardiaque sévère sont souvent sujets à des périodes d'hospitalisations prolongées durant la phase précédant l'implantation. Ce n'est évidemment pas sans conséquences négatives sur les autres systèmes. Malgré le grand stress imposé au corps lors de la chirurgie, la majorité des patients récupèrent bien grâce à l'AV, mais parfois, ils ne se rétablissent pas comme prévu. Certains développent alors une défaillance multi-systémique menant souvent à la mort. Cette complication représente environ 35 % (31) des décès après la chirurgie. Pour diminuer le risque de mortalité et assurer une récupération optimale, les médecins suggèrent, dans un premier temps, d'effectuer l'implantation de l'AV avant l'apparition des signes et symptômes de défaillance des organes (4). Dans un deuxième temps, ils insistent sur l'importance d'assurer un monitoring très étroit de tous changements chez le patient qui seraient susceptibles d'indiquer ou de suggérer la dysfonction d'un organe en particulier.

5.5.8. DYSFONCTION DE L'AV (31)

Avec les appareils de 1^{ère} et 2^e générations, les complications associées aux dysfonctions de l'AV étaient relativement fréquentes, soit 35 % selon l'étude REMATCH publiée en 2001 (46). Elles étaient associées à un taux élevé de mortalité. Selon cette même étude, les problématiques en lien avec l'usure normale de l'appareil provenaient à 52 % des composantes externes et à 48 % des composantes internes telles que les valves (46). Avec les appareils de 3^e génération conçus pour assurer une meilleure durabilité des composantes (35), les dysfonctions de l'AV sont beaucoup moins fréquentes, mais encore possibles. Les patients doivent donc recevoir une éducation spécifique en lien avec

l'entretien et le fonctionnement de leur appareil ainsi qu'avec la signification des différentes alarmes de signalement. Cet aspect sera discuté ultérieurement dans le travail d'intégration.

5.5.9. PROBLÈMES PSYCHOLOGIQUES (31)

Vivre avec une AV peut parfois être une grande source d'anxiété et de stress chez les patients de même que pour leur entourage. Cette anxiété peut être en lien avec le risque de complications post-opératoires et les problématiques en lien avec l'appareil. De plus, certains patients rapportent une diminution de la qualité du sommeil, une persistance de la douleur et des difficultés dans l'accomplissement de leurs tâches quotidiennes. La kinésiophobie pourrait également faire partie du portrait global du patient suite à l'implantation d'une AV. L'éducation faite, entre autres, par le physiothérapeute est primordiale afin de limiter les problèmes d'ordre psychologique qui pourraient avoir un impact négatif sur la progression du patient dans sa réadaptation. Cet aspect sera discuté ultérieurement dans le travail d'intégration.

5.5.10. MALNUTRITION (31)

Lorsqu'un problème est suspecté au niveau de la nutrition (anorexie, nausées, vomissements, indigestions, etc.), il faut référer à un nutritionniste pour assurer un apport nutritionnel adéquat au patient et ainsi favoriser une récupération optimale suite à l'implantation de l'AV.

5.6. Particularités de certaines assistances univentriculaires

Pulsatile

5.6.1. ASSISTANCE PARACORPORELLE « THORATEC »

Il s'agit d'une pompe pulsatile pneumatique plus ancienne qui peut être indiquée pour un remplacement univentriculaire (droit ou gauche) ou biventriculaire selon le cas (10). Bien que les pompes à débit continu soient majoritairement supérieures aux pompes pulsatiles, cette AV demeure une des meilleures options de traitement en présence d'une IVD (34). De plus, le risque de complications post-opératoires est plus élevé notamment les saignements et les thromboembolies qui surviennent chez 31% et 8% des patients respectivement (10). Étant donné le risque plus élevé de thromboembolie dans la prothèse ou dans le ventricule toujours en place, la dose d'anticoagulants nécessaire est augmentée en conséquence (10), ce qui requiert un suivi étroit. Le risque d'infection est

aussi augmenté puisque la pompe se situe à l'extérieur du corps. La pompe génère un volume de 65 ml ainsi qu'un débit sanguin maximal de 6,5 à 7 L/min (10, 33) bien que, selon certaines études, la perfusion des organes serait adéquate avec un débit inférieur se situant entre 4 et 5 L/min. Finalement, l'AV paracorporelle « Thoratec » est approuvée pour un support à court ou à long terme comme pont à la récupération myocardique ou à la transplantation cardiaque (10). Lors d'un usage à plus long terme, le médecin peut augmenter l'autonomie du patient en changeant la console lourde par une console portable de type TLC II alimentée par des batteries (33).

Débit continu

5.6.2. HEARTMATE II

Le HeartMate II (HM II) est actuellement l'AV de 3^{ème} génération la plus fréquemment utilisée étant donné son taux de survie élevé chez les patients (4). Le HM II est implanté par sternotomie dans la cavité péritonéale, juste sous l'hémi-diaphragme gauche (47). La pompe à débit axial peut fournir un débit sanguin maximal de 10 L/min ainsi qu'un volume variant, selon les études, de 63 ml à 124 ml (10, 39). La vitesse de rotation de la turbine peut varier entre 6000 et 15000 révolutions par minute (rpm) selon les articles consultés (39, 47). La turbine est la seule partie en mouvement dans ce type d'AV (39), ce qui contribue à augmenter la durée de vie de la pompe par rapport aux deux générations précédentes. Ses parois sont d'ailleurs conçues pour être thromborésistantes (35); une faible dose d'anticoagulants est donc nécessaire. L'hémorragie post-opératoire serait une des complications les plus fréquentes chez les patients porteurs du HM II, ce qui peut mener à plusieurs transfusions sanguines ou à une seconde chirurgie dans 70 % et 41 % des cas respectivement (10). Le HM II est approuvée par Santé Canada depuis 2009 pour un support à long terme comme pont à la transplantation ou encore, comme traitement définitif de l'IC (34, 47).

5.6.3. JARVIK 2000

Le Jarvik 2000 est une prothèse univentriculaire gauche. Il est implanté chirurgicalement par sternotomie ou par thoracotomie latérale (10) dans la cavité péricardique. L'appareil se situe directement à l'apex du VG (48), c'est-à-dire que, contrairement au HM II, il est intraventriculaire. Le câble de transmission peut suivre deux trajets différents pour atteindre le contrôleur externe. Dans certains cas, le câble percutané sort au niveau de la paroi abdominale. Cependant, il peut aussi sortir à gauche, au niveau rétro-auriculaire

(35, 47); c'est-à-dire derrière le pavillon de l'oreille. Le câble interne se rend jusqu'à un connecteur en métal fixé directement au crâne (apophyse mastoïde) ; c'est à cet endroit que s'attache le câble externe relié au contrôleur. La peau du cuir chevelu est très vascularisée, ce qui permet d'accélérer la guérison de la plaie (48). L'avantage de cette technique est de diminuer le risque d'infection post-opératoire au site de sortie du câble percutané. Selon plusieurs études, le Jarvik 2000 aurait un faible taux de complications (10) notamment de thromboembolies, de dysfonction de l'AV ainsi que d'infections tel que mentionné ci-haut. Cette pompe à débit axial peut fournir un débit sanguin maximal de 2,5 L/min à 7 L/min (47). La vitesse de rotation de la turbine peut varier entre 8000 et 12000 rpm selon cinq niveaux réglables (47). Le Jarvik 2000 assiste le cœur gauche en l'aidant à éjecter un débit de sang suffisant ; il ne remplace donc pas totalement sa fonction. Il fonctionne selon un mode de soutien intermittent pour éviter le développement d'une dépendance à l'AV, ce qui permet d'éviter une détérioration plus importante de la fonction du VG (47). Durant quelques secondes par cycle de 1 minute, la vitesse de la pompe diminue, réduisant ainsi temporairement le débit sanguin. Durant cette courte période, chez certains patients, le VG se contracte ce qui permet à la valve aortique de s'ouvrir pour éjecter le sang (47). Finalement, cette AV est approuvée par la FDA pour les essais cliniques comme support à court et à long terme en tant que pont à la récupération, à la transplantation ou encore comme traitement final (10).

5.6.4. HEARTWARE

L'AV HeartWare est implantée directement dans l'espace péricardique (4, 47) à l'apex du VG comme le Jarvik 2000. L'appareil peut être implanté par une thoracotomie moins invasive, ce qui diminue le temps de l'opération et le risque d'hémorragie. Il s'agit d'une pompe rotative à flux centrifuge (47) qui possède un débit sanguin maximal d'environ 10 L/min (4) ainsi qu'un volume de 45-50 ml. À l'intérieur de la pompe, la turbine est suspendue grâce à une force électromagnétique ; une fine couche de sang sépare le boîtier de la pompe et la turbine. L'absence de contact mécanique permet d'éliminer toute friction et ainsi de limiter au maximum l'usure de la turbine, ce qui constitue un des principaux avantages de cet appareil encore émergent (35). La vitesse de rotation peut varier entre 1800 et 3000 rpm (49) pour assurer un débit suffisant. Ce dispositif est moins traumatisant pour les cellules sanguines lors du passage à travers la pompe (35), permet d'éviter la stase sanguine et, par conséquent, minimise le risque de formation de

thrombus. L'appareil serait indiqué comme pont à la transplantation. Cependant, il n'est pas encore approuvé par Santé Canada (50).

5.6.5. CENTRIMAG

L'AV CentriMag peut fournir un support au VG, au VD ou un support biventriculaire (51). C'est un appareil indiqué lorsque le patient est dans un état critique ; c'est-à-dire qu'il est instable hémodynamiquement. En effet, comme la pompe est à l'extérieur du corps, l'intervention chirurgicale par sternotomie est plus simple, ce qui permet d'agir rapidement chez un patient qui a un choc cardiogénique (52). Il s'agit d'une AV à court terme, d'une durée d'environ 10 à 30 jours (34, 51), indiquée comme pont à la récupération myocardique. Le CentriMag permet de diminuer la charge de travail du ventricule supporté, ce qui rétablit la stabilité et la perfusion adéquate des organes. Dans certains cas, il peut aussi s'agir d'une assistance temporaire en vue de l'implantation d'une autre AV conçue pour un support à long terme. Le CentriMag est souvent l'AV de choix lors d'une dysfonction ventriculaire droite chez un patient porteur du HM II.

Le désavantage de cette AV est que la console externe est massive et doit rester sur le bord du lit du patient, ce qui limite beaucoup sa mobilité (51). De plus, les conduits connectés à la pompe sortent en antérieur du thorax et les mouvements du patient risquent de les déconnecter involontairement; ce qui cause une immobilité néfaste pour le patient (53). Pour remédier à cette situation problématique, les techniques ont été améliorées. Dans une étude effectuée en 2011 (52), une meilleure immobilisation des conduits d'entrée et de sortie a été effectuée, ce qui permet la mobilisation sécuritaire des patients après l'opération, même lors d'une approche par sternotomie. D'autres études effectuées en 2008 (54) et en 2015 (53) ont développé une approche par thoracotomie droite, ce qui permet une mobilisation plus précoce et sécuritaire. En plus d'être une technique moins invasive, elle permet d'éviter les sternotomies à répétition (53) dans le cas où la transplantation cardiaque ou l'implantation d'une autre AV est envisagée. Finalement, cette AV munie d'une pompe rotative à flux centrifuge peut fournir un débit sanguin maximal de 10 L/min (54) et possède un volume d'environ 31 ml (51). La vitesse de rotation peut atteindre 5500 rpm (51). Le fonctionnement de la turbine ainsi que les avantages reliés sont similaires au HeartWare décrit ci-haut. Il est approuvé pour un support du VD à court terme par la FDA depuis 2008.

5.6.6. HEARTMATE III

Le HeartMate III (HM III) est une pompe à débit continu conçue dans le but d'offrir un support à long terme au VG (55), que ce soit un pont à la transplantation ou le traitement final envisagé. Cette AV émergente est encore étudiée à l'heure actuelle. Le but premier du HM III est de diminuer le risque de thrombose de la pompe, ce qui est souvent une complication grave qui mène à une chirurgie d'urgence plus complexe pour remplacer la pompe (44). Contrairement au HM II, cette pompe génère un flux centrifuge avec une turbine suspendue grâce à une force électromagnétique selon le même principe et les mêmes avantages que le HeartWare et le CentriMag décrits ci-haut. La pompe est implantée chirurgicalement dans la cavité péricardique à l'apex du VG par sternotomie. Le HM III peut fournir un débit sanguin allant jusqu'à 10 L/min et génère des vitesses de rotation de la turbine entre 3000 et 9000 rpm (44, 55). La pompe se distingue des autres AV par son mode pulsatile artificiel. En effet, la vitesse de rotation fluctue toutes les deux secondes, ce qui tend à recréer un flux pulsatile (55). Cela permet le maintien de l'ouverture et de la fermeture normale de la valve aortique, en plus d'éviter la stase sanguine dans le VG. Selon les résultats d'une étude multicentrique publiée en 2015 (55), les complications les plus fréquentes, dans les premiers six mois, étaient les hémorragies, les infections et les AVC chez 38 %, 36 % et 12 % des patients respectivement. Aucune hémolyse, thrombose dans la pompe et dysfonction de la pompe n'ont été observés durant le suivi de six mois (55). Des résultats similaires ont aussi été obtenus dans une étude à plus grande échelle effectuée en 2016 comparant le HM II et le HM III. Les résultats indiquent une prévalence de 10.1 % de thrombose de la pompe chez les patients porteurs du HM II, comparativement à 0 % pour le HM III (44); la différence est statistiquement significative ($p < 0,001$). L'étude permet aussi de conclure qu'il n'y a pas de différence significative au niveau des autres complications per et post-opératoires. Bref, les résultats du HM III sont très prometteurs, mais d'autres études sont nécessaires pour approuver cette AV.

Un tableau comparatif ainsi que des images des différentes AV sont disponibles en *ANNEXE III-B*.

6. Cœur artificiel total

6.1. Rôle et historique

Depuis plusieurs décennies, des recherches sont effectuées afin de développer un CAT qui permettrait aux patients atteints d'IC sévère de rester en vie en attendant une transplantation cardiaque. Le premier CAT a été implanté en 1969. Le patient a survécu trois jours, puis, a eu une transplantation cardiaque. Ce patient est décédé suite à celle-ci en raison d'une pneumonie pseudomonale. Le premier CAT a été retiré du marché puisque la procédure était controversée (56). Quelques années plus tard, en 1985, un nouveau cœur artificiel a été implanté, le Jarvik-7. Celui-ci a été le premier à fonctionner et à rapporter de bons résultats pour la survie à long terme suite à la transplantation cardiaque (57). Par la suite, le CardioWest, un dérivé du Jarvik-7, a été accepté comme pont à la transplantation cardiaque par le *Food and Drug Administration* (FDA) en 2004, puis, en 2008, par les «Centers for Medicare & Medicaid Services» (57, 58). À ce jour, il est le seul à avoir été accepté par la FDA (59) et il a été implanté à plus de 1400 patients dans le monde entier (58).

6.2. Composantes générales

Le CardioWest, aussi appelé Syncardia, est un CAT qui remplace complètement les ventricules et les valves du cœur affaibli (56). Celui-ci permet d'éjecter le sang dans la circulation systémique et pulmonaire (44). Le CAT comprend plusieurs composantes soit le cœur artificiel, les canules et une console externe (60).

6.2.1. CŒUR ARTIFICIEL

La partie intracorporelle qui constitue le cœur est composée de deux ventricules, de quatre valves et de deux diaphragmes (61) ; il est donc biventriculaires. Ce cœur est pneumatique et est constitué d'une pompe pulsatile (56, 60) contrairement aux dernières versions d'AVG et d'AVD. Le CardioWest a un volume de 400 cm³, ce qui limite l'implantation aux adultes ayant une surface corporelle plus grande ou égale à 1.7m² (60, 61) et un diamètre thoracique plus grand ou égal à 10 cm (61). Il est également possible de faire la chirurgie pour les patients plus petits ayant les ventricules sévèrement dilatés (61). Un cœur de plus petit format est en investigation afin de l'implanter chez une clientèle ayant une plus petite surface corporelle (58).

Ses deux ventricules sont faits de polycarbonate et pèsent 160 grammes lorsqu'ils sont remplis. Étant donné que chaque ventricule peut accueillir jusqu'à 70 ml de sang (43, 60) et que le diamètre du conduit menant le sang au cœur est plus large que celui des autres AC (60), celui-ci permet d'obtenir un débit cardiaque allant jusqu'à 9.5 L/min. De plus, le CAT est celui qui fait circuler le sang sur la plus courte distance, alors il permet de réduire les risques de thromboembolies. Ces deux caractéristiques étant combinées, elles permettent au cœur de réduire la pression veineuse centrale et d'améliorer la perfusion des organes ainsi que leur fonction (60). Chaque ventricule comporte deux sacs, un pour l'air et un pour le sang (56). Les diaphragmes fabriqués en polyuréthane (60) sont situés entre ces deux sacs (56) et permettent le fonctionnement du cœur qui sera expliqué plus loin. Les quatre valves du cœur permettent un flux unidirectionnel (56) pour éviter le retour du sang.

6.2.2. CANULES

Les canules permettent de relier la partie intracorporelle à la console externe. Celles-ci sont connectées au sac d'air des ventricules puis sortent par l'abdomen du patient. Lorsqu'elles quittent le corps, les canules sont entourées de « Dacron » qui diminue le risque d'infection et permet aux tissus de se répandre autour des canules. Ces dernières sont pneumatiques comme le cœur et mesurent deux mètres (60), ce qui diminue le risque de les déconnecter du sac d'air ou de la console externe lorsque le patient bouge.

6.2.3. CONSOLE EXTERNE

Cette console est reliée aux canules et comprend un contrôleur, un ordinateur, deux réservoirs d'air et une pile. Le contrôleur est une partie très importante de la console puisque c'est lui qui alimente les pulsations pneumatiques qui se rendent jusqu'aux ventricules. L'ordinateur de cette console permet de régler les paramètres du cœur artificiel et de monitorer le patient. L'ordinateur indique le débit de l'appareil, le volume d'éjection ainsi que le débit cardiaque. Quant aux réservoirs d'air présents, ils permettent à l'air de se propager dans les canules même s'il advenait que l'air compressé externe ne fonctionnait plus. Concernant la batterie, celle-ci permet le déplacement de la console lorsqu'on doit transférer le patient d'un endroit à un autre et est aussi très utile lors d'une perte de courant puisqu'elle s'active automatiquement (60). De plus, la console présente un système de sécurité qui déclenche une alarme lorsque le débit cardiaque est rendu trop bas ou que le patient n'est plus monitoré. L'alarme sonne également lorsque les

réservoirs d'air commencent à être utilisés ou lorsque la pile commence à être faible (43). La console externe étant plutôt imposante, les patients doivent rester à l'hôpital. Une version portable qui permet aux patients le retour à domicile existe, mais elle est seulement utilisée en Europe pour le moment (60).

Des images des différentes composantes sont disponibles à l'*ANNEXE III-C*.

6.3. Fonctionnement

Lorsque la console externe est en fonction, elle induit des pulsations pneumatiques dans les canules qui partent du contrôleur et se rendent aux sacs d'air. Les pulsations permettent la systole et la diastole des ventricules. Lors de la systole, la pulsation remplit les sacs d'air (60). Lorsque ceux-ci atteignent leur capacité maximale, les diaphragmes sont déplacés vers les sacs de sang et cela fait en sorte que le sang sort des ventricules. En ce qui concerne la diastole, après l'éjection du sang dans l'aorte et dans l'artère pulmonaire, le sac d'air se vide et ceci permet au sac de sang de se remplir (56, 60). Par la suite, une autre pulsation permet la systole et ainsi de suite.

6.4. Implantation (61)

Avant de débiter la chirurgie, l'équipe doit prendre en considération les médicaments vasoactifs, la présence d'un BIA et l'ultrafiltration. De plus, elle doit considérer la présence des agents anticoagulants et les antiplaquettaires étant donné que le saignement est une complication fréquente. Le chirurgien débute l'implantation du cœur artificiel total par une sternotomie. Celui-ci induit une cardioplégie puis clampé l'aorte. Par la suite, il enlève les deux ventricules avec ses quatre valves puis la partie proximale de l'aorte et de l'artère pulmonaire. Ensuite, le CAT est installé. Les ventricules en polycarbonate sont suturés aux rebords des deux ventricules natifs puis à l'aorte et l'artère pulmonaire respectivement. La pompe pulsatile gauche est connectée au nouveau VG, puis, le processus est répété pour le côté droit. Les canules sont reliées à la pompe et sortent par l'abdomen comme mentionné plus haut. Afin de prévenir l'adhésion du péricarde sur le CardioWest, du polytétrafluoroéthylène est placé sur le cœur. Le cœur est finalement réchauffé, les pompes se vident, puis, l'aorte est déclampée. Le CAT permet alors la circulation du sang dans l'organisme.

À la suite de la chirurgie, les paramètres du CAT sont ajustés sur l'ordinateur relié à la console externe. Le CardioWest est mis en mode remplissage partiel (61), ce qui permettrait au cœur de s'accommoder lorsque le retour veineux augmente (60), et en mode d'éjection complète (61). La systole est installée à un taux fixe (60) de 50% (61). Les paramètres de base sont souvent une pression d'éjection gauche de 180-200 mmHg et une pression d'éjection droite de 30-60 mmHg. La pression d'éjection droite peut également être élevée jusqu'à 90 mmHg. De plus, la fréquence cardiaque peut être ajustée entre 100-120 battements par minute (bpm) (61) et 130 bpm (60). La FC reste la même tant que personne ne touche aux paramètres. Contrairement à cette dernière, lors d'un effort physique effectué par le patient, le débit cardiaque ne reste pas fixe ; il s'adapte à la condition comme un cœur normal par augmentation du retour veineux (60) afin de répondre aux demandes métaboliques.

6.5. Considérations spécifiques

6.5.1. INDICATIONS

Le CAT est seulement indiqué comme pont à la transplantation. Contrairement au AVG et AVD, les patients recevant un CAT sont atteints d'une dysfonction VD et VG. La plupart des patients ayant droit au CardioWest correspondent au profil 1 de l'INTERMACS. Les patients du profil 2 de l'INTERMACS présentant un risque d'IC droite après l'installation d'un AVG peuvent aussi bénéficier du CAT (61). Dans plusieurs études, les patients avec un choc cardiogénique persistant (57, 60, 61) malgré la prise de doses élevées d'inotropes et d'agents vasoconstricteurs sont considérés pour cette chirurgie (61). De plus, les patients ayant une pression veineuse centrale plus grande que 18 mmHg et une IC droite confirmées par les résultats hémodynamiques ainsi qu'une congestion hépatique confirmée par rapport de laboratoire sont acceptés (61). Il y a également les patients atteints de cardiomyopathies restrictives, ceux ayant une tumeur cardiaque ou ceux dont l'AVG ou l'AVD n'a pas fonctionné qui peuvent être traités par le CAT (57).

6.5.2. CONTRE-INDICATIONS

Il existe plusieurs contre-indications à l'implantation du CAT. Si le patient n'est pas éligible à la transplantation cardiaque ou s'il ne peut être anticoagulé, celui-ci ne peut recevoir cet appareil. De plus, comme mentionné plus haut, le patient doit souffrir d'une IC sévère gauche et droite pour l'implantation du CAT.

6.5.3. PRÉCAUTIONS (43)

Il existe plusieurs précautions concernant le CAT. Lors de la fermeture du thorax, il est important de vérifier le débit de l'AC car, si celui-ci est diminué, cela peut être un signe d'obstruction. Si une obstruction est présente, le ventricule artificiel doit être repositionné. Si le flux sanguin du CardioWest diminue soudainement, les professionnels doivent vérifier si les canules sont emmêlées car cela pourrait être la cause de la chute du flux sanguin. Pour les précautions concernant la console externe, il est recommandé d'avoir un deuxième contrôleur ainsi qu'une deuxième console si un problème survient à celle utilisée.

6.6. Complications

Parmi les complications du CAT, la complication la plus fréquente demeure l'infection (58). Selon l'étude de Copeland et al. (2012), environ 63% des patients ont contracté une infection lors de l'implantation (62). Dans l'étude de Friedline et al. (2012), 77% des patients ont été atteints de cette complication (50). Selon l'étude de Flecher et Joudinaud (2007), 125 infections ont été répertoriées (59).

D'autres complications peuvent survenir durant ou après la chirurgie comme le saignement, les embolies périphériques et les troubles neurologiques tel que l'ICT et l'AVC (59). Selon certaines études, l'hémorragie touchent 14%-43% des patients et les embolies surviennent chez 8-16% des patients (52, 62). En ce qui concerne les problèmes neurologiques, ils sont peu fréquents suite à l'implantation du CardioWest comparé à l'implantation d'une AVG, AVD ou assistance biventriculaires (60). Ceux-ci arrivent moins d'une fois par année (52, 62). Les patients peuvent également être atteints de dysfonction respiratoire, hépatique et rénale. Il arrive parfois que la complication soit un mauvais fonctionnement de l'appareil ou une réintervention chirurgicale (50).

7. Taux de survie

7.1. Ballon intra-aortique

Le BIA ne permettrait pas de diminuer le taux de mortalité à long et court termes des patients ayant subi un infarctus du myocarde avec ou sans choc cardiogénique ni lors d'une coronarographie pour dilatation coronarienne. Cependant, le BIA réduirait le taux

de mortalité à long terme chez les patients à haut risque lors d'un pontage coronarien en améliorant la perfusion myocardique lors de l'intervention. (63, 64)

7.2. Impella

Les résultats obtenus avec l'Impella sont similaires à ceux obtenus avec le BIA chez les patients ayant souffert d'un infarctus du myocarde avec choc cardiogénique. Le taux de mortalité est de 46% à 30 jours (65) et de 50% à 6 mois (66, 67). Plusieurs articles ont par contre obtenu davantage de complications vasculaires ou de saignements majeurs avec l'Impella qu'avec le BIA (65, 67). Une étude rétrospective de Gaudard et al. de 2015 a démontré que chez 70% de leurs patients la récupération myocardique, l'implantation d'une AC de long terme ou la transplantation cardiaque a été possible suivant l'utilisation de l'Impella 5.0 suite à un choc cardiogénique (68).

7.3. ECMO veino-artérielle

Selon l'*Extracorporeal Life Support Organization* (ELSO), le taux de survie est de 56% chez les adultes utilisant l'ECMO veino-artérielle pour une atteinte cardiaque. Il faut garder en tête que l'ECMO est habituellement utilisée lorsque toutes les autres alternatives conventionnelles de traitement ont échoué et qu'il y a un risque de mort imminente. (69)

7.4. HeartMate II

Plusieurs études (46, 50, 70, 71) ont comparé le taux de survie après un an chez les patients ayant un HM II comme traitement définitif ou comme pont à la transplantation. Les pourcentages varient entre 68 à 73% et 73 à 85%. Les études comparent ces données à des patients souffrant d'IC chronique sévère ayant seulement reçu des traitements médicaux. Le taux de survie était beaucoup plus bas à un an, soit 25%, ce qui confirme les bénéfices de cette AVG. Les taux de survie ont aussi été répertoriés après deux ans pour le HM II (comme traitement définitif) et pour les traitements médicaux seulement ; les pourcentages sont de 58 à 63% et de 8% respectivement. Finalement, il a été démontré que la majorité des patients insuffisants cardiaques porteurs du HM II amélioraient leur état de santé pour atteindre une classe de I ou II selon la NYHA.

7.5. Cœur artificiel total (58)

Dans les premières versions du CAT, les chances de survie à la transplantation étaient de 26% et celle de survivre à 1 an post-transplantation étaient de 50%. Dans une étude

plus récente (58), les chances de survie à la transplantation sont de 68% et celles de survivre à 1 an sont de 77%. Ceci peut être expliqué par la meilleure sélection des patients pour l'implantation du cœur artificiel total.

ANNEXE I : CLASSIFICATION NYHA (72)

CLASSE	SYMPTÔMES
I	Pas de limitation lors des activités physiques. L'activité physique ne cause pas de fatigue, palpitation ou dyspnée excessive.
II	Légère limitation lors des activités physiques. Confortable au repos. L'activité physique cause de la fatigue, palpitation, dyspnée.
III	Limitation marquée lors des activités physiques. Confortable au repos. Activité de faible intensité cause de la fatigue, palpitation, dyspnée.
IV	Ne peut faire d'activités physiques sans inconfort. Symptômes d'IC au repos. Lors des activités physiques, l'inconfort augmente.

ANNEXE II : TABLEAU RÉSUMÉ DES PROFILS DE L'INTERMACS

Profil	Nom	NYHA	Surnom	Médication	Hôpital/ Domicile	Caractéristiques	Implantation de l'AC
1	Choc cardiogénique	IV	<i>Crash and burn</i>	Inotropes non efficaces	Hôpital	-↓ rapide des réponses hémodynamiques -Perte de fonction des organes vitaux -Hypotension sévère -Hypoperfusion critique	Heures qui suivent
2	Détérioration progressive	IV	<i>Sliding on inotropes</i>	Intolérance aux inotropes OU Inotropes non efficaces	Hôpital	-Diminution de la fonction rénale -Problème nutritionnel -Rétention de fluides	Jours qui suivent
3	Dépendant des inotropes	IV	<i>Dependant stability</i>	Inotropes intraveineux	Hôpital ou domicile	-Hypotension ou dysfonction progressive des organes si sevrage des inotropes -Suivi pour : fonction rénale, rétention liquidienne et/ou nutrition	Entre une semaine et quelques mois
4	Symptômes (Sy) au repos	IV		Orale	Domicile	-Sy au repos ou lors des AVQ -Possibilité de : problèmes GI, nausées, œdème sévère MIs, perte d'appétit	Idem au 3
5	Intolérance à l'effort	IV			Domicile	-Asymptomatique au repos -Légère difficulté aux AVQ ou à la marche sur courte distance -Possibilité de : rétention liquidienne	Dépend de : -condition nutritionnelle -fonction organique -activité Si trouble organique ou nutritionnel : intervention rapide
6	Tolérance limitée	IV			Domicile	-Asymptomatique au repos, aux AVQ -Symptomatique après quelques minutes d'activités de faible intensité -Pas d'évidence de rétention liquidienne	Dépend des mêmes facteurs que profil 4
7	IC stable	III			Domicile	-Asymptomatique aux activités de faible intensité -Symptomatique lors d'activités modérées -Pas de rétention liquidienne récente	Présentement à l'étude

ANNEXE II (SUITE) : TABLEAU RÉSUMÉ DES MODIFICATEURS DE L'INTERMACS

Modificateur	Abréviation	Profils éligibles	Pour mettre au dossier	Non-applicable
Arythmie	A	1-7	Au moins deux interventions pour contrôler l'arythmie durant la même semaine nécessitant défibrillateur externe ou interne	
Assistance circulatoire temporaire	TCS	1,2 3 : si hospitalisé	Présence d'une assistance circulatoire temporaire Exemple : BIA, Impella, ECMO, Tandemheart	
<i>Frequent flyer</i>	FF	4-6 3 : si reçoit inotropes intraveineux à domicile	-Au moins deux hospitalisations ou présences à l'urgence au cours des trois derniers mois ou au moins trois fois dans les six derniers mois -Doivent avoir reçu : diurétiques intraveineux, inotropes ou ultrafiltration à l'hôpital	-Si admis à l'hôpital pour arythmie ou traité par cardiofibrillateur

4.1. Rôle

L'ECMO VV sera utilisée lors d'un déficit des échanges gazeux au niveau des poumons. Le cœur sera en mesure de jouer son rôle de pompe et d'assurer la circulation du sang, et la sortie du sang dans l'appareil ne servira qu'à oxygéner le sang. L'objectif est de permettre la récupération des poumons sans risque d'endommagement des autres organes dans une situation critique. Dans le cas où les systèmes circulatoire et respiratoires sont atteints, l'ECMO veino-artérielle (VA) sera choisie, car elle permet à la fois la récupération cardiaque et l'oxygénation. L'ECMO artério-veineuse (A-V), quant à elle, est utilisée particulièrement pour éliminer l'excès de CO₂ en utilisant le débit cardiaque du patient.

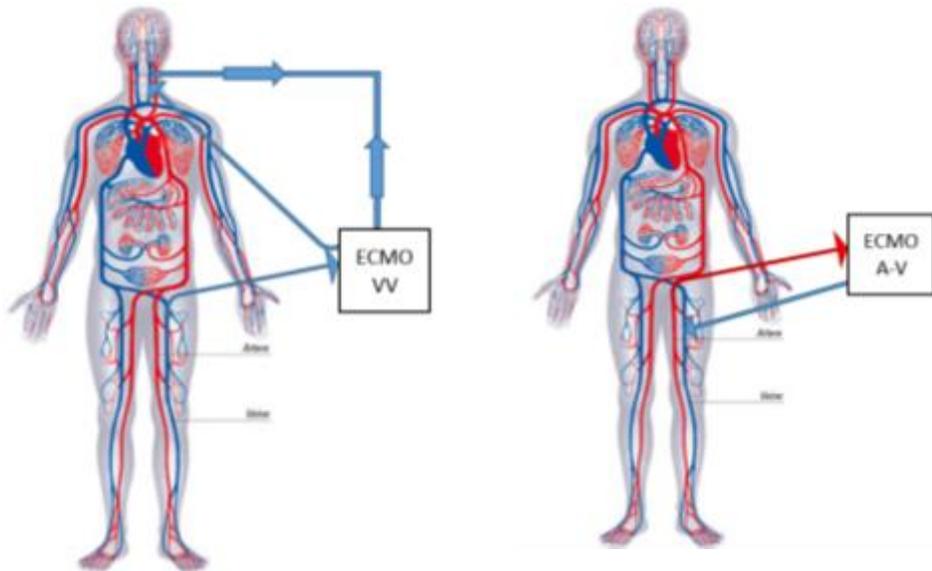
4.2. Composantes générales et fonctionnement

Il s'agit des mêmes composantes que pour l'ECMO VA. Cependant, seule l'ECMO A-V ne comporte pas de pompe étant donné que le cœur assure lui-même la circulation sanguine. Le débit sanguin devrait varier entre 60-80 ml/kg/min pour les patients sur ECMO VV. L'hémodynamie est entièrement déterminée par la physiologie du patient pour les ECMO VV et A-V. Les autres paramètres sont les mêmes que ceux mentionnés précédemment pour l'ECMO VA.

4.3. Implantation

Pour l'ECMO VV, il existe deux alternatives : l'utilisation de deux canules simples ou d'une seule canule à double lumière. Dans le premier cas, la canule de prélèvement est insérée dans la veine fémorale et la canule de retour dans la veine jugulaire. Dans le second cas, la canule à double lumière permet de prélever et de réinsérer le sang au même endroit dans la veine jugulaire interne. Une fois l'installation réalisée, le sang peut circuler de la canule de prélèvement vers la pompe, puis, vers l'oxygénateur et l'échangeur thermique, s'il y a lieu, avant de revenir à la circulation systémique. Pour l'ECMO A-V, la canule de prélèvement est installée dans l'artère fémorale et celle de retour, dans la veine fémorale.

Les images suivantes permettent de visualiser les sites d'insertion et de sortie du trajet sanguin des ECMO VV et A-V.



