

Université de Montréal

« L'impact d'une formation sur le diagnostic et la prise en charge de la carie dentaire, chez des étudiants de première année au DMD »

Par Ali Karkri

Département de Santé buccale – 2^e cycle
Faculté de Médecine Dentaire

Mémoire présenté
en vue de l'obtention du grade de maîtrise
en Sciences buccodentaires

Juillet 2021

© Ali Karkri, 2021

Ce mémoire intitulé

« L'impact d'une formation sur le diagnostic et la prise en charge de la carie dentaire, chez des étudiants de première année au DMD »

Présenté par

Ali Karkri

A été évalué(e) par un jury composé des personnes suivantes

Dre Ryma Kabir

Président-rapporteur

Dr Félix Girard

Directeur de recherche

Dre Caroline Nguyen-Ngoc

Membre du jury

Résumé

Objectifs : Déterminer si une formation portant sur l'ICDAS permet d'améliorer la justesse du diagnostic de la carie dentaire, et d'améliorer également la concordance de la prise en charge avec celle suggérée par l'ICCMS, chez des étudiants de première année en médecine dentaire.

Méthodologie : Quatorze étudiants divisés en deux groupes de sept étudiants (n=7) ont eu à attribuer un score de sévérité (ICDAS 0-6) et un score de prise en charge (0 = surveillance dans le temps; 1 = traitement préventif; 2= traitement curatif) à 100 dents extraites à deux reprises. Entre les deux collectes, le groupe expérimental a été exposé à une formation en ligne sur l'ICDAS sous le format d'une présentation PowerPoint (l'intervention).

Résultats : Il y a une plus grande amélioration de la justesse du diagnostic de la carie dentaire dans le groupe expérimental ($p < 0.05$), comparativement au groupe contrôle (pourcentage d'accord varie de 46% à 57% pour le groupe expérimental et reste à 44% pour le groupe contrôle). Les résultats sont non-significatifs pour l'attribution d'une prise en charge.

Conclusion : Une formation en ligne sur le système de détection de l'ICDAS permet d'améliorer la justesse du diagnostic de la carie dentaire chez des étudiants de première année en médecine dentaire. Cependant, les résultats ne sont pas concluants pour l'attribution d'une prise en charge adéquate.

Mots-clés : ICDAS, carie dentaire, formation, diagnostic, traitement

Abstract

Objectives: To determine the impact of an ICDAS e-training on diagnosis and management of dental caries by first-year dental students, according to the standards established by the ICCMS™.

Materials and methods: Fourteen students divided into two groups (n=7/group) had to assign a severity score (ICDAS 0-6) and a management score (0 = monitoring over time; 1 = preventive care; 2 = curative care) for 100 extracted teeth twice. Between the two tests, the experimental group was exposed to an ICDAS e-training in the format of a PowerPoint presentation.

Results: The accuracy of dental caries diagnosis in the experimental group was better ($p < 0.05$), compared to the control group. The percentage of agreement between the two tests improved from 46% to 57% for the experimental group and remained at 44% for the control group. The e-training had no effect on dental caries management and the results were not significant for this variable.

Conclusion: ICDAS e-training improved the accuracy of dental caries diagnosis in first-year dental students. However, the results were inconclusive for dental caries management, compared to the management suggested by the ICCMS™. This might be explained by the lack of crucial information to answer this question. To determine correct management, one would need information about caries activity and the clinical context to guide the decision.

Keywords : ICDAS, Caries, e-training, diagnostic, treatment

Table des matières

Résumé	3
Abstract	4
Table des matières	5
Liste des tableaux.....	7
Liste des figures.....	8
Liste des sigles.....	9
Remerciements.....	11
Chapitre 1 – Introduction.....	12
Chapitre 2 – Recension des écrits	13
Brève introduction	13
La carie dentaire.....	13
Terminologie de la carie dentaire	13
Formation du biofilm	14
Pellicule acquise	14
L'adhésion des micro-organismes à la pellicule acquise	15
Transport des bactéries jusqu'à la pellicule acquise	15
Forces électrostatiques	16
Forces hydrophobes et spécifiques	16
Sécrétion d'une matrice d'exopolysaccharides	17
La complexité du biofilm	17
Rôle de la fluctuation du pH sur la minéralisation et la déminéralisation	17
La reminéralisation d'une lésion carieuse.....	19
Progression de la lésion carieuse	20
Système de défense de l'hôte contre la progression de la lésion carieuse	20
Dentine infectée vs dentine affectée.....	21
Les différentes duretés de la dentine	21
Les trois niveaux de prévention	22
Les différentes représentations du processus carieux.....	23
Modèle de Keyes	23
Modèle de Keyes modifié.....	25
Modèle de Fejerskov et Manji.....	26
Modèle CAMBRA.....	27
Les systèmes de classification de la carie dentaire	28
OMS Standard dichotomique.....	28
OMS D1-D4	29
Évaluation radiologique de la sévérité des lésions carieuses	30
ICDAS.....	31
Les stades de sévérité des lésions carieuses	33
Les caries de racine	36

Les stades de sévérité des caries de racine.....	37
Les caries associées aux restaurations et aux scellants (CARS).....	38
Corrélation entre les codes de l'ICDAS et la classification histologique de Ekstrand.....	39
L'évaluation de l'activité de la lésion carieuse.....	30
Prise en charge des lésions carieuses.....	31
Simplification de l'ICDAS pour la pratique clinique.....	37
Nyvad.....	38
La concordance d'observation clinique.....	41
L'enseignement de la cariologie dans les facultés de médecine dentaire du Canada.....	42
L'influence d'une formation sur l'ICDAS sur la détection de la carie dentaire.....	43
La problématique à laquelle répond ce projet de recherche.....	44
Pertinence de la recherche.....	46
Objectifs de recherche.....	46
Chapitre 3 – Matériels et méthodes.....	47
Hypothèses de recherche.....	47
Hypothèse de recherche.....	47
Hypothèse nulle.....	47
L'approche expérimentale et la méthodologie choisies pour l'acquisition et l'analyse des données.....	47
Le type de recherche et le devis expérimental.....	47
Approbation du projet de recherche.....	47
Les caractéristiques des participants.....	48
Les procédures expérimentales.....	49
Les mesures et variables dépendantes.....	53
Les analyses statistiques prévues.....	54
Les résultats attendus (hypothèses spécifiques en termes opérationnels).....	55
La source de financement.....	55
Chapitre 4 – Résultats.....	56
Chapitre 5 – Discussion.....	78
Retour sur les résultats.....	78
Objectif 1 : Amélioration de la justesse du diagnostic de la carie dentaire.....	78
Objectif 2 : Amélioration de la concordance de la prise en charge de la carie dentaire avec celle suggérée par l'ICDAS.....	86
Limites de l'étude.....	89
Scientificité de l'étude.....	90
Fiabilité intra-examineur.....	90
Validité interne.....	90
Validité externe.....	91
Perspectives futures.....	92
Chapitre 6 – Conclusion.....	93
Références bibliographiques.....	94

Liste des tableaux

Tableau 1: Les stades radiologiques de sévérité des lésions carieuses et leur description.....	31
Tableau 2: Les différents niveaux de cariosusceptibilité en fonction du niveau de risque carieux et de l'activité carieuse selon l'ICCMS™	34
Tableau 3: Composantes du plan de traitement préventif à domicile en fonction de la cariosusceptibilité du patient	34
Tableau 4: Composantes du plan de traitement préventif au cabinet dentaire en fonction de la cariosusceptibilité du patient	35
Tableau 5: Mesure de l'effet du temps, du groupe et de leur effet combiné (ICDAS 0-6)	80
Tableau 6: Calcul de la différence entre les deux groupes en pre (ICDAS 0-6)	80
Tableau 7: Calcul de la différence entre les deux groupes en post (ICDAS 0-6).....	81
Tableau 8: Calcul de la différence en pre vs post pour le groupe contrôle (ICDAS 0-6)	81
Tableau 9: Calcul de la différence en pre vs post pour le groupe expérimental (ICDAS 0-6)..	81
Tableau 10: Mesure de l'effet du temps, du groupe et de leur effet combiné (ICDAS 0-C)	82
Tableau 11: Calcul de la différence entre les deux groupes en pre (ICDAS 0-C)	83
Tableau 12: Calcul de la différence entre les deux groupes en post (ICDAS 0-C).....	83
Tableau 13: Calcul de la différence en pre vs post pour le groupe contrôle (ICDAS 0-C).....	83
Tableau 14: Calcul de la différence en pre vs post pour le groupe expérimental (ICDAS 0-C)	84
Tableau 15: Variation dans les pourcentages d'accord, avant et après l'intervention, pour chaque stade de sévérité (0-6).....	85
Tableau 16 : Variation dans les pourcentages d'accord, avant et après l'intervention, pour chaque stade de sévérité (0-C)	85
Tableau 17: Comparaison inter-groupes dans le pourcentage d'accord avec la prise en charge suggérée par l'ICCMS™, avant et après l'intervention	88

Liste des figures

Figure 1: Représentation schématique du Modèle de Keyes.....	24
Figure 2 : Représentation schématique du modèle de Keyes modifié.....	25
Figure 3 : Représentation schématique du modèle de Fejerskov et Manji.....	26
Figure 4 : Représentation schématique du modèle CAMBRA	27
Figure 5: Iceberg de <i>Pitts</i>	29
Figure 6: Les facteurs de risques carieux	32
Figure 7: Représentation schématique de la collecte de données (ce qui était prévu)	50
Figure 8: Représentation schématique de la collecte de données (ce qui a été réalisé)	50
Figure 9: Comparaison inter-groupes dans le pourcentage d'accord avec l'expert, avant et après l'intervention (ICDAS 0-6)	79
Figure 10: Comparaison inter-groupes dans le pourcentage d'accord avec l'expert, avant et après l'intervention (ICDAS 0-C).....	82
Figure 11: Comparaison inter-groupes dans le pourcentage d'accord avec la prise en charge suggérée par l'ICCMS TM , avant et après l'intervention	88

Liste des sigles

Ca²⁺ : Calcium

CERC : Comité d'éthique de la recherche clinique

DMD : Doctorat en médecine dentaire

e.g. : *exempli gratia* (« par exemple » en latin).

EPS : Exopolysaccharides

et al.: *et alia* (« et autres » en latin)

etc. : *et cetera* (« et les autres » en latin)

FAP: Fluoroapatite

FMD: Faculté de médecine dentaire

HA: Hydroxyapatite

ICCMSTM: the International Caries Classification and Management System

ICDAS: the International Caries Detection and Assessment System

i.e. : *id est* (« c'est-à-dire » en latin)

JEC: Jonction énamo-cémentaire

JED: Jonction énamo-dentinaire

NIH: National Institutes of Health

OMS : Organisation mondiale de la santé

PA. : Pellicule acquise

PO₄³⁻ : Phosphate

t: Temps

TM : Trademark

UdeM : Université de Montréal

À Hafid Karkri, Aziza Fadel, Lyna Karkri, Fatine Karkri et Fatine Farhane, sans qui cet ouvrage n'aurait pu être possible, merci pour votre soutien et votre patience durant les longues heures que j'ai passées à rédiger ce mémoire plutôt qu'à être à vos côtés.

Remerciements

Je tiens à remercier mon directeur de recherche, Dr Félix Girard, professeur agrégé dans le département de santé buccale à la Faculté de Médecine Dentaire de l'Université de Montréal, qui m'a guidé et supporté tout au long de cette étude malgré les modifications majeures apportées à l'étude à cause de la pandémie de la COVID-19.

Merci à Monsieur Pierre Rompré, statisticien, pour avoir analysé toutes les données de cette étude.

Merci à Jean Barbeau pour nous avoir donné accès à son laboratoire afin de stériliser et manipuler les dents extraites.

Chapitre 1 – Introduction

Le diagnostic et la prise en charge de la carie dentaire sont au centre du travail des dentistes (1). Au cours des années, plusieurs systèmes de classification ont vu le jour afin d'appuyer le dentiste dans son travail de détection et de prise en charge de la carie dentaire. Parmi ces systèmes, il y a eu entre autres l'iceberg de *Pitts* qui reprend la terminologie D1-D4 de l'OMS, le système Nyvad qui associe une prise en charge en fonction de l'activité et le caractère auto-nettoyant ou non de la lésion, l'ICDAS avec ses six stades de sévérité et l'ICCMSTM avec ses suggestions de prise en charge. Cependant, malgré l'existence de systèmes de classification et de prise en charge de la carie dentaire qui faciliteraient une standardisation des pratiques, l'intégration de ce savoir et de ces façons de faire dans la pratique clinique demeure un défi pour les écoles de médecine dentaire du Canada, ainsi que pour la pratique des dentistes (2). Il est donc pertinent de se demander si une intervention simple et accessible aux étudiants dans le domaine dentaire ainsi qu'aux dentistes pourrait être réalisée afin d'uniformiser la prise en charge de la carie dentaire. D'une part, cela permettrait au dentiste de renforcer le lien de confiance qu'il entretient avec ses patients car ces derniers apprécieraient, et bénéficieraient aussi, de l'approche conservatrice et peu dispendieuse qu'il privilégie lorsque la situation le permet. Et d'autre part, pour le patient, cela lui permettrait de prendre davantage conscience de l'importance de ses propres actions sur sa santé.

Chapitre 2 – Recension des écrits

Brève introduction

L'objectif de cette introduction est de faire une revue non exhaustive de la littérature, en commençant par présenter les concepts généraux en lien avec le processus carieux. L'emphase sera mise par la suite sur les aspects en lien avec le sujet du présent projet de maîtrise, soit le diagnostic et la prise en charge de la carie dentaire, en abordant les différents systèmes de classification dont l'ICDAS et le système Nyvad. Puis, la concordance d'observation clinique sera traitée, en insistant davantage sur l'enseignement d'un système en particulier, soit l'ICDAS. Ensuite, la pertinence de la recherche sera discutée et enfin, les objectifs de travail seront présentés.

La carie dentaire

Terminologie de la carie dentaire

- Carie dentaire : Ce terme large rassemble deux composantes, soit le processus carieux sous-jacent, et la lésion carieuse.
 - Processus carieux : Il est enclenché par un changement quantitatif et qualitatif dans le biofilm dentaire influencé notamment par une consommation fréquente de glucides fermentescibles (3, 4). D'une part, le nombre de bactéries se trouvant à la surface de la pellicule acquise augmente. Mais d'autre part, les micro-organismes passent d'une population hétérogène et équilibrée à une population constituée d'espèces davantage acidophiles et cariogéniques qui entament le processus carieux (4). Leur métabolisme entraîne un déséquilibre dans les échanges de minéraux à l'interface dent-biofilm, qui tend vers une perte nette de minéraux entraînant des signes et symptômes (i.e. une lésion carieuse). Ce processus implique un déséquilibre entre les facteurs protecteurs (qui favorisent la reminéralisation) et les facteurs destructeurs (qui favorisent la déminéralisation) (5). Il affecte les tissus durs de la dent, soit l'émail, la dentine et le cément. Le processus peut être arrêté à n'importe quel moment.

- Lésion carieuse : C'est un changement détectable au niveau de la structure dentaire résultant du processus carieux, c'est-à-dire des interactions entre la dent et le biofilm. Ces interactions entraînent par la suite la perte nette de minéraux dans les tissus dentaires (4). La lésion carieuse survient suite à des changements au niveau de l'émail et de la dentine et peut être visible cliniquement lorsque le processus est assez avancé. En d'autres termes, un individu est affecté par la carie dentaire alors que les dents comportent des lésions carieuses.
- Carie primaire: Il s'agit d'une lésion carieuse qui se développe au sein d'une structure dentaire saine, qui n'avait donc jamais été exposé à un processus carieux (4).
- Carie secondaire/récidivante: C'est une lésion carieuse qui se développe à proximité d'une restauration (6).
- Carie résiduelle : C'est une portion de lésion carieuse qui a été laissé lors de la préparation d'une obturation, par exemple suite à un coiffage indirect lors de la technique *stepwise* (7).
- Carie active : C'est une lésion carieuse dont le processus sous-jacent progresse toujours (8).
- Carie inactive/arrêtée : C'est une lésion carieuse dont le processus carieux sous-jacent est arrêté (8).

Formation du biofilm

Pellicule acquise

Il faut savoir que les micro-organismes adhèrent très rarement à de l'hydroxyapatite dit « nu ». Les dents sont exemptes de quoi que ce soit à leur surface que pendant quelques

secondes après le brossage. Effectivement, en quelques secondes, les dents ainsi que tout substrat solide exposé à l'environnement oral se trouvent recouverts par une pellicule acquise (PA) (9). Cette dernière est libre d'éléments cellulaires et est constituée principalement de protéines salivaires et de macromolécules provenant de l'environnement buccal (e.g. salive et liquide crévulaire) et qui sont adsorbées sur la surface de la dent (10). Il s'agit entre autres de glycoprotéines, de phosphoprotéines, d'immunoglobulines, de mucines, de lactoferrines, de lysozyme, d'amylase, d'anhydrase carbonique, de lipides, de glycolipides et des composantes bactériennes comme des glucosyltransférases (9-12). Plusieurs études suggèrent que la formation de la PA atteint un équilibre entre l'adsorption et la désorption des protéines salivaires après environ 90-120 minutes (13, 14).