Adaptées de Solidea (2017). "Glossaire de la circulation sanguine."(29).

4.4. Considérations spécifiques

4.4.1. Indications et contre-indications

4.4.1.1. ECMO VV

Lors d'une insuffisance respiratoire hypoxique, l'ECMO VV peut être considérée si le risque de mortalité est de 50% et plus ($PaO_2/FiO_2 < 150$ ou $FiO_2 > 90\%$) et devrait être indiquée si ce risque est de 80% ou plus ($PaO_2/FiO_2 < 100$ ou $FiO_2 > 90\%$) avec atteinte circulatoire. Elle est aussi indiquée en cas de rétention de CO_2 sur ventilation mécanique, de pneumothorax, d'un besoin d'intubation chez un patient candidat à la transplantation pulmonaire et d'un arrêt cardiaque ou respiratoire, si par exemple les voies respiratoires sont obstruées.

Les contre-indications de l'ECMO VV incluent :

- Une ventilation mécanique ($FiO_2 > 90\%$ ou pression positive fin-expiratoire > 30 cm H_2O) depuis 7 jours ou plus;
- Une immunosuppression pharmacologique majeure (neutrophiles $< 400/mm^3$);
- Une hémorragie du système nerveux central (SNC) récente ou en expansion qui serait aggravée par la prise d'anticoagulant donné pendant l'ECMO ;

- Une comorbidité sans possibilité de récupération ;
- Une incapacité à recevoir des traitements d'anticoagulation ;
- Un accès vasculaire limité ou une septicémie sévère.

Il faut noter aussi que l'âge augmente les risques liés à l'ECMO et devrait donc être considéré.

4.4.1.3. ECMO A-V

Les indications de l'ECMO A-V sont l'hypercapnie sévère, l'acidose respiratoire et l'hypoxémie modérée chez un patient ayant un index cardiaque d'au moins 2.5 L/min/m². De façon générale, les contre-indications de l'ECMO A-V sont la défaillance de plusieurs organes, les dommages irréversibles à un organe et les patients non-candidats à la transplantation. De plus, un index cardiaque inférieur à 2.5 L/min/m² est une contre-indication.

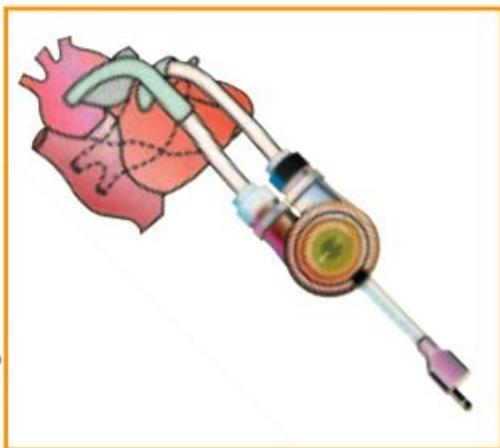
4.5. Complications

Il s'agit des mêmes complications que pour l'ECMO VA à l'exception de l'hypoxie cardiaque et cérébrale qui est spécifique à l'ECMO VA.

ANNEXE III-B : TABLEAU RÉSUMÉ DES ASSISTANCES UNIVENTRICULAIRES

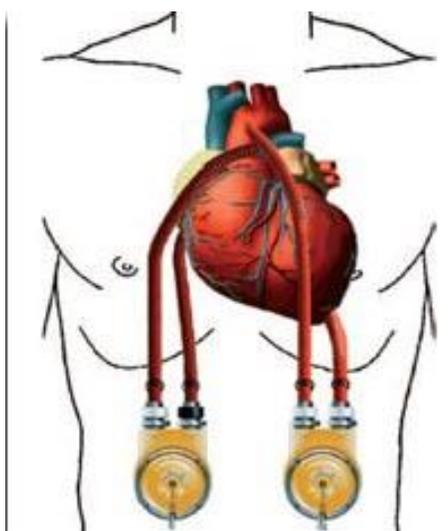
Types d'assistances ventriculaires	Assistance paracorporelle « Thoratec »	HeartMate II	Jarvik 2000	HeartWare	CentriMag	HeartMate III
Type de pompe	Pulsatile, pneumatique	Débit continu, flux axial	Débit continu, flux axial	Débit continu, flux centrifuge	Débit continu, flux centrifuge	Débit continu, flux centrifuge
Type d'assistance	AVG, AVD ou biventriculaire	AVG	AVG, intraventriculaire	AVG, intraventriculaire	AVG, AVD ou biventriculaire	AVG, intraventriculaire
Indications spécifiques	Pont à la récupération cardiaque ou pont à la transplantation	Pont à la transplantation ou traitement final	Pont à la récupération cardiaque, pont à la transplantation ou traitement final	Pont à la transplantation	Pont à la récupération myocardique, pont à l'implantation d'une AV à long terme	Pont à la transplantation ou traitement final
Durée de support	Court et long terme	Long terme	Court et long terme	Long terme	Court terme (10 à 30 jours)	Long terme
Procédure Chirurgicale		Sternotomie	Sternotomie ou thoracotomie latérale	Thoracotomie	Sternotomie et parfois par thoracotomie latérale	Sternotomie
Vitesse de la pompe (rpm)		6000 à 15000	8000 à 12000, 5 niveaux (soutien intermittent)	1800 à 3000	Environ 5500	3000 à 9000, mode pulsatile artificiel
Volume de la pompe (ml)	Environ 65	63 à 124		45 à 50	Environ 31	
Débit de la pompe (L/min)	6,5 à 7	10	2,5 à 7	10	10	10
Particularités	Pompe à l'extérieur du corps	Parois thromborésistantes	Sortie du câble de transmission au niveau abdominale ou rétro-auriculaire	Pompe peu traumatisante pour les cellules sanguines	AVD souvent utilisé en présence du HM II pour le VG. Console externe massive qui limite la mobilité Pompe peu traumatisante pour les cellules sanguines	Pompe peu traumatisante pour les cellules sanguines Diminution importante du risque de thrombus dans la pompe

AV « Thoratec » paracorporelle



© Denis Dugas

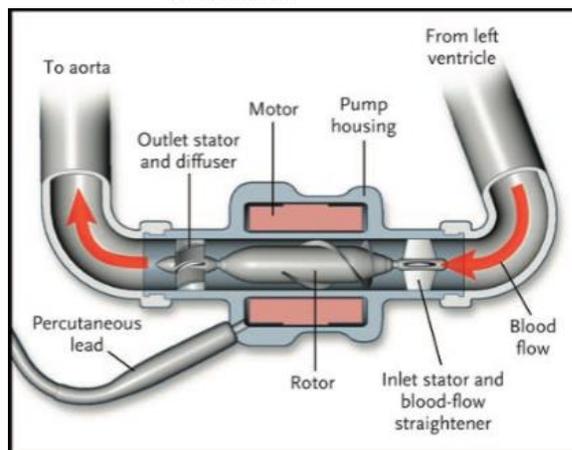
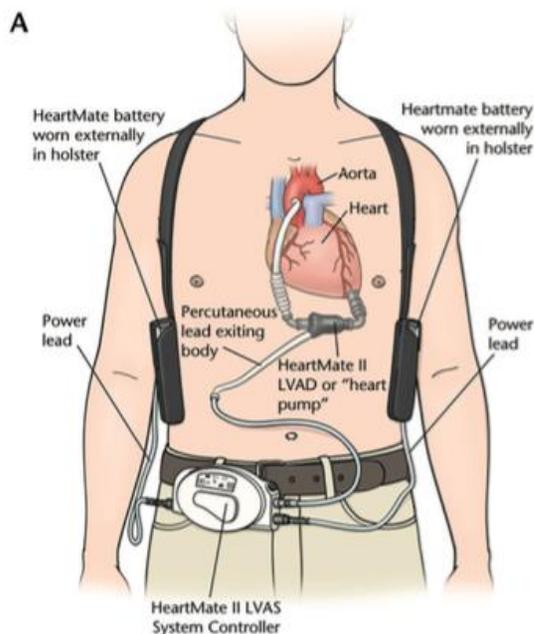
Figure 2. Schéma d'une assistance monoventriculaire



Assistance biventriculaire

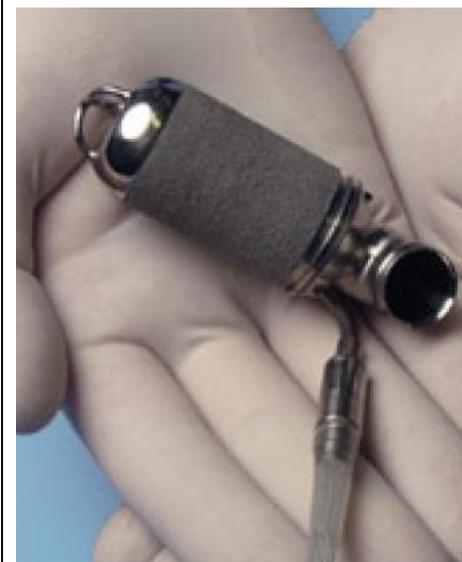
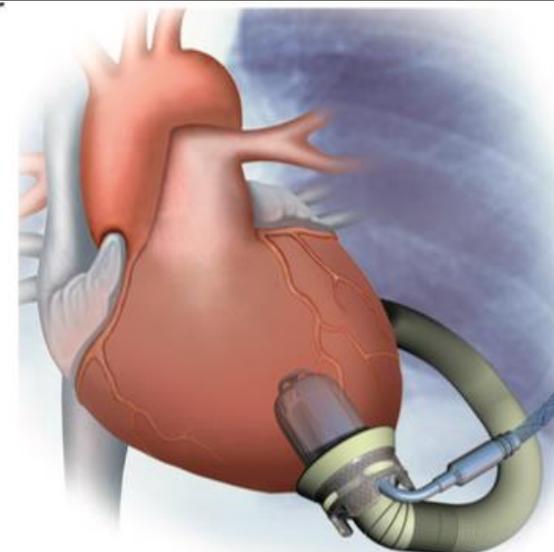
1. Bastien O, Guyonnet C, Planel C. [Management of patients with the Thoratec type cardiac assistance]. Soins. 2006(705 Suppl):S3-6.
2. Tiré du site : http://www.jim.fr/e-docs/00/02/04/23/carac_photo_1.jpg

HeartMate II



1. Wells CL. Physical therapist management of patients with ventricular assist devices: key considerations for the acute care physical therapist. Phys Ther. 2013;93(2):266-78.
2. Miller LW, Pagani FD, Russell SD, John R, Boyle AJ, Aaronson KD, et al. Use of a continuous-flow device in patients awaiting heart transplantation. [Reprint in Nat Clin Pract Cardiovasc Med. 2008 Feb;5(2):80-1; PMID: 18087297]. N Engl J Med. 2007;357(9):885-96.

Jarvik 2000

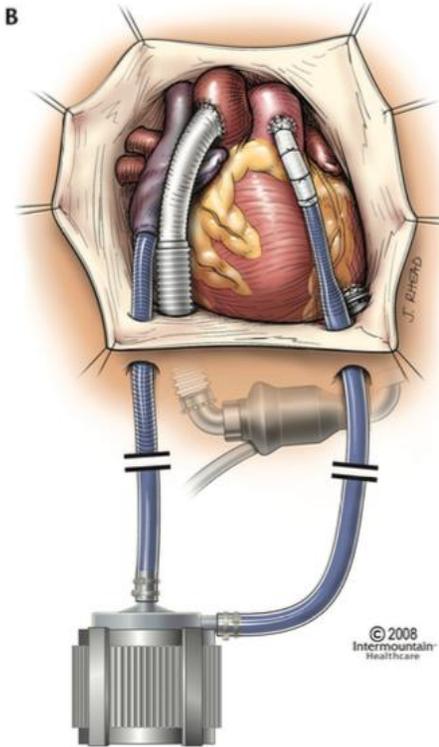


1. Wells CL. Physical therapist management of patients with ventricular assist devices: key considerations for the acute care physical therapist. Phys Ther. 2013;93(2):266-78.
2. MyLVAD. LVAD Technology 2016 [Available from: <http://www.mylvad.com/recipients-and-caregivers/lvad-technology>].

HeartWare



CentriMag

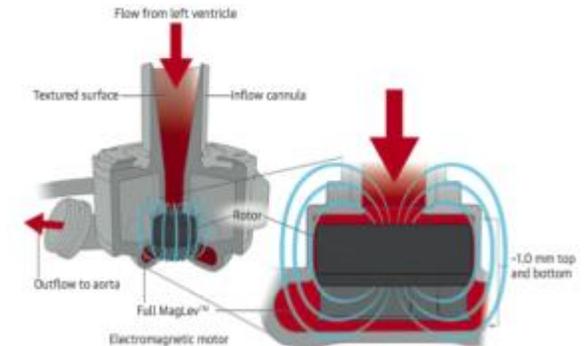
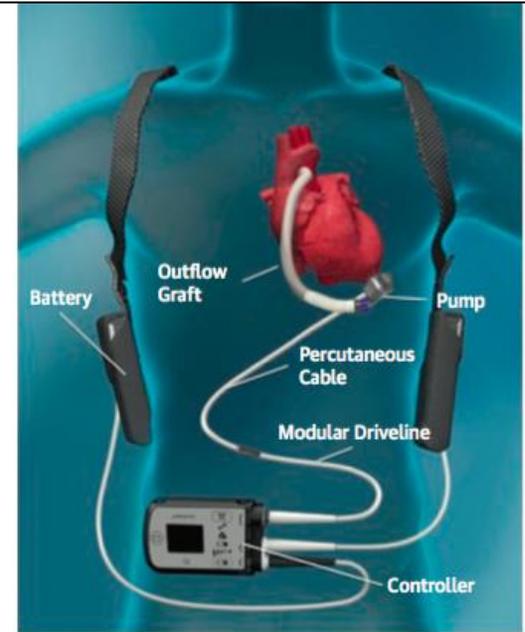


CentriMag pour le VD, HM II pour le VG



Pompe centrifuge + moteur

HeartMate III



1. Wells CL. Physical therapist management of patients with ventricular assist devices: key considerations for the acute care physical therapist. *Phys Ther.* 2013;93(2):266-78.

2. MyLVAD. LVAD Technology 2016 [Available from: <http://www.mylvad.com/recipients-and-caregivers/lvad-technology>].

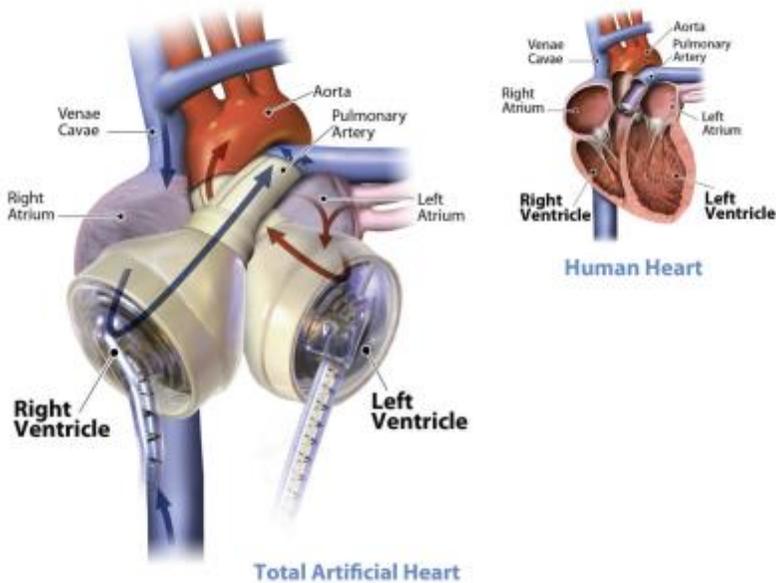
1. Wells CL. Physical therapist management of patients with ventricular assist devices: key considerations for the acute care physical therapist. *Phys Ther.* 2013;93(2):266-78.

2. Tiré du site: <http://www.atlantichealth.org/gagnon/our-services/treatment-services/heart-success-program/ventricular-assist-devices/types-of-vads.html>

1. Netuka I, Sood P, Pya Y, Zimpfer D, Krabatsch T, Garbade J, et al. Fully Magnetically Levitated Left Ventricular Assist System for Treating Advanced HF: A Multicenter Study. *J Am Coll Cardiol.*

ANNEXE III-C : COMPOSANTES GÉNÉRALES DU CARDIOWEST

Coeur artificiel et canules



Arabia, F., Moriguchi, J., Jocson, R., Lee, A., Ramzy, D., Esmailian, F., . . . Kobashigawa, J. (2014). Freedom driver with the total artificial heart: A single center experience. *Transplantation*, 98, 422. doi:<http://dx.doi.org/10.1097/01.tp.0000452131.35587.9e>

Console externe



Nicholson, C., & Paz, J. C. (2010). Total artificial heart and physical therapy management. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*, 21(2), 13-21. Retrieved from <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=fulltext&D=prem&AN=20520759>

Références de la partie commune

1. Institut de cardiologie de l'université d'Ottawa. L'insuffisance cardiaque. 2016.
2. Woodger E. Des cardiologues canadiens font de l'insuffisance cardiaque la priorité lors d'un congrès annuel. 2015.
3. Institut de cardiologie de Montréal. Insuffisance cardiaque. 2017.
4. Yamakawa M, Kyo S, Yamakawa S, Ono M, Kinugawa K, Nishimura T. Destination therapy: the new gold standard treatment for heart failure patients with left ventricular assist devices. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;61(3):111-7.
5. INTERMACS. About us. [Available from: <http://www.uab.edu/medicine/intermacs/about-us>]
6. Intermacs. Intermacs Profile of advanced heart failure. 2016 [Available from: <http://www.uab.edu/medicine/intermacs/appendices/app-o-5-0>]
7. Kinugawa K. How to treat stage D heart failure? - When to implant left ventricular assist devices in the era of continuous flow pumps? *Circ J*. 2011;75(9):2038-45.
8. Stevenson LW, Pagani FD, Young JB, Jessup M, Miller L, Kormos RL, et al. INTERMACS Profiles of Advanced Heart Failure: The Current Picture. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*.28(6):535-41.
9. Laing C. LEFT VENTRICULAR ASSIST DEVICES for end-stage heart failure. *Nurse Practitioner*. 2014;39(2):42-7.
10. Mitter N, Sheinberg R. Update on ventricular assist devices. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2010;23(1):57-66.
11. Huh JW. Update on the extracorporeal life support. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*. 2015;78(3):149-55.
12. ELSO. General Guidelines for all ECLS Cases. 2013:1-24.
13. Makdisi G, I-wen W. Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *Journal of Thoracic disease*. 2015;7(7).
14. Martinez G, Vuylsteke A. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in adults. Revalidation for anesthetists. 2016.
15. Fitzgerald D. Intraaortic Balloon Counterpulsation: Indications and pitfalls.
16. Davidson J, Baumgartner F, Omari B, Milliken J. INTRA-AORTIC BALLOON PUMP: INDICATIONS AND COMPLICATIONS. *JOURNAL OF THE NATIONAL MEDICAL ASSOCIATION*.90(3):137-9.
17. Abiomed. Impella Ventricular Support Systems for Use During Cardiogenic Shock : Instructions for use and clinical reference manual. 2016.
18. FDA. Impella RP System - H140001. 2015.
19. Abiomed. Impella RP. 2016.
20. Krishna M, Zacharowski K. Principles of intra-aortic balloon pump counterpulsation. *British Journal of Anaesthesia*. 2009;9(1):24-8.
21. NMC Heartcare. "IABP (Intra-Aortic Balloon Pump) Insertion. " from <http://www.nmcheartcare.ae/iabp-intra-aortic-balloon-pump-insertion/>.
22. Russo MJ, Jeevanandam V, Hur MJ, Johnson EM, Siffring T, Shah AP, et al. Prophylactic Subclavian Artery Intraaortic Balloon Counter-Pulsation is Safe in High-Risk Cardiac Surgery Patients. *Asaio J*. 2015;61(5):e36-9.
23. Tanaka A, Tuladhar SM, Onsager D, Asfaw Z, Ota T, Juricek C, et al. The Subclavian Intraaortic Balloon Pump: A Compelling Bridge Device for Advanced Heart Failure. *Ann Thorac Surg*. 2015;100(6):2151-7; discussion 7-8.
24. Bansal A, Bhamra JK, Patel R, Desai S, Mandras SA, Patel H, et al. Using the Minimally Invasive Impella 5.0 via the Right Subclavian Artery Cutdown for Acute on Chronic Decompensated Heart Failure as a Bridge to Decision. *Ochsner J*. 2016;16(3):210-6.

25. Schibilsky D, Lausberg H, Haller C, Lenglinger M, Woernle B, Haeberle H, et al. Impella 5.0 Support in INTERMACS II Cardiogenic Shock Patients Using Right and Left Axillary Artery Access. *Artif Organs*. 2015;39(8):660-3.
26. MUHC. The Impella Percutaneous Ventricular Assist Device. 2009.
27. Abiomed. Important Safety Information. 2016.
28. Skendrovic A, Kraljevic A, Javor D. Physiotherapy in patients connected to support extracorporeal membrane oxygenation (ecmo). *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2015;14(155):58.
29. 2017. SGdlcs.
30. Roussel A, Al-Attar N, Khaliel F. Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO). *E-Journal of Cardiology Practice*. 2013;11(22).
31. Barnes K. Complications in patients with ventricular assist devices. *Dimensions of Critical Care Nursing*. 2008;27(6):233-43.
32. Wells CL. Physical therapist management of patients with ventricular assist devices: key considerations for the acute care physical therapist. *Phys Ther*. 2013;93(2):266-78.
33. Bastien O, Guyonnet C, Planel C. [Management of patients with the Thoratec type cardiac assistance]. *Soins*. 2006(705 Suppl):S3-6.
34. Gouvernement du Québec. Utilisation des dispositifs d'assistance ventriculaire (DAV): Rapport du groupe de travail du réseau québécois de cardiologie tertiaire, . La Direction des communications du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec ed2011.
35. MyLVAD. LVAD Technology 2016 [Available from: <http://www.mylvad.com/recipients-and-caregivers/lvad-technology>].
36. Fondation des Maladies du coeur. Appareils cardiovasculaires 2016 [Available from: <http://www.coeuretavc.ca/coeur>].
37. Haft J, Armstrong W, Dyke DB, Aaronson KD, Koelling TM, Farrar DJ, et al. Hemodynamic and exercise performance with pulsatile and continuous-flow left ventricular assist devices. *Circulation*. 2007;116(11 Suppl):I8-15.
38. Institut de cardiologie de l'université d'Ottawa. Dispositif d'assistance ventriculaire 2016 [Available from: <https://www.ottawaheart.ca/fr>].
39. Jakovljevic DG, George RS, Nunan D, Donovan G, Bougard RS, Yacoub MH, et al. The impact of acute reduction of continuous-flow left ventricular assist device support on cardiac and exercise performance. *Heart*. 2010;96(17):1390-5.
40. Komajda M, Léger P. Indications des assistances circulatoires dans le traitement de l'insuffisance cardiaque chronique.2014. Available from: <http://www.academie-medecine.fr/wp-content/uploads/2016/03/PAGES-DE-1327-1334.pdf>.
41. Healy AH, McKellar SH, Drakos SG, Koliopoulou A, Stehlik J, Selzman CH. Physiologic effects of continuous-flow left ventricular assist devices. *J Surg Res*. 2016;202(2):363-71.
42. Sas G, Lambert LJ, Boothroyd LJ, Ducharme A, Charbonneau E, Carrier M, et al. What can the patient with chronic end-stage heart failure expect from a long-term left ventricular assist device? A systematic review of current evidence. *Can J Cardiol*. 2012;1):S337-S8.
43. SynCardia Systems I. SynCardia Systems Inc. CardioWest Total Artificial Heart (TAH) DIRECTIONS FOR USE.
44. Torregrossa G, Anyanwu A, Zucchetta F, Gerosa G. SynCardia: the total artificial heart. *Annals of Cardiothoracic Surgery*. 2014;3(6):612-20.
45. Schaefer A, Bernhardt A, Silaschi M, Barten MJ, Wagner FM, Reichenspurner H, et al. Experience with temporary RVAD support in patients receiving the HVAD left ventricular assist device. *Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2015;1):S233.

46. Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ, Heitjan DF, Stevenson LW, Dembitsky W, et al. Long-term use of a left ventricular assist device for end-stage heart failure. *N Engl J Med*. 2001;345(20):1435-43.
47. Desgue DJ, Chaufourier CL, Belin BA, Saplaçan SV, Ivascau IC, Caprio CS, et al. Réadaptation cardiaque des patients porteurs d'assistance monoventriculaire gauche. *Journal de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire*. 2016.
48. Westaby S, Banning AP, Saito S, Pigott DW, Jin XY, Catarino PA, et al. Circulatory support for long-term treatment of heart failure: experience with an intraventricular continuous flow pump. *Circulation*. 2002;105(22):2588-91.
49. Wood C, Maiorana A, Larbalestier R, Lovett M, Green G, O'Driscoll G. First successful bridge to myocardial recovery with a HeartWare HVAD. *J Heart Lung Transplant*. 2008;27(6):695-7.
50. Friedline K, Hassinger P. Total artificial heart freedom driver in a patient with end-stage biventricular heart failure. *Aana J*. 2012;80(2):105-12.
51. Levitronix. CentriMag VAS Patient & Device Management Guidelines 2009 [Available from: http://www.mc.vanderbilt.edu/documents/heart/files/CentriMag_VAS_Patient_and_Device_Management_Guidelines.pdf].
52. Torregrossa G, Morshuis M, Varghese R, Hosseinian L, Vida V, Tarzia V, et al. Results with SynCardia total artificial heart beyond 1 year. *Asaio J*. 2014;60(6):626-34.
53. Tribble CG, Urencio M, Aru G, Merrill W. A technique for implantation of the CentriMag left ventricular assist device to allow ambulation and rehabilitation in patients with heart failure. *Heart Surg Forum*. 2015;18(3):E81-E3.
54. Gregoric ID, Cohn WE, Akay MH, La Francesca S, Myers T, Frazier OH. CentriMag left ventricular assist system: cannulation through a right minithoracotomy. *Tex Heart Inst J*. 2008;35(2):184-5.
55. Netuka I, Sood P, Pya Y, Zimpfer D, Krabatsch T, Garbade J, et al. Fully Magnetically Levitated Left Ventricular Assist System for Treating Advanced HF: A Multicenter Study. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66(23):2579-89.
56. Arumugham PS, O'Connor CM. Nonpharmacologic therapy in heart failure: an overview. *Curr Heart Fail Rep*. 2007;4(1):33-8.
57. Slepian MJ. The SynCardia temporary total artificial heart-evolving clinical role and future status. *US Cardiology*. 2011;8(1):39-46.
58. Shehab S, Newton PJ, Allida SM, Jansz PC, Hayward CS. Biventricular mechanical support devices - Clinical perspectives. *Expert Rev Med Devices*. 2016;13(4):353-65.
59. Flecher E, Joudinaud T. [The results of the artificial heart]. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*. 2007;56(1):54-9.
60. Nicholson C, Paz JC. Total artificial heart and physical therapy management. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2010;21(2):13-21.
61. Kasirajan V, Tang DG, Katlaps GJ, Shah KB. The total artificial heart for biventricular heart failure and beyond. *Curr Opin Cardiol*. 2012;27(3):301-7.
62. Copeland JG, Copeland H, Gustafson M, Mineburg N, Covington D, Smith RG, et al. Experience with more than 100 total artificial heart implants. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;143(3):727-34.
63. You-Dong Wan T-WS, Quan-Cheng Kan, Fang-Xia Guan, Zi-Qi Liu, Shu-Guang Zhang. The Effects of Intra-Aortic Balloon Pumps on Mortality in Patients Undergoing High-Risk Coronary Revascularization: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials of Coronary Artery Bypass Grafting and Stenting Era. *US National Library of Medicine*. 2016.

64. Su D YB, Guo L, Peng L, Wang X, Zeng L, Ong H, Wang G. Intra-aortic balloon pump may grant no benefit to improve the mortality of patients with acute myocardial infarction in short and long term: an updated meta-analysis. 2015.
65. Anthony A. Bavry DLB. Impella LP2.5 vs. IABP in Cardiogenic SHOCK (ISAR-SHOCK). American College of Cardiology. 2008.
66. Husten L. Impella No Better Than IABP in Cardiogenic Shock. 2016.
67. Kumbhani DJ, Bhatt DL. IMPella versus IABP Reduces mortality in STEMI patients treated with primary PCI in Severe cardiogenic SHOCK. American College of Cardiology. 2016.
68. Philippe Gaudard MM, Jacob Eliet, Norddine Zeroual, Geraldine Culas, Philippe Rouvière, Bernard Albat, Pascal Colson. Management and outcome of patients supported with Impella 5.0 for refractory cardiogenic shock. *Critical Care*. 2015;19.
69. ELSO. ECLS Registry Report. 2017.
70. Slaughter MS, Rogers, J. G., Milano, C. A., Russell, S. D., Conte, J. V., Feldman, D., ... Frazier, O. H., for the HeartMate II Investigators. (2009). Advanced heart failure treated with continuous-flow left ventricular assist device. *New England Journal of Medicine*, 361(23), 2241-2251. <http://www.doi.org/10.1056/NEJMoa0909938>.
71. Pagani FD, Miller, L. W., & Russell, S. D. (2009). Extended mechanical circulatory support with a continuous flow rotary left ventricular assist device. *Journal of the American College of Cardiology*, 54, 312-321. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2009.03.055>
72. Association AH. Classes of Heart Failure 2016 [Available from: https://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/HeartFailure/AboutHeartFailure/Classes-of-Heart-Failure_UCM_306328_Article.jsp
73. Damluji A, Zanni JM, Manthey E, Colantuoni E, Kho ME, Needham DM. Safety and feasibility of femoral catheters during physical rehabilitation in the intensive care unit *Journal of critical care*. 2013;28(4).
74. Perme C, Nalty T, Winkelman C, Nawa RK, Masud F. Safety and Efficacy of Mobility Interventions in Patients with Femoral Catheters in the ICU: A Prospective Observational Study. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2013;24(2).

Physiothérapie en situation antérieure à l'implantation d'une assistance circulatoire chez l'insuffisant cardiaque chronique sévère, par Élodie Pilon

SECTION IV : Physiothérapie en situation antérieure à l'implantation d'une assistance circulatoire chez l'insuffisant cardiaque chronique sévère, par Élodie Pilon

1. Objectifs

Cette section du travail d'intégration portera sur la phase pré-implantation de l'assistance circulatoire chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque (IC) sévère, plus précisément de classe III et IV, selon la NYHA. Elle aura pour but de guider les physiothérapeutes lors de l'évaluation et de la prescription d'un programme d'exercices pour optimiser la condition de ces patients. Cette section permettra de répondre aux objectifs suivants :

- A. Comprendre ce qu'est l'insuffisance cardiaque
- B. Connaître les considérations spécifiques à l'insuffisance cardiaque et tenir compte de celles-ci lors de l'évaluation et de la prescription du programme d'exercices afin qu'il soit efficace et sécuritaire
- C. Connaître les différents éléments qui doivent être évalués et les interventions appropriées pour cette clientèle soit les exercices cardiovasculaires, musculaires ou respiratoires.
- D. Connaître les recommandations qui doivent être données au patient et l'éducation qui doit leur être faite afin d'optimiser leur condition avant l'implantation de l'aide circulatoire (AC).

2. Introduction sur l'insuffisance cardiaque

2.1. Présentation et causes

L'IC est une maladie grave et complexe due à une déficience structurelle ou fonctionnelle qui entraîne un trouble de remplissage ou d'éjection sanguin du ventricule. Ces troubles empêchent le cœur de fournir l'oxygène et les nutriments nécessaires au bon fonctionnement du corps et d'éliminer les déchets non désirés (1). Les déficiences structurelles et fonctionnelles sont causées principalement par des troubles du myocarde, mais peuvent aussi être causées par des troubles du péricarde, de l'endocarde, des valves cardiaques, de l'aorte ou l'artère pulmonaire, par certains problèmes métaboliques (2) ou des troubles de conduction (3). L'IC touche le plus souvent le ventricule gauche (4). La fraction d'éjection (FE) du ventricule gauche peut être préservée (>50%) ou diminuée (<40%) (5).

En ce qui concerne l'IC sévère, il est plutôt difficile d'émettre une définition précise étant donné la progression très variable de la maladie. Cependant, la *Heart Failure Society of America* propose la définition suivante : La présence de signes et symptômes sévères persistants ou progressants malgré les chirurgies, la prise optimale de médication ou autres thérapies concomitantes. Elle est généralement accompagnée d'hospitalisations fréquentes, d'une tolérance à l'exercice très limitée et d'une pauvre qualité de vie associée à une haute morbidité et mortalité. Pour être considérée sévère, le déclin des patients doit être dû à l'IC (6).

Pour détecter la présence d'IC sévère, l'étude de Fang (2015), propose des indicateurs. Le patient peut présenter une consommation d'oxygène maximale ($VO_2\max$) <14 ml/kg/min ou <50% de la valeur prédite, une distance de moins de 300m au test de marche de six minutes, au moins deux hospitalisations en raison de l'IC dans la dernière année ou au moins deux visites médicales non-cédulées. De plus, le patient peut présenter une condition nécessitant le besoin d'ajouter des inotropes intraveineux à sa médication, une détérioration de l'IC droite et une hypertension pulmonaire secondaire, une dysfonction rénale ou hépatique progressive, de l'hyponatrémie persistante, de la tachyarythmie réfractaire récurrente, de la cachexie et de la difficulté à exécuter ses AVQ (6).

Les patients atteints d'IC sévère de classe III et IV, selon la NYHA, sont les patients qui sont considérés pour une thérapie avancée soit l'implantation d'une AC. Ils sont tous

intolérants à l'exercice, mais à différents niveaux d'intensité. Ceux de la classe III sont confortables au repos et aux activités à faible intensité, mais symptomatiques à l'activité d'intensité modérée. Les patients de classe IV sont symptomatiques au repos ou à l'activité physique de faible intensité (2). Il faut également mentionner que les patients de ces deux classes ont des FE réduites (FER) (6).

2.2. Symptômes

Afin de pouvoir bien traiter et soulager les patients atteints d'IC sévère, il est important de reconnaître et de bien comprendre les différents symptômes qui touchent ces patients. Leurs symptômes peuvent diminuer leur qualité de vie soit légèrement dans les premiers stades ou plus intensément pour les patients s'approchant des derniers stades de la maladie. Plus de la moitié de ceux-ci ont rapporté vouloir vivre moins longtemps à la condition d'avoir une meilleure qualité de vie dans leur dernier mois de vie. Il est donc primordial de diminuer leurs symptômes (7). De plus, les patients atteints d'IC rapportent des symptômes psychosociaux allant jusqu'à la détresse existentielle (7).