Le rôle physiologique de la PA est surtout la protection de la surface sous-jacente (9). Cette protection se voit à deux niveaux principalement. Elle permet d'une part une réduction dans la friction entre les dents et les tissus voisins. Et d'une autre part, la PA a le potentiel de réduire à un certain degré la déminéralisation de l'émail sous-jacent suite à une attaque acide (i.e. érosion, ou bactérie cariogénique). En d'autres termes, elle agit en tant que tampon qui diminue les fluctuations de pH. Cette protection conférée à l'émail provient de la perméabilité sélective associée à cette PA qui restreint le passage de certains ions. Cette barrière permet ainsi de diminuer la diffusion de l'acide lactique qui se retrouve au niveau de la salive au-travers de la PA grâce aux composants de nature lipidique retrouvés dans la PA, et ceci réduit ultimement le taux de dissolution de l'hydroxyapatite (HA). De par sa nature de barrière, la PA facilite aussi la reminéralisation de la dent, car elle permet de retenir les ions calcium et phosphate à l'interface dent-biofilm (12).

L'adhésion des micro-organismes à la pellicule acquise

Transport des bactéries jusqu'à la pellicule acquise

Avant d'être à proximité de la PA, les bactéries doivent se rapprocher des surfaces dentaires. Ils s'y rapprochent par deux moyens de transport passif (15). Le premier est le mouvement passif de la salive, qui les transporte un peu partout en bouche. Le second est le mouvement Brownien. Ce dernier est causé par le bombardement des bactéries par les

différentes particules retrouvées en bouche (e.g. protéines salivaires, résidus alimentaires, etc.) (16). Ces deux mouvements sont les principaux mouvements contributoires au transport des bactéries jusqu'aux surfaces dentaires et jusqu'à la PA par le fait-même. Dans les premières secondes, les micro-organismes de la plaque commencent par adhérer à la PA de façon réversible grâce à différents types de forces d'adhésion, puis les forces d'adhésion deviennent si fortes que la liaison devient irréversible (15).

Forces électrostatiques

D'un côté, la PA est habituellement en grande partie chargée négativement dû aux macromolécules la composant. Cependant, les bactéries aussi ont une charge nette négative. Ainsi, la PA et les bactéries se repoussent naturellement (17). Cependant, il y a un pont ionique qui se forme grâce au calcium salivaire (Ca^{2+}), qui se lie de part et d'autre à la PA et aux bactéries grâce à ses deux charges positives. Ces forces sont assez fortes pour permettre un attachement qui devient irréversible après quelques secondes à quelques minutes (17). Ainsi, une fois le pont ionique réalisé, le micro-organisme ne peut plus revenir en arrière et revenir à sa forme planctonique (18). Une fois en contact intime avec la PA, c'est au tour des adhésines bactériennes d'entrer en jeu.

Forces hydrophobes et spécifiques

La plupart des bactéries ont à leur surface du glycocalyx, un genre de manteau constitué d'un réseau de polysaccharides (19). Ce glycocalyx renferme également des petites molécules servant à l'adhésion, et c'est à travers ce dernier qu'une bactérie peut adhérer à des surfaces inertes dans le but de former un biofilm (20). Ainsi, les forces électrostatiques permettent aux bactéries de se rapprocher le plus possible de la PA pour que le glycocalyx puisse faire adhérer la bactérie à la PA au travers de forces spécifiques. L'environnement devient hydrophobe suite à cette adhésion car l'eau est expulsée entre les bactéries et la surface (21). Ces interactions sont plus fortes que les interactions électrostatiques et sont, encore une fois, irréversibles.

Sécrétion d'une matrice d'exopolysaccharides

Une fois que la bactérie est attachée à la PA au-travers de son glycocalyx, cette adhésion active une voie de signalisation intracellulaire qui cause une modification du système d'expression génétique de cette dernière. Elle va entre autres ralentir sa vitesse de croissance et commencer la production d'exopolysaccharides (EPS). Cette matrice d'EPS est un moyen de défense très efficace pour les bactéries du biofilm. Elle protège les bactéries de l'action mécanique de la brosse à dent, de l'action chimique des antibiotiques et les protège également de la dessiccation (quoique c'est un phénomène très rare en bouche) (22). La matrice va aussi constituer un gel de rétention pour les nutriments mais va aussi jouer le rôle de barrière dans le sens inverse, c'est-à-dire que ça va entraîner l'accumulation des toxines produites par les bactéries. Cette matrice d'EPS compose environ 50% du volume sec du biofilm.

La complexité du biofilm

Il faut savoir que les colonisateurs primaires de la PA sont principalement des bactéries du genre streptococcus, soit des bactéries à Gram positif (23). Ensuite, les colonisateurs tardifs peuvent s'attacher au complexe en s'attachant aux colonisateurs primaires via des nouvelles structures d'adhérence offertes par ces derniers (24). Cette deuxième vague de colonisateurs est constituée entre autres de bactéries en forme de bâtonnets et de bactéries à Gram négatif (25). La plaque devient de plus en plus complexe et de plus en plus mature au fur et à mesure que la diversité bactérienne et la biomasse augmentent et que des nouvelles bactéries s'y attachent. Une fois à maturité, la plaque se comporte comme une barrière avec une perméabilité sélective; les bactéries du milieu buccal et toute grosse molécule d'origine salivaire ne peuvent plus y pénétrer. Par contre, les molécules qui sont petites, tels que le saccharose et l'urée, peuvent diffuser à travers la plaque et peuvent donc servir de substrat pour la survie des bactéries du biofilm (26).

Rôle de la fluctuation du pH sur la minéralisation et la déminéralisation

La solubilité de deux types d'apatites est d'intérêt dans l'étude du processus carieux : l'hydroxyapatite (HA) et le fluoroapatite (FAP) (27). Il est important de définir ce qu'est la solubilité : la solubilité est la capacité d'une substance, appelée soluté, à se dissoudre dans une

autre substance, appelée solvant, pour former un mélange homogène appelé solution (28). Dans notre cas, c'est la capacité du HA ou du FAP de se dissoudre dans la salive ou le liquide du biofilm. Le HA est formé de calcium, de phosphate et d'hydroxyde, sous la forme $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Le FAP, quant à lui, est également formé de calcium et de phosphate, mais le groupement hydroxyle est remplacé par un atome de fluor, sous la forme $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$. Les apatites HA et FAP se trouvent tous deux dans des conditions de supersaturation en calcium (Ca^{2+}) et en phosphate (PO_4^{3-}) en milieu salivaire au pH neutre (29). Ainsi, l'excès en calcium et en phosphate peut contribuer à reminéraliser une surface dentaire ou à former du tartre en minéralisant la plaque dentaire. À un pH neutre, la solubilité du HA est faible. Par contre, la solubilité de ce dernier augmente lorsque le pH diminue. La supersaturation de la salive en ions calcium et phosphate existe jusqu'à un pH de 5.5 (30). À partir de ce pH critique et en dessous, ils deviennent alors en sous-saturation; en d'autres termes, il y a une concentration insuffisante de ces sels dans la salive. Le HA des dents, très soluble à ce pH bas, va alors se dissoudre pour pouvoir relâcher des ions Ca^{2+} et PO_4^{3-} pour rétablir l'équilibre.

Ainsi, les fluctuations de pH affectent la composition en minéraux des dents. Il y a perte de minéraux lorsque le pH diminue (démminéralisation), et gain de minéraux lorsque le pH monte (reminéralisation et formation de tartre). Ces déminéralisations et reminéralisations, pris isolément, n'ont pas d'effet important sur la substance dentaire, cependant l'effet cumulatif en aura un (31). Si le résultat final de ces cycles de reminéralisation/démminéralisation est une perte nette de minéraux, ceci cause une dissolution des tissus dentaires par le phénomène d'érosion ou par processus carieux (27, 29).

La substitution du groupement hydroxyle par un atome de fluor dans le FAP est un élément significatif dans les phénomènes de saturation. En effet, le fluor permet au FAP d'être un peu plus résistant que le HA aux pH plus acides. À titre comparatif, entre un pH de 4.0 à 5.5, il y a sous-saturation par rapport au HA, mais le FAP reste en supersaturation. Dans ces conditions, cela favorise le processus carieux car il y a dissolution du HA sous la surface de l'émail (démminéralisation) mais pas le phénomène d'érosion, car le FAP n'a pas atteint son seuil de dissolution; il peut donc encore précipiter en surface de la dent dans la couche externe (reminéralisation) (32). À un pH entre 2.5 et 4.0, le HA tout comme le FAP sont sous-saturés.

Dans ce cas de figure, c'est plutôt le phénomène d'érosion qui est privilégié, et rien ne se dépose en surface de la dent. Ainsi, l'intégrité de la surface dentaire dépend intimement de la supersaturation en FAP. En d'autres termes, la surface dentaire peut rester intègre tant et aussi longtemps que les fluctuations de pH ne descendent pas en-dessous d'un pH de 4.0 (33). Cependant, il ne faut pas oublier que le processus carieux continue en profondeur via la dissolution du HA sous la surface. La surface dentaire, quoique continue, est très fragile et peut être comparée à une coquille d'œuf; au moindre impact mécanique, il peut y avoir cavitation ! Il est donc important de noter que la cavitation n'est pas reliée directement à une dissolution chimique lorsque le pH est au-dessus de 4.0 (34).

La reminéralisation d'une lésion carieuse

Un groupe de chercheurs s'est penché sur la reminéralisation en profondeur d'une dent cariée. Ils ont exposé des dents extraites ayant une lésion carieuse active à des solutions saturées en phosphate et en calcium, dans le but que ces ions se répandent dans les pores de la lésion, puis ont élevé le pH des solutions afin de créer un milieu sursaturé (35). Le résultat fut une déposition de minéraux uniquement en surface des dents cariées! Il n'y a eu aucune reminéralisation du corps des lésions. Ceci est expliqué par la couche de FHA en surface qui est une barrière physique. Comme mentionné plus haut, elle protège l'émail de futures déminéralisations, mais le corollaire est qu'elle bloque aussi contre une future reminéralisation. Il est donc juste possible de reminéraliser la couche externe d'une dent cariée.

De façon plus concrète, cliniquement la reminéralisation de la couche externe des dents cariées survient via un phénomène d'abrasion causé par le brossage et de déposition de minéraux en surface (30). L'abrasion est essentielle dans le processus de reminéralisation car elle permet d'enlever des microcouches d'émail, car les cristaux de HA et de FAP sont partiellement dissous en surface et donc plus fragiles. L'exposition de la cavité buccale à une source de fluorure, telle qu'un dentifrice, un vernis fluoré, un rince-bouche fluoré, ou un gel fluoré favorise par la suite la déposition de minéraux en surface.

Progression de la lésion carieuse

Le processus carieux progresse à travers des pores retrouvés dans l'émail. Ces pores sont des petits espaces situés entre les bâtonnets d'émail par lesquels diffusent les liquides à travers l'émail. Les ions issus de la dissolution du HA et du FAP diffusent également par ces pores. Ainsi, plus le processus carieux progresse dans le temps, plus les espaces inter-cristallins (entre les bâtonnets d'émail) prennent du volume. En d'autres termes, l'espace qu'occupe la lésion carieuse dépend de la direction des bâtonnets d'émail (36). Les lésions carieuses proximales forment un triangle dont la base est vers la surface proximale de la dent, alors que le sommet est vers la dentine (37). Les lésions carieuses occlusales, quant à elles, forment un triangle inversé où la base est vers la dentine et le sommet vers la surface occlusale de la dent (38). Il est intéressant de remarquer que la déminéralisation est un phénomène insidieux; la déminéralisation peut se rendre jusqu'à la dentine avant qu'il y ait une cavitation ! D'ailleurs, une étude clinico-radiologique a révélé qu'en moyenne seulement 32% des lésions atteignant le tiers externe de la dentine comportaient une cavitation, alors que ce pourcentage monte à 72% pour les lésions atteignant les deux-tiers interne de la dentine (39). Ainsi, sans radiographies rétro-coronaires, il est très difficile et hasardeux de mesurer cliniquement l'étendue d'une lésion carieuse. Les radiographies seront abordées plus en détails dans la section portant sur les systèmes de classification de la carie dentaire.

Système de défense de l'hôte contre la progression de la lésion carieuse

L'organe dentaire a des mécanismes de défense pour faire face au processus carieux. En effet, il y a deux réactions de défense exploitées par la dentine afin de ralentir la progression de ce processus. Le premier est la formation de dentine réactionnelle/tertiaire. Ce mécanisme s'active dès qu'il y a un début de perte de dentine, que ce soit à cause du processus carieux ou d'une cause iatrogénique (e.g. taille d'une cavité dans une dent, par le dentiste, qui s'étend jusqu'à la dentine) (40). L'odontoblaste perçoit ce stimulus, qui peut porter atteinte à la vitalité de la pulpe, et réagit en formant de la dentine tertiaire (41); elle est déposée vers l'intérieur, donc dans la chambre pulpaire, du côté du stimulus et ce faisant éloigne la pulpe du danger. Le deuxième mécanisme d'action est l'oblitération des tubuli dentinaires. Ces derniers sont l'équivalent des pores qu'on retrouve dans l'émail, mais retrouvés dans la dentine. C'est donc

également au-travers de ces tubulis que le processus carieux progresse. Ainsi, pour se protéger, le complexe dentine-pulpe oblitère les tubulis dentinaires en calcifiant ces derniers, ce qui réduit la perméabilité dentinaire et donc la progression de la lésion carieuse (42). La sclérose des tubulis dentinaires, par rapport à la formation de dentine tertiaire, commence avant que le stimulus atteigne la dentine (43). Ainsi, dès que le processus carieux commence à déminéraliser l'émail, ce mécanisme de défense s'enclenche.

Dentine infectée vs dentine affectée

En lien avec le processus carieux où il y a eu cavitation de l'émail, nous parlons de deux types de dentine. La dentine infectée est la dentine la plus superficielle. Elle est dite infectée, car elle est en contact avec l'infection bactérienne (44). Elle est dénaturée et déminéralisée de façon irréversible (non-reminéralisable). Cliniquement, elle est vraiment molle, humide et facile à retirer à l'aide d'une curette à carie. La dentine affectée, quant à elle, contient peu à pas de bactéries, puis est partiellement déminéralisée et non-dénaturée (i.e. le collagène est intact) (45). Cette dentine est donc potentiellement reminéralisable. Cliniquement, c'est une dentine de consistance cuir, ou en d'autres mots, plus molle que la dentine saine.

Les différentes duretés de la dentine

- Dentine dure : C'est la dentine sclérotique obtenue suite à l'oblitération et la calcification des tubulis dentinaires (46). Pour retirer cette dentine, il faut exercer une certaine force de poussée (pression) à l'aide d'un instrument à bout tranchant ou une fraise. Lorsqu'un explorateur est utilisé pour sonder la surface de cette dentine, un son perçant caractéristique peut être entendu, qu'on qualifie de « cri dentinaire ».
- Dentine ferme : C'est la dureté associée à une dentine déminéralisée mais reminéralisable (47). Elle nécessite d'exercer une certaine pression à l'aide d'un instrument pour en retirer, mais cette pression est moindre que pour la dentine dure.
- Dentine consistance cuir : C'est la texture associée à la dentine affectée (48). Elle ne se déforme pas lorsqu'un instrument est utilisé afin d'appliquer de la pression sur cette

dernière. Par contre, cette dentine peut être facilement retirée à l'aide d'un instrument sans exercer trop de force. C'est un type de dentine transitionnel dans le spectre comprenant la dentine molle et la dentine ferme.

- Dentine molle: C'est la dentine infectée (46). Par rapport aux autres types de dentine, elle se déforme lorsqu'une pression est appliquée sur elle à l'aide d'un instrument. Elle peut facilement être retirée en copeaux à l'aide d'une curette à carie avec peu de force appliquée.

Il est important de noter cependant que de se fier uniquement sur le critère de dureté pour l'ablation de la carie peut être trompeur. Effectivement, il a été démontré que plus on s'approche de la pulpe, plus la dentine est naturellement molle (49).

Les trois niveaux de prévention

Le concept de prévention a beaucoup évolué au fil des années, et de nos jours, il y a trois catégories de prévention. Il est donc essentiel de définir ces trois catégories afin d'être en mesure de distinguer la subtilité qui distingue les unes des autres (50).