2.2.1. DYSPNÉE

La dyspnée, qui est causée par la surcharge vasculaire pulmonaire qui rend les échanges gazeux plus difficiles, est un des deux symptômes cardinaux de l'IC (2). Plus de la moitié des patients disent en être affectés et, encore plus, lors des six derniers mois de vie où elle peut toucher jusqu'à 88% d'entre eux (8). Cependant, la dyspnée peut être difficile à diagnostiquer, car plusieurs ne rapportent pas l'essoufflement auquel ils font face dans leur quotidien. Pour eux, cette difficulté respiratoire fait partie intégrante de leur vie et ils en minimisent l'importance. Ceux-ci vont donc simplement rapporter un essoufflement lors d'une période d'exacerbation. La dyspnée peut être continue ou épisodique. Elle peut être causée par différents facteurs autre que l'IC soit la diminution de la compliance pulmonaire, les maladies pulmonaires obstructives, la faiblesse du diaphragme, la malnutrition, le déconditionnement ou l'obésité. La dyspnée est une des principales raisons qui motive les patients à se présenter à l'hôpital et qui démontre un impact négatif sur la qualité de vie (7).

2.2.2. FATIGUE

La fatigue est l'autre symptôme cardinal de l'IC. Elle affecte jusqu'à 85% des patients (7). Puisque le cœur pompe moins de sang dans la circulation systémique, les muscles n'ont

plus assez d'oxygène et de nutriments pour bien fonctionner, donc ces derniers se fatiguent plus rapidement (1). Les patients sont aussi souvent touchés par la dyspnée, comme mentionné ci-haut, qui contribue également à la fatigue. De plus, ils sont touchés par l'orthopnée et la dyspnée paroxystique nocturne. Celles-ci contribuent à la fatigue étant donné qu'ils ont un mauvais sommeil et, donc qu'ils ne récupèrent pas aussi bien qu'ils le devraient la nuit. Les patients atteints sévèrement par l'IC sont aussi souvent affectés par l'anémie, par des troubles thyroïdiens, par un désordre électrolytique et par des infections qui augmentent tous la fatigue (7).

2.2.3. DOULEUR

Un des principaux symptômes qui touchent les insuffisants cardiaques est la douleur. Plus de 50% des patients disent que leur douleur contribue constamment à leur souffrance et 14% des patients affirment que leur douleur est horrible. Une certaine portion des patients dit même que la douleur contribue à leur détresse. Lorsque la condition du patient se détériore, l'intensité de la douleur peut s'intensifier. Ce symptôme affecte plus de 89% des patients de classe IV selon la NYHA et plus de 75% des patients en fin de vie. La douleur ressentie par les patients provient fréquemment du système musculosquelettique et celle-ci peut être aggravée par leur inactivité. D'autres douleurs sont aussi présentes tels l'angine, les maux de tête et les douleurs provoquées par les neuropathies diabétiques (7).

2.2.4. CACHEXIE

La cachexie est assez fréquente chez les patients souffrants d'IC sévère. Elle intensifie les symptômes et diminue davantage la capacité fonctionnelle des patients. En plus, cette condition peut augmenter le nombre de réhospitalisations et peut même mener à la mort. Pour traiter cette comorbidité, le *European Society of Cardiology Guidelines* propose des traitements potentiellement favorables, les bénéfiques et la sécurité reliée à ces traitements étant encore inconnus. Il recommande donc pour l'instant l'activité physique, des médicaments pour stimuler l'appétit, des agents anabolisants comme la testostérone en combinaison à des suppléments nutritionnels ainsi que des interventions pour éviter le catabolisme (9). En physiothérapie, il sera donc important de les mobiliser, mais en portant une grande attention aux risques de chutes étant donné leur faiblesse généralisée. De plus, leur condition de sarcopénie associée à la cachexie pourrait entraîner de plus graves conséquences telle une fracture en cas de chute (9).

2.2.5. PROBLÈMES GASTROINTESTINAUX

Les problèmes gastrointestinaux (GI) sont également présents chez les patients souffrants d'IC. Selon l'étude d'Alpert (2017), ces problèmes peuvent affecter jusqu'à 27% des patients tandis que l'anorexie dû à la dysphagie peut toucher jusqu'à 50% des patients (7). Les insuffisants cardiaques peuvent souffrir de constipation (7, 8) ou de diarrhée (8) et de vomissements (7, 8) et environ 40% des patients font face à un manque d'appétit et à des nausées (8).

2.2.6. DÉPRESSION

La dépression est une condition fréquemment associée à l'IC et contribue également à un pronostic plus sombre (9). Elle aura comme effet d'amplifier les autres symptômes associés à l'IC (7), ce qui porte les patients à s'isoler (9) et diminue l'adhérence aux traitements (7, 9). La dépression est même associée à la réhospitalisation des patients et à leur décès (7). En traitant la dépression, les patients se sentent mentalement et physiquement mieux puisque ces derniers accordent moins d'importance aux autres symptômes (7).

2.2.7. AUTRES SIGNES ET SYMPTÔMES (8)

D'autres signes et symptômes sont aussi présents dans l'IC tel l'œdème aux chevilles en raison de la surcharge vasculaire pulmonaire. Ils peuvent aussi être confus (3) et anxieux, avoir des étourdissements, des palpitations (3) et faire de l'incontinence urinaire.

3. Considérations spécifiques

3.1. Médication

3.1.1. INHIBITEUR DE L'ENZYME DE CONVERSION DE L'ANGIOTENSINE (IECA)

Les IECA aident au remodelage ventriculaire. Ceux-ci réduiraient la mortalité et la morbidité de cette clientèle (9). Ce médicament peut également, à long terme, améliorer la capacité à l'effort des insuffisants cardiaques.

Il est important de prendre cette médication en compte lors des traitements de physiothérapie, car ce dernier peut diminuer la tension artérielle (TA) au repos et à l'effort (10). Ce signe vital sera donc à vérifier lors des exercices.

3.1.2. BÊTA-BLOQUANT (BB)

Les BB réduisent la mortalité et la morbidité tout comme les IECA. De plus, ils augmenteraient la capacité à l'effort pour les patients souffrant d'IC. Les BB sont souvent pris conjointement avec les IECA pour réduire les symptômes de ces patients (9).

Lors des interventions en physiothérapie, le thérapeute doit tenir compte de cette médication puisque celle-ci a plusieurs effets sur la réponse à l'exercice. Elle diminue la fréquence cardiaque (FC) et la TA au repos en plus de diminuer l'augmentation de la FC et l'augmentation de la TA systolique à l'effort (10). Lors de l'exercice, les patients sous l'effet des BB se rendent rarement à plus de 120 à 130 battements par minute (bpm). Il est donc primordial de prendre la TA pré-per-post exercice et de vérifier la perception de l'effort du patient sur l'échelle de BORG puisque le physiothérapeute ne peut se fier à la FC qui atteint un plateau. Une autre condition à vérifier est l'hypoglycémie puisque celle-ci peut être plus difficile à reconnaître étant donné que les BB masquent tous ces symptômes sauf celui de la sudation. Il est également important de prendre la TA chez la clientèle prenant des bloqueurs alpha-1 car ceux-ci peuvent causer de l'hypotension orthostatique. Les physiothérapeutes peuvent aussi observer une exacerbation des signes et symptômes de l'asthme tels que la toux, la dyspnée et des sibilances lorsque le patient prend des BB non cardiosélectifs. Cependant, ce type de médication est rarement utilisé avec cette clientèle (10).

3.1.3. ANTAGONISTE DE L'ALDOSTÉRONE

Les antagonistes de l'aldostérone, le spironolactone et l'éplérénone, peuvent également réduire le risque d'hospitalisation et de mortalité (9, 11). Ceux-ci peuvent aussi améliorer la capacité à l'exercice des insuffisants cardiaques en diminuant l'œdème pulmonaire et périphérique (10).

En physiothérapie, il faut vérifier la TA au repos et à l'effort, car ce médicament peut possiblement engendrer une diminution de la TA et de l'hypotension orthostatique. De plus, ce médicament peut augmenter le risque de déshydratation et causer de l'hypotension, de la tachycardie réflexe ainsi qu'un déséquilibre électrolytique. Ce déséquilibre peut ensuite entraîner des crampes, des spasmes musculaires et des arythmies (10). Il faut donc s'assurer que le patient soit bien hydraté tout en respectant les restrictions liquidiennes de ce dernier.

3.1.4. DIURÉTIQUE

En ce qui concerne cette médication, la mortalité et morbidité n'ont pas été étudiées dans une étude contrôlée randomisée. Par contre, dans une méta-analyse de Cochrane, citée dans le *European Society of Cardiology guidelines 2016* (9), il a été démontré que le thiazide et les diurétiques en boucle diminueraient le risque de mortalité et amélioreraient la capacité à l'exercice comparé à un groupe contrôle actif, mais aggraverait l'IC si on les compare à un placebo. Ce type de médicament est recommandé pour les insuffisants cardiaques avec FER souffrant de surcharge vasculaire pulmonaire. Le but de cette médication est d'obtenir et de maintenir l'euvolémie. Les diurétiques en boucle produisent une diurèse plus forte et plus rapide comparé aux thiazides, mais il est possible de les combiner puisqu'ils travaillent en synergie. Cependant, il faut rester prudent, car plus d'effets négatifs surviennent lors de la combinaison (9).

Lors des sessions de physiothérapie, le monitoring est semblable à celui des antagonistes de l'aldostérone (*section IV 3.1.3 Antagoniste de l'aldostérone*).

3.1.5. ANTAGONISTE DES RÉCEPTEURS DE L'ANGIOTENSINE II (ARA)

Le Candesartan permet de réduire la mortalité cardiovasculaire tandis que le Valsartan a démontré un effet sur l'hospitalisation pour les insuffisants cardiaques avec FER qui prennent des IECA. (9).

Le monitoring à faire lorsque le patient prend ce type de médication est le même que pour les patients qui prennent des IECA (*section IV 3.1.1 Inhibiteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (IECA)*)(10)

3.1.6. DIGOXINE

La digoxine peut réduire le risque d'hospitalisation. Elle peut être utilisée pour réduire la FC des patients souffrant d'IC (9) et pour améliorer la capacité à l'exercice pour ceux ayant une FER (10). Par contre, ce médicament peut être toxique à haute dose et produire comme effet secondaire des nausées, vomissements, de la fatigue et de la faiblesse musculaire.

Lors des traitements en physiothérapie, le physiothérapeute doit prendre en compte ce médicament puisque celui-ci diminue la FC chez les patients avec tachycardie ou

fibrillation auriculaire au repos, mais son effet est contrecarré par l'exercice. Il faut donc vérifier la FC pendant l'exercice puisque le médicament aura moins d'effet sur la diminution de la FC (10).

3.1.7. INHIBITEUR DE LA NÉPRILYSINE-RÉCEPTEUR DE L'ANGIOTENSINE

L'inhibiteur de la néprilysine est une nouvelle classe de médicament agissant sur le système rénine-angiotensine-aldostérone et le système endopeptidase neutre. Celui-ci est une combinaison de Valsartan et de Sacubitril. Dans une étude récente, il a été démontré que cette médication est supérieure aux IECA au niveau de la réhospitalisation et de la mortalité. Il faudrait cependant d'autres études pour l'effet à long terme puisque cette médication aurait un effet sur la dégradation des peptide bêta-amyloïde du cerveau (9).

3.1.8. INHIBITEUR DES CANAUX I_f

L'ivabradine a pour effet de ralentir la FC en inhibant les canaux I_f du nœud sinusal et devrait être utilisé seulement pour les patients avec un rythme sinusal. Ce médicament permet de réduire la mortalité et l'hospitalisation chez les patients souffrant d'IC avec FER et une FC ≥ 70 bpm qui ont été hospitalisés dans les 12 derniers mois et recevant des BB, des IECA et des antagonistes de l'aldostérone (9).

3.1.9. COMBINAISON DE L'HYDRALAZINE ET DU DINITRATE D'ISOSORBIDE

Une étude clinique randomisée a été réalisée sur des patients de race noire. Cette étude démontre que cette médication additionnée aux IECA, BB et antagonistes de l'aldostérone réduit la mortalité et les hospitalisations des patients noirs avec IC avec FER et de classe III et IV, selon la NYHA. Selon l'étude, les résultats peuvent difficilement être généralisables à d'autres races ou ethnies. De plus, cette médication pourrait être considérée pour les patients intolérants aux IECA et ARA, mais cela a été démontré sur des patients recevant seulement des diurétiques et de la digoxine (9).

3.1.10. ACIDE GRAS POLYINSATURÉ N-3

Ce médicament a démontré un léger impact dans le traitement de l'IC sur la mortalité cardiovasculaire et la réhospitalisation, mais celui-ci dépend de la préparation du médicament. Il doit être composé d'au moins 85% d'ester éthylique pour démontrer ces effets (9).

3.2. Contre-indications à l'épreuve d'effort (EE) et à la prescription d'un programme d'exercices

En ce qui concerne les patients de profils 1 et 2 de l'INTERMACS, l'EE limitée par symptômes (EELS) ainsi que la réadaptation cardiaque sont contre-indiquées étant donné que la condition médicale d'IC est instable et qu'ils doivent recevoir l'AC dans les jours qui suivent ou même dans l'immédiat (12, 13). En ce qui a trait au patient de profils 3 à 7, il faut s'assurer de l'absence de contre-indications à l'EE pour savoir si ceux-ci sont éligibles (12). Au niveau de la prescription d'exercices, pour les patients de profil 3 hospitalisés, il faut s'assurer de l'absence de contre-indications à la mise en route de la réadaptation cardiaque. Pour les patients de profil 3 demeurant à domicile et les patients de profils 4 à 7 selon l'INTERMACS, il faut s'attarder aux contre-indications à l'exercice en zone d'entraînement puisqu'ils vivent à domicile et que, par conséquent, ils exécutent, à travers leurs activités de la vie quotidiennes et domestiques, une intensité d'effort se situant sous un seuil d'entraînement (14).

Le tableau suivant, tiré de l'article de Piepoli et al. (2016) (12), présente les contre-indications à l'EE :

Contre-indications absolues à l'EE	Contre-indications relatives à l'EE
<ul style="list-style-type: none">· Infarctus du myocarde aigu· Angine instable· Arythmies cardiaques non-contrôlées· Sténose aortique sévère symptomatique· IC non-contrôlée symptomatique· Embolie ou infarctus pulmonaire récent· Péricardite et myocardite aiguë· Dissection aortique aiguë	<ul style="list-style-type: none">· Sténose du tronc commun de la coronaire gauche· Sténose valvulaire modérée· Débalancement électrolytique· Hypertension artérielle sévère· Tachyarythmies ou bradyarythmies· Cardiomyopathies hypertrophiques ou autres formes d'obstruction· Problème physique ou mental empêchant de s'exercer adéquatement· Bloc auriculoventriculaire (BAV)

Le tableau suivant, tiré du recueil de note de Brosseau (2015) (14), présente les contre-indications à la mise en route de la réadaptation cardiaque et à l'exercice en zone d'entraînement :

Contre-indications à la mise en route de la réadaptation cardiaque	Contre-indications à l'exercice en zone d'entraînement
<ul style="list-style-type: none"> · Sténose significative du tronc commun de la coronaire gauche (<30%) · TA systolique > 180-200 mmHg au repos · TA diastolique > 110 mmHg au repos · Hypotension systolique < 80 mmHg · Maladie systémique aiguë ou fièvre · Arythmies auriculaires et ventriculaires non contrôlées · Tachycardie sinusale non contrôlée au repos (> 120 bpm) · Insuffisance cardiaque ou respiratoire non compensée · BAV 3^e degré (sans stimulateur cardiaque) · Péricardite ou myocardite en évolution · Embolie récente incluant embolie pulmonaire avec troubles d'oxygénation sévères · Déplacement du segment ST (>2 mm) au repos · Diabète fortement déséquilibré (glucose sanguin >22,2 mmol/L au repos) <ul style="list-style-type: none"> ○ Une glycémie avec > 14 mmol/L et des acides cétoniques dans les urines ou > 17 mmol/L nécessite de retarder la séance d'exercices ; une glycémie < 4,4 – 5,5 mmol/L nécessite une collation · Autres problèmes métaboliques aigus (troubles thyroïdiens, hypokaliémie, hypovolémie...) · Anévrisme ventriculaire avec signes d'intolérance · Insuffisance valvulaire 4/4 	<ul style="list-style-type: none"> · Sténose subaortique hypertrophique · Sténose aortique critique (gradient systolique de pointe > 50mmHg avec un orifice valvulaire < 0,75 cm²) · Insuffisance valvulaire sévère (3/4 ou 4/4) · Sténose du tronc commun de la coronaire gauche · Processus infectieux récent · Maladie infectieuse chronique (hépatite, SIDA) · Problèmes neuromusculaires, musculosquelettiques ou rhumatoïdes augmentés par l'exercice · Hypotension orthostatique : diminution TAS > 20 mm Hg avec symptômes · Péricardite ou myocardite active stabilisée par antibiotiques · Anévrisme de l'aorte abdominale avec indication de chirurgie · Anévrisme disséquant même opéré · Angine ou dyspnée à 4/4 · Anémie sévère · Problème physique ou mental empêchant de s'exercer adéquatement

4. Évaluation de la condition physique pour la prescription d'exercices afin d'optimiser la condition des patients en vue de l'implantation d'une AC

4.1. Évaluation générale

L'évaluation de la condition physique pour les patients atteints d'IC sévère de classe III et IV, selon la NYHA, ressemble à l'évaluation régulière pour une réadaptation cardiaque avec certaines modifications. Le physiothérapeute procède, comme à l'habitude, à l'évaluation subjective, puis objective qui contient l'observation générale, l'évaluation neuromusculaire, articulaire, circulatoire, respiratoire et fonctionnelle et l'évaluation des signes vitaux et de l'équilibre. Si le physiothérapeute suspecte une dépression, ce qui est fréquent pour cette clientèle, il peut utiliser les outils de dépistage et référer le patient à un psychologue au besoin afin que celui-ci prenne en charge le patient (partie **ERROR! REFERENCE SOURCE NOT FOUND.** section VI). Il doit également stratifier le risque du patient et faire une évaluation de l'endurance et de la capacité à l'effort de ce dernier.

4.2. Stratification du risque

Ces patients sont classifiés dans la population cardiaque selon le risque de présenter une récurrence d'événement cardiaque dans l'année suivant l'événement. Les patients atteints d'IC de classe III et IV, selon la NYHA, se retrouvent dans la catégorie à haut risque étant donné leur fraction d'éjection réduite en-dessous de 40%. De plus, la plupart d'entre eux présentent des symptômes significatifs à un niveau d'effort inférieur à cinq METS (14). Habituellement, ces patients sont incapables de marcher plus d'un ou deux blocs ou ont de la difficulté à faire leurs AVQ, ce qui représente des activités en-dessous de quatre METS. Ainsi, ils peuvent présenter des symptômes à l'EE à un niveau équivalent aux AVQ (6).

4.3. Épreuve d'effort

Il existe différentes manières de quantifier la tolérance à l'effort d'un patient souffrant d'insuffisance cardiaque sévère. Il est possible d'évaluer la tolérance du patient simplement lors de ses activités de la vie quotidienne et domestique. Ceci peut être fait en premier pour vérifier comment le patient réagit à une faible intensité d'exercice. Si cela est bien toléré, le physiothérapeute peut évaluer la tolérance à l'effort avec le test de marche de six minutes (12). Ce dernier peut être utilisé puisqu'il est considéré comme sécuritaire avec les patients souffrant d'IC sévère. Par contre, il faut rester prudent, car

pour certains d'entre eux, l'épreuve peut être considérée de haute intensité si la capacité fonctionnelle est faible. Ce test est utile étant donné sa simplicité, son moindre coût et sa reproductibilité. Il est corrélé avec la capacité d'exercice, la santé cardiopulmonaire, la classe fonctionnelle, la qualité de vie et le pronostic (12). Avant le test, un électrocardiogramme (ECG) est fait afin de vérifier s'il y a présence ou non d'arythmie au repos, puis est présent pour toute la durée du test. La FC et l'échelle de BORG sont utilisées avant, pendant et après le test de marche de six minutes. La TA et la saturation en oxygène sont prises avant et après le test (12).

Une autre façon d'évaluer la tolérance à l'effort est de faire une EELS sous surveillance médicale. En général, elle est relativement sécuritaire (12) puisque les patients ont passé un examen médical préalablement. L'EELS est exécutée afin d'évaluer la tolérance à l'exercice, la capacité fonctionnelle et le pronostic des patients. De plus, elle est indiquée afin de prescrire un programme d'exercices et un monitoring adaptés à la condition de ceux-ci (12). Cependant, ce ne sont pas tous les patients qui ont l'endurance suffisante pour subir l'EELS.

Lorsqu'il est indiqué de faire celle-ci, le physiothérapeute ou un autre professionnel peut procéder au choix du protocole. Deux modes d'activités pour le protocole d'EELS sont fréquemment présentés dans la littérature soit celui sur ergocycle ou celui sur tapis roulant (12).

Le protocole de Bruce modifié est le protocole sur tapis roulant appliqué aux patients atteints d'IC sévère. Dans ce dernier, le palier «0» est ajouté puisque celui-ci serait trop exigeant pour les patients atteints sévèrement d'IC. Le protocole commence donc à 1 mile/h avec une pente de 5% au lieu de commencer au palier 1 à 1.7 mile/h avec une pente de 10% (12).

Le protocole sur ergocycle peut varier tout dépendant de la capacité des patients atteints d'IC. Il consiste à élever la résistance entre 5-25 W à chaque 1-2 minutes. Il existe maintenant un protocole en rampe sur ergocycle contrôlé par ordinateur. Ce dernier augmente la résistance de l'ergocycle à chaque seconde avec des freins électroniques (12).

Le patient devrait être supervisé tout au long de l'EE. La TA, la FC, la perception de la difficulté à l'effort sur l'échelle de BORG devraient être mesurées en pré, per et post EELS. De plus, le patient devrait être monitoré avec un ECG tout au long de celle-ci (12). La ventilation minute, la consommation d'oxygène et la production de dioxyde de carbone peuvent être mesurées (15, 16).

Lors du test de marche de six minutes ou de l'EELS, il faut suivre les critères d'arrêt inscrits dans le tableau qui suit .

Le tableau suivant, tiré de l'article de Piepoli et al. (2016) (12), présente les critères d'arrêt à l'exercice :

Critères d'arrêt relatifs	Critères d'arrêt absolus
<ul style="list-style-type: none"> · Chute de la TA systolique >10 mmHG pendant l'effort malgré l'augmentation de l'effort, en l'absence de d'autres évidences d'ischémie · Dépression du segment ST >2 mm · Arythmies autres qu'une tachycardie ventriculaire soutenue, incluant extrasystole ventriculaire (ESV) multifocales, tripplet d'ESV, tachycardie supraventriculaire ou bradyarythmie · Fatigue, dyspnée, crampes musculaires ou claudication des membres inférieurs · Développement d'un bloc de branche ou un délai de conduction intraventriculaire ne pouvant être distingué de la tachycardie ventriculaire · Augmentation de la douleur thoracique · Réponse hypertensive 	<ul style="list-style-type: none"> · Chute de la TA systolique >10 mmHG par rapport au repos malgré l'augmentation de l'effort, en présence d'autres évidences d'ischémie · Angine, dyspnée ou fatigue modérée à sévère* · Symptômes d'atteinte du système nerveux central (ataxie, étourdissement) · Signes de pauvre perfusion (cyanose, pâleur) · Incapacité technique à motoriser l'ECG ou la TA systolique, si indiqué · À la demande du patient · Élévation du segment ST >1 mm

*La sévérité de la dyspnée ou de la fatigue doit être augmentée par rapport au niveau de base pour être un critère d'arrêt, car les patients peuvent être symptomatiques au repos ou aux AVQ.

5. Traitement pour optimiser la condition physique chez les insuffisants cardiaques sévères

Malgré l'insuffisance cardiaque sévère, les patients peuvent faire de l'exercice afin de maintenir ou améliorer leur condition physique avant l'implantation de l'AC. Il a été démontré dans la littérature qu'un programme d'exercices est bénéfique pour les patients atteints d'IC de classe I à III, selon la NYHA (3, 5, 17, 18). Concernant la classe IV, selon l'étude de l'*ExTraMATCH collaborative* (2004) (19), les patients bénéficieraient d'un programme d'exercices, mais peu d'études sont disponibles dans la littérature pour le confirmer. L'étude de Taylor et al. (2014) (20) étudie les effets de l'exercice sur les différentes classes, dont la classe IV. L'étude de Piepoli (2011) (17) suggère quant à elle d'individualiser le programme pour les patients de cette classe puisque le risque d'effets indésirables est augmenté par rapport aux classes inférieures.

5.1. Variables à considérer (14)

Avant de prescrire un programme d'exercices, il est important de tenir compte de plusieurs facteurs soit l'âge, l'état musculosquelettique, le risque de récurrence dans la prochaine année d'un événement cardiaque, la fonction myocardique résiduelle, la médication ainsi que l'objectif et les préférences du patient pour le type d'exercice. Il faut également vérifier si le patient présente des contre-indications. Si le patient présente des contre-indications à la mise en route de la réadaptation cardiaque, celui-ci peut faire des exercices respiratoires et du positionnement. Si le patient ne présente pas de contre-indication à la mise en route de la réadaptation cardiaque, mais présente des contre-indications à l'exercice en zone d'entraînement, il peut faire sa réadaptation sous le seuil d'entraînement. Si ce dernier ne présente aucune contre-indication, il pourra progresser dans la zone d'entraînement.

5.2. Type de surveillance et critères d'arrêt

Les patients de la classe III et IV selon la NYHA qui s'exercent dans la zone d'entraînement ont besoin de surveillance directe avec monitoring étroit puisqu'ils sont à haut risque (6). Ils doivent s'entraîner en milieu supervisé par un professionnel. Il est important de connaître les critères d'arrêt et de reconnaître les signes et symptômes d'intolérance à l'exercice (*voir SECTION IV, tableau des critères d'arrêt à l'exercice*). Cependant, les critères d'arrêt peuvent être légèrement modifiés pour certains patients.

Pour ceux présentant de la dyspnée au repos ou aux AVQ, la sévérité de la dyspnée doit être supérieure à celle du repos pour arrêter l'exercice, mais ne doit pas excéder 5 sur l'échelle de BORG modifié. Il en est de même pour la fatigue qui est un des symptômes les plus fréquents chez les patients souffrant d'IC sévère.

5.3. Amélioration ou maintien de la condition

L'objectif du programme de réadaptation dépend de la condition du patient. Un maintien sera de mise si l'implantation de l'AC est prévue dans les prochaines semaines puisque le temps pour améliorer la condition est restreint. Si le patient est hospitalisé, qu'il ne reçoit pas l'AC avant quelques mois, le thérapeute peut décider de prescrire un programme d'entraînement à plus long terme afin d'améliorer la condition du patient.

Le physiothérapeute doit vérifier avec les patients non-hospitalisés, donc de profils 3 à 7, la fréquence hebdomadaire qu'il leur est possible de se déplacer à l'hôpital si ceux-ci doivent faire leurs exercices dans une zone d'entraînement. Ceci est un point important dont le physiothérapeute doit tenir compte puisque ce n'est pas tous les patients qui peuvent se rendre facilement au centre ou qui ont assez d'énergie pour le faire plusieurs fois par semaine.

5.4. Échauffement et retour au calme

Lorsque le patient s'exerce en zone d'entraînement, il doit s'échauffer puis faire un retour au calme suite à l'exercice. L'échauffement permet de faciliter la transition entre le repos et la phase d'entraînement aérobie, de diminuer les complications cardiaques ou musculosquelettiques et d'augmenter le débit cardiaque. La FC cible d'échauffement est 10 à 20 bpm sous la FC cible d'entraînement, si le patient ne prend pas de BB, ou le VO_2 cible d'échauffement est à 80% de l'intensité de l'entraînement. L'activité choisie pour l'échauffement doit être du même type que l'exercice exécuté (14).

Le retour au calme permet aux patients de revenir à leur état de repos progressivement, diminue le risque d'une diminution du débit cardiaque au niveau des coronaires, le risque d'hypotension orthostatique et le risque d'étourdissement. Après le retour au calme, le patient doit éviter la position de décubitus dorsal, car celle-ci augmente le risque de défaillance cardiaque en augmentant le retour veineux (14).

5.5. Prescription d'exercice cardiorespiratoire sous le seuil d'entraînement

Pour les insuffisants cardiaques sévères qui présentent des contre-indications à la prescription d'exercices en zone d'entraînement ou qui ne peuvent s'entraîner sous supervision directe, il demeure possible de faire de l'activité physique sous le seuil d'entraînement. Le physiothérapeute peut prescrire les exercices à une faible intensité, soit en-dessous de 40% de la VO_2 de réserve (VO_{2R}) ou de la FC de réserve (FCR). De plus, le patient ne doit pas dépasser 11/20 sur l'échelle de BORG. Le patient peut faire des exercices des quatre membres et de la marche (14).

Pour les insuffisants cardiaques sans contre-indication dans la zone d'entraînement, il est également recommandé pour cette clientèle de débiter le programme d'exercice à une faible intensité, cinq à dix minutes, deux fois par jour pour vérifier si le patient tolère bien le programme. Si tel est le cas, la durée des sessions peut être augmentée, puis le nombre de sessions par jour. Par la suite, l'intensité de l'entraînement peut également être augmentée (17).

5.6. Prescription d'exercice cardiorespiratoire dans la zone d'entraînement

Si le patient tolère bien le programme d'exercices sous le seuil d'entraînement, le physiothérapeute peut augmenter à une intensité modérée, dans la zone d'entraînement soit entre 40% et 70% du VO_{2R} . Le patient a cependant besoin de supervision directe (17).

La plupart des patients utilisent l'exercice aérobie en continue puisqu'il est sécuritaire et efficace. Les patients s'entraînent en marchant ou en faisant de l'ergocycle ou du tapis roulant. L'entraînement dure entre 20 et 60 minutes et est fait trois à cinq fois par semaine afin d'améliorer la condition des patients. Si le physiothérapeute veut maintenir la condition du patient, dans ce cas, l'entraînement a lieu deux fois par semaine. L'entraînement se fait à une intensité entre 10 et 14 (21) sur l'échelle de BORG (17). La formule de Karvonen est utilisée pour connaître la FC cible ou le VO_2 cible :

$$FC\ cible = \% (FC_{max} - FC_{repos}) + FC_{repos}$$
$$VO_2\ cible = \% (VO_{2max} - VO_{2repos}) + VO_{2repos}$$

Il est également possible d'entraîner les patients en intervalles. Par exemple, les patients alternent entre 10 à 30 secondes d'intensité modérée et 60 à 80 secondes de récupération à basse intensité. L'intensité choisie dépend de la capacité des patients. (17).

5.7. Prescription d'exercices avec BB

Nombreux sont les patients atteints d'IC sévère qui prennent des BB. Dans la plupart des cas, les résultats d'une EELS sont disponibles pour faire la prescription d'exercice. Le physiothérapeute applique donc la formule de Karvonen avec la FC maximale mesurée puisque la FC est influencée par la médication. Si les patients n'ont pas fait d'EELS, il faut modifier la formule pour prendre en compte l'effet des BB sur la FC. Une stratégie est d'utiliser la formule suivante :

$$FC\ cible = \% (FC_{max} - FC_{repos}) + FC_{repos}$$

$$\text{où la } FC_{max} = 85\%(220 - \text{âge}) \quad (22)$$

$$\text{ou } FC_{max} = 164 - (0.7 \times \text{âge}) \quad (23)$$

Le physiothérapeute et le patient doivent également se fier à l'échelle de BORG. Les patients à haut risque, dont font partie les insuffisants cardiaques, ne doivent pas dépasser 14/20 (14).

5.8. Prescription d'exercice en force

Les patients peuvent essayer l'entraînement en résistance sous supervision afin de voir s'ils répondent bien à ce traitement. Cet entraînement doit être individualisé. Si la condition du patient est stable et qu'il tolère bien le programme, le physiothérapeute peut prescrire ce type d'exercice en complémentarité au programme aérobie. Pour déterminer la charge utilisée par les patients durant les exercices de musculation, un test graduel de force est effectué afin d'éviter la manœuvre de Valsalva qui serait probablement présente lors du test de 1-RM. Le physiothérapeute utilise donc la charge avec laquelle le patient est capable de faire dix répétitions sans Valsalva et sans apparition ou augmentation de symptômes, s'ils sont présents au repos. L'échelle de BORG peut également être utilisée pour vérifier l'intensité cardiovasculaire. Celle-ci ne doit pas dépasser 14/20 pour les patients à haut risque (17).

Ces exercices sont sécuritaires lorsque de petits groupes de muscles sont entraînés pour de courtes périodes et un petit nombre de répétitions. La durée de repos doit être le double de la durée de la contraction musculaire. Pour faire les exercices, les patients peuvent

utiliser une bande élastique, mais il est difficile pour le physiothérapeute de quantifier la résistance (17).

Ce type d'exercice est important pour les patients souffrant d'IC sévère puisque l'altération du système musculosquelettique chez cette clientèle est l'un des problèmes importants qui diminue la tolérance à l'exercice. De plus, en vieillissant, les patients perdent de la masse musculaire continuellement, donc les patients souffrant d'IC deviennent encore plus à risque. L'entraînement en force permet donc de graduellement renforcer et raffermir les muscles, d'augmenter la masse osseuse, de diminuer le travail central et pourrait servir d'intervention anabolique pour prévenir les pertes musculaires (17).

5.9. Entraînement des muscles inspiratoires

Les patients souffrant d'IC ayant une faiblesse des muscles inspiratoires peuvent également faire des exercices afin de renforcer ces muscles. Il est suggéré de débiter les exercices à 30% de la pression inspiratoire maximale (PI_{max}) et de la réajuster au sept à dix jours. Les exercices peuvent être faits jusqu'à une intensité de 60% de la PI_{max} . Le programme d'exercices respiratoires doit être fait pour une durée entre 20 et 30 minutes, trois à cinq fois par semaine pour au moins 8 semaines pour obtenir une amélioration. Si l'implantation de l'AC est prévue avant 8 semaines, les exercices peuvent être faits deux fois par semaine afin de maintenir la force des muscles inspiratoires (17).

6. Éducation et recommandations

L'éducation est une partie très importante de la thérapie. L'équipe interdisciplinaire doit éduquer ses patients afin que ceux-ci comprennent bien leur condition, le fonctionnement de l'AC et le programme d'exercices qui sera fait en soins aigus et en réadaptation. Ceci peut aider à diminuer l'anxiété des patients et à améliorer leur adhérence aux interventions et aux recommandations.

En physiothérapie, il est important que le patient respecte le programme d'exercices afin de faciliter la réadaptation durant la phase post-opératoire. Le physiothérapeute doit expliquer les bienfaits et insister sur les conséquences si le programme n'est pas exécuté. Il peut être difficile pour ces patients de suivre un programme s'ils ont fait peu d'exercice au cours de leur vie ou s'ils sont symptomatiques au repos. Le physiothérapeute doit donc motiver et rassurer ses patients pour que ceux-ci adhèrent aux traitements (3). Le

physiothérapeute peut également enseigner les exercices que le patient devra faire après l'implantation de l'AC afin de faciliter cette phase.

Il est également important d'enseigner les principes d'auto-surveillance au patient. Ce dernier doit être capable reconnaître les signes et symptômes qui serviront de critères d'arrêt à l'exercice. Il doit également maîtriser l'échelle de BORG, l'échelle de la dyspnée et la mesure de la FC à la palpation(3).

Il existe également d'autres recommandations au niveau alimentaire que les patients doivent suivre pour les aider à améliorer leur condition. En ce qui concerne la restriction hydrique, les patients souffrant d'IC sévère, en particulier ceux souffrant de congestion ou de rétention liquidienne, doivent se limiter à 1.5 à 2 L de fluide par jour pour diminuer leurs symptômes (2, 3, 18, 24). Le physiothérapeute doit être au fait de ces recommandations.

Pour ce qui est de la restriction sodique, les patients souffrant d'IC doivent limiter leur consommation de sel à 2 à 3 g par jour. Pour ceux souffrant aussi de rétention liquidienne, la restriction sodique est 1 à 2 g par jour (3, 18, 24). Cette restriction permet de diminuer les signes et symptômes de surcharge vasculaire pulmonaire chez les patients de classe III et IV, selon la NYHA (3). Les patients dont la cardiomyopathie a été déclenchée par l'alcool doivent éviter d'en boire. Selon les lignes directrices de McMurray et al. (2012), si l'alcool n'est pas la cause de l'IC, les patients peuvent continuer de boire modérément (3). Cependant, dans une étude menée par Abete et al. (2013), faite sur les personnes âgées souffrant d'IC, l'alcool augmenterait, à long terme, le risque de mortalité comparé aux personnes âgées ne buvant pas celle-ci. Cette étude suggère donc de ne pas prendre d'alcool (24). Pour ce qui est du tabac, la cessation est une autre recommandation que doivent suivre les patients (3) puisque celle-ci peut diminuer la mortalité et réduire les effets néfastes pour la santé (24). Par contre, cette recommandation semble être une des plus difficiles à suivre, car un nombre élevé de patients continue de fumer malgré la présence de la maladie (24).

7. Perspective de recherche

Afin d'aider les cliniciens à savoir quels patients souffrant d'IC sévère pourraient bénéficier davantage de l'implantation d'une AC, l'INTERMACS a mis au point 7 profils avec modificateurs. Les patients de profil 1 sont ceux qui en bénéficieraient davantage, car ils

sont les plus sévèrement atteints et ceux du profil 7, le moins, étant donné qu'ils sont à un stade moins avancé. Cependant, peu de liens ont été faits entre la classification de la NYHA, qui se retrouvent plus fréquemment dans la littérature, et ces profils. Ainsi, même si les physiothérapeutes connaissent le profil de leur patient, il est difficile pour eux de savoir ce qu'ils peuvent ou ne peuvent pas faire avec celui-ci. Il faudrait donc davantage de recherches sur les interventions pouvant être faites selon les différents profils afin de mieux guider les professionnels.

8. Synthèse

Pour conclure, l'insuffisance cardiaque chronique sévère est une maladie grave et complexe qui limite la tolérance à l'effort à différents niveaux d'intensité selon la sévérité de la maladie. Les patients de classe III et IV, selon la NYHA, peuvent être symptomatiques à l'activité d'intensité modérée, faible ou encore même au repos, ce qui diminue leur qualité de vie. Les patients de ces classes sont ceux qui sont considérés pour l'implantation d'une AC. Avant l'implantation de celle-ci, l'insuffisant cardiaque est suivi par un physiothérapeute qui évalue les différents systèmes soit le système cardiovasculaire, neuromusculaire, articulaire, respiratoire et fonctionnelle. En ce qui concerne le système cardiovasculaire, le physiothérapeute évalue le patient lors de ses activités fonctionnelles, du test de marche de six minutes ou à l'aide des résultats d'une EELS. Cette évaluation sert à la prescription du programme d'exercices. Par la suite, le professionnel prépare le programme afin d'optimiser la condition du patient en vue de la réadaptation post-implantation. Ce programme comprend des exercices cardiovasculaires, et tout dépendant de la condition de l'insuffisant cardiaque, il est possible d'ajouter des exercices de musculation en force et des exercices de renforcement des muscles inspiratoires. En plus de tout cela, les professionnels de la santé doivent éduquer le patient. Il faut donc expliquer à ce dernier sa condition, le fonctionnement de son AC, sa réadaptation post-implantation ainsi que les différentes recommandations qu'il doit suivre. Le physiothérapeute doit également l'informer de l'importance de l'activité physique et lui apprendre l'auto-surveillance lorsqu'il exécute son programme d'exercices. Le patient doit comprendre que l'exercice est essentiel pour lui.

Références

1. cardiology ESo. Heart failure matters.
2. Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, Butler J, Casey Jr DE, Drazner MH, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: Executive summary: A report of the American college of cardiology foundation/american heart association task force on practice guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(16):1495-539.
3. McMurray JJV, Adamopoulos S, Anker SD, Auricchio A, Böhm M, Dickstein K, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012 The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2012;33(14):1787-847.
4. Geslin Je. Insuffisance cardiaque chronique.
5. Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, Butler J, Casey DE, Drazner MH, et al. 2013 ACCF/AHA Guideline for the Management of Heart Failure. A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. 2013.
6. Fang JC, Ewald GA, Allen LA, Butler J, Westlake Canary CA, Colvin-Adams M, et al. Advanced (stage D) heart failure: a statement from the Heart Failure Society of America Guidelines Committee. *J Card Fail*. 2015;21(6):519-34.
7. Alpert CM, Smith MA, Hummel SL, Hummel EK. Symptom burden in heart failure: assessment, impact on outcomes, and management. *Heart Failure Reviews*. 2017;22(1):25-39.
8. Nordgren L, Sorensen S. Symptoms experienced in the last six months of life in patients with end-stage heart failure. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2003;2(3):213-7.
9. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2016;37(27):2129-200m.
10. Lacroix M. Éléments de pharmacologie : réadaptation cardiorespiratoire avancée. 2016.
11. Girouard H. Insuffisance cardiaque. 2016.
12. Piepoli MF, Corra U, Agostoni PG, Belardinelli R, Cohen-Solal A, Hambrecht R, et al. Statement on cardiopulmonary exercise testing in chronic heart failure due to left ventricular dysfunction: recommendations for performance and interpretation Part II: How to perform cardiopulmonary exercise testing in chronic heart failure. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*. 2006;13(3):300-11.
13. Brosseau R. Évaluation de la condition physique et programmation de l'entraînement. 2015.
14. Brosseau R. Physiothérapie des affections cardiovasculaires (PHT-3320): Université de Montréal; 2015.
15. Myers J, Arena R, Dewey F, Bensimhon D, Abella J, Hsu L, et al. A cardiopulmonary exercise testing score for predicting outcomes in patients with heart failure. *Am Heart J*. 2008;156(6):1177-83.
16. Malhotra R, Bakken K, D'Elia E, Lewis GD. Cardiopulmonary Exercise Testing in Heart Failure. *JACC Heart Fail*. 2016;4(8):607-16.
17. Piepoli MF, Conraads V, Corra U, Dickstein K, Francis DP, Jaarsma T, et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Heart Fail*. 2011;13(4):347-57.

18. Arnold JM, Liu P, Demers C, Dorian P, Giannetti N, Haddad H, et al. Canadian Cardiovascular Society consensus conference recommendations on heart failure 2006: diagnosis and management. *Can J Cardiol.* 2006;22(1):23-45.
19. Exercise training meta-analysis of trials in patients with chronic heart failure (ExTraMATCH). *BMJ.* 2004;328(7433):189.
20. Taylor RS, Piepoli MF, Smart N, Coats AJS, Ellis S, Dalal H, et al. Exercise training for chronic heart failure (ExTraMATCH II): Protocol for an individual participant data meta-analysis. *Int J Cardiol.* 2014;174(3):683-7.
21. Scheiderer R, Belden C, Schwab D, Haney C, Paz J. Exercise guidelines for inpatients following ventricular assist device placement: a systematic review of the literature. *Cardiopulm Phys Ther J.* 2013;24(2):35-42.
22. MacKay Lyons M. Clinical tips for cardiovascular fitness training after stroke. *Téléconférence de l'Association canadienne de physiothérapie* 2007.
23. MacKay Lyons M. *Fondation des maladies du cœur.* 2013.
24. Abete P, Testa G, Della-Morte D, Gargiulo G, Galizia G, de Santis D, et al. Treatment for chronic heart failure in the elderly: current practice and problems. *Heart Fail Rev.* 2013;18(4):529-51.

**Physiothérapie en situation postopératoire aiguë d'implantation
d'une assistance circulatoire,
par Marie-Hélène Nadeau**

SECTION V : Physiothérapie en situation postopératoire aiguë d'implantation d'une assistance circulatoire,
par Marie-Hélène Nadeau

1. Objectifs

Cette section du travail d'intégration traitera de l'approche en physiothérapie dès la chirurgie d'implantation de l'assistance circulatoire (AC) jusqu'au congé de l'hôpital. Elle s'adresse donc aux cliniciens œuvrant aux soins intensifs ou à l'unité de cardiologie, et à ceux qui veulent en connaître davantage sur le continuum de soins de cette clientèle avant d'arriver en réadaptation.

Cette portion permettra de répondre aux objectifs suivants :

- A. Comprendre l'impact de l'insuffisance cardiaque (IC) et de l'alitement sur le déconditionnement de cette clientèle ;
- B. Connaître les considérations spécifiques lors de la prise en charge de cette clientèle incluant la médication, les données hématologiques, l'instrumentation, l'appareillage et les complications fréquentes ;
- C. Connaître les modalités et les outils d'évaluation et de monitoring appropriés à cette clientèle ;
- D. Connaître et savoir progresser les interventions en physiothérapie menant au reconditionnement de cette clientèle en prévision du congé de l'hôpital et de l'épreuve d'effort, s'il y a lieu, et ce de façon sécuritaire ;
- E. Connaître les enseignements appropriés en physiothérapie à donner à ces patients en soins aigus concernant leur AC et l'appareillage.

2. Considérations spécifiques

2.1. Traitement médical et impact en physiothérapie (1-3)

Le traitement médical est en ajustement suite à l'implantation de l'AC. Les physiothérapeutes doivent être à l'affût des signes et symptômes en lien avec une intolérance à la médication et de son influence sur les paramètres hémodynamiques. Parmi les médicaments administrés suite à la l'implantation de l'AC, certains seront les mêmes après l'implantation qu'avant celle-ci pour aider à maintenir le débit (Q) sanguin, alors que d'autres s'ajouteront afin de favoriser une évolution optimale. Les vasopresseurs sont encore administrés en présence du ballon intra-aortique (BIA) et de l'oxygénation extra-corporelle par membrane (ECMO). Les inotropes peuvent être administrés avec l'Impella, mais ne sont pas obligatoire à son bon fonctionnement contrairement au BIA. Suite à la chirurgie d'implantation d'une assistance ventriculaire (AV), la prise de bêta-bloquants, de diurétiques, d'antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II et d'inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine est maintenue. Pour ce qui est du cœur artificiel total (CAT), il ne nécessite pas la prise d'inotropes ni d'agents anti-arythmiques (4). Dans cette section, seuls les traitements médicaux s'ajoutant après l'implantation de l'AC seront abordés. Pour avoir des informations sur la pharmacologie utilisée chez les insuffisants cardiaques avant l'implantation, il faut se référer à la partie *MÉDICATION* de la section IV.

2.1.1. RESTRICTION LIQUIDIENNE

En présence d'une AC non-pulsatile, l'équilibre hydrique est primordial pour éviter une aspiration ventriculaire (ou *suck down*). En effet, lors d'une hypovolémie, la pompe verra son effet d'aspiration appliquée au ventricule lui-même causant sa perte d'expansion. Ce risque est plus important en contexte de soins aigus étant donné que la médication et la vitesse de la pompe sont en train d'être ajustées tout comme l'équilibre hydrique. Malgré que la déshydratation soit peu probable lors des interventions en contexte de soins aigus, il faut s'assurer de l'éviter durant nos interventions en offrant de l'eau au patient tout en respectant la restriction hydrique recommandée (5). En cas de déséquilibre liquidien chez un patient sur ECMO hémodynamiquement stable, un diurétique peut être employé alors que l'hémofiltration peut être choisie si une défaillance rénale est présente (6).

2.1.2. ANTICOAGULANTS ET ANTI-THROMBOTIQUES (7)

Tous les patients reçoivent des anticoagulants ainsi que des antiplaquettaires (8, 9) suite à la chirurgie d'implantation d'une AV ou d'un CAT. L'anticoagulation est nécessaire pour prévenir la formation de thrombus, une complication fréquente en présence de toute AC. Le moment pour débiter l'anticoagulation varie d'une étude à l'autre. Par exemple, pour l'Impella, le traitement d'anticoagulation peut être débuté dans la salle d'opération avant l'implantation de l'Impella (10), une fois que l'implantation est effectuée (11) ou six heures après l'implantation (12). De façon générale, l'anticoagulation est donnée par voie intraveineuse dès le premier jour post-chirurgie et est administrée par voie orale à partir du troisième jour post-chirurgie. Il est aussi recommandé que ces patients aient une prise quotidienne d'aspirine, un anti-thrombotique (8).

Puisque l'héparine, anticoagulant intraveineux, inhibe l'activité des ostéoblastes et stimule l'activité des ostéoclastes, résultant en une diminution de la masse osseuse, le traitement en mise en charge est important. L'héparine de bas poids moléculaire peut, quant à elle, causer de l'insuffisance rénale. Les signes et symptômes de l'insuffisance rénale sont :

- l'urémie (13) ;
- l'œdème des pieds, des chevilles, des jambes ou des paupières ;
- la douleur à la miction et la diminution du volume d'urine ;
- la fréquence plus élevée des mictions ;
- l'urine mousseuse, trouble ou de couleur foncée ;
- la fatigue et la faiblesse plus marquées ;
- les nausées et vomissements ;
- la perte d'appétit et la sensation de mauvais goût en bouche ;
- la perte de poids inexplicite ;
- la somnolence ou le ralentissement psychomoteur ;
- les maux de tête ;
- les troubles du sommeil ;
- la douleur dorsale, lombaire ou en latéral du bassin ;
- les contractions involontaires des muscles et les crampes ;
- les démangeaisons persistantes. (14)

Le coumadin, anticoagulant *per os*, présente un risque d'interaction médicamenteuse et de saignement. Le ratio international normalisé (INR) doit être vérifié. Les nouveaux

anticoagulants oraux causent moins de saignement dans les essais cliniques, mais l'INR obtenu est plus fluctuant (15). Ceux-ci peuvent également causer de l'insuffisance rénale.

L'anticoagulation a comme effet secondaire d'augmenter le risque de saignement. En présence d'héparine, on vérifie le *partial thromboplastin time* (PTT) qui doit se situer entre 2 et 2,5 fois la normale en dose curative, la norme variant habituellement de 25 à 35 secondes. En présence de coumadin, on vérifie que l'INR se situe entre 2 et 3 (1) ou entre 2,5 et 3,5 (16) selon les sources. Si les valeurs obtenues sont trop élevées, cela indique une augmentation du risque de saignement et peut par conséquent être une contre-indication à la physiothérapie : une simple perturbation du câble d'alimentation ou des canules pouvant entraîner des saignements importants par exemple. À l'opposé, si ces valeurs sont trop basses, il y a une augmentation du risque de formation de thrombus.

2.1.3. DÉRIVÉS NITRÉS (17)

Suite à l'implantation d'une assistance ventriculaire gauche (AVG), l'IC droite peut survenir. Le nitrate sous forme de pulvérisateur peut être prescrit pour diminuer les pressions artérielles pulmonaires et, de cette façon, décharger le ventricule droit (VD). Ce médicament peut entraîner l'hypotension orthostatique et la défaillance rénale.

2.1.4. SÉDATION

La sédation est utilisée, entre autres, chez les porteurs d'ECMO dans les premières 12 à 24 heures (18). La sédation peut altérer la conscience des patients et causer un délirium, il faut donc vérifier leur orientation dans les trois sphères.

2.1.5. ANTIBIOTIQUES

Pour le BIA, des antibiotiques sont données de façon prophylactique une heure avant l'incision chirurgicale et est arrêté à l'intérieur des 24 heures suivant l'implantation (19). Pour l'ECMO et l'AV, les antibiotiques sont administrés normalement à titre curatif, et non à titre préventif, en cas d'infection (20). Les infections sont des complications fréquemment rencontrées aux sites de canulation et peuvent mener à la septicémie. Celle-ci peut entraîner la fièvre ou l'hypothermie, l'augmentation des fréquences cardiaque et respiratoire, une altération de l'état mental, l'œdème et une hyperglycémie (21). La septicémie est une contre-indication à la physiothérapie (22).

2.2. Hématologie

Suite à l'implantation de l'AC, le corps du patient est en processus d'adaptation. Les données hématologiques peuvent donner des indices de l'état du patient, de l'effet de la médication et des précautions et contre-indications à l'évaluation et au traitement en physiothérapie en contexte de soins aigus.

D'abord, plusieurs classes de médicaments peuvent causer de l'insuffisance rénale. Un taux de créatinine élevé peut aider à identifier cette problématique, en plus des signes et symptômes mentionnés précédemment à la section ANTICOAGULANTS ET ANTI-THROMBOTIQUES (7).

De plus, l'équilibre ionique est primordial pour prévenir les arythmies ainsi que des symptômes comme les spasmes et les crampes musculaires. Si les concentrations ioniques sont hors des normes, le risque d'apparition de ces effets indésirables est augmenté. Le débalancement ionique justifie également la vérification plus assidue de l'électrocardiogramme (ECG).

Enfin, les AC non-pulsatiles ont un plus grand risque d'augmenter l'hémolyse et de causer l'hématurie et, ainsi, d'augmenter l'intolérance à l'effort (9). Il faut donc vérifier les taux d'hématocrite et d'hémoglobine. Un taux d'hématocrite plus élevée augmente la viscosité du sang, donc le risque de thrombose, et la résistance périphérique totale. L'hémoglobine est une composante essentielle dans le transport de l'oxygène. Un faible taux pourrait entraîner une diminution de la réserve en oxygène ou de la dyspnée comme mécanisme compensatoire.

2.3. Instrumentation

Suite à l'implantation de l'AC, les patients sont connectés à plusieurs lignes artérielles ou veineuses, à des tubes, à des drains, à une sonde urinaire et à d'autres instruments (23). Il est sécuritaire de mobiliser les patients malgré l'instrumentation à condition de s'assurer que tous les instruments suivent lors de la mobilisation et que toutes les précautions et contre-indications ci-après sont respectées. Pour le Swan-Ganz, qui est fréquemment utilisé avec l'Impella (10) et suite à la chirurgie d'implantation d'une AV ou du CAT (9, 23), plusieurs complications sévères sont susceptibles de survenir lors de la mobilisation par :

le déplacement de ce cathéter à l'intérieur de l'artère pulmonaire, la blessure de l'artère pulmonaire ou le délogement du cathéter pouvant entraîner des arythmies sérieuses (24). La présence du Swan-Ganz est donc fréquemment une contre-indication à la mobilisation. Cependant, un article de Winkelman de 2011 (24) rapporte une série d'études expérimentales démontrant indirectement l'absence de complications liées au Swan-Ganz durant la position assise, la position debout, la marche et l'exercice sur ergocycle. D'ailleurs, une étude rétrospective de Fields et al. (2015) (25) a obtenu un résultat similaire. Sur une période de 29 mois, 366 patients ont participé à la mobilité au lit, aux transferts, à la marche et aux escaliers sans complication liée au Swan-Ganz. De nouvelles données dans la littérature seront nécessaires afin de confirmer la sécurité de la mobilisation chez les patients monitorés par le Swan-Ganz.

2.4. Gestion de l'appareillage

L'organisation de l'environnement est très importante considérant que les canules et les fils sont souvent courts et pourraient gêner le mouvement (9). Il est recommandé que deux membres du personnel soignant (physiothérapeute, préposé aux bénéficiaires ou infirmier) assistent le patient dans les premières périodes d'ambulation afin d'assurer la stabilité du patient et de transporter l'équipement requis (23). L'équipement essentiel à apporter lors de la marche comprend la ceinture de marche, la chaise roulante, la batterie portative, une batterie portative de rechange complètement rechargée et un appareil de contrôle de l'AC de surplus (23). La ceinture de marche sert à prévenir les chutes qui pourraient avoir des conséquences graves pour les patients ayant une AC, notamment l'hémorragie massive et la déconnection des câbles et canules (5). La chaise roulante est surtout utile lors de fatigue du patient pour lui permettre un repos ou un retour sécuritaire à sa chambre (23). Les batteries portatives permettent l'ambulation à l'extérieur de la chambre du patient. La batterie portative de rechange et l'appareil de contrôle supplémentaire de l'AC sont des mesures préventives à la dysfonction des dispositifs.

Il existe quelques spécificités selon les types d'AC. Les patients sous ECMO nécessitent un dispositif de stabilisation assurant la protection des canules et du câble durant la mobilisation. L'ECMO doit être transportée sur un chariot à proximité du patient lors des déplacements (26). Pour l'AV, il faut s'assurer auprès du chirurgien que les canules ont bien été stabilisées avant de mobiliser le patient (9). Le patient porteur du HeartMate II, une AC de long terme, doit s'assurer que ses batteries sont chargées, puis, il doit mettre

sa veste, y insérer les batteries et, finalement, attacher le contrôleur à sa ceinture (27). Dans ce cas, le patient doit être autonome pour gérer l'appareillage lui-même étant donné qu'il retournera à domicile avec le dispositif.

Une ceinture a été spécifiquement conçue pour le CentriMag pour éviter que les câbles ne se déplacent sous l'effet de la gravité lors des changements de positions et de la marche. Elle doit être installée avant les déplacements du patient (28).

Pour les patients ayant un CAT, lors des traitements hors de la chambre, il faut s'assurer que les batteries de la console sont chargées, mais aussi que les réservoirs d'air sont pleins (4). L'aide d'un autre membre de l'équipe médicale peut être nécessaire pour pousser la console du patient avec un CAT (4, 29).

Le BIA comporte plus de particularités. L'utilisation des artères sous-clavière, axillaire et iliaque commune comporte bien des avantages par rapport à la voie fémorale. Le cathéter inséré par voie fémorale étant une contre-indication à la flexion de hanche supérieure à 90° (22), les patients l'ayant sont souvent confinés à l'alitement (23). Des détails à ce sujet seront présentés à la section AC À COURT TERME INSÉRÉE PAR VOIE PERCUTANÉE. Lors de la marche en cas d'implantation sous-clavière, la partie externe du BIA est fixé au thorax avec deux sutures au site d'insertion. Le cathéter doit bouger librement (1), mais il est sécurisé par un cadre en plastique appelé *Chicago Bracket*, particulièrement important lors de la mobilisation. Le câble d'alimentation est fixé sur la paroi abdominale à sa partie médiane (19). Lorsque la console est en mode *ECG trigger mode*, le BIA se dégonfle automatiquement lorsqu'une onde R est détectée. Cependant, à l'exercice, la quantité d'artéfacts risque d'augmenter et pourrait diminuer la capacité du BIA à détecter les ondes R. Par conséquent, le BIA pourrait se gonfler et se dégonfler aux mauvais moments. En plaçant les électrodes sur le corps loin des membres et des grands groupes musculaires, on peut diminuer ce risque (1).

2.5. Précautions et contre-indications relatives à l'appareillage

De façon à prévenir la déhiscence sternale dans les cas de sternotomie (AV et CAT), il est recommandé au patient d'éviter d'utiliser ses membres supérieurs pour soulever des charges supérieures à 10 lbs, pour une durée variant de 7 à 12 semaines (23). Les

transferts doivent être adaptés de façon à privilégier l'utilisation des membres inférieurs (23).

En présence d'une AV, les manœuvres de réanimation cardio-respiratoire (RCR) et de Hemlich sont contre-indiquées. Elles risqueraient de déconnecter les câbles ou de créer une hémorragie massive. Cependant, il est possible de procéder à la défibrillation et à la cardioversion chez ces patients en plaçant l'électrode de gauche plus au niveau axillaire qu'à l'habitude. Cela permet d'éviter les interférences avec la pompe ou le défibrillateur-cardiovertteur implanté (DCI) fréquemment présent chez cette clientèle. Dans le cas d'une obstruction des voies respiratoires supérieures, il est plutôt recommandé de tapoter le dos pour un patient porteur d'AV. Si le patient doit être transporté dans un centre hospitalier, même en cas d'arrêt cardiorespiratoire ou d'instabilité hémodynamique, ce doit être à l'Institut de Cardiologie de Montréal ou au Centre Universitaire de Santé McGill, pour la région de Montréal (30).

2.6. Facteurs pronostiques au rétablissement

L'âge avancé des patients serait un facteur prédictif du décès selon la durée d'utilisation de l'AVG (31). De plus, les patients frêles ou fragiles auraient une morbidité plus élevée et une durée plus longue de ventilation assistée post-chirurgie d'implantation d'AVG. La fragilité est déterminée par la présence de trois critères sur cinq parmi les suivants : perte de poids non-intentionnelle, plainte d'éxténuation, faible force de préhension, vitesse de marche lente et faible niveau d'activité physique (32). La dépendance à la ventilation mécanique est aussi un facteur de morbidité et d'une durée d'hospitalisation plus longue (33).

Par ailleurs, une étude de Christon et al. (2015) (34) a exploré les conséquences de la personnalité sur l'intensité de la douleur et l'interférence de la douleur avec la fonction chez les candidats à l'AVG. Il s'agit d'un facteur non-négligeable selon eux parce que la douleur peut augmenter l'activité sympathique et endommager le système cardiovasculaire. Leurs résultats démontrent qu'une perception de contrôle sur la douleur diminue la perception de l'intensité de la douleur et fait en sorte que la douleur interfère moins avec la fonction. Cela démontre l'importance d'identifier les facteurs psychosociaux ayant un impact sur la récupération du patient afin de lui donner des outils de gestion de la douleur.

Enfin, le temps écoulé entre l'implantation de l'AC et la première ambulation du patient serait un facteur prédictif pour la durée de séjour à l'hôpital et le retour à domicile ; la durée de séjour étant plus longue et le retour à domicile étant moins probable avec un temps écoulé plus élevé. (23)

3. Évaluation

Suite à l'implantation, il est recommandé d'évaluer les quatre systèmes suivants : cardiovasculaire, respiratoire, tégumentaire et neuromusculaire (9). En plus de déterminer les habiletés fonctionnelles des patients, cette évaluation nous permet de cerner les complications présentes. Selon Perme et al. (2006), les éléments devant faire partie de l'évaluation en physiothérapie sont : la revue détaillée de l'histoire médicale actuelle et antérieure, le niveau d'autonomie antérieur, l'état de conscience, l'observation générale et de l'intégrité de la peau, les signes vitaux, la médication, les paramètres du ventilateur et les besoins en oxygène, la force, la mobilité articulaire, la sensibilité, la coordination, l'équilibre, l'endurance et le bilan fonctionnel (35), mais les bilans respiratoire et neurologique sont également à effectuer. Seuls les éléments de l'évaluation ayant des spécificités liées aux AC seront présentés dans cette section.

3.1. Évaluation du système cardiovasculaire

Avant de mobiliser un patient avec une AC, le physiothérapeute doit évaluer la tension artérielle (TA), la fréquence cardiaque (FC), le débit (Q) cardiaque et l'utilisation de vasopresseurs (23). Ce qui est particulier avec l'évaluation des signes vitaux chez ces patients est associé à l'absence ou la faiblesse du pouls avec les AV non-pulsatiles. Dans les premiers temps, les signes vitaux sont mesurés à l'aide de l'ECG, les lignes artérielles, la saturation en oxygène (SatO₂), alors que le Swan-Ganz monitore l'hémodynamie centrale. Ces mesures sont présentées sur le moniteur au chevet du patient.

Les mesures prises par le Swan-Ganz comprennent la pression veineuse centrale (PVC), la pression centrale de l'artère pulmonaire, le Q cardiaque et la pression artérielle pulmonaire (PAP) (36). Ce sont des éléments clés à surveiller pour prévenir une hypoperfusion du CAT (36). En présence des AVG incluant l'Impella, il y a un risque d'IVD

qui pourrait s'exprimer par des pressions pulmonaires élevées, une PVC élevée et une diminution du rendement de l'Impella ou de l'AVG (37).

Suite au retrait de la ligne artérielle, la TA est généralement mesurée à l'aide d'un Doppler (38). Actuellement, il n'est pas clairement établi si le Doppler évalue la tension artérielle moyenne (TAM) ou la tension artérielle systolique (TAS) (38). Une étude de Lanier et al. (2011) a comparé le Doppler et l'Elemo ES-H55 de la compagnie Terumo, afin de vérifier la validité de ce dernier pour l'évaluation des TAM et TAS. Il s'agit d'un sphygmomanomètre oscillatoire à brassard pneumatique double mesurant la TA et détectant le pouls. La corrélation entre l'Elemo ES-H55 et le Doppler pour les TAM est de 0.88 et de 0.75 pour la TAS (39). Une étude de Masood et al. (2014) a comparé les TAS et TAM obtenues avec le Doppler, l'Elemo ES-H55 et la ligne artérielle (40). Les différences de pressions obtenues avec l'Elemo ES-H55 et la ligne artérielle étaient de 4.6 ± 0.6 mmHg pour la TAS et de 4.2 ± 0.6 mmHg pour la TAM (38). Le Doppler a sous-estimé la TAS par rapport à la ligne artérielle de 4 mmHg et a surestimé la TAM de 9 mmHg (38). Les résultats suggèrent donc que le Doppler serait un meilleur indicateur de la TAS (38). La valeur ajoutée de l'Elemo ES-H55 est la détection de la présence de pulsatilité chez 80% des patients chez lesquels aucun pouls n'était palpable (40). Enfin, une méthode de mesure de la TA combinant un brassard gonflé manuellement et un Doppler à l'artère brachiale est dépendante d'une pression différentielle entre la précharge et la postcharge (5). La mesure de la TA est donc dépendante de plusieurs éléments : le Q résiduel fourni par le cœur natif, la vitesse de la pompe, le volume sanguin et le tonus vasculaire (5). En conclusion, il est recommandé d'utiliser le Doppler dans les cas où l'Elemo ES-H55 n'est pas disponible (40). L'Elemo ES-H55 pourrait potentiellement être utilisé par les patients à domicile (39).

Le tableau suivant indique les valeurs optimales des paramètres physiologiques retrouvés chez les patients portant une AVG.

Paramètres	Valeurs
TAM	70-90 mmHg (65-85 mmHg pour Jarvik 2000 et l'Impella 5.0)
Index cardiaque	2.6-4.2
FC	Variable selon l'AC
PVC moyenne	12-16 (jusqu'à 20 en défaillance du VD)
PAP moyenne	< 50/25
Fraction d'oxygène inspiré	< 0.6
SatO₂ veineuse	< 60%
Fréquence respiratoire	< 30
SatO₂	> 88% (sauf si patient connu pour pathologie pulmonaire)
Niveau de conscience	Suit les instructions et aucun déficit neuromusculaire focal
PTT	40-45 secondes
INR	Heartmate II : 1.8-2.3 AVG sauf Heartmate II : 2.0-3.0

Tiré de : Wells et al. (2013) (9).

3.1.1. PARTICULARITÉS AVEC LES AC INSÉRÉES PAR VOIE PERCUTANÉE

Le BIA et l'Impella sont insérés par voie percutanée, ce qui augmente le risque d'ischémie au membre dont l'artère est en partie obstruée (37, 41). Palper les pouls périphériques, faire un test de remplissage des capillaires et calculer l'index tibio-brachial permet de s'assurer de détecter toute ischémie pouvant survenir au membre (42). L'inspection du site d'insertion doit aussi être faite pour dépister les infections et les saignements anormaux qui sont des complications fréquentes.

L'AC constitue un corps étranger à l'intérieur du corps, ce qui crée un risque de thrombose. En particulier pour les AC insérées par voie percutanée, les physiothérapeutes doivent être vigilants et alertes face aux signes et symptômes d'une thrombose artérielle tels que la douleur, la pâleur du membre, les paresthésies, l'absence de pulsation, la paralysie et la faiblesse musculaire (43).

3.2. Évaluation de la fonction respiratoire

3.2.1. AUSCULTATION CARDIAQUE

Le physiothérapeute peut évaluer le son d'une AV. Chaque type d'AV possède un son distinct lorsqu'elle fonctionne adéquatement. Le bruit se décrit habituellement comme un

vrombissement oscillatoire régulier. Un changement de ce son peut indiquer une complication. Par exemple, un son irrégulier de cognement correspond à une aspiration ventriculaire, alors qu'un grincement indique plutôt une thrombose. (9)

3.2.2. AUSCULTATION PULMONAIRE (44)

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'entraîner de l'atélectasie chez le porteur d'AC. Lors de la chirurgie cardiaque, par exemple pour l'implantation d'une AV ou d'un CAT, l'anesthésie générale diminue la capacité résiduelle fonctionnelle. De plus, l'utilisation de l'ECMO, en contexte de chirurgie ou d'IC aiguë, fait en sorte de diminuer l'expansion du poumon. Cela entraîne une diminution de la quantité de surfactant. La stabilité alvéolaire est alors réduite, ce qui entraîne l'atélectasie adhésive. Chez les patients ventilés mécaniquement, la forte concentration d'oxygène (> 60%) soutenue risque d'entraîner une atélectasie d'absorption. Également, l'atélectasie peut être causée par l'alitement prolongé par diminution du volume pulmonaire et de la capacité résiduelle fonctionnelle. La ventilation peut, par ailleurs, être inhibée par la douleur. Enfin, à cause de leur emplacement, l'AV et le CAT peuvent comprimer le parenchyme pulmonaire et entraîner une atélectasie de relaxation.

L'auscultation pulmonaire permet de détecter la présence d'atélectasie et de la localiser dans l'objectif de la prévenir et de la traiter. En effet, elle mène à une diminution du rapport ventilation-perfusion, qui cause une diminution de l'oxygénation, et une diminution de la compliance pulmonaire, qui implique une augmentation du travail respiratoire. À l'auscultation pulmonaire, une diminution ou une absence de murmure vésiculaire, un souffle tubaire et des crépitations fins à la fin de l'inspiration sont des signes d'atélectasie.

3.2.3. RADIOGRAPHIE PULMONAIRE (44)

À la radiographie pulmonaire, les cathéters, les tubes, les fils et les autres instruments sont visibles. Les complications respiratoires telles que la pneumonie, l'embolie pulmonaire et l'épanchement pleural donnent également des signes visibles à la radiographie. Comme mentionné à la section AUSCULTATION PULMONAIRE (44), l'atélectasie est la complication respiratoire la plus fréquente chez cette clientèle et elle peut être détectée sur la radiographie pulmonaire : augmentation de la densité pulmonaire, diminution du volume pulmonaire, élévation de la coupole diaphragmatique ipsilatérale, augmentation de la trame vasculaire, côtes plus rapprochées dans la région

atteinte, déviation ipsilatérale de la trachée et changement de la position des hiles. Un bronchogramme aérien peut aussi être visible dans le cas d'une atélectasie adhésive.

3.2.4. FORCES DES MUSCLES INSPIRATOIRES

Comme abordé dans la section IV, chez les insuffisants cardiaques chroniques sévères, il y a des modifications des fibres musculaires. Elles tendent à passer du type I (lentes oxydatives) au type II (rapides glycolytiques). Il y a une diminution du volume des mitochondries et de l'activité des enzymes oxydatives. De plus, les muscles squelettiques et respiratoires peuvent perdre de la force et de l'endurance chez ces patients conséquemment à l'hypoperfusion (45). L'ensemble de ces modifications suffit à expliquer la fatigue rapide du diaphragme retrouvée chez cette clientèle (46). La littérature suggère que l'entraînement des muscles inspiratoires contribuent à améliorer la capacité à l'exercice et à diminuer la dyspnée dans cette population (46).