- Prévention primaire : Elle survient avant l'apparition de la maladie. Elle tend donc à prévenir son apparition. Pour ce faire, dans le cas de la carie dentaire, ce niveau de prévention repose sur les principes d'éduquer le patient sur l'importance d'avoir une hygiène bucco-dentaire adéquate, sur l'exposition des dents au fluorure, et sur une diète la moins cariogène possible. En jouant sur ces facteurs, on prévient ainsi l'apparition de la carie dentaire.
- Prévention secondaire : À ce niveau-ci de prévention, la maladie est déjà apparue et on essaie de réduire son impact sur l'individu. Ceci peut être réalisé à travers différentes stratégies. D'une part, il faut chercher à détecter et à traiter les lésions carieuses aux stades débutants afin de ralentir ou stopper leur progression. En d'autres mots, il s'agit de poser des actions thérapeutiques en présence de maladie. D'autre part, il faut

également éduquer le patient afin que ses agissements futurs maximisent les effets de nos actions thérapeutiques et pour prévenir de nouveaux épisodes de carie dentaire.

- Prévention tertiaire : Cette dite prévention est davantage associée à du curatif que du préventif. Effectivement, nous sommes en situation de prévention tertiaire lorsque la maladie est présente et qu'elle est à un stade avancé. À ce stade, elle peut causer préjudice à la qualité de vie du patient et nous tentons de traiter la maladie afin de diminuer les symptômes causés par cette dernière. Dans le cas de la carie dentaire, il s'agit des caries cavitaires et elles nécessitent des obturations afin d'apaiser les symptômes (i.e. douleur ou sensibilité), de rendre les surfaces affectées autonettoyantes et pour améliorer la fonction masticatrice du patient.

Il est à noter que ces trois concepts dépendent beaucoup du seuil établi pour confirmer la présence de maladie. En effet, si notre conception de carie est associée uniquement aux stades où il y a cavitation, alors tous les stades précédents sont reliés à un état sain. De la même façon, des scellants de puits et fissures peuvent être un moyen de prévention primaire lorsqu'appliqués sur des dents saines mais à risque de carie, mais peuvent également être un moyen de prévention secondaire lorsqu'employés sur des dents cariées afin de contrôler la progression de la maladie.

Les différentes représentations du processus carieux

Modèle de Keyes

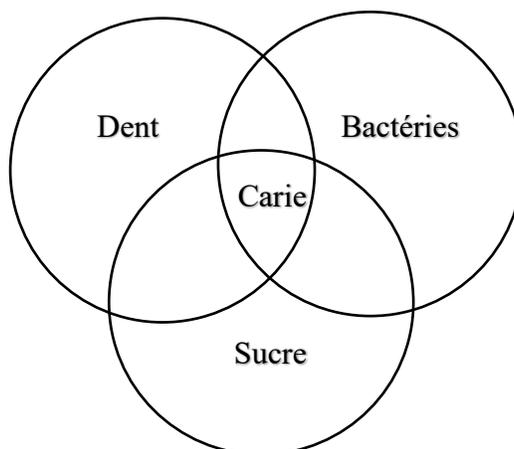


Figure 1: Représentation schématique du Modèle de Keyes

Adaptée de (51) avec la permission de l'éditeur (sans numéro d'autorisation)

Ce modèle est le modèle le plus simplifié et possède une représentation élémentaire de la carie dentaire. En effet, il s'agit du modèle comprenant le moins de facteurs explicatifs du processus carieux. Il n'y a que trois éléments dans ce modèle : l'individu et sa susceptibilité (i.e. salive et dent), la microflore spécifique et le sucre fermentescible (52). Pour qu'une carie se développe, il est essentiel que ces trois facteurs soient présents de façon simultanée. Si l'un de ces éléments est absent, le processus carieux ne pourra s'enclencher. Pour ce qui est du premier élément, il faut savoir que tous les êtres humains ne sont pas tous égaux face à la carie dentaire; certains individus sont plus susceptibles que d'autres dû, par exemple, à l'acidité de leur salive ou de son effet tampon (53, 54). Aussi, si aucune dent n'est présente en bouche, le processus carieux ne pourra pas s'enclencher car aucune surface minérale n'est présente dans la cavité buccale. La microflore aussi joue un rôle primordial. Comme mentionné plus haut, pour qu'une lésion carieuse se développe, il est important que les bactéries faisant partie des colonisateurs primaires, soit les bactéries qui adhèrent à la PA (i.e. *Streptococcus mutans*), soient présentes en bouche (24). Finalement, si la surface dentaire est présente, que l'individu est susceptible, et qu'il y a la microflore spécifique, s'il manque le substrat énergétique nécessaire au métabolisme bactérien, une lésion carieuse ne pourra pas se développer. Le sucre fermentescible (terme utilisé pour un sucre qui peut entrer en fermentation) est donc le dernier élément essentiel du modèle de Keyes. Ce modèle offre une représentation étroite car il se base sur la prémisse que la carie dentaire est une maladie infectieuse. Si on explore cette avenue, il faut aborder les fameux postulats de Koch. Ce médecin a établi 4 postulats qui doivent tous être présents pour affirmer qu'un agent infectieux est la cause d'une maladie. Les postulats sont les suivants (55):

1. Le micro-organisme doit être présent en abondance dans tous les organismes souffrant de la maladie, mais absent des organismes sains.
2. Ce micro-organisme doit pouvoir être isolé et croître en milieu de culture pur (ne contenant que ce seul microbe).

3. Le micro-organisme cultivé doit déclencher la même maladie chez un animal de laboratoire sensible.
4. Le micro-organisme doit être à nouveau isolé du nouvel organisme hôte rendu malade puis identifié comme étant identique à l'agent infectieux original.

Il y a une composante infectieuse, certes, mais il s'agit d'une maladie plus complexe, qui est multifactorielle (56, 57). Ainsi, les thérapies uniquement antibactériennes ne sont pas efficaces dans le traitement de la carie dentaire. Par ailleurs, cette maladie ne suit pas les postulats de Koch par son aspect multifactoriel. Une des faiblesses de cette modélisation est qu'elle ne tient pas compte du facteur temporel dans l'établissement et la progression d'une lésion carieuse.

Modèle de Keyes modifié

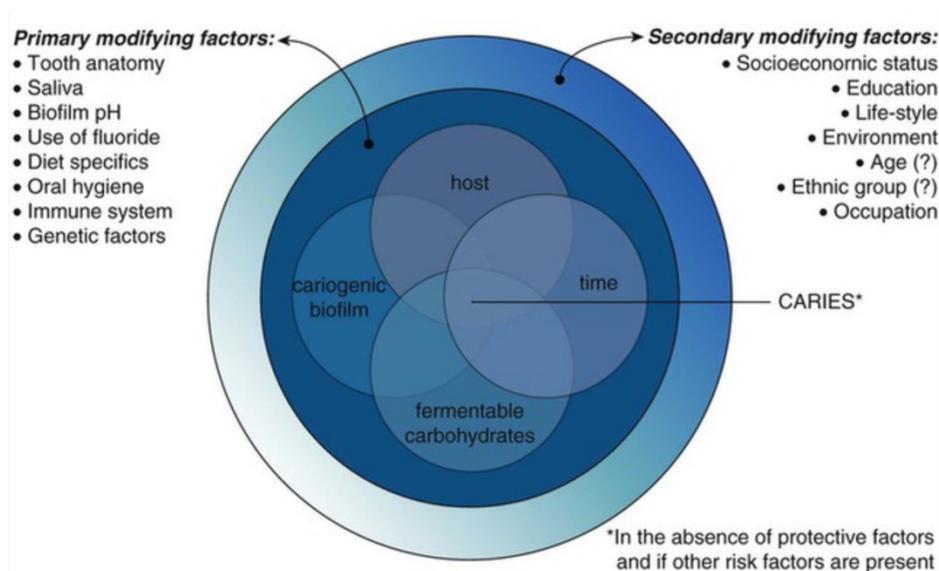


Figure 2 : Représentation schématique du modèle de Keyes modifié

Reproduit de (58) avec la permission de l'éditeur (sans numéro d'autorisation)

Ce modèle en forme de tétrade a été proposé par Newbrun pour tenir compte du temps dans le développement d'une lésion carieuse. Ainsi, en plus de la susceptibilité individuelle, la

microflore et la présence de sucre fermentescible, il y a l'ajout de la composante 'temps' (59). Newbrun a voulu ajouter cette variable car la carie dentaire est une maladie chronique et les signes et symptômes prennent du temps pour être détectés (60). En effet, le temps est un élément essentiel pour le développement du biofilm à partir de la colonisation initiale de la PA et pour la progression du processus carieux. Ce modèle est donc plus complet, mais il omet les facteurs en lien avec l'individu et en lien avec le monde qui entoure l'individu.