D'une part, les patients recevant une AC à long terme étant des insuffisants cardiaques sévères, ils sont susceptibles de présenter ces déficiences. D'autre part, le diaphragme subit une détérioration rapide de sa fonction durant la ventilation mécanique et il arrive que l'AVG affecte ses mouvements du côté gauche en raison de son emplacement, ce qui exacerbe la dyspnée (45). L'évaluation de la force et de l'endurance des muscles inspiratoires est donc essentielle chez cette clientèle.

L'étude de Laoutaris et al. (2006) a évalué la force des muscles inspiratoires en mesurant la pression inspiratoire maximale (PI_{max}) statique à partir du volume résiduel, exprimée en cmH_2O . L'endurance des muscles inspiratoires a plutôt été évaluée en demandant au patient de maintenir la PI_{max} statique durant une période de temps à partir du volume résiduel jusqu'à la capacité pulmonaire totale. Elle s'exprime en $cmH_2O/s/10^3$. (46)

3.3. Évaluation du système tégumentaire

3.3.1. AC À COURT TERME

Lors de l'implantation d'une AC à court terme, le patient est fréquemment confiné à son lit en raison de la stabilité hémodynamique précaire. Le risque de plaie de pression est alors élevé. La pression exercée par le matelas est supérieure à la pression capillaire, ce qui obstrue le flot sanguin, causant une ischémie et une hypoxie tissulaire. Les

proéminences osseuses et les zones de mise en charge sont particulièrement à risque. En présence de plaie de pression, l'outil *National Pressure Ulcer Advisory Panel* (NPUAP) peut être utilisé pour objectiver le stade de la plaie (42).

3.3.2. AC À LONG TERME

Le CAT et la plupart des AV à long terme nécessitent une sternotomie pour être implantés. En conséquence, il y a un risque de médiastinite et de déhiscence sternale (23). L'inspection de la plaie chirurgicale doit donc être faite pour dépister les infections et les saignements anormaux.

3.4. Bilan fonctionnel

La distance maximale de marche parcourue à chaque jour a été utilisée chez des patients dont le BIA a été placé par voie sous-clavière et axillaire (47). Il s'agit d'un moyen couramment utilisé cliniquement pour évaluer la progression de la fonction des patients et qui pourrait être applicable chez les porteurs d'AC.

4. Traitement

Chez les insuffisants cardiaques chroniques, la déficience cardiaque limite grandement les activités et entraîne progressivement un déconditionnement important (48). La fatigue de ces patients joue un rôle dans le déconditionnement. Elle est associée à la pauvre circulation sanguine dans les muscles squelettiques, les changements anatomique et structurel des fibres musculaires et l'activation de mécanismes neuro-hormonaux (49).

Les objectifs principaux en physiothérapie aux soins intensifs sont l'amélioration de la ventilation, l'élimination des sécrétions pulmonaires excessives au besoin, la prévention des complications liées à l'alitement ou à la chirurgie et l'amélioration des habiletés fonctionnelles et des capacités cardio-respiratoires (31, 50). Avec les AC à long terme, l'augmentation graduelle de l'intensité d'activité vise la préparation au retour à domicile et, s'il y a lieu, à l'épreuve d'effort faite environ un mois suite à la chirurgie d'implantation (51). Par ailleurs, les objectifs spécifiques aux patients nécessitant la ventilation mécanique suite à l'implantation d'une AV sont de minimiser la perte de mobilité, maximiser l'autonomie et faciliter le sevrage du ventilateur (35). La réadaptation doit être axée sur la récupération fonctionnelle (9).

La durée du séjour aux soins intensifs est d'environ sept jours alors que la durée totale du séjour à l'hôpital est de quatre semaines en moyenne (51). La physiothérapie peut débuter dès le premier jour suivant l'implantation de l'AV même si des complications chirurgicales ont eu lieu selon la sévérité de celles-ci (9), que le patient soit ventilé mécaniquement ou non (52). La physiothérapie axera sur le dégagement des voies respiratoires, le positionnement, la verticalisation, les soins de la peau et le maintien de la mobilité articulaire (9). La fréquence des traitements est habituellement de cinq à sept fois par semaine jusqu'à ce que le patient soit capable de marcher de façon autonome dans le couloir ou sous la supervision de la famille ou de l'équipe soignante (9). Les traitements durent de 15 minutes à une heure selon la tolérance du patient, à une fréquence d'une fois par jour (35). La phase de récupération complète dure environ 6 mois. (53)

4.1. Traitement respiratoire

4.1.1. OBJECTIFS ET MODALITÉS RECOMMANDÉES EN FONCTION DE L'AC

Chez les patients assistés par l'ECMO, l'objectif est de prévenir l'encombrement bronchique et d'éliminer les sécrétions au besoin pour éviter l'atélectasie et améliorer la ventilation. Les physiothérapeutes peuvent utiliser le positionnement, la facilitation de la respiration apicale, costale et diaphragmatique, la thérapie par pression positive à l'expiration et l'élimination des sécrétions par des techniques manuelles avec ou sans vibration (52).

Chez les patients ayant une AV ou un CAT, il est également recommandé d'inclure le dégagement des voies aériennes au traitement (9, 50) par des exercices respiratoires (9, 50), des techniques de drainage bronchique (50), la toux (23, 50), la spirométrie incitative (23, 50) et les respirations profondes (23). Lors de la toux, un oreiller ou un *Heart Hugger* peut être utilisé pour protéger le sternum en le stabilisant (23). Ces patients bénéficient aussi de l'enseignement de stratégies ventilatoires (9), telles que la respiration à lèvres pincées et la respiration diaphragmatique (31), et de la correction du patron respiratoire (9). De plus, il est recommandé de procéder à l'entraînement des muscles inspiratoires (9).

4.1.2. ENTRAÎNEMENT DES MUSCLES INSPIRATOIRES

Comme mentionné précédemment, les déficiences de la fonction respiratoire sont très probables dans cette population. L'entraînement des muscles inspiratoires est donc primordial pour cette clientèle. Une étude de cas faite par Laoutaris et al. (2006) a démontré que l'entraînement des muscles inspiratoires chez un patient ayant reçu une AVG est sécuritaire et qu'il améliore la capacité à l'exercice et la qualité de vie (46). Dans cette étude, la PI_{max} maintenue était mesurée à chaque séance à l'aide d'un manomètre électronique. Un programme informatique calculait alors 60% de la PI_{max} et donnait une rétroaction visuelle durant l'entraînement. Le patient progressait dans l'entraînement en réduisant l'intervalle de temps entre les efforts inspiratoires. Le patient s'exerçait trois fois par semaine durant 10 semaines (46).

Considérant que le patient avait déjà l'AVG depuis quelques semaines dans l'étude, l'amélioration de la capacité fonctionnelle et la diminution de la dyspnée obtenues seraient probablement dues à l'augmentation du retour veineux et du Q du VD qui, en conséquence, augmenteraient la fréquence et le Q de l'AVG. À cela s'ajoute l'augmentation du seuil d'accumulation de l'acide lactique et la meilleure redistribution sanguine aux membres qui contribueraient à améliorer la performance des patients portant une AVG (45). L'incorporation précoce de l'entraînement des muscles inspiratoires permettra aux porteurs d'une AC à long terme de profiter plus rapidement des effets positifs qu'il procure.

4.2. Positionnement, mobilisations et reconditionnement

Les mobilisations et le positionnement contribuent à réduire les complications liées à l'alitement telles que les pneumonies (52), les plaies de pression (9) et la thrombose veineuse profonde. La mobilisation contribue également à améliorer les capacités cardiaque (23) et respiratoire ainsi que l'hygiène du sommeil (26). Peu importe l'AC, la mobilisation peut être débutée dès le premier jour suivant l'implantation (9, 27), et ce même si le patient est ventilé mécaniquement ou s'il reçoit des vasopresseurs pour assurer la stabilité hémodynamique (23). À l'opposé, les patients alités de façon prolongée sont à risque plus élevé de myopathie des soins intensifs, de délirium et de dépendance généralisée (26). Chez les patients moins mobiles, on peut recommander l'usage de surfaces préventives ou thérapeutiques pour diminuer le risque de plaie de décubitus

(9). Les critères d'inclusion et d'exclusion à la mobilisation progressive sont présentés à l'ANNEXE V-A.

4.2.1. AC À COURT TERME INSÉRÉE PAR VOIE PERCUTANÉE

Cliniquement, deux aspects limitent la progression de la verticalisation et de la mobilité fonctionnelle avec ce type d'AC. D'abord, les patients ayant recours à une AC à court terme ont habituellement une stabilité hémodynamique précaire. Ensuite, ces AC sont fréquemment insérées par voie fémorale pour laquelle il y a une contre-indication de flexion de la hanche ipsilatérale à plus de 90°. De récentes études ont par contre démontré la faisabilité et la sécurité des positions assises en bord de lit et debout ainsi que des transferts et de la marche en présence d'un cathéter fémoral malgré cette contre-indication (54, 55). Ainsi, la présence seule d'un cathéter fémoral ne doit pas limiter la rééducation des transferts et de la marche. Avec l'équipe médicale, il faut s'assurer que les risques ne dépassent pas les bénéfices de la mobilisation avant de décider de mobiliser le patient. Celui-ci peut s'asseoir au bord du lit ou au fauteuil dès son réveil s'il demeure hémodynamiquement stable (1), marcher dès le premier jour suivant l'implantation et faire du tapis roulant (1). D'ailleurs, la mobilisation précoce, incluant la marche, améliore le sevrage de l'AC et optimise la condition pour l'implantation d'une AC permanente (10).

Lorsque les patients sont confinés au lit, ils doivent être retournés à toutes les deux heures. Des oreillers ou des coussins en coin sont utilisés lors du décubitus latéral pour diminuer la pression à la région sacro-coccygienne. De plus, des oreillers doivent être placés sous chaque jambe dans le sens de la longueur de façon à surélever les pieds et prévenir les plaies aux talons. La position du Trendelenburg inversé est utilisée puisqu'elle permet au patient d'avoir la tête élevée sans compromettre le positionnement de l'AC lorsqu'elle est insérée par voie fémorale. Quelle que soit la voie percutanée utilisée, des exercices de mobilité articulaire passifs et actifs sont possibles aux membres par lesquels l'AC n'a pas été insérée. (23)

Les patients sous ECMO peuvent aussi participer à la physiothérapie qu'ils soient sous sédation et ventilation mécanique ou non. Bien entendu, il faut s'assurer d'une communication et d'une collaboration suffisante avec le patient pour que le tout soit sécuritaire. En plus d'effectuer un traitement respiratoire, chez les patients ventilés, le

positionnement adéquat est d'autant plus important puisqu'ils ne seront pas mobilisés hors du lit en raison de la sédation importante. Il est recommandé de maintenir la tête de lit à 30° pour prévenir la pneumonie d'aspiration (44). Les patients non-ventilés, eux, peuvent participer à la mobilisation précoce parce qu'ils ne sont pas sédationnés. La mobilisation précoce joue un rôle important dans le transport de l'oxygène en améliorant le volume alvéolaire, la ventilation alvéolaire, la perfusion et la diffusion et en réduisant la résistance des voies aériennes (52).

4.2.2. AV

Les interventions en physiothérapie avec ces patients sont le positionnement, les exercices de renforcement musculaire et respiratoires, la mobilité au lit, les transferts et la marche. Parfois, avec les AVG, le thorax n'est pas refermé directement après la chirurgie (23). Il faut s'assurer auprès du chirurgien que le sternum est refermé assez solidement pour assurer la stabilité médiastinale avant de mobiliser le patient (9). Des exercices préparatoires à la marche comme les transferts de poids, la marche sur place et les pas latéraux peuvent être faits (35). Des exercices d'équilibre doivent également être pratiqués (56). En effet, comme les pertes d'équilibre peuvent avoir des conséquences fatales chez cette clientèle par déconnection du câble (5), les exercices d'équilibre peuvent contribuer à diminuer ce risque.

Lors des transferts du patient, il faut s'assurer de ne pas accrocher ni créer de torsion dans le câble (27). De plus, une obstruction du flot sanguin peut survenir lors du transfert de la position couchée à assise, lors d'une posture assise altérée en flexion excessive du tronc avec une bascule postérieure du bassin et lors du transfert de la position assise à debout pour les AV ayant une pompe externe (9). Une biomécanique appropriée durant les transferts, la force et l'endurance musculaires sont des éléments clés dans le plan de traitement en physiothérapie pour contrer cette problématique (9).

La verticalisation rapide, ayant souvent lieu lors des transferts, est associée à une redistribution sanguine aux membres inférieurs causant une chute de la PVC et une diminution des volumes de remplissage ventriculaires et d'éjection. Une étude de Lim et al. (2015) a donc étudié le lien entre la diminution du retour veineux et le phénomène d'aspiration ventriculaire lors du transfert des patients de la position couchée à semi-assise à l'aide d'un modèle expérimental avec pompe à Q continu. Leurs résultats

démontrent que le transfert de la position couchée à assise avec un dossier à 60° d'élévation abaisse le Q de la pompe de 10% sans l'occurrence d'effet d'aspiration. Le Q cardiaque moyen, le Q moyen de la pompe et le Q à la valve aortique ont diminué lors de ce transfert en raison de la diminution du retour veineux. Malgré que la tension auriculaire gauche moyenne ait diminué, la TAM a augmenté légèrement grâce au baroréflexe. L'hypotension a diminué l'émission du sinus carotidien, diminuant la stimulation vagale au myocarde et augmentant le tonus sympathique. La pression obtenue était dans les limites de la normale et aucun phénomène d'aspiration ventriculaire n'a eu lieu dans leur étude. (57)

Le CentriMag est particulier en ce qui concerne la mobilisation. Malgré que certaines études aient démontré que les patients sous le support du CentriMag peuvent marcher de façon sécuritaire, comme l'étude de Bindoff et al. (2009) (28), il est recommandé que ces patients demeurent alités en raison des risques élevés de déplacement de la canule (58). Ils peuvent toutefois faire des exercices de mobilité articulaire passifs et actifs au lit et d'autres exercices légers, et ce avec beaucoup de précaution envers les canules (58).

Un article de Wells et al. (2013) (9) propose des lignes directrices concernant la progression des interventions pour les patients ayant une AV. Ces lignes directrices sont présentées à l'ANNEXE -B.

4.2.3. CAT

La mobilisation peut être débutée aussitôt que le patient est hémodynamiquement stable (50). Les trois premières semaines de traitement en physiothérapie comprennent des exercices de mobilité articulaire actifs, actif-assistés et passifs et la progression de la mobilité au lit dont les étapes sont la position assise au lit, la position assise au bord du lit, la station debout, les exercices pré-ambulatoires et la marche (50). L'absence de critère d'intolérance, présentés à la section *MONITORING ET CRITÈRES D'ARRÊT À L'EXERCICE*, permet cette progression de l'intensité (50). Les exercices en positions assise et debout améliorent la tolérance à la verticalisation et à la marche. Un programme d'exercices légers à faire au lit en position assise ou semi-assise est recommandé (4, 50).

Lors du transfert du décubitus dorsal à la position assise, il faut enseigner aux patients ayant un CAT à éviter la flexion active et la rotation du tronc pour limiter l'impact sur le

câble, ainsi qu'à utiliser adéquatement les membres supérieurs pour réduire les risques de déhiscence sternale (50).

4.3. Monitoring et critères d'arrêt à l'exercice

Avec les AV à Q continu, la TAM, la pression auriculaire gauche, la FC, le Q cardiaque moyen, le Q moyen de la pompe et le Q à la valve aortique augmentent spontanément à l'exercice par l'augmentation de la précharge. Cette augmentation est davantage due à la contribution du cœur de l'individu plutôt qu'à la pompe. En effet, la production de métabolites locaux crée une vasodilatation, et le réflexe autonome cause une veinoconstriction. Cette veinoconstriction augmente le retour veineux, ce qui contribue à augmenter la FC et la contractilité ventriculaire. Avec les pompes non-pulsatiles, on ne peut pas monitorer la FC ni la TA de la manière traditionnelle comme expliqué dans la section ÉVALUATION DU SYSTÈME CARDIOVASCULAIRE. Les physiothérapeutes utilisent habituellement le Doppler pour mesurer la TA, mais ils doivent aussi enseigner au patient à bien utiliser l'échelle de Borg pour objectiver la perception de la difficulté de l'effort (9). Les paramètres vitaux à vérifier durant l'exercice peuvent inclure la TA, la FC, le rythme cardiaque à l'ECG, la SatO₂ et l'auscultation pulmonaire, selon le type d'AC (31). Il est aussi primordial d'évaluer la perception de la dyspnée avec l'échelle de Borg modifiée à cet effet (31).

4.3.1. SIGNES ET SYMPTÔMES

Pour l'ensemble des AC, la fatigue, les étourdissements et les vertiges (50) ainsi que la présence de diaphorèse et de pâleur du patient constituent des critères d'arrêt de l'exercice (23). L'intensité de la douleur ischémique au membre inférieur ne doit pas dépasser 2/4 (59). De plus, l'exercice doit prendre fin à la demande du patient (60).

Pour les AV, les palpitations font aussi partie des critères d'arrêt (59). Tout comme en présence d'AV ou de BIA, la douleur à la poitrine est un symptôme qui requiert l'arrêt de l'exercice. Par contre, dans le cas du CAT, seule une douleur thoracique sévère ($\geq 7/10$ sur l'échelle visuelle analogue) est un critère d'arrêt (50).

4.3.2. PERCEPTION DE LA DIFFICULTÉ DE L'EFFORT

On peut procéder à l'exercice en monitorant la perception de la difficulté de l'effort en plus des symptômes et des signes vitaux (27). L'échelle de Borg permet d'évaluer approximativement l'intensité de l'exercice par rapport à la FC du patient (31). Il est alors généralement conseillé de demeurer à une intensité sous le seuil de l'entraînement, c'est-à-dire à une intensité perçue inférieure à 3 sur l'échelle de Borg modifiée (44).

4.3.3. DYSPNÉE

Une dyspnée sévère ou inhabituelle en présence du BIA (1), voir une respiration paradoxale avec le CAT (50) est un motif qui justifie l'arrêt de l'exercice. Afin d'assurer un exercice sécuritaire, la dyspnée ne doit pas dépasser 5/10 sur l'échelle visuelle analogue avec les AVG (59).

4.3.4. FRÉQUENCE CARDIAQUE

Peu importe l'AC, la tachycardie est un signe d'intolérance (23). Avec le BIA et le CAT si la FC n'est pas fixe, une augmentation ou une diminution supérieure à 20 battements par minute (BPM) de la FC est un critère d'arrêt (1, 50). Pour le BIA, on rapporte la diminution de plus de 10 BPM par rapport à la FC de repos comme critère d'arrêt (1).

4.3.5. TENSION ARTÉRIELLE

L'alitement prolongé a d'autres effets néfastes : l'augmentation de la diurèse et de la natriurèse (23). Celles-ci diminuent le volume sanguin, ce qui diminue le remplissage cardiaque et mène à la tachycardie et à l'hypotension posturale. Combinées à la détérioration du baroréflexe carotidien, il y a une augmentation du risque d'hypotension orthostatique (23). C'est pourquoi il est recommandé de mesurer la TA des patients au premier lever (1).

De façon globale, une chute de la TAM est une réponse anormale à l'exercice (23), mais certaines particularités existent par rapport au critère d'arrêt en lien avec la TA selon l'AC.

4.3.5.1. Particularités avec le BIA

Chez les patients ayant un BIA, il faut mettre fin à l'exercice en cas de chute de la TA symptomatique ou si la TA systolique chute de plus de 20 mmHg même en l'absence de symptômes. (1)

4.3.5.2. Particularités avec les AV

Avec les AV, la TAM devrait se situer entre 70 et 90 mmHg ; sinon, il vaut mieux consulter l'équipe médicale. Une hypertension rend le travail de la pompe plus difficile, alors que l'hypotension risque de créer une aspiration ventriculaire. C'est pourquoi il est primordial de monitorer la TA à l'exercice. Si une aspiration ventriculaire est suspectée, le physiothérapeute doit immédiatement placer le patient en décubitus dorsal avec les membres inférieurs élevés pour augmenter le retour veineux et contacter l'équipe médicale. (9)

4.3.5.3. Particularités avec le CAT

Avec le CAT, une augmentation ou une diminution de la TA systolique ou diastolique de plus de 20 mmHg est un critère d'intolérance (50).

4.3.6. ÉLECTROCARDIOGRAMME

L'élévation du segment ST supérieure à 1 mm et l'augmentation des arythmies ventriculaires (59) sont des critères d'arrêt à l'exercice (23). Cependant, avec le CAT, l'ECG n'est pas utilisé pour le monitoring (4). En effet, comme il n'y a plus de cœur, il n'y a aucune activité électrique.

4.3.6.1. Particularités avec le BIA

Pour le BIA, toute arythmie constitue un critère d'arrêt (1) puisque le fonctionnement du ballon est fréquemment basé sur l'ECG. Lorsque ce sont les données de l'ECG qui sont utilisées plutôt que la courbe de pression artérielle (voir PARTICULARITÉS AVEC LE BIA de la section PARAMÈTRES DE L'APPAREIL), l'onde R est généralement choisie comme déclencheur du dégonflement du BIA. Le BIA se gonfle à la diastole, ce qui correspond au milieu de l'onde T. Un ECG de mauvaise qualité, une interférence électrique et une arythmie cardiaque pourraient causer une mauvaise synchronisation du BIA avec les battements cardiaques. (61)

4.3.7. SATURATION EN OXYGÈNE

La SatO₂ devrait toujours être supérieure à 88-90% (9, 23, 50).

4.3.8. AUSCULTATION PULMONAIRE

En présence d'une assistance ventriculaire droite (AVD), en plus de monitorer la dyspnée et la SatO₂, l'auscultation pulmonaire est recommandée. En effet, avec ce type d'appareil, il est possible que le ventricule gauche (VG) ne fournisse pas à la demande du VD qui sera plus efficace pour éjecter le sang. Cela peut entraîner une surcharge en amont créant une surcharge vasculaire pulmonaire. Des râles inspiratoires seront audibles s'il y a un œdème interstitiel. (9)

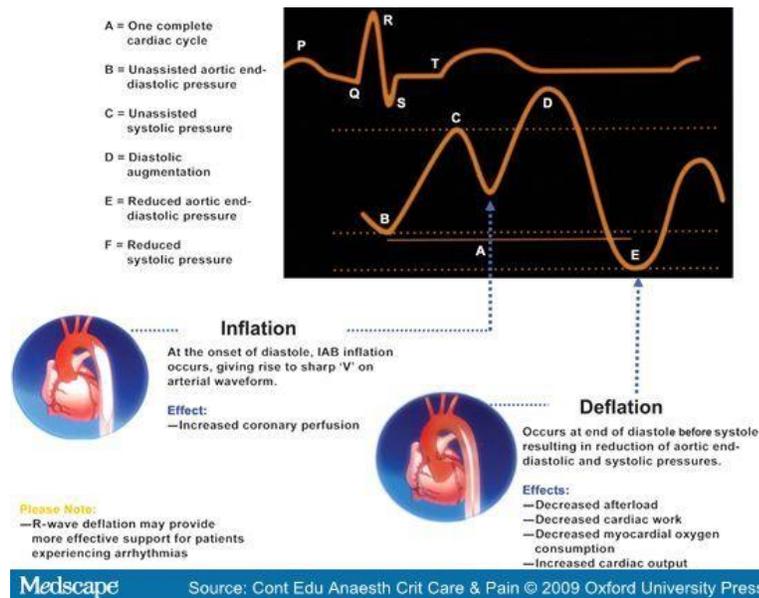
4.3.9. PARAMÈTRES DE L'APPAREIL

Que ce soit avec l'AVG, l'AVD ou le CAT, une chute de Q de l'appareil est anormale et nécessite de mettre fin à l'exercice (9, 23, 50). Également, une diminution de la puissance ou de la vitesse de l'appareil et le déclenchement d'une alarme sont des critères de fin d'exercice (23).

4.3.9.1. Particularités avec le BIA

Le fonctionnement du BIA peut être corrélé à l'ECG (voir la section ÉLECTROCARDIOGRAMME) ou à la courbe de pression artérielle pour déclencher le gonflement et le dégonflement du BIA. Lorsque que le BIA est synchronisé avec les données de la courbe de pression artérielle, la pression mesurée par le cathéter du BIA forme un tracé. Le BIA se gonfle à la fermeture de la valve aortique, ce qui correspond à l'incisure catacrote (*dicrotic notch*) sur le tracé (voir A). Il se dégonfle à l'ouverture de la valve aortique (voir E), ce qui correspond au point avant l'élévation de la courbe sur le tracé. (61)

La figure suivante illustre un tracé normal obtenu avec un BIA supportant un battement cardiaque sur deux en corrélation avec l'ECG.



Tirée de : Principles of Intra-Aortic Balloon Pump Counterpulsation de Krishna et al. (2009) (62).

La pression diastolique des battements assistés par le BIA devrait toujours être la pression la plus élevée. Cela assure que les artères coronaires reçoivent un Q sanguin maximal. En contrepartie, la pression systolique des battements assistés par le BIA devrait être la pression la plus basse étant donné que le BIA réduit la post-charge. Si ce n'est pas le cas, cela devrait être rapporté à l'équipe médicale. (63)

4.3.9.2. Particularités avec le HeartMate II

Avec le HeartMate II, il est aussi recommandé de monitorer l'index de pulsatilité, qui est une moyenne du Q sanguin sur un intervalle de 15 secondes. Il représente à la fois le remplissage du VG et le pouls natif du cœur. L'index de pulsatilité varie normalement entre 4 et 8 (4). Un index de pulsatilité plus élevé indique un plus grand volume de remplissage et une présence plus forte du pouls natif du cœur, c'est-à-dire que la pompe apporte un support moins important au cœur. Au contraire, un index de pulsatilité faible indique que la pompe fournit un plus grand support au cœur étant donné que les volumes de remplissage et le pouls natif cardiaque sont plus faibles. Une augmentation significative de cet index pourrait indiquer la présence d'un thrombus dans l'appareil, alors que sa

chute pourrait être interprétée comme une diminution de la fonction du cœur natif ou du volume sanguin. Ces deux alternatives devraient être portées à l'attention de l'équipe médicale. (4)

4.3.9.3. Particularités avec le CAT

Uniquement avec le CAT, les volumes de remplissage droit et gauche doivent être monitorés (4, 23). Avec ce type d'AC, ce sont les volumes de remplissage qui dictent le Q sanguin résultant (4). La PVC est le reflet de la pression de remplissage du VD, alors que la pression centrale de l'artère pulmonaire reflète le remplissage du VG (36).

4.4. Éducation

Lorsque le patient est rencontré avant l'implantation d'une AC, on doit lui expliquer le rôle de l'AC et les complications potentielles. C'est le cas des patients candidats à l'implantation d'une AC à long terme telle que le CAT et l'AV comme mentionné dans la section *ÉDUCATION ET RECOMMANDATIONS* de la section IV, mais cela peut aussi être indiqué avec les AC à court terme. Il est également pertinent d'expliquer au patient à quoi s'attendre durant l'implantation de l'AC (1), en particulier lorsque celle-ci est percutanée et que le patient est conscient durant la procédure. De plus, le patient doit être informé de ce qui l'attend après l'implantation, ainsi que des bénéfices de l'ambulation et de ses limites, par exemple avec un cathéter fémoral (1).

Que le patient soit rencontré avant l'implantation ou non, en contexte d'insuffisance aiguë par exemple, le patient doit être éduqué par rapport au rôle de la physiothérapie et de la mobilisation précoce dès que possible. Sa famille aussi doit être éduquée à ce sujet pour s'assurer qu'elle encourage le patient et qu'elle devienne un partenaire actif dans la réadaptation. (23)

Un des objectifs de la physiothérapie en soins aigus est la réduction du risque de complications. Pour réduire le risque d'infection, le patient doit porter une attention particulière à l'hygiène des mains (9). Les mouvements des câbles peuvent abîmer la peau au pourtour et entraîner une inflammation locale et une infection. C'est pourquoi pour l'AVG, on recommande au patient d'éviter des mouvements d'amplitude exagérée qui peuvent entraîner la rotation ou le mouvement du câble qui ne mesure que 80 cm (5).

Dans le même ordre d'idées, pour le CAT, on recommande au patient d'éviter de perturber les câbles entre autres en portant la ceinture abdominale abordée précédemment, d'éviter de se coucher ou de tourner sur le côté où passe le câble et d'éviter le décubitus ventral (4).

Tel que mentionné à la section POSITIONNEMENT, MOBILISATIONS ET RECONDITIONNEMENT, les transferts assis à debout, être assis avec une mauvaise posture et se lever debout sont des mouvements qui risquent de créer une obstruction au Q chez les patients avec AV. Le physiothérapeute devra donc enseigner au patient comment sécuriser les câbles avant de bouger et comment modifier certaines tâches fonctionnelles telles que rouler ou faire un transfert assis à debout en toute sécurité (9).

Bien entendu, des informations spécifiques à l'AC utilisée doivent être données pour les patients utilisant une AC à long terme. L'éducation doit inclure la protection de la ligne de transmission percutanée, la procédure pour changer la source de courant de l'AC et comment adresser les alarmes (9, 56). Des informations plus détaillées par rapport aux alarmes sont disponibles dans la section ***ERROR! REFERENCE SOURCE NOT FOUND.*** de la section VI. Chaque patient et sa famille devront suivre un entraînement spécifique à l'AC et avoir un niveau de compétence satisfaisant avant le congé de l'hôpital (17).

Enfin, le patient devra apprendre à évaluer sa perception de la difficulté de l'effort, à reconnaître les signes et symptômes d'intolérance à l'effort, à mesurer sa fréquence cardiaque si le pouls est préservé et à intégrer les principes d'autorégulation et la conservation d'énergie dans son quotidien (56).

5. Perspectives de recherche

L'approche physiothérapique en soins aigus avec les porteurs d'AC est basée sur les principes déjà appliqués auprès de la clientèle cardiaque. Des recherches futures sont requises afin d'optimiser les interventions données par les physiothérapeutes à ce stade. Par ailleurs, la mobilisation en présence d'AC à court terme insérées par voie fémorale crée de la controverse. De récentes études démontrent la faisabilité et la sécurité de la mobilisation des patients malgré la présence d'un cathéter fémoral (54, 55). De nouvelles études sont nécessaires afin de déterminer si les patients porteurs d'AC à court terme

insérée via l'artère fémorale pourraient bénéficier de la rééducation aux transferts et à la marche considérant leur stabilité hémodynamique précaire.

6. Synthèse

La littérature supporte la sécurité de l'intervention précoce en physiothérapie tout comme son efficacité pour améliorer la force musculaire, la mobilité fonctionnelle et la qualité de vie de la clientèle en soins aigus (64) et post-chirurgie cardiaque (65). Les données recueillies dans cette partie du travail d'intégration démontrent que l'intervention précoce en physiothérapie en soins aigus est également sécuritaire auprès des porteurs d'AC hémodynamiquement stables en autant que les contre-indications et la tolérance du patient soient respectées. La physiothérapie en soins aigus permet d'améliorer la mobilité fonctionnelle, de diminuer la dyspnée, de réduire les complications respiratoires et liées à l'alitement et d'augmenter les capacités cardiaque et respiratoire. L'éducation en physiothérapie joue un rôle primordial quant à la réduction des complications.

Critères d'inclusion et d'exclusion à la mobilisation progressive.

Promotion of Progressive Mobility Activities	
Clinical Inclusion Criteria*	
RASS-1 to +1; patient is awake; follows directions	≤ 2 vasoactive agents or ↓ titration
CAM-ICU negative; safety assessment performed	HR >60 <120
PaO ₂ :FiO ₂ ≥200	MAP >55 <120
Peep ≤ 7 cm H ₂ O	SBP >90 <180
O ₂ sat >90%	RR 10-30
Clinical Exclusion Criteria*	
Unstable spinal cord injury	Acute HD/CVVH
Ventriculostomy / lumbar device while draining	Open chest/abdomen
Increased ICP	Comfort Care
Femoral IABP	Prolonged hemodynamic instability
Femoral dialysis lines & femoral arterial sheaths	> 2 vasoactives agents / titration
Traction	Active bleeding
Acute dysrhythmia	Acute volume resuscitation

Figure 1. Progressive mobility (PM) guideline inclusion/exclusion criteria. *Utilize clinical judgment. These criteria are not absolute. Discuss PM goals daily with provider/intensive care unit intensivists.

Tirée de : Chavez et al. (2015) (26).

† RASS : Richmond Agitation and Sedation Scale

† CAM-ICU : Confusion Assessment Method in the intensive care unit

† PaO₂:FiO₂ : rapport de la pression partielle d'oxygène artérielle sur la fraction inspirée d'oxygène

† Peep : pression fin expiratoire positive

† O₂ sat : saturation en oxygène

† HR : fréquence cardiaque

† MAP : pression artérielle moyenne

† SBP : pression artérielle systolique

† RR : fréquence respiratoire

† HD/CVVH : hémodialyse ou hémofiltration veino-veineuse continue

† ICP : pression intra-crânienne

† IABP : ballon intra-aortique

Annexe V-B

Lignes directrices pour la progression des interventions en physiothérapie chez les patients supportés par un AV.

Table 3.
Guidelines in the Rehabilitation Progression for Ventricular Assist Device (VAD) Recipients^a

Variable	Bed Dependent	Chair Dependent	Ambulatory	Community
Definition	<ol style="list-style-type: none"> 1. General strength in primary functional muscle groups <3/5 2. > moderate assistance in bed mobility 3. > moderate assistance for sitting balance 4. ≤2 MET-level tolerance 5. Activity tolerance <20 min 	<ol style="list-style-type: none"> 1. General strength in primary functional muscle groups 3/5 to ~4/5 2. Contact guard to moderate assistance for bed mobility 3. Close supervision to moderate assistance for sitting balance 4. > minimal assistance with sit-to-stand transfers 5. > minimal assistance with standing balance 6. 2-3 MET-level tolerance 7. Activity tolerance 20-30 min 	<ol style="list-style-type: none"> 1. General strength in primary functional muscle groups >~4/5 2. Close supervision to minimal assistance with bed mobility 3. < Close supervision to contact guard assistance with sitting balance 4. ≤ minimal assistance with sit-to-stand transfers 5. ≤ minimal assistance with standing balance 6. ≤ minimal assistance with ambulation 7. Gait speed <0.6 m/s 8. 3-4 MET-level tolerance 9. Activity tolerance 30-40 min 	<ol style="list-style-type: none"> 1. General strength in primary functional muscle groups >4/5 2. Independent with all basic functional mobility 3. Sitting and standing balance > good 4. Gait speed >0.6 m/s 5. >4 MET-level tolerance 6. Activity tolerance >30 min of moderate intensity
Education	<ol style="list-style-type: none"> 1. Role of physical therapist 2. ROM/stretching 3. Positioning 4. Discharge 5. Recommendations on other consultation services 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Discharge recommendations 2. VAD education 3. Exercise/functional training program 	<ol style="list-style-type: none"> 1. VAD education 2. Exercise principles 3. Home exercise program 4. Self-monitoring 	<ol style="list-style-type: none"> 1. VAD education 2. Community re-entry 3. Home exercise program 4. Self-monitoring
Functional training	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bed mobility 2. Sitting balance training 3. Sitting tolerance 4. Pretransfer training (sit-to-stand and lateral transfers, sit pivot) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bed mobility 2. Advanced sitting balance 3. Sit-to-stand or lateral transfers 4. Standing balance 5. Pregaft training 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sit-to-stand transfers 2. Advanced standing balance 3. Gait training, including stair negotiation 	<ol style="list-style-type: none"> 1. High level of balance 2. High level of gait training activity 3. Work-specific activities
Muscle strength: low repetitions, high resistance, 2-3 sets, short recovery time	<ol style="list-style-type: none"> 1. Closed kinetic exercises: leg press; terminal knee extension; hip abduction and extension; dorsiflexors; scapular depression; latissimus dorsi, triceps, trunk, and extremity PNF; hand putty 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modified sit-to-stand transfers, modified step-ups, reverse SLR, continue with closed kinetic exercises for previous level, add shoulder flexion and abduction 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continue with closed kinetic chain exercises and advance previous level 2. Add squats, step-ups, deltoid and biceps exercises 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continue and advance previous exercise 2. Work and recreation specific exercises
Muscle endurance: 30-90 s of high-intensity interval training, 3-5 intervals, active recovery	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rhythmic stabilization in side-lying position 2. Leg press 3. Reverse SLR 4. Shoulder extension and triceps 5. Restorator for UE and LE 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Restorator for UE and LE 2. Wheelchair mobility 3. Rhythmic stabilization in sitting 4. Modified sit-to-stand transfers 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bike 2. UBE 3. Squats and step-ups 4. Modified military press-ups and triceps 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continue and advance previous level 2. Add work- and recreational-related activities
ROM/Joint integrity	<ol style="list-style-type: none"> 1. General ROM of extremities, trunk, scapular, pelvis, dorsiflexion and hamstring muscle extensibility, manage any joint contracture 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trunk, spine, scapular, pelvis mobility 2. Continue with extensibility exercises 3. Joint mobilization management 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continue and advance previous level 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continue and advance previous section
Aerobic, continuous work for ≥6 min	<ol style="list-style-type: none"> 1. Restorator for UE and LE 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Restorator for UE and LE 2. Wheelchair mobility 	<ol style="list-style-type: none"> 1. UBE 2. Bike 3. Ambulation 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continue and advance previous section 2. Add work and related activities
Pulmonary	<ol style="list-style-type: none"> 1. Airway clearance 2. Breath control exercises 3. Ventilatory strategies 4. Breathing pattern 5. Inspiratory muscle training 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continue and advance previous section 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continue and advance previous section 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continue and advance previous section

^aModified from Thompson et al,²² Frownfelter and Massery,⁴⁶ and Voss et al.⁴⁷ MET=metabolic equivalent (1 MET=3.5 mL O₂·kg⁻¹·min⁻¹), SLR=straight leg raise, PNF=proprioceptive neuromuscular facilitation, UE=upper extremity, LE=lower extremity, UBE=upper body ergometer, ROM=range of motion.

Tiré de : Wells et al. (2013) (9).

Références

1. Garrett K, Grady KL. Intraaortic balloon pumping through the common iliac artery: management of the ambulatory intraaortic balloon pump patient. *Prog Cardiovasc Nurs*. 2000;15(1):14-20.
2. Oxygem. Les traitements médicaux de l'insuffisance cardiaque. *PasseportSanténet*. 1998-2017.
3. Ghotra A, Hussain Z, Spayd S, Cheng A, Lenneman A, Slaughter M, et al. Explantation of left ventricular assist devices after myocardial recovery: A single center study. *Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2015;1):S41.
4. Nicholson C, Paz JC. Total artificial heart and physical therapy management. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2010;21(2):13-21.
5. Compostella L, Russo N, Setzu T, Bottio T, Compostella C, Tarzia V, et al. A practical review for cardiac rehabilitation professionals of continuous-flow left ventricular assist devices: historical and current perspectives. *J Mol Signal*. 2015;35(5):301-11.
6. Martinez G, Vuylsteke A. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in adults. *Revalidation for anesthetists*. 2016.
7. Warren S, Giridharan GA, Dowling RD, Spence PA, Tompkins L, Gratz E, et al. Feasibility of Subcutaneous ECG Leads for Synchronized Timing of a Counterpulsation Device. *Cardiovascular Engineering and Technology*. 2012;3(1):17-25.
8. Laing C. LEFT VENTRICULAR ASSIST DEVICES for end-stage heart failure. *Nurse Practitioner*. 2014;39(2):42-7.
9. Wells CL. Physical therapist management of patients with ventricular assist devices: key considerations for the acute care physical therapist. *Phys Ther*. 2013;93(2):266-78.
10. Schibilsky D, Lausberg H, Haller C, Lenglinger M, Woernle B, Haeberle H, et al. Impella 5.0 Support in INTERMACS II Cardiogenic Shock Patients Using Right and Left Axillary Artery Access. *Artif Organs*. 2015;39(8):660-3.
11. Doersch KM, Tong CW, Gongora E, Konda S, Sareyyupoglu B. Temporary left ventricular assist device through an axillary access is a promising approach to improve outcomes in refractory cardiogenic shock patients. *Asaio J*. 2015;61(3):253-8.
12. Bansal A, Bhama JK, Patel R, Desai S, Mandras SA, Patel H, et al. Using the Minimally Invasive Impella 5.0 via the Right Subclavian Artery Cutdown for Acute on Chronic Decompensated Heart Failure as a Bridge to Decision. *Ochsner J*. 2016;16(3):210-6.
13. La fondation canadienne du rein. Signes précurseurs.
14. Oxygem. Les symptômes de l'insuffisance rénale chronique et aigüe. *Passeport santé*. 2017.
15. Laskine M, Durand M. Médicaments antiplaquettaires et anticoagulants. *PHL 2900 - Éléments de pharmacologie*. 2016.
16. Slaughter MS, Silver MA, Farrar DJ, Tatoes AJ, Pappas PS. A new method of monitoring recovery and weaning the Thoratec left ventricular assist device. *Ann Thorac Surg*. 2001;71(1):215-8.
17. Mountis MM, Starling RC. Management of left ventricular assist devices after surgery: bridge, destination, and recovery. *Curr Opin Cardiol*. 2009;24(3):252-6.
18. Huh JW. Update on the extracorporeal life support. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*. 2015;78(3):149-55.
19. Tanaka A, Tuladhar SM, Onsager D, Asfaw Z, Ota T, Juricek C, et al. The Subclavian Intraaortic Balloon Pump: A Compelling Bridge Device for Advanced Heart Failure. *Ann Thorac Surg*. 2015;100(6):2151-7; discussion 7-8.
20. ELSO. General Guidelines for all ECLS Cases. 2013:1-24.

21. Sepsis alliance. Symptoms. 2017.
22. Brosseau R. Physiothérapie des affections cardiovasculaires. 2015-2016;Tome 2:10.
23. Freeman R, Maley K. Mobilization of intensive care cardiac surgery patients on mechanical circulatory support. *Crit Care Nurs Q.* 2013;36(1):73-88.
24. Winkelman C. Ambulating With Pulmonary Artery or Femoral Catheters in Place. *Critical Care Nurse.* 2011.
25. Christina Fields AT, Natalia Fernandez, Beth A. Smith. Mobility and Ambulation for Patients with Pulmonary Artery Catheters: A Retrospective Descriptive Study. *Journal of Acute Care Physical Therapy.* 2015;6(2):64-70.
26. Chavez J. Promotion of Progressive Mobility Activities With Ventricular Assist and Extracorporeal Membrane Oxygenation Devices in a Cardiothoracic Intensive Care Unit. *Dimensions of Critical Care Nursing.* 2015;34(6):348-55.
27. Humphrey R, Buck L, Cahalin L, Morrone T. Physical therapy assessment and intervention for patients with left ventricular assist devices. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal (American Physical Therapy Association, Cardiopulmonary Section).* 1998;9(2):3-7.
28. Bindoff C, Dean R, Bashford A, Hards R, Dreyfus G, Khaghani A, et al. Mobilization and physiotherapy of patients with a levitronix centrimag short-term mechanical circulatory support device. *Journal of Heart and Lung Transplantation.* 2009;1):S280-S1.
29. Kohli HS, Canada J, Arena R, Tang DG, Peberdy MA, Harton S, et al. Erratum:Exercise blood pressure response during assisted circulatory support: Comparison of the total artificial heart with a left ventricular assist device during rehabilitation (*Journal of Heart and Lung Transplantation* (2011) 30:11 (1207-13)). *Journal of Heart and Lung Transplantation.* 2012;31(1):113.
30. Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie. Dispositif d'assistance ventriculaire gauche. 2012.
31. Park WH, Seo YG, Sung JD. Exercise therapy for an older patient with left ventricular assist device. *Ann.* 2014;38(3):396-400.
32. Manghelli J, Vader J, Keeney T, Martinez S, Patel J, Novak E, et al. Frailty is associated with increased time on ventilator in patients undergoing left ventricular assist device implantation: A prospective study. *Journal of Heart and Lung Transplantation.* 2014;1):S36.
33. Evora LAMDdSBSBACMFAJRPRB. Pre-and postoperative care in cardiothoracic surgery: a physiotherapeutic approach. *Brazilian Journal of Cardiac Surgery.* 2008.
34. Christon LM, Balliet W, Madan A, Borckardt JJ, Heyward DP, Hale A, et al. Perceptions of pain, pain interference, and personality in congestive heart failure patients awaiting left ventricular assist device implantation: Preliminary findings. *Psychosomatic Medicine.* 2015;77 (3):A89.
35. Perme CS, Southard RE, Joyce DL, Noon GP, Loebe M. Early mobilization of LVAD recipients who require prolonged mechanical ventilation. *Tex Heart Inst J.* 2006;33(2):130-3.
36. Bastien O, Guyonnet C, Planel C. [Management of patients with the Thoratec type cardiac assistance]. *Soins.* 2006(705 Suppl):S3-6.
37. Abiomed. Impella Ventricular Support Systems for Use During Cardiogenic Shock : Instructions for use and clinical reference manual. 2016.
38. Markham DW, Drazner MH. Measuring Nonpulsatile Blood Pressure. *Circ.* 2013(6):879-80.
39. Lanier G, Orlanes K, Demmer RT, Hayashi Y, Murphy J, Flannery M, et al. Reliability of a novel slow cuff-deflation system for non-invasive blood pressure monitor

- in out-patients with continuous-flow left ventricular assist devices. *J Card Fail.* 2011;1):S39-S40.
40. Masood MF, Knott K, Haft JW, Hasan R, Romano M, Aaronson K, et al. Assessment of blood pressure measurements in patients with continuous flow left ventricular assist devices: Arterial line vs. Doppler opening pressure vs. Double-cuff oscillatory sphygmomanometer. *Journal of Heart and Lung Transplantation.* 2014;1):S216-S7.
 41. Davidson J, Baumgartner F, Omari B, Milliken J. INTRA-AORTIC BALLOON PUMP: INDICATIONS AND COMPLICATIONS. *JOURNAL OF THE NATIONAL MEDICAL ASSOCIATION.*90(3):137-9.
 42. Girouard I. Évaluation, prévention et traitement des plaies par modalités conservatrices et le traitement de courant de haut-voltage pulsé en physiothérapie. 2016-2017.
 43. STEIN B. Thrombose artérielle aigüe des membres inférieurs. 2005.
 44. Brosseau R. Physiothérapie des affections respiratoires. 2015-2016.
 45. Alsara O, Perez-Terzic C, Squires RW, Dandamudi S, Miranda WR, Park SJ, et al. Is exercise training safe and beneficial in patients receiving left ventricular assist device therapy? *J Mol Signal.* 2014;34(4):233-40.
 46. Laoutaris ID, Dritsas A, Brown MD, Manginas A, Kallistratos MS, Sfirakis P, et al. Inspiratory muscle training in a patient with left ventricular assist device. *HJC Hell.* 2006;47(4):238-41.
 47. Umakanthan R, Hoff SJ, Solenkova N, Wigger MA, Keebler ME, Lenneman A, et al. Benefits of ambulatory axillary intra-aortic balloon pump for circulatory support as bridge to heart transplant. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(5):1193-7.
 48. Loyaga-Rendon RY, Plaisance EP, Arena R, Shah K. Exercise physiology, testing, and training in patients supported by a left ventricular assist device. *J Heart Lung Transplant.* 2015;34(8):1005-16.
 49. Russo N, Compostella L, Setzu T, Covolo E, Tarzia V, Arpesella G, et al. Intensive, exercise based, cardiac rehabilitation in patients with jarvik 2000 ventricular assist device. *Eur J Prev Cardiol.* 2012;1):S126.
 50. Senduran M, Malkoc M, Oto O. Physical therapy in the intensive care unit in a patient with biventricular assist device. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal (American Physical Therapy Association, Cardiopulmonary Section).* 2011;22(3):31-4.
 51. Lamotte M, Deboeck G, Mkeidze E, Strapart J, Van Nooten G, Antoine M. Added value of physiotherapy in patient receiving left ventricular assistance devices. *Physiotherapy (United Kingdom).* 2015;101:eS816-eS7.
 52. Skendrovic A, Kraljevic A, Javor D. Physiotherapy in patients connected to support extracorporeal membrane oxygenation (ecmo). *Eur J Cardiovasc Nurs.* 2015;14(155):58.
 53. Hayward CS, Fresiello L, Meyns B. Exercise physiology in chronic mechanical circulatory support patients: vascular function and beyond. *Curr Opin Cardiol.* 2016;31(3):292-8.
 54. Perme C, Nalty T, Winkelman C, Nawa RK, Masud F. Safety and Efficacy of Mobility Interventions in Patients with Femoral Catheters in the ICU: A Prospective Observational Study. *Cardiopulm Phys Ther J.* 2013;24(2).
 55. Damluji A, Zanni JM, Manthey E, Colantuoni E, Kho ME, Needham DM. Safety and feasibility of femoral catheters during physical rehabilitation in the intensive care unit *Journal of critical care.* 2013;28(4).
 56. Shoemaker MJ, Caskell A, VandeBunte K, Sefton D, McLeod J, Karia DH, et al. Early Ambulation Predicts Length of Stay and Discharge Location Following Left

- Ventricular Assist Device Implantation. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal* (American Physical Therapy Association, Cardiopulmonary Section). 2014;25(3):75-84.
57. Lim E, Salamonsen RF, Mansouri M, Gaddum N, Mason DG, Timms DL, et al. Hemodynamic response to exercise and head-up tilt of patients implanted with a rotary blood pump: a computational modeling study. *Artif Organs*. 2015;39(2):E24-35.
 58. Levitronix. CentriMag® Ventricular Assist System (VAS): Patient & Device Management Guidelines 2009.
 59. Scheiderer R, Belden C, Schwab D, Haney C, Paz J. Exercise guidelines for inpatients following ventricular assist device placement: a systematic review of the literature. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2013;24(2):35-42.
 60. Ueno A, Tomizawa Y. Cardiac rehabilitation and artificial heart devices. *J Artif Organs*. 2009;12(2):90-7.
 61. Krishna M, Zacharowski K. Principles of intra-aortic balloon pump counterpulsation. *British Journal of Anaesthesia*. 2009;9(1):24-8.
 62. Krishna M, Zacharowski K. Principles of Intra-Aortic Balloon Pump Counterpulsation. *BJA Education*. 2009;9(1):24-8.
 63. Salisbury NHS Foundation Trust. Intra-aortic Balloon Pump - Patient Management.
 64. Adler J, Malone D. Early Mobilization in the Intensive Care Unit: A Systematic Review. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2012;23(1):5-13.
 65. Hanaa H, Ahmed YMI, Azza H, El Soussi, Mohamed M, El Said. The Effect Of Early Activity On Patients Outcome After Open Heart Surgery *Alexandria Journal of Anaesthesia and Intensive Care*. 2006;9(3).

**Réadaptation post-opératoire avec l'assistance circulatoire, par
Camille Pilon-Cadieux**

1. Objectifs

Cette section est une progression de la prise en charge des patients porteurs d'assistance circulatoire (AC) à long terme, notamment d'assistance ventriculaire gauche (AVG), d'assistance ventriculaire droite (AVD) ou d'un cœur artificiel total (CAT), qui a été abordée dans la partie précédente. Il y sera principalement question de la phase de réadaptation dans une zone d'entraînement, pour les patients encore hospitalisés ou des patients de retour à domicile avec des visites régulières en clinique externe. Cette phase peut parfois débuter après une épreuve d'effort lorsqu'elle est disponible ou tout simplement lorsque le patient est indépendant à la marche et candidat pour s'exercer dans une zone d'entraînement (1). Ce travail d'intégration permettra de guider les physiothérapeutes dans leur pratique clinique auprès de cette clientèle particulière et permettra de répondre aux objectifs suivants :

- A. Comprendre les réponses physiologiques au repos et à l'exercice chez les patients porteurs d'une assistance ventriculaire (AV) ou d'un CAT.
- B. Connaître les éléments à prendre en considération et savoir comment évaluer cette clientèle spécifique pour prescrire un programme d'entraînement en toute sécurité.
- C. Connaître les meilleurs traitements en phase de réadaptation chez les porteurs d'AV et savoir comment assurer un monitoring et une supervision adéquate.
- D. Connaître les meilleures recommandations à donner aux patients pour assurer une éducation complète en vue de leur retour à domicile.

2. Réponses physiologiques chez les patients porteurs d'une AV ou d'un CAT

Dans le cadre de ce travail, il sera question de la physiologie des AVG étant donné que les études portent généralement sur cette AV. La physiologie du CAT sera également abordée dans un deuxième temps.

2.1. AV

2.1.1. PHYSIOLOGIE AU REPOS

Les chercheurs se sont longtemps questionnés à savoir si le mode continu des AVG développées pouvait nuire à la récupération des différents systèmes. Plusieurs études ont comparé les effets des AVG pulsatiles avec celles en mode continu. Dans les sections

suivantes, il sera question des principaux résultats de recherche permettant de répondre à cette question.

2.1.1.1. Système respiratoire

Malgré l'absence de pulsation cardiaque en présence d'une AV à débit continu, la circulation au niveau pulmonaire semble adéquate selon Healy et al. (2016) (2). Bien que la circulation sanguine de ce type de pompe soit particulière, les échanges gazeux ne sont pas affectés et le risque de shunt intra-pulmonaire ($VA/Q < 1$), c'est-à-dire de faible ventilation alvéolaire (VA) en présence d'un débit (Q) adéquat, est faible (2). Finalement, le risque de complications pulmonaires, notamment de ventilation mécanique prolongée et d'insuffisance pulmonaire serait similaire peu importe le type d'AVG implanté (2).

2.1.1.2. Fonction endothéliale

L'absence de pulsatilité des AV en mode continu augmente la raideur des vaisseaux sanguins par une augmentation de leur épaisseur et une modification de leur composition en collagène et en élastine, ce qui entraîne une élévation persistante de la tension artérielle moyenne (TAM) (3). Néanmoins, les études n'auraient pas trouvé d'impacts majeurs à cette altération de la fonction endothéliale (3).

2.1.1.3. Système cardiovasculaire

Les AVG non-pulsatiles et pulsatiles ont des pressions de déchargement du ventricule gauche (VG) similaires au repos, mais les pompes pulsatiles permettraient l'éjection d'un plus grand volume de sang, ce qui a été observé par la mesure du débit sanguin et de la dimension du VG à la fin de la diastole (2). L'amélioration de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) serait donc supérieure pour les pompes pulsatiles comparativement aux pompes à débit continu (2). Selon Krabatsch et al. (2011) (4), une plus grande récupération myocardique serait d'ailleurs observée avec les pompes pulsatiles, ce qui augmente la probabilité de sevrage de l'AV pulsatile comparativement à l'AV à débit continu. Cela pourrait expliquer pourquoi l'AV paracorporelle « Thoratec », qui est pulsatile, est encore indiquée actuellement pour un support à court terme. Toutefois, les facteurs menant à cette récupération plus importante sont inconnus.

Les pompes à débit continu auraient cependant l'avantage considérable de diminuer le risque d'insuffisance ventriculaire droite (IVD) de 20% pour les patients porteurs du

HeartMate II (HMII) et donc, le risque de mortalité lié à cette complication (2). Certaines études concluent aussi qu'en présence d'une AVG à débit continu, il y aurait un maintien ou une amélioration de la fonction du ventricule droite (VD) par un meilleur déchargement du VG, une décompression du lit vasculaire pulmonaire, une diminution de la résistance vasculaire pulmonaire (RVP) et une diminution de la pression artérielle pulmonaire (PAP) (2, 5). Finalement, il a aussi été démontré que, peu importe le type de pompe utilisée, l'AVG permettait de diminuer l'hypertension pulmonaire présente à un niveau permettant aux patients avec insuffisance cardiaque (IC) de devenir éligibles à la transplantation cardiaque (2).

2.1.1.4. Système gastro-intestinal

Selon Healy et al. (2016) (2), le système gastro-intestinale (GI) serait le seul pour lequel les AV en mode continu se distingueraient significativement du mode pulsatile. En effet, il y aurait un taux plus élevé de saignements dus à l'angiodysplasie GI secondaire aux AV munies d'une pompe à débit continu, ce qui mènerait, dans 15 à 30% des cas (2), à une réadmission des patients suite à leur sortie de l'hôpital. Les causes de cette problématique ont été abordées dans la partie HÉMORRAGIE (31) de la section III du travail d'intégration. Finalement, il a été observé qu'en présence d'une pulsatilité résiduelle plus grande du cœur supporté par une AC, le risque d'hémorragie GI serait diminué (2).

2.1.1.5. Systèmes rénal et hépatique

Selon Healy et al. (2016) (2), il n'y aurait pas d'impact négatif d'un flux continu par rapport à un flux pulsatile en ce qui a trait à ces deux systèmes (2). En effet, dans les deux cas, on noterait une amélioration de la fonction rénale et ce, de façon similaire. Par contre, selon les données recueillies dans l'INTERMACS, le taux de dysfonction rénale à long terme serait réduit de moitié pour les AV en mode continu en comparaison aux AV pulsatiles (2).

Pour ce qui est du système hépatique, la perfusion du foie étant similaire dans les deux modes d'AV, le maintien ou l'amélioration de sa fonction est comparable. Quant aux dysfonctions à long terme, les données recueillies dans l'INTERMACS permettent de conclure en la présence d'une légère diminution en faveur des patients porteurs d'une AV à débit continu (2).

2.1.1.6. Système neurologique

Selon les conclusions de Healy et al. (2016) (2), le type d'AV n'a pas d'impact sur la perfusion cérébrale; c'est-à-dire que l'absence de pulsatilité n'est pas néfaste au niveau neurologique (2). À long terme, selon les données contenues dans l'INTERMACS, la fréquence des dysfonctions neurologiques serait plus basse chez les porteurs d'AV à débit continu (2). D'autres études concluent que, peu importe le type de débit fourni par la pompe, les taux d'accident vasculaire cérébral (AVC) sont similaires qu'ils soient de nature hémorragique ou ischémique (2). Au repos, chez les patients insuffisants cardiaques avec une AVG, il y aurait possiblement une amélioration de la fonction du système nerveux sympathique, une activité préservée des barorécepteurs ainsi qu'une baisse des taux de norépinephrine et de dopamine dans le plasma sanguin (6). Cela suggère une récupération progressive par la diminution de la stimulation excessive du système nerveux sympathique présente chez les patients en IC.

2.1.1.7. Synthèse

Selon la majorité de ces études, les AV à débit continu sont sécuritaires et appropriées pour les patients insuffisants cardiaques (2, 6). D'ailleurs, elles sont bien tolérées à long terme (2) et présentent plusieurs avantages comparativement aux pompes pulsatiles comme cela avait été expliqué dans la partie de l'inventaire des AC à la section FONCTIONNEMENT des assistances univentriculaires de l'inventaire des AC.

2.1.2. PHYSIOLOGIE À L'EXERCICE

Chez les patients porteurs d'une AVG pulsatile ou non pulsatile, le débit cardiaque (Q) total en circulation augmente avec l'exercice (6, 7), mais n'atteint pas un niveau optimal (3). En effet, les patients sont incapables d'atteindre des niveaux d'effort selon les prédictions en fonction de leur âge et de leur sexe (6). Les AV ne permettent donc pas une réversibilité complète des symptômes de l'IC (3). Cette prochaine section permettra de comprendre la physiologie de l'exercice des AVG à débit continu et les barrières qui persistent.

2.1.2.1. Système respiratoire

Suite à l'implantation d'une AV, il y aurait une amélioration graduelle de l'efficacité ventilatoire à l'effort (3) causée, entre autres, par les effets bénéfiques de la diminution de la congestion vasculaire pulmonaire (6). L'exercice avec une AV permettrait aussi une

amélioration de la fonction du système respiratoire par une augmentation de la force des muscles respiratoires (3, 6) secondaire à une augmentation de leur perfusion et à une meilleure utilisation des nutriments (5). Six mois après l'implantation de l'AVG, des études auraient observé une augmentation de la capacité vitale forcée (CVF), du volume expiratoire maximal seconde (VEMS), de la pression inspiratoire maximale et de la durée de l'exercice (6). Cependant, les AV ne normalisent pas les réponses respiratoires à l'effort à un niveau comparable aux sujets sains. Les déficiences qui persistent pourraient expliquer, avec d'autres facteurs, la limitation observée du Q total maximal (3).

2.1.2.2. Fonction endothéliale et hématologie

Dans leur recension des écrits, Loyaga-Rendon et al. (2015) (6) concluent à une amélioration de la fonction endothéliale (3) à l'exercice chez les porteurs d'AVG, comparativement aux sujets atteints d'IC. De plus, ils suggèrent une amélioration du Q dans les muscles impliqués lors de l'exercice (6), ce qui permet de réduire progressivement l'ischémie musculaire qui était présente dans les stades avancés d'IC. Cependant, étant donné que les pompes à débit continu sont plus traumatisantes pour les cellules sanguines (axial > centrifuge > pulsatile), l'hémolyse est augmentée, ce qui peut entraîner de l'anémie chez certains patients (1, 6). Cette complication est relativement fréquente et pourrait expliquer, en partie, la limitation de la consommation d'oxygène (VO_2) à l'exercice (1, 6) par un moins bon apport de sang oxygéné aux muscles et une diminution de l'extraction de O_2 . D'autres études sont nécessaires pour étudier l'impact de l'exercice sur la fonction endothéliale, mais selon Loyaga-Rendon et al. (2015) (6), il serait peu probable que ce soit un des facteurs contribuant significativement à la limitation de la capacité fonctionnelle des porteurs d'AVG.

2.1.2.3. Système cardiovasculaire

2.1.2.3.1. Déterminants du débit cardiaque total

Le Q total en circulation représente la combinaison du débit sanguin fourni par la pompe et du débit sanguin fourni par la fonction cardiaque résiduelle. En effet, plusieurs facteurs sont susceptibles d'influencer le Q total tels que le débit sanguin de la pompe, la fonction cardiaque résiduelle, la précharge et la postcharge. Le débit sanguin de la pompe est aussi influencé par la précharge et la postcharge, mais également par la différence de pression à travers la pompe ainsi que sa vitesse. Tous ces facteurs sont regroupés dans la figure 1 présentée plus bas. Contrairement aux conditions de repos où le Q total est

assuré uniquement par la pompe (6), à l'exercice maximal et sous-maximal, la contribution des autres facteurs est variable. L'AV peut alors fournir de 66 à 93% du Q total dépendamment de la fonction cardiaque résiduelle (8).

- **Précharge :**

Toutes les pompes univentriculaires sont dépendantes de la précharge. Le remplissage de la pompe doit être suffisant pour assurer un support adéquat du ventricule et éviter les complications, notamment l'aspiration ventriculaire (1). Selon une étude de Muthiah et al. (2014), à une vitesse fixe de l'AVG, le débit sanguin fourni par la pompe augmente lors des changements de position et lors de l'exercice puisque cela favorise une augmentation du retour veineux et donc de la précharge (7). Cependant, chez les patients insuffisants cardiaques chroniques, même en présence d'une AV, l'augmentation de la précharge est toujours accompagnée d'une pression de remplissage plus élevée que chez les patients sains (6).

- **Postcharge :**

Les pompes à débit continu sont aussi dépendantes de la postcharge (centrifuge > axial) contrairement aux pompes pulsatiles qui y sont complètement indépendantes (1, 6). Avec l'exercice, il y aurait une diminution de la postcharge en lien avec une diminution de la résistance vasculaire totale (RVT) comme c'est le cas chez les sujets sains (6). Cette diminution de la RVT s'expliquerait par la vasodilatation induite en périphérie lors de l'exercice. Cela constitue donc une amélioration comparativement aux patients insuffisants cardiaques sans AC. Néanmoins, il manque actuellement d'évidences dans la littérature pour le confirmer (5).

- **Différence de pression à travers la pompe :**

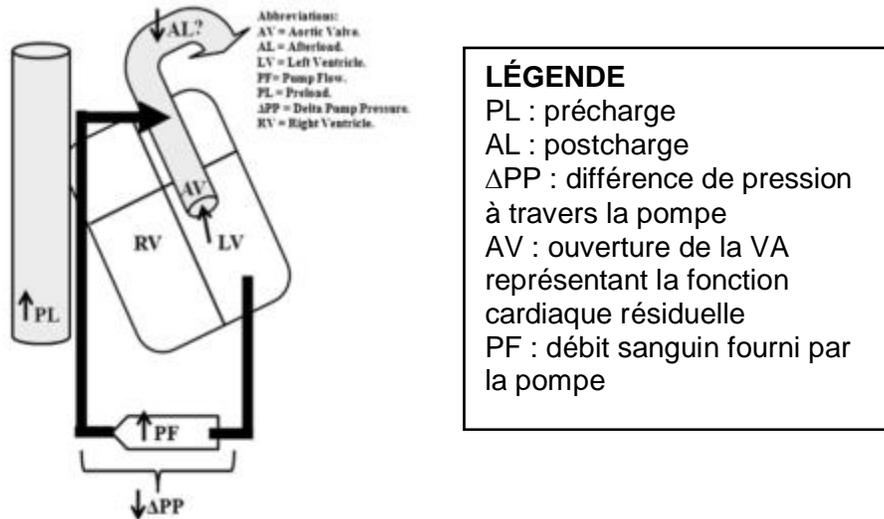
Lors d'un effort, il y a une diminution de la différence de pression entre le conduit d'entrée et le conduit de sortie de l'AV, ce qui est directement relié à l'augmentation de la précharge à l'exercice (5). Cela entraîne une augmentation du débit sanguin de la pompe.

- **Fonction cardiaque résiduelle :**

En présence d'une certaine fonction cardiaque résiduelle, il est possible d'observer, à l'exercice, une ouverture de la valve aortique (VA) éjectant une partie du sang contenu dans le VG (6). Cela se produit si la contraction résiduelle du VG produit une pression

dans le VG supérieure à la TA systémique (5). Cette contribution permet d'augmenter le Q total. Finalement, selon l'étude de Loyaga-Rendon et al. (2015) (6), l'augmentation de la contractilité myocardique serait dépendante de la fonction cardiaque résiduelle.

Figure 1 : Changements hémodynamiques de l'AVG à flux continu durant l'exercice



Tiré de : Jung MH, Gustafsson F. Exercise in heart failure patients supported with a left ventricular assist device. J Heart Lung Transplant. 2015;34(4):489-96.

- **Vitesse de la pompe :**

A) Normale :

Actuellement, la vitesse de la pompe doit être ajustée dans le but d'éliminer les signes et symptômes de l'IC comme cela a déjà été mentionné, mais aussi dans le but de rétablir la grosseur normale du ventricule insuffisant (5), d'optimiser le déchargement du ventricule (6), de permettre une ouverture intermittente de la VA (5) et de normaliser l'index cardiaque (1). Pour le HMII, une vitesse normale autour de 9000 rpm permet une augmentation du Q au repos et à l'effort (9). À ce jour, aucune AV approuvée ne permet d'ajuster automatiquement la vitesse de rotation de la pompe en fonction de l'exercice effectué et de l'augmentation de la précharge.

B) Diminuée :

Des études ont testé l'impact de la réduction de la vitesse dans le but de permettre une ouverture intermittente de la VA afin d'éviter la régurgitation aortique survenant lorsque

celle-ci est fermée pour une période prolongée (6). La régurgitation aortique cause une diminution du Q total (6). L'abaissement de la vitesse de la pompe vise donc à maintenir partiellement la fonction de la VA pour qu'elle continue d'être étanche malgré l'AVG. Bien que l'hypothèse de départ soit pertinente cliniquement, l'impact négatif sur le Q total est non négligeable. Selon plusieurs études répertoriées dans la revue de Hayward et al. (2016) (3), l'usage d'une vitesse réduite par rapport à la vitesse normale aurait un effet négatif sur le débit sanguin de la pompe et causerait une diminution significative du VO₂ max particulièrement lorsque les patients ont une FEVG < 40 % (5, 6, 10). Selon une étude à petite échelle (12 patients) de Jakovljevic et al. (2010), une diminution de performance est effectivement observée avec une vitesse de 6000 rpm pour le HMII, bien que les résultats ne soient pas significatifs (9).

C) Augmentée :

Avec un protocole d'augmentation progressive de la vitesse durant l'exercice, une augmentation du Q total et du VO₂ max est observée (6, 11). Cette augmentation du VO₂ max n'est cependant pas toujours reliée avec l'augmentation du Q total, ce qui suggère plutôt, dans certains cas, une augmentation de la différence artério-veineuse (6). Cependant, une vitesse excessive de la pompe pourrait mener à l'aspiration du VG par une diminution des pressions de remplissage (3, 7) ainsi qu'à la fibrose de la VA augmentant alors le risque de thrombus. Le défi consiste donc à trouver la vitesse maximale permettant d'optimiser les performances à l'exercice tout en évitant les événements indésirables (3).

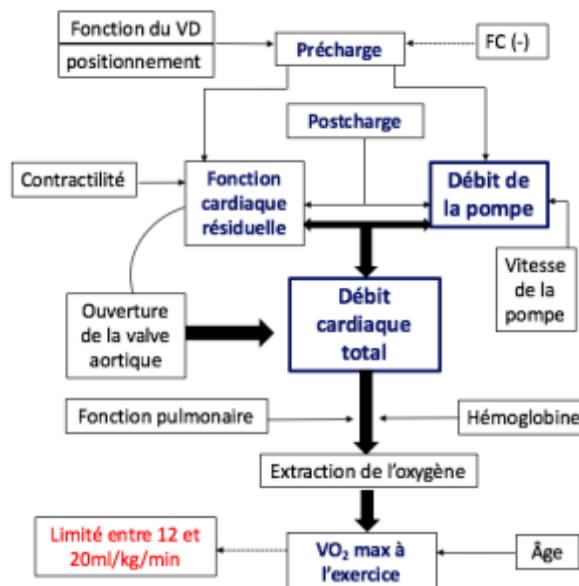
- **Facteurs n'ayant pas d'impact sur le débit sanguin :**

Suite à l'implantation d'une AVG, la fréquence cardiaque (FC) au repos serait similaire aux sujets sains (6). À l'exercice, la FC augmente, mais la réponse est modifiée en raison de la prise de bêta-bloquants et de la persistance de l'incompétence chronotrope secondaire à l'IC (5, 6). De plus, un défibrillateur cardiovertéur implanté (DCI) permet de contrôler la FC de décharge électrique chez les patients porteurs d'une AV. Cela permet de limiter le risque d'arythmies sérieuses. Selon Muthiah et al. (2014), la FC n'aurait pas d'impact sur le débit sanguin de la pompe et par conséquent, sur le Q total (7). La fonction du VD ne serait pas non plus un facteur limitant la capacité à l'exercice (6).