Modèle de Fejerskov et Manji

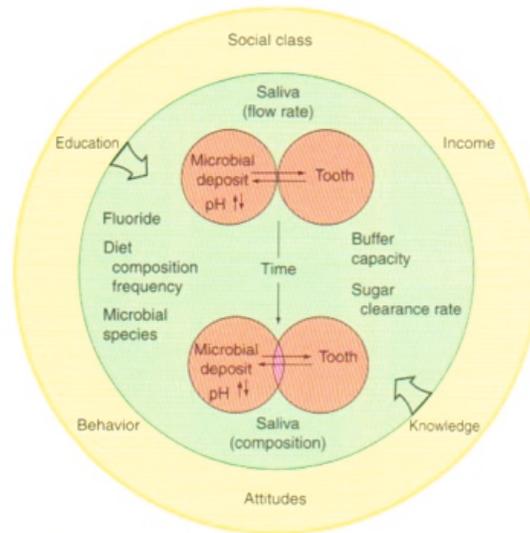


Figure 3 : Représentation schématique du modèle de Fejerskov et Manji

Reproduit de (61) avec la permission de l'éditeur (sans numéro d'autorisation)

Suite aux deux premiers modèles, et suite aux faiblesses de chacun, deux chercheurs, Fejerskov et Manji, élaborèrent ce modèle (61). Ce modèle tient beaucoup compte de l'influence du temps et du rôle de la perte d'un état d'équilibre dans l'initiation du processus carieux. En effet, ce modèle inclut la présence d'un biofilm en conditions normales. Ceci se rapproche beaucoup plus de la réalité que les deux autres modèles, car comme abordé plus tôt, la déposition d'un biofilm en surface de la PA est effectivement un phénomène physiologique en soi. Ce modèle présente donc cette interaction normale entre le dépôt bactérien et la dent, où il y a des

échanges d'ions et des fluctuations de pH dans le fluide du biofilm, mais qui se déroulent dans un contexte d'équilibre sans dépasser un seuil non-physiologique. Puis, on peut remarquer en bas du schéma, en rose, l'initiation du processus carieux lorsque cet état d'équilibre se voit brisé avec le temps. On peut également noter que cette interaction peut être conditionnée par des facteurs locaux buccaux (e.g. flot salivaire, apport en fluorure, capacité tampon de la salive, espèces bactériennes présentes, etc.), et aussi par des facteurs non-buccaux propres à l'individu, tels que le comportement, l'éducation, le savoir, le revenu, et la classe sociale (56).

Modèle CAMBRA

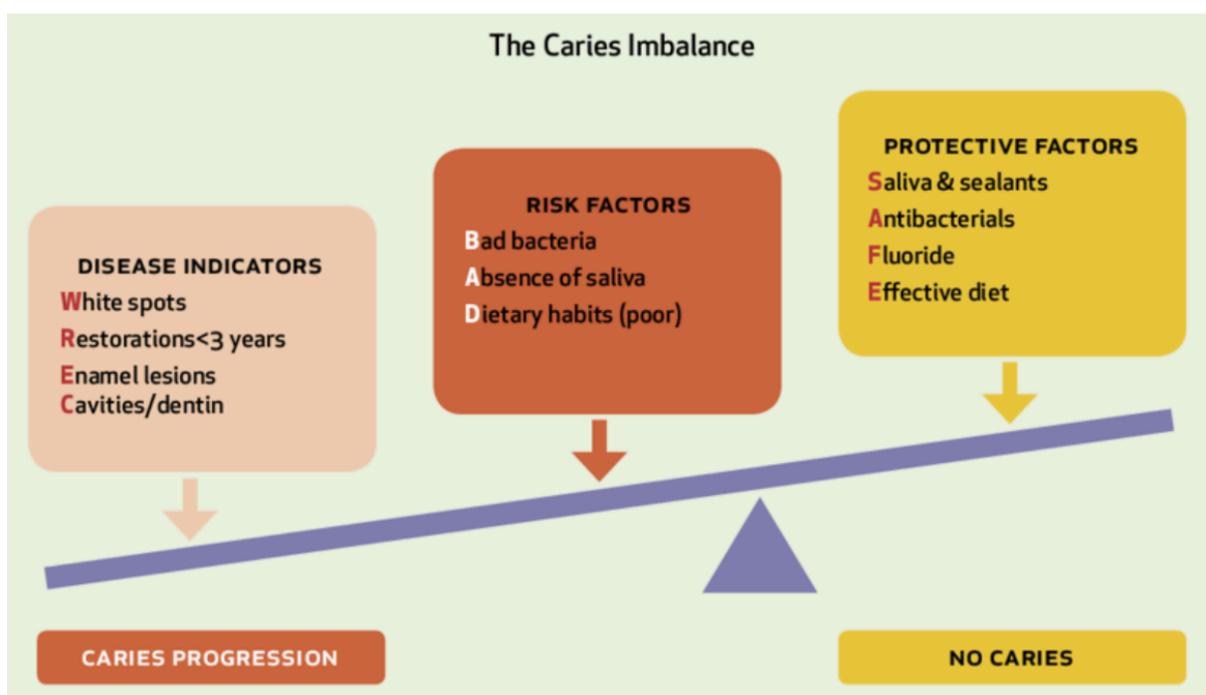


Figure 4 : Représentation schématique du modèle CAMBRA

Reproduit de (62) avec la permission de l'éditeur (sans numéro d'autorisation)

Cet autre modèle est une autre représentation qui s'apparente au modèle de Fejerskov et Manji, où l'on exprime le déséquilibre présent dans l'initiation et la progression du processus carieux. Il y a trois catégories de facteurs, les facteurs de risque, les facteurs protecteurs, ainsi que les indicateurs de maladie (62). L'équilibre ou le déséquilibre entre ces trois catégories

détermine si le processus carieux progresse, s'arrête ou fait marche arrière. Les facteurs protecteurs sont la salive et les scellants de puits et fissures, les antibactériens, le fluorure, et une diète équilibrée (i.e. ingestion de sucres fermentescibles moins de 3 fois par jour entre les repas). Les facteurs de risque, quant à eux, sont les bactéries cariogéniques, l'absence de salive et une diète riche en ingestion de sucres fermentescibles. Finalement, les indicateurs de maladie sont situés plus loin de la position d'équilibre que les facteurs de risque car leur présence a un impact plus grand sur la progression du processus carieux que les facteurs de risque en soi, à moins qu'une intervention thérapeutique soit entamée (63). Les indicateurs de maladie sont les zones blanches (*white spot lesions*), les restaurations vieilles de moins de trois ans, les lésions d'émail, les lésions cavitaires et les lésions affectant la dentine (visible sur des radiographies rétro-coronaires).

Les systèmes de classification de la carie dentaire

OMS Standard dichotomique

Ce système de notation était utilisé anciennement au niveau des enquêtes épidémiologiques de l'OMS (64, 65). C'est le système le plus simple qui puisse exister car il s'agit d'un système dichotomique; il n'y a que deux stades possibles de carie : la dent saine et la dent ayant une lésion carieuse cavitaire. Les caries sont donc considérées et mesurées seulement à partir d'un stade clinique avancé, sans considération d'une quelconque différence dans les sévérités.

OMS D1-D4

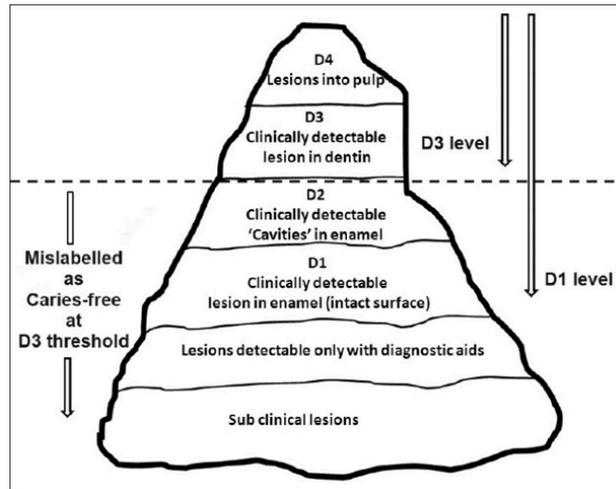


Figure 5: Iceberg de *Pitts*

Reproduit de (66) avec la permission de l'éditeur (numéro d'autorisation : 5047220975295)