2.1.2.3.2. Déterminants du VO₂ max

Évidemment, étant donné que le VO₂ max dépend aussi du Q ($VO_2max = Q \times (a - v)_{O_2}$), tous les facteurs expliqués ci-haut peuvent également l'affecter. D'autres déterminants peuvent s'ajouter pour expliquer la modification de la consommation d'O₂, notamment l'âge. Dans l'article de Jung et al. (2015) (5), ils confirment que l'âge affecte négativement le VO₂ max des patients porteurs d'AVG, ce qui est normal étant donné que ce facteur affecte également le VO₂ max des patients sains. Les auteurs soutiennent que le VO₂ max diminuerait d'environ 2 ml/kg/min à chaque tranche de 10 ans chez les patients porteurs d'une AVG non-pulsatile (5). Finalement, le type de pompe n'aurait pas d'impact sur le VO₂ max atteint. En effet, le VO₂ max est similaire pour toutes les AVG (pulsatiles et continues) et se limite à environ 50% (entre 11 et 20 ml/kg/min (5)) de ce qui est prédit chez les patients sains selon les normes établies (6). La figure 2 ci-contre regroupe les différents facteurs expliquant la limitation du VO₂max à l'exercice.

Figure 2 : Facteurs affectant la capacité maximale à l'effort chez les patients porteurs d'une AVG



Adaptée de : Loyaga-Rendon RY, Plaisance EP, Arena R, Shah K. Exercise physiology, testing, and training in patients supported by a left ventricular assist device. J Heart Lung Transplant. 2015;34(8):1005-16.

2.1.2.4. Synthèse

Selon la revue de Hayward et al. (2016) (3), les patients porteurs d'une AVG progresseraient surtout dans les premiers trois à six mois après l'implantation (6).

Cependant, après ce délai, les évidences de progression du VO_2 max se font rares, contrairement aux patients transplantés cardiaques qui continuent d'améliorer leur capacité fonctionnelle (6). Certains auteurs parlent même de l'atteinte d'un plateau dans la phase de récupération. En effet, malgré un support hémodynamique adéquat, les patients semblent incapables de retrouver des capacité aérobie normales et un Q total suffisant post-implantation, pour les raisons possibles expliquées ci-haut (6). Les améliorations observées se situent plutôt au niveau de l'endurance sous-maximale, ce qui améliore tout de même la qualité de vie des patients. L'atteinte du plateau dans la récupération pourrait aussi s'expliquer par la tendance à l'inactivité des patients avec une AVG (6), ce qui suggère l'importance de développer des protocoles plus standardisés pour la réadaptation de cette clientèle.

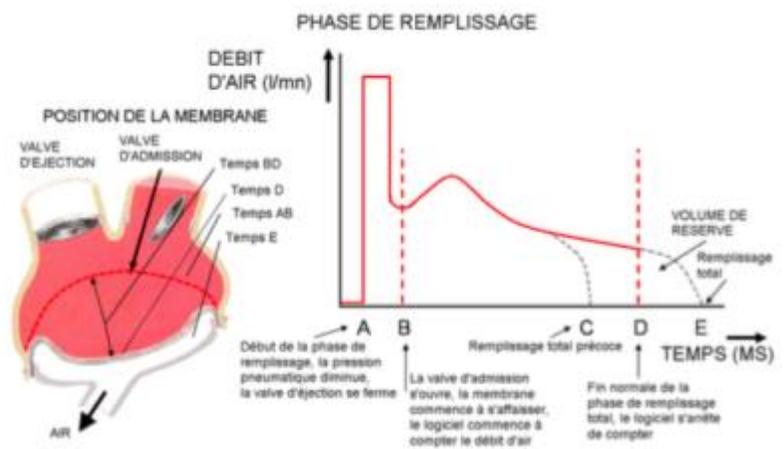
2.2. CAT

2.2.1. PHYSIOLOGIE AU REPOS ET À L'EXERCICE

Le fonctionnement du CAT se rapproche du cœur normal étant donné son mode pulsatile. Pour mieux comprendre la physiologie, il est important de comprendre les différentes données affichées sur la console externe des patients. Une image de l'affichage du contrôleur du CardioWest est disponible à l'ANNEXE VI-A : Écran et interface utilisateur du CardioWest.

La figure 3 (12) représente la courbe de remplissage des ventricules lors de la diastole selon le débit d'air enregistré. Le point D correspond à la fin du remplissage partiel dans des conditions normales, alors que le point E correspond au remplissage complet avec une chute du débit d'air jusqu'à 0, ce qui est anormal (12-14). Le volume du remplissage correspond à l'air sous la courbe entre le point B (ouverture des

Figure 3 : Courbe de remplissage des ventricules lors de la

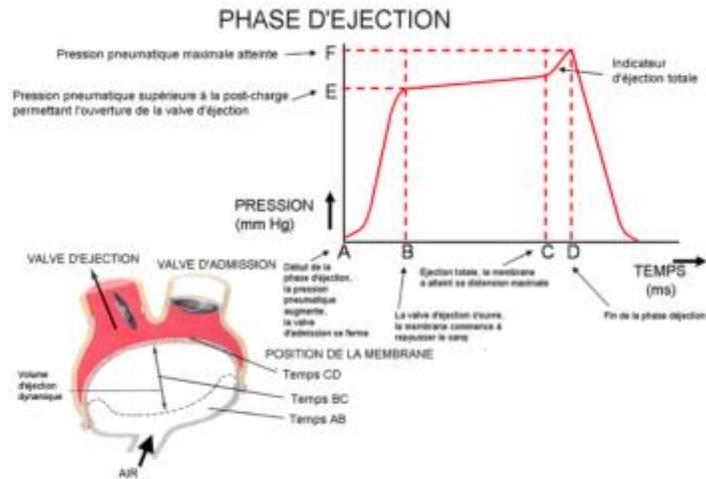


Tiré de : SynCardia Systems, INC. Manuel d'instructions pour une utilisation avec la console Companion 2. 2016 [Available from: http://www.ist-cardiology.com/wp-content/uploads/2017/02/C2-900001-FR-Rev009_Manuel-d'instructions-70cc-TAH-t.pdf]

valves d'entrée) et le point D (fin de la diastole). Cette courbe dépend de la FC fixée du CardioWest, du pourcentage de systole, de la pression négative (vacuum), des pressions de remplissage et de la précharge (13, 14). Grâce au contrôleur pneumatique, une pression intraventriculaire négative (-10 mmHg) s'installe progressivement en début de diastole (fermeture de la valve d'éjection au point A), ce qui entraîne la rétraction vers le bas du diaphragme et une sortie d'air pour permettre et faciliter l'entrée du sang dans les ventricules (12, 13, 15, 16).

La figure 4 (12) représente la courbe de pression pneumatique en phase d'éjection. Elle permet d'évaluer l'éjection complète (13) ainsi que la présence du pic terminal représenté au point D. Cette courbe dépend de la postcharge et des pressions d'activation à droite et à gauche (12, 13). En effet, lorsque la pression pneumatique devient supérieure à la postcharge (point E), le valve d'éjection s'ouvre (point B), le diaphragme atteint son excursion maximale vers le haut (15) et le sang accumulé lors du remplissage est éjecté. L'absence du pic d'éjection maximale (point D) signale qu'il y a une problématique avec le CardioWest (13). La compréhension de ces deux courbes est donc importante pour les physiothérapeutes, car une modification de celles-ci sur l'écran de la console lors d'une intervention indique d'aviser l'équipe médicale et le perfusionniste.

Figure 4 : Courbe de pression pneumatique



Tiré de : SynCardia Systems, INC. Manuel d'instructions pour une utilisation avec la console Companion 2. 2016 [Available from: http://www.ist-cardiology.com/wp-content/uploads/2017/02/C2-900001-FR-Rev009_Manuel-d'instructions-70cc-TAH-t.pdf]

Les études ont démontré que l'exercice, chez les patients avec un CAT, permettait d'améliorer les mécanismes physiologiques ainsi que la survie (16, 17). Malgré la ressemblance avec le cœur humain, le Q total fourni à l'exercice par le CAT est tout de même limité (15, 17). En effet, les deux ventricules du CardioWest n'ont pas de propriétés élastiques comme un cœur normal (15). Leur paroi rigide ne permet pas l'expansion des ventricules fixés à un volume maximal de 70 ml (15, 17). Selon Crosby et al. (2015), le Q

total du CAT est uniquement sensible à la précharge (15). De façon similaire à un cœur normal, lorsque le volume télédiastolique augmente par une augmentation du retour veineux, le débit du VG augmente de même que la pression ventriculaire durant la systole (15-17). La précharge dépend aussi des variations de la pression négative (vacuum) à la diastole. Si la pression négative augmente, cela facilite le remplissage ventriculaire par une basse résistance (15). Pour ce qui est de la postcharge, le CAT n'y serait pas sensible selon Crosby et al. (2015). Contrairement au cœur humain où l'on peut observer une diminution du Q total en présence d'une RVT plus élevée, il n'y a pas de variation du Q total du CAT avec les variations de la postcharge (15). Le contrôleur pneumatique du CardioWest a la capacité d'exercer, jusqu'à la limite de l'appareil, une pression suffisante pour surmonter toutes variations de RVT sans compromettre le Q total (15). D'autres articles mentionnent tout de même que le Q total du CAT serait augmenté par une diminution de la RVT à l'exercice (17). Grâce au flux pulsatile, il y aurait une amélioration de la fonction endothéliale permettant une plus grande diminution de la RVT (17). Finalement, Bellotto et al. (2011) auraient observé une diminution de l'activation sympathique avec une diminution des catécholamines dans le plasma, ce qui pourrait aussi expliquer la diminution de la RVT au repos et à l'exercice sous-maximal (17).

Même si le Q total est limité, il y aurait tout de même une amélioration progressive du VO_2 max par une meilleure extraction de l' O_2 et une meilleure répartition locale et périphérique de la circulation sanguine lors d'un travail physique (17). De plus, les exercices des muscles inspiratoires permettraient de diminuer le travail respiratoire, de diminuer leur consommation d' O_2 , ce qui favoriserait la redistribution vers les muscles actifs (17). C'est pourquoi l'entraînement des muscles inspiratoires fait partie du plan de traitement en physiothérapie. Une seconde explication pourrait aussi être à l'origine de l'amélioration du VO_2 max. En effet, Bellotto et al. (2011) auraient observé, avec un entraînement à long terme, des changements au niveau des fibres musculaires (II \rightarrow I), c'est-à-dire une transformation vers des fibres plus endurantes et à contraction lente. Cette modification permet de retarder le seuil ventilatoire expliquant, en partie, l'amélioration de la capacité à l'exercice malgré le Q total fixé chez les patients avec le CardioWest (17).

2.3. Physiologie à l'exercice des assistances biventriculaires

Chez les patients porteurs d'une assistance biventriculaire formée d'une AVG et d'une AVD indépendantes, l'endurance à l'exercice serait inférieure aux patients avec une AVG

(5). Cela s'expliquerait par différents facteurs tels qu'une IC plus sévère et bilatérale durant la phase pré-implantation entraînant un déconditionnement plus important et une période d'hospitalisation prolongée (5, 8). Cette limitation n'est pas présente chez les patients avec un CAT étant donné le remplacement total du cœur leur assurant un support hémodynamique complet (14). De plus, les complications sont moins fréquentes avec un CAT étant donné l'impossibilité d'IVD, d'hypertension pulmonaire, d'arythmies et de problèmes dégénératifs des valves cardiaques (14, 16).

3. Considérations spécifiques et évaluation

Tout d'abord, malgré le peu d'études disponibles sur la réadaptation des patients porteurs d'AV, d'assistance biventriculaire ou de CAT, la majorité d'entre elles confirme que l'entraînement de cette clientèle est sécuritaire, efficace et ne rapporte aucune complication majeure lorsque supervisée adéquatement (8, 10, 18). Il n'y a pas de consensus concernant le début de la réadaptation dans une zone d'entraînement, mais généralement, ce serait sécuritaire deux à quatre semaines après l'implantation pour l'AVG (8).

3.1. Évaluation

Lors de l'évaluation subjective, en plus des questions habituelles, le physiothérapeute devra questionner le patient et porter une attention particulière aux signes de dépression tel que mentionné dans la partie IV portant sur les patients avec IC chronique sévère, mais également aux signes d'anxiété, de stress et de troubles d'adaptation souvent présents chez cette clientèle particulière (8, 19, 20). Selon une conférence de Stewart et al. (2015), les principales sources d'anxiété chez les patients porteurs d'une AVG seraient le risque d'AVC, la durabilité de la pompe, le risque d'infection, l'impact de l'AVG sur la routine, la dépendance à une machine, la charge imposée aux proches, la gestion des batteries, le bruit de la pompe ainsi que l'image corporelle (21). Une brève évaluation psychologique peut donc s'avérer nécessaire pour mieux dépister les patients touchés et adresser le problème lorsqu'il est présent. Il existe différents outils souvent utilisés dans les articles scientifiques (8, 10, 22-25) tels que l'Inventaire de Dépression de Beck (26), la *Hospital Anxiety and Depression Scale* (27) ainsi que le SF-36 qui fournit une évaluation plus complète de la qualité de vie en tenant compte de l'aspect psychologique et

émotionnelle. De façon générale, le SF-36 est reconnu comme un outil valide, fidèle et sensible (23). Tous ces outils permettent aux physiothérapeutes de référer le patient et ses proches aux professionnels appropriés pouvant leur offrir l'aide nécessaire durant et après la réadaptation. Le questionnaire sur le statut de santé *Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire* (28) est aussi un outil intéressant utilisé avec cette clientèle. Il couvre cinq domaines tels que la fonction physique, les symptômes, la fonction sociale, l'auto-efficacité et la qualité de vie (24, 29).

Comme toutes évaluations objectives d'une clientèle cardiaque, il sera primordial d'assurer la prise des signes vitaux applicables à l'AC selon les méthodes expliquées dans la partie ÉVALUATION de la section V portant sur les soins aigus. De plus, le physiothérapeute doit noter les paramètres spécifiques inscrits sur le contrôleur du HM II ou du CardioWest. Il sera aussi nécessaire de faire un bilan circulatoire, articulaire, musculaire (en force et en endurance), neurologique de façon globale ainsi qu'un bilan respiratoire comme cela a aussi été expliqué dans la partie ÉVALUATION DE LA FONCTION RESPIRATOIRE de la section V. À cette étape de la réadaptation, les patients ont un minimum d'indépendance à la marche et sont stables hémodynamiquement (1, 10, 30). Le physiothérapeute pourra alors bien évaluer le patron de marche, l'autonomie aux escaliers et l'équilibre debout. L'endurance générale et la capacité à l'effort seront aussi évalués à l'aide de différents outils standardisés fréquemment retrouvés dans les études portant sur les AV et le CAT.

Premièrement, le test de marche de six minutes (6MWT) (31) est un outil standardisé employé pour évaluer l'endurance à l'effort sous-maximal et les réponses hémodynamiques chez cette clientèle (20, 24, 29, 32, 33). Pour obtenir des mesures plus fiables, à chaque réévaluation, les patients avec un HM II devraient porter les composantes externes de l'AV de la même manière (sac renforcé en bandoulière ou veste). Selon Compostella et al. (2015) (10), si le patient peut marcher plus de 300 mètres au 6MWT deux mois après l'implantation de l'AV, le risque de mortalité de toute cause serait diminué et en conséquence, augmente la survie à long terme. Deuxièmement, les épreuves d'effort avec ou sans mesure des gaz expirés sont habituellement utilisées pour évaluer la capacité à l'effort avec des mesures et des données plus précises que le 6MWT. Dans plusieurs études (29, 33, 34), on retrouve une épreuve d'effort limité par symptôme (EELS) selon le protocole modifié de Naughton sur tapis roulant (35). Ce protocole est

favorisé en présence d'une clientèle cardiaque à haut risque, car l'augmentation de l'intensité se fait de façon plus progressive et la vitesse demeure constante lors du test. Parfois, une EELS sur ergocycle est effectuée (17, 22, 23) selon les paramètres décrits dans la partie ÉPREUVE D'EFFORT de la section IV. L'EELS est poursuivie jusqu'à l'épuisement du patient caractérisé par une incapacité à maintenir une cadence suffisante (23) ainsi qu'une apparition des critères d'intolérance à l'effort qui seront décrits plus loin. Lors d'une EE avec mesure des gaz expirés, il est possible de déterminer la production de gaz carbonique (V_{CO_2}), la ventilation minute (V_E) et le VO_2 . Ces données permettent d'évaluer l'efficacité des échanges respiratoires (V_E/V_{CO_2} et V_E/VO_2) et d'obtenir le VO_2 max (34). L'EE avant le début de la réadaptation dans une zone d'entraînement n'est cependant pas toujours possible ou effectuée dans les milieux hospitaliers.

Finalement, la posture devrait aussi être évalué chez cette clientèle. En effet, lors des activités, les patients avec le HM II doivent porter une charge supplémentaire de 2 à 2,5 kg correspondant au poids des batteries et du contrôleur (10, 36). Cette charge peut progressivement mener à des altérations de la posture (cyphose dorsale) ainsi qu'à des troubles d'équilibre augmentant le risque de chute en antérieur (10, 33). Cela peut aussi entraîner des changements du patron de marche ainsi qu'une fatigue précoce augmentant, encore une fois, le risque de chute. Selon Nicholson et al. (2010), une altération de la posture avec tendance à l'affaissement en position assise est parfois constatée chez les patients avec un CAT(16).

3.2. Stratification du risque

Les porteurs d'AVG et de CAT sont à haut risque dans la population cardiaque (8). En effet, les patients porteurs d'une AVG sont plus à risque de mort subite, d'infarctus, d'arythmies ventriculaires et des autres complications abordées plus tôt (8). Cependant, une supervision adéquate diminuerait le risque de mort subite au faible taux de 1/60 000 (8). De plus, les patients avec le HM II ont presque tous un DCI préventif, ce qui permet de limiter la survenue d'arythmies sérieuses (10).

3.3. Précautions et contre-indications à l'exercice

Le physiothérapeute doit tenir compte des précautions et des contre-indications à l'exercice des patients porteurs d'une AVG ou d'un CAT. Le tableau 1 ci-dessous présente plusieurs considérations spécifiques à ajouter à celle de la clientèle cardiaque habituelle.

Tableau 1 : Précautions et contre-indications à l'exercice

Précautions à l'exercice avec une AVG ou un CAT	
Éviter la sudation excessive et la déshydratation (10)	Surveiller étroitement le risque de chute pouvant entraîner une déconnection des fils de transmission percutanés ou le bri du contrôleur externe (10)
Surveiller le risque d'HTO, car la dysautonomie cardiaque persiste quelques mois avant de se stabiliser pour atteindre l'équilibre autonome (10)	
Éviter les changements rapides de position entraînant une réduction du retour veineux et donc, une chute du Q de l'AC ou du CAT (10, 16)	Éviter les mouvements rapides d'amplitudes extrêmes pouvant blesser la peau au site de sortie des fils et augmentant le risque d'infection (10, 37)
Contre-indications à l'exercice (supplémentaires) avec une AVG ou un CAT	
Angine (30) <i>(AV seulement)</i>	Saturation en O ₂ < 85% (30)
Décalage > 1 mm du segment ST à l'ECG (30) <i>(AV seulement)</i>	TAS > 200 mmHg ou TAS < à la TAS normale au repos (30)
TAM > 90-95 mmHg	

4. Traitement et monitoring

Actuellement, il n'existe aucun guide de pratique (3, 6, 16, 24, 30, 38) pour aider les physiothérapeutes dans l'élaboration du programme d'entraînement des patients suite à l'implantation d'une assistance univentriculaire, biventriculaire ou d'un CAT. Selon Alsara et al. (2014) (8), il existe peu d'études de bonne qualité au sujet de la réadaptation de cette clientèle et les résultats sont souvent non significatifs étant donné le manque de puissance statistique dû à la taille insuffisante des échantillons dans les études. Un

exemple de programme de six semaines est disponible à l'ANNEXE VI-B : Exemple de programme d'entraînement de 6 semaines pour un patient avec une AVG.

4.1. Entraînement cardiovasculaire (FITT)

Bien que les patients aient une capacité fonctionnelle limitée par l'incapacité à augmenter le Q total de façon suffisante, l'entraînement permettrait d'augmenter la durée de l'exercice (30), la distance de marche, l'endurance et, par conséquent, la qualité de vie (8, 10). La prescription d'exercice se fait de façon similaire pour les patients avec une AVG et ceux avec un CAT.

4.1.1. FRÉQUENCE

La fréquence des entraînements aérobies varie entre deux et sept fois par semaine selon les études (1, 5, 23, 30, 39). Elle dépend de la phase de réadaptation des patients (hospitalisés ou en externe), de la durée de l'entraînement et de l'intensité de l'exercice. Suite au retour à domicile (RAD), la fréquence pourrait être diminuée de trois à cinq fois par semaine (1, 16, 30, 32). Dans l'étude de Bellotto et al. (2011), un entraînement de six fois par semaine à raison de trois séances par jour (aérobie, exercices respiratoires et exercices de renforcement) est suggéré à long terme pour les patients avec un CardioWest jusqu'à l'atteinte de 100 minutes par jour (17).

4.1.2. INTENSITÉ

Pour ce qui est de l'intensité de l'entraînement cardiovasculaire pour les patients avec une AVG, étant donné la prise de bêtabloqueurs abaissant la réponse de la FC, la meilleure façon d'établir l'intensité de l'exercice demeure la perception de la difficulté de l'effort selon l'échelle de BORG (24, 38, 40). Il en est de même pour les patients avec un CAT. Selon Kerrigan et al. (2016) (38), l'échelle de BORG a une bonne corrélation avec le VO_2 de réserve. Actuellement, il n'existe aucune évidence scientifique confirmant que l'intensité élevée d'exercice est sécuritaire chez cette clientèle (10). Certaines études suggèrent que l'intensité trop élevée risquerait d'entraîner une vasodilatation périphérique importante à l'effort provoquant une hypotension symptomatique étant donné le Q total limité et l'effet des bêtabloqueurs (10). La majorité des études fixe l'intensité d'entraînement prescrite entre 12 et 14 sur l'échelle de BORG (3 et 4 selon BORG modifié), ce qui correspond à des intensités modérées (8, 10, 17, 25, 32, 33, 37).

4.1.3. TEMPS

La durée de l'entraînement est variable d'un article à l'autre. Selon le déconditionnement initial du patient, des courtes périodes d'exercices de 5 à 10 minutes peuvent être appropriées en début de réadaptation jusqu'à l'atteinte d'environ 30 à 60 minutes d'exercices aérobies en continu (23, 29, 41). L'augmentation du volume d'entraînement se fait par l'ajout de 1 à 5 minutes par jour jusqu'à l'atteinte d'un total de 10 minutes en continu sans symptôme (18). L'intensité de l'activité peut ensuite être augmentée (17). Chaque jour, selon leur tolérance à l'effort précédent, les patients peuvent augmenter la durée et la distance de marche tout en respectant l'intensité d'exercice prescrite, mais sans dépasser la progression optimale sécuritaire de 10 % par séance d'entraînement (23).

Pour ce qui est de la durée totale des programmes d'entraînement dans la littérature, cela varie souvent entre six et dix semaines (5, 8, 18, 25, 41). L'entraînement est également bénéfique à long terme, d'où l'importance de la poursuite en réadaptation externe suite au retour à domicile (RAD) dans le cas des patients avec un HM II. Les patients devront également poursuivre leur réadaptation de façon autonome en changeant leurs habitudes de vie et en intégrant l'activité physique à leur quotidien.

4.1.4. TYPE D'ACTIVITÉ

La marche intérieure sur surfaces planes (30, 33, 41), la marche sur tapis roulant (16, 18, 23, 30, 33, 36, 41), l'entraînement sur un ergocycle des membres inférieurs assis (17, 22, 23, 30, 33, 36, 40, 41) ou en décubitus dorsal sont les types d'activité fréquemment retrouvés dans les articles portant sur la réadaptation de cette clientèle. Selon la recension des écrits d'Alsara et al. (2014) (8), l'entraînement sur tapis roulant des patients avec une AVG permettrait une plus grande amélioration du VO_2 max que l'ergocycle en position couchée qui est moins difficile physiologiquement. Les différents types d'activité peuvent également être combinés lors d'une séance d'entraînement pour atteindre la durée totale de 30 à 60 minutes (23). Dans l'article de Marko et al. (2015) (40), un protocole d'entraînement par intervalle sur l'ergocycle ainsi qu'une progression de l'entraînement à la marche sont décrits. Les intervalles permettent une alternance entre des basses et des hautes intensités, ce qui stimule le système cardiovasculaire, mais aussi les adaptations musculaires (40).

4.2. Autres traitements

4.2.1. ENTRAÎNEMENT EN FORCE

L'article de Kerrigan et al. (2014) (29) est le premier à avoir décrit une amélioration significative de la force musculaire avec la réadaptation des porteurs d'AVG d'où l'importance du renforcement. Les physiothérapeutes doivent mettre l'emphase sur les muscles proximaux des membres inférieurs (MI's) (33). Marko et al. (2015) (40) suggèrent le renforcement des groupes musculaires suivants : quadriceps, ischio-jambiers, fessiers et adducteurs à raison de deux séries de 10 à 12 répétitions. Les exercices tels que le transfert assis à debout, le « squat » et le « step-up » sont aussi suggérés dans plusieurs articles tant pour le HM II que le CardioWest (1, 16). Le renforcement musculaire effectué environ trois fois par semaine (23, 30) devrait contenir trois exercices pour les membres supérieurs (MS's) et trois autres pour les MI's (23). Il peut se faire sans poids, à l'aide de bandes élastiques et éventuellement avec des poids libres (16, 33, 36, 41). Pour le renforcement des MS's et du tronc (biceps, deltoïde, triceps, grand dorsal, etc.), le physiothérapeute doit ajuster la progression en fonction des précautions liées à la chirurgie par sternotomie durant les six premières semaines (1). Finalement, le patient doit éviter la manœuvre de Valsalva lors des exercices (40).

4.2.2. ENTRAÎNEMENT EN ENDURANCE MUSCULAIRE

Pour travailler l'endurance des MS's, l'ergomètre pour les membres supérieurs (1, 17, 39, 41) est une modalité de choix pour travailler la ceinture scapulaire et, du même coup, les muscles inspiratoires (39) selon des études portant sur les AVG et le CAT. Les patients commencent généralement par une durée de deux minutes jusqu'à un total de 10 à 15 minutes (30). L'endurance des membres inférieurs, quant à elle, peut s'améliorer par l'entraînement sur ergocycle des MI's (1) .

4.2.3. ENTRAÎNEMENT SPÉCIFIQUE

Le physiothérapeute doit aussi assurer une optimisation de la posture assise pour éviter l'obstruction des fils percutanés, de la posture debout ainsi que du contrôle postural lors des activités (1). Des exercices d'équilibre peuvent aussi s'avérer utiles dans différentes positions tant pour les porteurs d'AVG que du CAT (1, 16, 36, 40). Évidemment, les traitements pulmonaires abordés dans la section sur les soins aigus sont progressés tout au long de la réadaptation, tant que cela est nécessaire pour le patient.

4.4. Monitoring et supervision

Pour le HM II, le physiothérapeute doit monitorer le Q de la pompe, la vitesse de la pompe, la puissance de pompe, l'index pulsatile, la FC du cœur natif, la TAM, la SatO₂, l'ECG, l'auscultation, la perception de la difficulté de l'effort ou de la dyspnée sur l'échelle de BORG et les signes et symptômes d'intolérance à l'effort (8, 16). Le maintien d'une TAM adéquate ($\leq 80-90$ mmHg) est primordial pour assurer la bonne perfusion des organes à l'exercice (10, 14).

Pour le CardioWest, le physiothérapeute doit monitorer les volumes de remplissage gauche et droit, les débits gauche et droit, la FC, la TA, le Q total, la SatO₂, les courbes de remplissage en diastole et de pression en systole (figures 3 et 4), la perception de la difficulté de l'effort ou de la dyspnée sur l'échelle de BORG, l'auscultation et les signes et symptômes d'intolérance (16).

Cette clientèle à haut risque nécessite une supervision constante des physiothérapeutes à l'entraînement durant la phase de réadaptation à l'hôpital (8, 10, 25). À long terme, les patients peuvent passer à une supervision indirecte avec des appels de suivi aux deux semaines par exemple (29, 36). Les critères à rencontrer ne sont cependant pas décrits dans les articles. Chez les patients ayant des troubles psychologiques, des encouragements fréquents sont particulièrement recommandés dans le but d'optimiser l'adhérence aux traitements et d'éviter l'abandon de la réadaptation (8, 10). Certaines études démontrent d'ailleurs que l'entraînement permettrait d'améliorer la santé mentale autant que la santé physique de cette clientèle (8).

4.5. Critères d'arrêt de l'exercice

Durant les séances d'entraînement, le physiothérapeute doit reconnaître les signes et symptômes d'intolérance à l'effort nécessitant un arrêt de l'exercice. Ces critères sont contenus dans le tableau 2.

Tableau 2 : Critères d'arrêt de l'exercice généraux aux AVG et au CAT et spécifiques au AVG

Critères généraux pour les AVG et le CAT	
TAS < 80 mmHg ou > 200 mmHg ou diminution > 20 mmHg (16, 24, 33) (AV pulsatile et CAT)	Débit de sortie de la pompe pulsatile ou du CAT < 3 L/min (16, 24, 33) ou < 4 L/min si pompe à débit continu (8)
TAD > 115 mmHg (8, 33) (AV pulsatile et CAT)	Perception de la dyspnée ≥ 6 (BORG modifié) ou > 3/4 (échelle de dyspnée modifiée du <i>Medical Research Council</i>) (8, 16, 30, 41)
Volume d'éjection systolique < 30 ml (16)	TAM > 90-95 mmHg (8, 16)
Alarme provenant de l'AVG ou du CAT (16, 24, 41)	Saignements ou changements neurologiques (16, 24)
Si/Sy d'intolérance à l'effort tels que nausées, vomissements, confusion, étourdissements, troubles de la vue ou de la marche, diaphorèse, douleur ischémique > 2/4 (30), crampes aux membres inférieurs, HTO, ataxie (18, 23, 41)	Saturation d'oxygène < 85-90% ou diminuée de 3 à 4 % par rapport à la saturation au repos (8, 24, 33)
	Perception de la difficulté à l'effort (BORG) supérieure à l'intensité prescrite (30)
	À la demande du patient (41)
Critères d'arrêt spécifiques à l'AVG	
Douleur à la poitrine (16, 24, 41), angine (8, 33)	FC du cœur natif > 150 bpm (33)
Palpitation cardiaque (16, 24)	Décalage > 1 mm du segment ST à l'ECG ou arythmies ventriculaires (8, 24, 33)

5. Recommandations et conseils

Tout d'abord, il est important d'expliquer clairement le but de la réadaptation aux patients. La réadaptation permet d'optimiser le contrôle des facteurs de risques cardiovasculaires, de diminuer l'obésité (entraînant une diminution de la postcharge et du risque d'infection au site de sortie du fil percutané), d'améliorer la qualité de vie, d'améliorer la tolérance à l'exercice et de diminuer la mortalité (8). Malgré les bienfaits, la gestion de l'appareil (AVG ou CAT), de la médication ainsi que des habitudes de vie est difficile pour le patient et ses proches (8). L'éducation du patient et de son entourage est donc une part importante du traitement et doit se faire en équipe multidisciplinaire afin d'en couvrir tous les aspects (8, 19, 20, 22, 42). Actuellement au Canada, le RAD des patients avec un CAT connaît très peu de succès étant donné la console externe massive peu fonctionnelle ; les patients demeurent donc hospitalisés suite à la chirurgie en attente d'une greffe cardiaque ou du

développement d'une console portative. Les informations qui suivront porteront donc majoritairement sur l'AVG.

5.1. Gestion de l'équipement et de l'appareillage (HM II et CAT)

En vue du RAD, les patients porteurs du HM II doivent devenir autonome avec la gestion de leur appareillage externe et de la source d'énergie; l'éducation faite par les physiothérapeutes est primordiale (19, 43, 44). Il en est de même pour les patients ayant un CAT.

Tel que mentionné dans la partie GESTION DE L'APPAREILLAGE de la section V, lorsque les patients avec une AVG sont actifs, le contrôleur est relié à deux batteries offrant une autonomie de 10 à 12 heures. Les patients doivent toujours avoir accès à deux batteries de rechange chargées (44). Durant la nuit ou lors d'activités stationnaires, ils vont connecter le contrôleur au module d'alimentation qui est relié directement à une prise électrique (44). Durant cette période, le patient doit assurer une recharge complète de ses paires de batteries (environ quatre heures (13)). Le perfusionniste doit leur démontrer comment faire le changement entre les batteries et le module d'alimentation et les entraîner à cette tâche pour qu'ils soient en mesure de le faire de façon indépendante (42, 44). Pour y arriver, le patient doit posséder une bonne capacité cognitive et physique (19). Durant l'hospitalisation en phase de réadaptation, le physiothérapeute peut superviser le changement de mode d'alimentation si le patient n'est pas encore autonome. Son implication est particulièrement importante lorsqu'il travaille la force, la coordination et la dextérité manuelle des patients ayant des limitations à ce niveau. Les ergothérapeutes peuvent également aider à optimiser les gains au niveau de la dextérité fine. Finalement, le patient doit fréquemment vérifier le pourcentage d'utilisation des batteries qui alimentent le contrôleur et la pompe. Sans source d'énergie, la pompe s'arrête et cela entraîne de graves conséquences (19). En cas d'urgence ou d'interruption du courant, le contrôleur du HM II possède une batterie de secours interne de 15 minutes (13) et le module d'alimentation en possède une de 30 minutes (44). Pour intervenir rapidement lors de situations problématiques, le patient et ses proches doivent également reconnaître les alarmes émises (son ou symbole) par le contrôleur. Il existe des alarmes de danger qui nécessitent une intervention immédiate, car la vie du patient peut être menacée, et des alarmes d'avertissement qui signalent un problème mécanique à surveiller sans

nécessiter une intervention d'urgence. Des indications assez précises de la marche à suivre pour corriger l'alarme apparaissent alors sur l'écran du contrôleur du HeartMate II ou du CardioWest.

5.1.1. GESTION DES ALARMES

Pour assurer une gestion adéquate de l'AC, les patients doivent être en mesure de reconnaître les alarmes présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Les alarmes du HeartMate II et du CardioWest

Symboles affichés sur le HeartMate II et signification des alarmes (13, 16, 24, 44)		Alarmes du CardioWest (16)
	Batterie faible (< 5 minutes)	Batterie faible
	Alerte de bas Q de la pompe (< 2,5 L/min) Causes (13): diminution de la précharge, hypertension, obstruction d'un conduit interne, pompe arrêtée ou ligne de transmission déconnectée	Bas débit cardiaque ou déséquilibre du débit cardiaque
	Problème mécanique	Bas débit gauche et/ou droit ou déséquilibre
	Déconnexion de la transmission percutanée	Activation du réservoir d'air de réserve ou basse pression dans le réservoir
	Déconnexion d'un ou deux câbles sur la source de courant (module d'alimentation ou batteries)	Défaut en lien avec le contrôleur permettant la surveillance des paramètres du CAT
Basse vitesse de la pompe	Problème mécanique, message apparaissant sur l'écran	Perturbation de la pression des lignes de transmission percutanées

5.2. Conseils et recommandations pour le retour à domicile (HeartMate II)

Les patients avec une AVG doivent être renseignés adéquatement sur les activités à éviter suite au congé de l'hôpital. En effet, les activités physiques intenses ainsi que les sports de contact sont déconseillés (19, 44). Suite au congé de l'hôpital, les patients doivent éviter l'exposition prolongée à des températures très chaudes ou très froides (19, 20, 43). Il est aussi conseillé d'éviter le plus possible les contacts avec les personnes malades ou les lieux augmentant le risque de développer une infection (20, 43). Finalement, toutes

les activités impliquant une immersion complète dans l'eau sont contre-indiquées (19, 42-44). Pour l'hygiène corporelle, seule la douche est permise aux patients lorsque le médecin leur en donne l'autorisation; il est alors très important de protéger adéquatement les composantes externes (19, 43, 44).

Le HM II permet le retour aux activités d'intensité légère à modérée, c'est-à-dire les activités de la vie quotidienne et domestique, les loisirs et certains sports (30, 43). Les patients peuvent aussi reprendre leur travail (30, 43) ainsi que la conduite automobile selon l'avis du médecin (30, 43). Il leur est permis de voyager en autant que l'équipe médicale en soit avisée au préalable (19, 43). De plus, ils peuvent reprendre leurs activités sexuelles (19). Le physiothérapeute peut alors agir en conseillant le patient sur la gestion des fils et en faisant de l'éducation pour diminuer la peur du patient de se blesser (19). Il est également suggéré de référer le patient vers des personnes ressources telles qu'un psychologue ou un sexologue qui sauront mieux le conseiller. Les physiothérapeutes ont aussi un rôle au niveau de la promotion de la santé. En plus d'encourager l'activité physique régulière, ils doivent donc rappeler au patient l'importance de l'arrêt du tabac (19). En effet, le tabac, en plus de diminuer la capacité du patient à lutter contre les infections, cause une augmentation de la postcharge secondaire à la vasoconstriction des artères, ce qui diminue le Q total et donc l'efficacité de la pompe (19). Les physiothérapeutes doivent également expliquer l'importance d'éviter les abus d'alcool pouvant interférer négativement avec la médication et diminuer les capacités cognitives nécessaires à la gestion de l'équipement (19).

Dans l'ANNEXE VI-C : Préparation du retour à domicile des patients porteurs d'AVG se retrouvent deux tableaux traduits (traduction libre) provenant de l'article de Pistono et al. (2011) (20). Le premier rassemble les critères de RAD pour les patients avec une AVG. Le deuxième est une liste de vérification pour le physiothérapeute en vue du RAD. Avant le RAD, un programme d'exercices doit être prescrit aux patients pour la poursuite de la récupération et le maintien des acquis (1). Une demande en réadaptation externe est aussi effectuée. Pour s'assurer d'une bonne conformité aux recommandations pour le RAD, en plus de l'éducation effectuée par l'équipe médicale, le physiothérapeute doit s'assurer de faire une prescription selon les besoins du patient et selon ses préférences en ce qui a trait au type d'activité prescrite. De plus, pour les patients ayant une AVG comme pont à la transplantation, il y aurait une meilleure adhérence à la réadaptation lorsqu'ils

comprennent que l'amélioration de leur condition physique suite à l'implantation d'une AVG permet d'augmenter leur chance de succès à une éventuelle transplantation cardiaque (30).

Finalement, pour ce qui est du monitoring à domicile, les patients avec le HM II devront noter quotidiennement, dans un journal de bord, des informations telles que leur température, leur TAM (si possible), leur poids, la vitesse de la pompe, le Q de la pompe, l'indice de pulsatilité, la puissance de la pompe et finalement leur INR avec le « CoaguChek » (42, 43). Cet auto-monitoring leur est enseigné rapidement durant la réadaptation. Une feuille décrivant l'ensemble des paramètres normaux est aussi remise aux patients (20). Grâce à l'auto-monitoring, les patients doivent être en mesure de respecter l'intensité de leur prescription d'exercice (BORG modifié entre 3 et 4) et reconnaître les signes et symptômes d'arrêt. Il est aussi important qu'ils soient en mesure de reconnaître les signes d'infection (rougeur, chaleur, inflammation, douleur, induration, fièvre, fatigue, érythème) au site de sortie du fil de transmission percutané (19). Une inspection quotidienne est recommandée (19). Les signes et symptômes d'IC, de saignements GI et d'atteinte neurologique sont aussi enseignés aux patients et à leur famille durant la réadaptation en vue d'un RAD sécuritaire et prometteur (19, 20).

6. Perspectives de recherche

Plusieurs études à petite échelle ont été effectuées pour tenter de mieux comprendre la physiologie systémique chez les patients porteurs d'AC. D'autres recherches s'avèreront nécessaires dans les prochaines années pour confirmer ou infirmer certaines hypothèses. En ce qui concerne la contribution du VD au Q total, peu de recherches ont été effectuées pour évaluer cet aspect. Une évaluation détaillée de cette contribution chez les patients porteurs d'une AVG fait donc partie des perspectives de recherches futures

Les chercheurs tentent actuellement de créer des AVG qui permettraient de combiner les avantages des deux types de pompe (pulsatile et à débit continu). Ils tentent de mettre au point des AV avec une pompe munie d'un logiciel qui permettrait de faire varier les vitesses de rotations de la turbine selon un algorithme précis (2, 6). Ainsi, la pulsatilité cardiaque serait rétablie. De plus, la vitesse de la pompe pourrait s'ajuster automatiquement à l'effort effectué par le patient, ce qui lui permettrait d'atteindre un

niveau d'activité plus élevé avec un Q maximal supérieur à ce qui est permis par le HM II à vitesse fixe. Le HM III est présentement développé selon cette perspective (3), mais il est encore à l'étude pour s'assurer que l'intensité élevée d'exercice est bien tolérée et sécuritaire pour cette clientèle spécifique.

Finalement, en ce qui concerne le CAT, au Canada, les patients ne peuvent retourner à domicile avec cet appareil étant donné la grosseur de la console. Cependant, en Europe, une version portable a été créée permettant aux patients stables de retourner à domicile (16). Avec les recherches et les différentes versions du CAT qui ne cessent de s'améliorer, ce format portatif sera probablement accessible au Canada éventuellement.

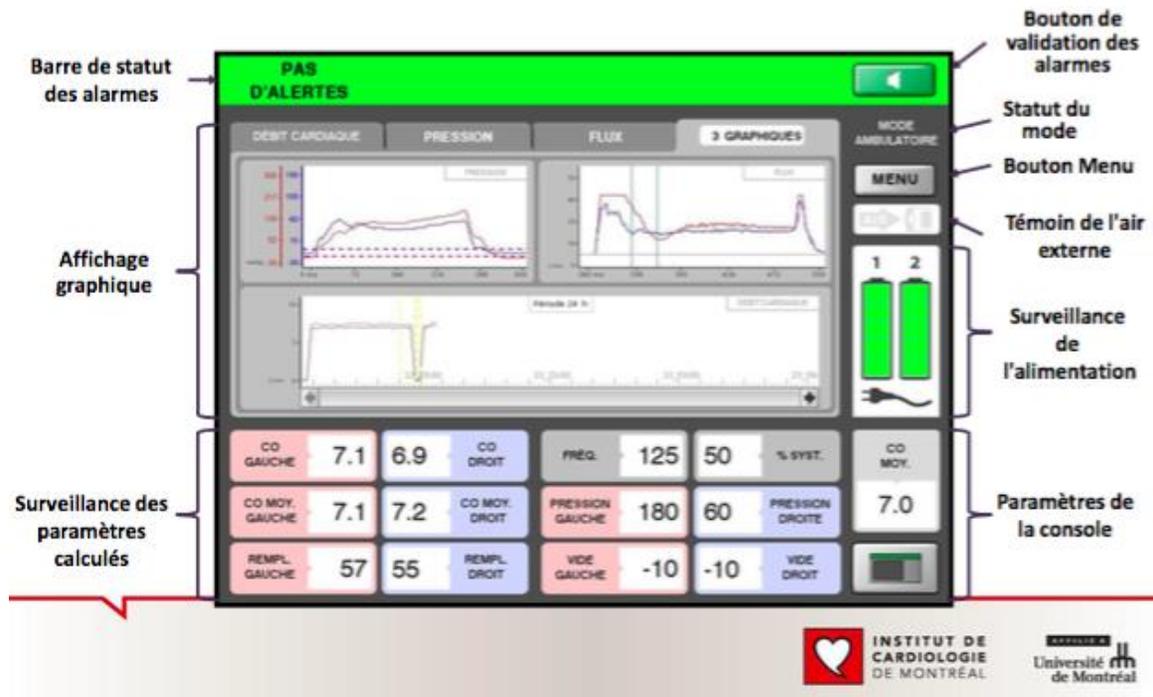
7. Synthèse

En conclusion, les AV à débit continu sont sécuritaires et bénéfiques à long terme malgré l'absence de pulsatilité. Les réponses physiologiques au repos sont similaires aux AV pulsatiles au niveau des systèmes respiratoire, endothéliale, cardiovasculaire, rénal, hépatique et neurologique. L'augmentation de la perfusion des organes permet de renverser partiellement les effets néfastes de l'IC chronique sévère. Ce n'est qu'au niveau du système GI qu'une différence significative serait observée avec une augmentation du taux de saignement secondaire à l'angiodyplasie GI des patients porteurs d'une AV à débit continu.

À l'exercice, le Q total et le VO_2 max des patients porteurs d'une AVG sont influencés par plusieurs facteurs tels que la précharge, la postcharge, le positionnement, la fonction cardiaque résiduelle avec l'ouverture de la VA, la vitesse de la pompe, la fonction pulmonaire, la fonction endothéliale et l'âge. Bien que le Q total et le VO_2 max augmentent suite à l'implantation de l'AV, ils n'atteignent pas un niveau optimal. L'amélioration de la qualité de vie des patients est alors principalement due à l'amélioration de l'endurance sous-maximale. Pour ce qui est du CAT, même si l'exercice permet d'améliorer les mécanismes physiologiques et la survie, le Q total fourni reste limité étant donné l'absence d'élasticité des ventricules du CardioWest. Par contre, malgré la limitation du Q total, il y aurait tout de même une amélioration du VO_2 max par une meilleure extraction de l' O_2 , une meilleure répartition locale et périphérique de la circulation sanguine et des changements au niveau des fibres musculaires.

Malgré le peu d'études disponibles sur la réadaptation des patients porteurs d'AV, d'assistance biventriculaire ou de CAT, elles permettent de confirmer que l'entraînement de cette clientèle est sécuritaire, efficace et ne rapportent aucune complication majeure lorsque supervisée adéquatement par des professionnels de la santé tels que les physiothérapeutes. L'évaluation du physiothérapeute doit couvrir les systèmes habituels (musculaire, articulaire, circulatoire, neurologique et respiratoire) et ajouter un dépistage des problèmes psychologiques, une évaluation cardiovasculaire complète par des EELS ou des EESM ainsi qu'une évaluation spécifique (posture, équilibre, etc.). Pour ce qui est de l'entraînement, le physiothérapeute doit monitorer de façon adéquate l'entraînement cardiovasculaire d'intensité modérée selon l'échelle de perception de l'effort (BORG). Des entraînements en force et en endurance ainsi que des entraînements spécifiques (posture, traitements respiratoires, etc.) sont également des éléments importants de la réadaptation de cette clientèle. Le physiothérapeute doit finalement porter une attention particulière à l'éducation des patients en vue de leur RAD dans le cas du HM II.

Écran et interface utilisateur



Tiré de : « Conférence : Ce que l'infirmière doit savoir sur le HeartMate II et le CardioWest. 2015 [Available from: https://www.icm-mhi.org/sites/www.icm-mhi.com/files/docs/Enseignement/Formation_soins_critiques/19.ce_que_linfirmiere_doit_savoir_sur_le_heartmate_et_le_cardiowest.pdf. »

Annexe VI-B : Exemple de programme d'entraînement de 6 semaines pour un patient avec une AVG

Table 4 • SUMMARY OF A 6-WEEK PROGRAM POST-LEFT VENTRICULAR ASSIST DEVICE IMPLANTATION INCLUDING ASSESSMENT FOR OUTPATIENT STATUS

Postoperative Period (day/week)	Action / Mode	Intensity	Duration*	Frequency	Assessment for Progression	Rate of Progression	Goal
1-2 days	-Move all extremities	-Negligible	-As limited by patient	-Morning and night / daily		-As regulated by patient discomfort	-To be sitting in bed
3-5 days	-Move all extremities -Sit in chair -Ambulate with assistance	-Negligible	-As limited by patient	-Morning and night / daily	-Rate progress from previous session	-As regulated by the patient	-Ambulate with assistance
6-8 days	-Full range of motion -Progressive ambulation	-Negligible	-As limited by patient	-Morning and night / daily	-Rating from previous session	-As regulated by patient	-Ambulate without assistance
9-11 days	-Walk on level surfaces -Treadmill walking -Lifting soup cans	-RPE ≤10	-5 × 2 min (walk) -6 min on treadmill	-Once daily	-6 minute walk test -6 minute walk test -Upper extremity soreness	-Add 2 min walk bout per day	-Treadmill walk for 6 min
12-14 days	-Independent ambulation -Begin stair climbing -Treadmill walking -Lifting hand held weights	-RPE ≤12	-Walk on own -Stairs limited by patient -8 × 2 min on treadmill -Weights (2 sets × 20 reps)	-Once daily	-Day 14: modified treadmill ramp protocol ²¹ -Measures: ECG, RPE, VO ₂ , BP, stage attained	-Stairs limited by patient -Add 2 min treadmill walking bout per day	-Walk flight of stairs -Ambulate on own
Week 3	-Arm ergometry -Cycling (if tolerated) -Treadmill walking, hand-held weights if tolerated	-RPE 11-13 -No shortness of breath	-Arm (2 min bouts limited by patient) -Cycling (5 min) -11 × 2 min (treadmill) -Weights (2-3 sets × 20 reps)	4-5 sessions	-Residual soreness from arm ergometer -Residual soreness in abdomen from cycling -6 min walk test -ADL assessment	-Limit / progress arm erg and cycling relative to soreness -Progress to 13 reps of 2 min max (treadmill)	Outpatient status ¹
Week 4	-Arm ergometry -Treadmill walking -Cycling	-RPE 12-14 -No dyspnea	-Arm (progress 2 min bouts to max 10 min) -Walking on treadmill up to 25 min -Cycling up to 10 min	4-5 sessions	-Residual soreness -6 minute walk test -Echocardiography (heart function)	-Limit total duration of all modes to 45 min	-Outpatient status -Ventricular recovery (improved function)
Week 5 / 6	-Arm ergometry -Treadmill walking -Cycling -Reintroduction of hand weights	-RPE 12-14 -No dyspnea	-Arm (max 10 min) -Treadmill (20 min wk 5; 25 min wk 6) -Cycle (up to 15 min) -Arm weights (2 sets × 20 reps wk 5; wk 6 increase to 3 sets)	4-5 sessions -Weights only 3 × /wk	-Residual soreness -Modified RAMP protocol ²¹ -Measure: ECG, RPE, VO ₂ , BP, stage attained, LVAD output, native heart cardiac output	-Limit total duration to 50 min / session	-Outpatient status -Significant change in LV cardiac output compared to pre-LVAD implant values

LVAD, left-ventricular assist device; RPE, rate of perceived exertion; ECG, electrocardiogram; VO₂, oxygen consumption; BP, blood pressure; ADL, activities of daily living.

* Recommended durations for the start of specified post-operative period, with durations adjusted relative to "Assessment for progression" and "Rate of progression."

¹ In general, with current technology outpatient status is achieved at 18 ± 2 days.⁴²

Tiré de : Kennedy MD, Haykowsky M, Humphrey R. Function, eligibility, outcomes, and exercise capacity associated with left ventricular assist devices: exercise rehabilitation and training for patients with ventricular assist devices. J Cardiopulm Rehabil. 2003;23(3):208-17.

Tableau 1 : Critères pour le RAD des patients en réadaptation cardiaque

<ol style="list-style-type: none"> 1. Récupération de la procédure chirurgicale 2. Guérison des plaies chirurgicales 3. Balance liquidienne stabilisée 4. Optimisation de la thérapie pharmacologique cardiovasculaire 5. INR et dose stable d'anticoagulants 6. Fonctionnement régulier de l'AV (paramètres optimaux) 7. Aucun signe visible et clinique d'infection de la ligne de transmission percutanée 	<ol style="list-style-type: none"> 8. Statut clinique et fonctionnel stable 9. Thérapie respiratoire et réadaptation physique complétées 10. Statut psychologique stable 11. Compétence dans la gestion de l'équipement 12. Patient physiquement capable de gérer ses propres besoins (ou la plupart d'entre eux) 13. Logement adapté aux besoins du patient
---	--

Tableau 2 : Liste de vérification dans le plan du RAD

<ol style="list-style-type: none"> 1. Revoir le fonctionnement de l'AV et des alarmes avec le patient et ses proches 2. Inspecter la plaie chirurgicale et la ligne de transmission percutanée pour les signes d'infection 3. Revoir la gestion de l'AV et des situations d'urgence avec le patient et ses proches : fournir une feuille avec un intervalle de paramètres normaux pour l'AV et des feuilles pour l'enregistrement quotidien des paramètres de l'AV 4. Fournir l'intervalle d'INR thérapeutique et des feuilles récapitulatives des valeurs du INR et un plan pour le RAD 5. Fournir de l'information sur la gestion d'un INR optimal 6. Expliquer le suivi médical au patient et à ses proches 7. Alerter la compagnie d'électricité locale des particularités et besoins du patient avec une AV 	<ol style="list-style-type: none"> 8. Identifier les éléments (à la maison ou à l'extérieur) potentiellement nuisibles pour le patient 9. Fournir des conseils pour vivre en sécurité avec une AV 10. Fournir les numéros d'urgence et expliquer comment entrer en contact avec l'équipe médicale 11. Contacter le responsable de la chirurgie d'implantation : faire une mise à jour du statut clinique et fonctionnel du patient 12. Aviser le médecin de famille de la situation clinique du patient et donner des détails sur la prise en charge d'un patient avec une AV 13. Aviser les premiers répondants et les services d'urgence des détails en lien avec la gestion d'une AV 14. Informer le département de cardiologie de l'hôpital de référence des détails en lien avec la gestion d'une AV
---	--

Adaptés de : Pistono M, Corra U, Gnemmi M, Imperato A, Caruso R, Balestroni G, et al. Cardiovascular prevention and rehabilitation for patients with ventricular assist device from exercise therapy to long-term therapy. Part II: long-term therapy. *Monaldi Arch Chest Dis.* 2011;76(3):136-4

Références

1. Wells CL. Physical therapist management of patients with ventricular assist devices: key considerations for the acute care physical therapist. *Phys Ther.* 2013;93(2):266-78.
2. Healy AH, McKellar SH, Drakos SG, Koliopoulou A, Stehlik J, Selzman CH. Physiologic effects of continuous-flow left ventricular assist devices. *J Surg Res.* 2016;202(2):363-71.
3. Hayward CS, Fresiello L, Meyns B. Exercise physiology in chronic mechanical circulatory support patients: vascular function and beyond. *Curr Opin Cardiol.* 2016;31(3):292-8.
4. Krabatsch T, Schweiger M, Dandel M, et al. Is bridge to recovery more likely with pulsatile left ventricular assist devices than with nonpulsatile-flow systems? *Ann Thorac Surg* 2011;91:1335.
5. Jung MH, Gustafsson F. Exercise in heart failure patients supported with a left ventricular assist device. *J Heart Lung Transplant.* 2015;34(4):489-96.
6. Loyaga-Rendon RY, Plaisance EP, Arena R, Shah K. Exercise physiology, testing, and training in patients supported by a left ventricular assist device. *J Heart Lung Transplant.* 2015;34(8):1005-16.
7. Muthiah K, Gupta S, Otton J, Robson D, Walker R, Tay A, et al. Body position and activity, but not heart rate, affect pump flows in patients with continuous-flow left ventricular assist devices. *JACC Heart Fail.* 2014;2(4):323-30.
8. Alsara O, Perez-Terzic C, Squires RW, Dandamudi S, Miranda WR, Park SJ, et al. Is exercise training safe and beneficial in patients receiving left ventricular assist device therapy? *J Mol Signal.* 2014;34(4):233-40.
9. Jakovljevic DG, George RS, Nunan D, Donovan G, Bougard RS, Yacoub MH, et al. The impact of acute reduction of continuous-flow left ventricular assist device support on cardiac and exercise performance. *Heart.* 2010;96(17):1390-5.
10. Compostella L, Russo N, Setzu T, Bottio T, Compostella C, Tarzia V, et al. A practical review for cardiac rehabilitation professionals of continuous-flow left ventricular assist devices: historical and current perspectives. *J Mol Signal.* 2015;35(5):301-11.
11. Jung MH, Houston B, Russell SD, Gustafsson F. Pump speed increase improves submaximal exercise tolerance in continuous-flow left ventricular assist device (CF-LVAD) patients—a double blind randomized trial. *Journal of Heart and Lung Transplantation.* 2016;1):S391-S2.
12. SynCardia Systems. INC. Manuel d'instructions pour une utilisation avec la console Companion 2. 2016 [Available from: http://www.ist-cardiology.com/wp-content/uploads/2017/02/C2-900001-FR-Rev009_Manuel-d'instructions-70cc-TAH-t.pdf .
13. Conférence: Ce que l'infirmière doit savoir sur le HeartMate II et le CardioWest. 2015 [Available from: https://www.icm-mhi.org/sites/www.icm-mhi.com/files/docs/Enseignement/Formation_soins_critiques/19.ce_que_linfirmiere_doit_savoir_sur_le_heartmate_et_le_cardiowest.pdf .
14. Slepian MJ, Smith RG, Copeland JG. The SynCardia CardioWest, Total Artificial Heart [Available from: http://www.syncardia.com/dldir1/8263_C026.pdf .
15. Crosby, Jessica R. et al. "Physiological Characterization of the SynCardia Total Artificial Heart in a Mock Circulation System." *ASAIO journal (American Society for Artificial Internal Organs : 1992)* 61.3 (2015): 274–281. PMC. Web. 12 Feb. 2017.
16. Nicholson C, Paz JC. Total artificial heart and physical therapy management. *Cardiopulm Phys Ther J.* 2010;21(2):13-21.
17. Bellotto F, Compostella L, Agostoni P, Torregrossa G, Setzu T, Gambino A, et al. Peripheral adaptation mechanisms in physical training and cardiac rehabilitation: the

case of a patient supported by a CardioWest total artificial heart. *J Card Fail*. 2011;17(8):670-5.

18. Kohli HS, Canada J, Arena R, Tang DG, Peberdy MA, Harton S, et al. Exercise blood pressure response during assisted circulatory support: Comparison of the total artificial heart with a left ventricular assist device during rehabilitation. *Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2012;31(1):113.
19. Kato N, Jaarsma T, Ben Gal T. Learning self-care after left ventricular assist device implantation. *Curr Heart Fail Rep*. 2014;11(3):290-8.
20. Pistono M, Corra U, Gnemmi M, Imparato A, Caruso R, Balestroni G, et al. Cardiovascular prevention and rehabilitation for patients with ventricular assist device from exercise therapy to long-term therapy. Part II: long-term therapy. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2011;76(3):136-45.
21. Stewart GC, Kittleson MM, Cowger JA, Johnson FL, Patel CB, Mountis MM, et al. Who wants a left ventricular assist device for ambulatory heart failure? Early insights from the MEDAMACS screening pilot. *Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2015;34(12):1630-3.
22. Kugler C, Malehsa D, Schrader E, Tegtbur U, Guetzlaff E, Haverich A, et al. A multi-modal intervention in management of left ventricular assist device outpatients: dietary counselling, controlled exercise and psychosocial support. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012;42(6):1026-32.
23. Hayes K, Leet AS, Bradley SJ, Holland AE. Effects of exercise training on exercise capacity and quality of life in patients with a left ventricular assist device: a preliminary randomized controlled trial. *J Heart Lung Transplant*. 2012;31(7):729-34.
24. Scheiderer R, Belden C, Schwab D, Haney C, Paz J. Exercise guidelines for inpatients following ventricular assist device placement: a systematic review of the literature. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2013;24(2):35-42.
25. Karapolat H, Engin C, Eroglu M, Yagdi T, Zoghi M, Nalbantgil S, et al. Efficacy of the cardiac rehabilitation program in patients with end-stage heart failure, heart transplant patients, and left ventricular assist device recipients. *Transplant Proc*. 2013;45(9):3381-5.
26. Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. K. (1996). BDI-II, Beck Depression Inventory: Manual (2nd ed.). Boston: Harcourt Brace.
27. Zigmond A, Snaith R. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand* 1983;67:361-70.
28. Green CP, Porter CB, Bresnahan DR, Spertus JA. Development and evaluation of the Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire: a new health status measure for heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2000;35:1245-1255.
29. Kerrigan DJ, Williams CT, Ehrman JK, Saval MA, Bronsteen K, Schairer JR, et al. Cardiac rehabilitation improves functional capacity and patient-reported health status in patients with continuous-flow left ventricular assist devices: the Rehab-VAD randomized controlled trial. *JACC Heart Fail*. 2014;2(6):653-9.
30. Kennedy MD, Haykowsky M, Humphrey R. Function, eligibility, outcomes, and exercise capacity associated with left ventricular assist devices: exercise rehabilitation and training for patients with ventricular assist devices. *J Cardiopulm Rehabil*. 2003;23(3):208-17.
31. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111-117.

32. Laoutaris ID, Dritsas A, Adamopoulos S, Manginas A, Gouziouta A, Kallistratos MS, et al. Benefits of physical training on exercise capacity, inspiratory muscle function, and quality of life in patients with ventricular assist devices long-term postimplantation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2011;18(1):33-40.
33. Humphrey R, Buck L, Cahalin L, Morrone T. Physical therapy assessment and intervention for patients with left ventricular assist devices. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal* (American Physical Therapy Association, Cardiopulmonary Section). 1998;9(2):3-7.
34. Dunlay SM, Allison TG, Pereira NL. Changes in cardiopulmonary exercise testing parameters following continuous flow left ventricular assist device implantation and heart transplantation. *J Card Fail.* 2014;20(8):548-54.
35. Naughton J., Balke a. & Nagle F. (1964). Refinement in methods of evaluation and physical conditioning before and after myocardial infarction. *American Journal of Cardiology.* 14:837.
36. Ben Gal T, Piepoli MF, Corra U, Conraads V, Adamopoulos S, Agostoni P, et al. Exercise programs for LVAD supported patients: A snapshot from the ESC affiliated countries. *Int J Cardiol.* 2015;201:215-9.
37. Keast MLp, Black Sp. Entraînement physique chez les patients avant une greffe—une étude de cas. Centre de prévention et de réadaptation Minto de l'Université d'Ottawa (Ontario). [Available from: http://www.cacpr.ca/francais/information_publicue/documents/Article2-fullFR.pdf.
38. Kerrigan DJ, Williams CT, Brawner CA, Ehrman JK, Saval MA, Peterson EL, et al. Heart Rate and VO2 Concordance in Continuous-Flow Left Ventricular Assist Devices. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(3):363-7.
39. Desgue DJ, Chaufourier CL, Belin BA, Saplacan SV, Ivascau IC, Caprio CS, et al. Réadaptation cardiaque des patients porteurs d'assistance monoventriculaire gauche. *Journal de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire.* 2016.
40. Marko C, Danzinger G, Kaferback M, Lackner T, Muller R, Zimpfer D, et al. Safety and efficacy of cardiac rehabilitation for patients with continuous flow left ventricular assist devices. *Eur J Prev Cardiol.* 2015;22(11):1378-84.
41. Corra U, Pistono M, Mezzani A, Gnemmi M, Tarro Genta F, Caruso R, et al. Cardiovascular prevention and rehabilitation for patients with ventricular assist device from exercise therapy to long-term therapy. Part I: Exercise therapy. *Monaldi Arch Chest Dis.* 2011;76(1):27-32.
42. Barnes K. Complications in patients with ventricular assist devices. *Dimensions of Critical Care Nursing.* 2008;27(6):233-43.
43. Givertz MM. Cardiology patient pages: ventricular assist devices: important information for patients and families. *Circulation.* 2011;124(12):e305-11.
44. Thoratec Corporation. Patient Handbook: Your guide to understanding the HeartMate II heart pump 2014 [Available from: http://www.thoratec.com/_assets/download-tracker/HMII/106022/106022F_HM2_PHB.pdf.

1. Discussion

Les AC font partie des nouvelles technologies encore peu connues de la population générale. Au Québec, seulement trois grands centres, dont l'Institut de Cardiologie de Montréal, possèdent l'expertise pour effectuer l'implantation des AC, donner les soins immédiats suite à la chirurgie et offrir une réadaptation optimale des patients avec une AC à long terme tels que le HM II ou le CardioWest.

Chaque AC possède des particularités qui lui sont propres liées au mode d'implantation, à ses indications, à ses contre-indications et à son fonctionnement. Une fois que ces particularités sont prises en compte, il est sécuritaire d'intervenir de façon précoce en physiothérapie en présence de chacune des AC.

En ce qui concerne l'IC de classe III et IV selon la NYHA, nous avons décelé certaines limites dans ce travail. Premièrement, dans la littérature, il est possible de trouver de nombreuses études sur les insuffisants cardiaques de classe I à III, selon la NYHA, mais il en est autrement pour la classe IV. Il y a peu d'études pour l'instant qui se sont consacrées à cette classe. Deuxièmement, il y a le manque d'études sur les patients de classe III et IV qui sont en attente d'une AC. Dans de nombreuses études, il est indiqué que les patients sont atteints d'IC chronique sévère, mais celles-ci n'indiquent pas en tout temps qu'ils sont en attente de l'implantation d'une AC. Cela peut se justifier par le fait qu'il n'y a pas encore un grand nombre d'insuffisants cardiaques qui ont droit à cette chirurgie.

Pour ce qui est du HM II et du CardioWest, nous avons relevé quelques limites à notre travail d'intégration. La première limite est le manque d'évidences de qualité disponibles actuellement. D'une part, le nombre de patients porteurs d'AC est assez faible à ce jour. Cela fait en sorte qu'il est plus difficile de recruter de grands échantillons de patients qui permettraient, de plus, d'effectuer des essais cliniques randomisés. D'autre part, ces technologies plutôt récentes sont en constante évolution dans le but de limiter le plus possible les complications et d'augmenter la qualité de vie procurée par la miniaturisation des appareils. La littérature porte alors davantage sur les résultats obtenus avec ces

différents appareils, alors que les données par rapport à la prise en charge se font plus rares. Ce travail se base donc sur des études de qualité métrologique très variée.

De nombreux articles présentent des programmes d'exercices et des interventions effectuées en physiothérapie. Cependant, les paramètres optimaux ne sont pas détaillés. Il s'agit de la seconde limite de notre travail d'intégration. Dans la majorité des études, les paramètres sont basés sur des programmes et des recommandations sécuritaires pour les patients insuffisants cardiaques ou ceux qui ont eu recours à une chirurgie cardiaque. Aucune étude ne compare l'efficacité des interventions ou des paramètres par rapport à d'autres, autant pour les AC temporaires que pour celles à long terme.

2. Conclusion

L'insuffisance cardiaque demeure une problématique d'ampleur dans laquelle les AC jouent un rôle de plus en plus prépondérant. Les physiothérapeutes pourraient éventuellement faire face à des patients porteurs d'AC au cours de leur carrière. L'objectif de ce travail était, dans un premier temps, de réaliser un inventaire le plus exhaustif possible des AC. L'inventaire des AC conçu pour ce travail regroupe les caractéristiques et les particularités de chacune des AC utilisées actuellement au Québec et ailleurs. Il peut s'agir d'une bonne source d'informations regroupant de nombreuses références scientifiques pour les physiothérapeutes désirant approfondir davantage leurs connaissances à ce sujet ou pour soutenir les physiothérapeutes dans la prise en charge de ces patients hors du commun.

Ensuite, le second objectif était de guider les physiothérapeutes dans tout le continuum de soins auprès des insuffisants cardiaques chroniques sévères. En ce qui concerne la prise en charge des patients ayant une AC à long terme, les recherches démontrent que la physiothérapie en phase pré-implantation permet d'optimiser la condition du patient pour la chirurgie grâce à l'entraînement cardiovasculaire d'intensité faible vers modérée, d'entraînement musculaire en force et en endurance ainsi qu'à l'éducation. Cela favorise la récupération suivant la chirurgie. La littérature démontre également que la physiothérapie post-chirurgie précoce est sécuritaire et bénéfique puisqu'elle permet la prévention des complications et l'amélioration des habiletés fonctionnelles des patients. À ce stade, la physiothérapie inclut le positionnement, les interventions respiratoires, les

mobilisations et l'entraînement des muscles inspiratoires. Le reconditionnement est au cœur du programme qui se fait à faible intensité. Pour sa part, la physiothérapie en phase de réadaptation améliore l'endurance sous-maximale et la qualité de vie des porteurs d'AC. À cette étape, l'emphase est mise sur l'entraînement cardiovasculaire à intensité modérée, l'entraînement musculaire en force et en endurance et l'entraînement spécifique (posture, équilibre, dextérité manuelle, coordination, etc.). L'éducation est, encore une fois, primordiale pour assurer une réadaptation optimale du patient en vue de son retour à domicile en présence du HM II.

En ce qui concerne l'IC aiguë, les interventions en physiothérapie sont restreintes par l'instabilité médicale des patients et les contre-indications liées aux AC insérées par voie percutanée fémorale. Ainsi la progression de la mobilité fonctionnelle est limitée. La littérature démontre toutefois que la physiothérapie joue un rôle important dans la prévention des complications respiratoires et liées à l'alitement prolongé.

Finalement, le continuum de soins présenté dans ce travail fournit des pistes d'intervention basés sur des études de qualités métrologiques variés. Tant que des lignes directrices claires d'un guide de pratique n'auront pas été établies, les physiothérapeutes devront faire preuve de jugement et se fier à la tolérance du patient pour choisir et progresser les interventions.