Ce système est la mise à jour de l'ancien système dichotomique de l'OMS (67) et le précurseur de l'ICDAS. Il comprend quatre catégories de lésions carieuses, allant de D1 à D4, en plus d'une catégorie pour les lésions initiales subcliniques. Ce système est très souvent schématisé à l'aide de l'iceberg de *Pitts* (66). Cet iceberg est séparé en deux principales parties, la partie qui émerge de l'eau (la pointe de l'iceberg) et qui est donc visible, et la partie immergée. Ces deux sections représentent l'ancien système dichotomique où la partie émergée représente la dent avec une lésion carieuse cavitaire, et la partie immergée représente la dent saine. Cet iceberg est ensuite subdivisé en six sous-sections qui représentent les différents stades de sévérité. La pointe de l'iceberg regroupe deux différents stades de sévérité soit la lésion atteignant la pulpe (D4), et la lésion cavitaire (D3). La partie immergée de l'iceberg, qui était diagnostiquée erronément comme dent saine, comprend en fait quatre différents stades de sévérité moins sévères que ceux de la pointe de l'iceberg. Il y a d'abord les cavités d'émail cliniquement détectables, soit les microcavités, et les ombres dentinaires (D2). Ensuite, il y a les lésions d'émail cliniquement détectables, avec une surface intacte, soit les lésions non-cavitaires (D1). Puis, il y a les lésions cliniquement indétectables, soit les lésions détectables uniquement à l'aide d'aides diagnostics et les lésions subcliniques. Le principal avantage avec

ce nouveau système est que le seuil de détection est amélioré. Effectivement, on peut détecter des lésions qui ne pouvaient pas être diagnostiquées auparavant avec le système dichotomique, soit les lésions micro-cavitaires et les ombres dentinaires, ainsi que les lésions non-cavitaires (65).

Évaluation radiologique de la sévérité des lésions carieuses

La radiographie (rétro-coronaire) est une aide diagnostique très utile en cariologie pour confirmer ou aider à allouer un stade de sévérité à une lésion carieuse (68, 69). En effet, elle permet d'estimer la profondeur de la déminéralisation associée au processus carieux, une dimension du diagnostic qui n'est pas possible de déterminer visuellement lors de l'examen clinique. Keenan et al. ont réalisé une méta-analyse regroupant 117 études (13 375 dents, 19 108 surfaces), soit 24 *in-vivo*, et 93 *in-vitro*, en lien avec la précision des radiographies dentaires dans la détection de la carie dentaire (70). D'abord, il faut mentionner que la précision tient compte de deux paramètres : la sensibilité et la spécificité. La sensibilité renseigne sur la proportion de positifs qui sont correctement identifiés (e.g. le pourcentage de dent cariées correctement identifiées comme cariées), alors que la spécificité informe sur la proportion de négatifs qui sont correctement identifiés (e.g. le pourcentage de dents non-cariées correctement identifiées comme saines) (71). Entre ces deux paramètres, la spécificité d'un test diagnostique est plus important que sa sensibilité. En effet, si un test n'est pas spécifique, c'est qu'il détecte beaucoup de faux positifs (i.e. des dents saines diagnostiquées comme cariées) entraînant un traitement non nécessaire sur des dents saines. À l'inverse, si un test n'est pas sensible, il y a aura quelques faux négatifs (i.e. des dents cariées identifiées comme saines), mais la conséquence est moins grave car on peut toujours traiter ces dents plus tard lorsqu'elles seront correctement diagnostiquées. Pour revenir à l'étude, la conclusion est que la précision de l'évaluation radiologique est élevée pour les lésions proximales et les caries de dentine, par contre pour les caries débutantes, il faut adjoindre d'autres méthodes de détection plus sensibles. Il faut noter que dans leur méta-analyse, aucune étude ne fait mention des lésions cavitaires occlusales. Pour ce qui a trait à l'activité carieuse, afin d'évaluer si la lésion progresse ou pas, il faut comparer deux radiographies rétro-coronaires prises suite à un certain intervalle de temps. La classification radiologique de la profondeur des lésions carieuses est la suivante (72).

Tableau 1: Les stades radiologiques de sévérité des lésions carieuses et leur description

Description de la lésion carieuse			
Sévérité des lésions carieuses	0	0	Absence de radioclarité
	RA (stades initiaux)	RA1	Radioclarité située dans la moitié externe de l'émail
		RA2	Radioclarité située dans la moitié interne de l'émail, pouvant atteindre la jonction énamo-dentinaire (JED)
		RA3	Radioclarité située dans le tiers externe de la dentine
	RB (stades modérés)	RB4	Radioclarité atteignant le tiers moyen de la dentine
	RC (stades sévères)	RC5	Radioclarité atteignant le tiers interne de la dentine, et cliniquement cavitaire
		RC6	Radioclarité affectant la chambre pulpaire, et cliniquement cavitaire

ICDAS

Jusqu'à l'élaboration de ce système de détection de la carie, la plupart des systèmes considéraient exclusivement ou majoritairement les lésions cavitaires comme étant des lésions carieuses; la plupart des lésions non-cavitaires étaient souvent diagnostiquées de façon erronée comme des dents saines, entraînant ainsi une sous-estimation des lésions carieuses (65). Il y avait donc un besoin criant de concevoir un système de détection assez sensible pour répertorier

les stades débutants du processus carieux, soit les lésions non-cavitaires (73). L'autre problématique est qu'il y a eu tellement de systèmes de détection qui ont été conçus et qu'ils ont recours à des critères diagnostics différents, tels que l'image histologique, ou l'activité carieuse (74, 75). Il y avait donc aussi un besoin de créer un système basé sur des données probantes qui permettrait de standardiser la détection et le diagnostic de la carie dentaire afin d'uniformiser cet aspect de la pratique clinique. C'est suite à cela que le système ICDAS (*the International Caries Detection and Assessment System*) est né. Il a été développé suite aux connaissances soutirées d'une revue systématique de la littérature sur les systèmes de détection de la carie et d'autres publications (76-78). Ce système est basé sur une inspection des surfaces dentaires, et une sonde peut être utilisée afin de confirmer la présence de cavitation. Un des avantages de ce dernier est qu'il ne nécessite pas un armementarium important; il suffit d'avoir une lumière afin de bénéficier d'un éclairage adéquat, une sonde avec un bout arrondi (e.g. la sonde OMS), un pistolet air-eau pour assécher les dents avec de l'air comprimé, un miroir, et un moyen pour nettoyer la surface des dents (e.g. une brosse à dent ou une cupule à prophylaxie) (73). Il est primordial de s'assurer que les dents soient propres et sèches avant le début de l'inspection visuelle-tactile. En effet, une surface non-nettoyée peut sembler saine alors qu'une carie active peut être cachée sous la plaque, entraînant un faux-négatif. Être en présence de dents asséchées est également important dans le diagnostic des caries débutantes. Effectivement, l'eau s'immisce dans les pores retrouvés entre les bâtonnets d'émail et les obstrue, causant une similarité dans les index de réfraction de la lumière de la dent et de l'eau, cachant par le fait-même les lésions blanches initiales. La sonde est utilisée afin d'enlever les excédents de plaque et de débris sur les surfaces dentaires et aussi pour apprécier tactilement le relief des surfaces, la présence de micro-cavités et la présence de scellants de puits et fissures. L'usage préférentiel de la sonde ayant un bout arrondi par rapport à l'explorateur peut être expliqué par plusieurs raisons. D'abord, les explorateurs sont à éviter car ils peuvent causer des défauts traumatiques et favoriser la progression de la carie; une carie non-cavitaire peut devenir cavitaire à cause du trauma causé par l'explorateur (79-81). Deuxièmement, l'utilisation d'un explorateur peut causer un transfert de bactéries d'une fissure à une autre (82). Troisièmement, un explorateur qui accroche dans un sillon n'est pas nécessairement synonyme de lésion carieuse, car il cet accrochage peut seulement être dû à une morphologie particulière d'un sillon non-carié (83). Quatrièmement, il a été prouvé que l'utilisation d'un explorateur par rapport à une sonde

n'améliore pas la précision du diagnostic (84-86). D'ailleurs, l'inspection tactile en soi à l'aide de quelconque instrument n'est pas indispensable au diagnostic de la carie. En effet, les critères visuels à eux seuls sont bien corrélés à la profondeur histologique des lésions (74). Pour revenir au système de détection, il comporte trois composantes, soit la détection de la lésion (présence ou absence de la maladie), l'évaluation de sa gravité et de sa sévérité (les stades de l'ICDAS), ainsi que l'évaluation de son activité (lésion active ou inactive). Le système ICDAS classe les lésions carieuses sur une échelle de 0 à 6, en fonction de l'état de sévérité.

Les stades de sévérité des lésions carieuses

Code 0 : Surface dentaire saine

- Il n'y a aucune évidence de lésion carieuse, même après assèchement de la dent pendant cinq secondes (73). Par contre, il est possible qu'il y ait un processus non-carieux sous-jacent, tel que des taches extrinsèques ou des taches intrinsèques (87-89). Les taches extrinsèques peuvent inclure la coloration liée au tabagisme, ou à la consommation de thé, de café ou de vin rouge, l'utilisation de suppléments à base de fer et l'utilisation de rince-bouche. Les taches intrinsèques, quant à elles, peuvent être dues à la prise de tétracycline ou de minocycline, à une coloration grisâtre causée par un amalgame à proximité, et par de la nécrose pulpaire. Les surfaces dentaires peuvent aussi être affectées de défauts développementaux, tels que la fluorose dentaire, l'hypoplasie amélaire, et l'usure dentaire (i.e. attrition, abrasion, érosion et abfraction). L'examineur doit être en mesure de pouvoir distinguer une lésion associée à un processus carieux d'une lésion non-carieuse.

Code 1 : Premiers changements visuels à la surface de l'émail

- Lorsque l'inspection se fait sur des dents mouillées, il n'y a pas d'évidence de lésions carieuses. Par contre, suite à un assèchement de cinq secondes, il y a une opacité ou une décoloration de couleur blanchâtre ou brunâtre qui se révèle (73).

Au niveau des surfaces occlusales, cette coloration est confinée au fond du sillon seulement. Un code 1 peut aussi être noté sur une dent mouillée lorsque la coloration au niveau occlusal est localisée au fond du sillon uniquement. Une autre situation particulière est lorsqu'on est en présence d'une lésion débutante qui s'étend au-delà du fond d'un puit ou d'une fissure (normalement associé à un code 2) mais qui est visible uniquement après assèchement. Dans ce cas-là, le fait que la lésion soit visible uniquement après assèchement a préséance sur l'étendue de la lésion et il s'agit d'un code 1.

Code 2 : Changements visuels distincts à la surface de l'émail

- La lésion carieuse peut être notée à partir d'une surface mouillée (73). Elle est sous la forme d'une opacité ou d'une décoloration blanchâtre ou brunâtre qui, au niveau d'une surface occlusale, surpasse le fond du sillon et s'étend vers les versants des cuspides. Évidemment, la lésion doit encore être visible lorsque la surface dentaire est asséchée.

Code 3 : Micro-cavité sans ombre dentinaire

- Il y a une cavité localisée au niveau de l'émail, sans dentine exposée. Cette micro-cavité peut être confirmée tactilement à l'aide d'une sonde PSR. En effet, il est possible de sentir tactilement la discontinuité au niveau de l'intégrité de l'émail. La boule de la sonde ne doit pas pouvoir pénétrer complètement à l'intérieur de la microcavité, ni en profondeur, ni en largeur; la microcavité doit donc être plus petite que 0.5mm de diamètre. Il est important de préciser que la dentine ne doit aucunement être exposée. Le cas échéant, il s'agit d'un code 5 ou 6, même si les dimensions sont de moins de 0.5mm. En effet, la dentine exposée a préséance sur les dimensions de la microcavité (90).

Code 4 : Ombre dentinaire sous-jacente, avec ou sans micro-cavité

- Il y a une ombre visible au travers d'un émail intact ou micro-cavitaire, provenant de la dentine cariée décolorée (73). Cette ombre est souvent plus facile à discerner lorsque la dent est mouillée, car en l'asséchant, il y a un risque de rendre l'émail trop opaque et dissimuler cette ombre. L'ombre peut apparaître grisâtre, noirâtre, bleutée, ou brunâtre. Il est important de s'assurer qu'elle provienne bel et bien d'un processus carieux ayant débuté sur la surface de la même dent et non pas une réflexion d'une lésion carieuse se développant sur une dent adjacente. Il faut aussi faire attention car un code 4 peut également être mal diagnostiqué à cause des restaurations en amalgame. En effet, ces dernières peuvent transmettre une couleur bleutée ou grisâtre à la dent via la pénétration et la diffusion de petites particules d'amalgame au fil des années.
- Il est important de savoir qu'histologiquement la lésion carieuse n'est pas nécessairement plus profonde pour un code 4 par rapport à un code 3 (73). En effet, la visibilité d'une ombre dentinaire dépend d'une part de la profondeur, mais dépend également des propriétés de l'émail sus-jacent. Par exemple, l'émail associé à une dent primaire est habituellement plus translucide et plus mince, conséquemment une décoloration au niveau de la dentine pourra être observé avant la formation d'une micro-cavité.

Code 5 : Cavité avec dentine exposée

- Il y a une cavitation franche au niveau de l'émail qui expose la dentine. Cette cavitation doit avoir une superficie moindre que la moitié de la surface dentaire impliquée (73). Il peut être pertinent d'assécher la dent, car parfois lorsque la dent est inspectée alors qu'elle est encore mouillée, on peut confondre la décoloration affectant la dentine pour une ombre dentinaire. Mais lorsqu'on assèche la dent, on peut alors remarquer qu'il y a une perte d'intégrité de l'émail, exposant ainsi la dentine cariée. La sonde PSR peut être employée afin de confirmer que la cavité s'étend jusqu'à la dentine et non pas uniquement

superficiellement au niveau de l'émail. En règle générale, pour une surface occlusale, au niveau des puits et sillons, l'épaisseur de l'émail se situe entre 0.5 et 1.0 mm (90). Ainsi, si la boule entre au complet, nous nous situons très probablement dans de la dentine cariée. Il est important de noter que la dentine pulpaire profonde ne devrait pas être sondée, car il y a des risques de causer des dommages à la pulpe.

Code 6 : Cavité extensive avec dentine exposée

- Il s'agit également d'une cavité franche exposant la dentine, mais la superficie de la cavité est plus grande que pour le code 5. Un code 6 est possible dans deux cas de figure; soit la cavité implique au moins la moitié de la surface dentaire associée ou la lésion carieuse s'étend jusqu'à la pulpe.

Les caries de racine

La classification de la sévérité des caries de racine s'apparente à celle des caries affectant la couronne anatomique. La différence principale est qu'il n'y a pas d'émail au niveau des racines; la dentine est recouverte uniquement d'une mince couche de cément, qui a une épaisseur variant de 0.05 à 0.6mm en fonction de l'âge et d'où on se situe au niveau de la racine (91). Ainsi, dans la classification des caries de racine, il n'y a pas d'analogue des micro-cavités; soit la lésion carieuse est cavitaire ou elle ne l'est pas. Concernant la localisation des caries de racine, quoiqu'elles puissent être observées partout au niveau de la surface radiculaire, elles sont principalement observées au niveau de la jonction énamo-cémentaire (JEC), soit à la jonction entre la couronne anatomique et la racine. Au sujet de leur activité, elle est déterminée en fonction de la couleur de la lésion carieuse; les lésions actives ont été décrites comme des lésions jaunâtres ou brun pâle alors que les lésions inactives ont été associées aux colorations davantage foncées. Cependant, dans des études ultérieures, la couleur a été démontrée comme n'étant pas un critère fiable (92). Également, selon une conférence de consensus du *National Institutes of Health* (NIH) concernant le diagnostic et la gestion des caries dentaires, il a été conclu qu'il n'y

a pas suffisamment de données probantes par rapport à la validité des systèmes de diagnostic clinique des caries de racine (93). Pour ce qui est des stades de sévérité des lésions carieuses, un score est attribué pour chaque surface radiculaire (buccale, linguale, mésiale et distale).

Les stades de sévérité des caries de racine

Code E : Exclusion de la surface radiculaire

- Lorsque la surface radiculaire ne peut pas être observée directement car elle n'est pas exposée en bouche, elle est alors exclue. En ce qui concerne les surfaces recouvertes de tartre, ce dernier peut soit être enlevé à l'aide de curettes ou d'un cavitrion, ou ces surfaces peuvent être exclues (90).

Code 0 : Racine saine

- La racine est considérée comme saine dans deux situations. Tout d'abord, lorsqu'il n'y a pas de décoloration discordante des autres surfaces de la même racine ou d'une racine adjacente. La racine est également saine lorsqu'il n'y a pas de défaut de surface relié à un processus carieux. Par contre, s'il y a présence d'une perte de continuité de surface mais à cause d'un phénomène non carieux, comme l'érosion ou l'abrasion, il s'agit tout de même d'un code 0 (73).

Code 1 : Lésion initiale (non-cavitaire)

- Il y a une lésion de coloration blanchâtre, brunâtre ou noirâtre sur la surface radiculaire ou au niveau de la JEC mais en absence de cavitation. Une lésion est considérée cavitaire lorsque son diamètre est plus grand que 0.5mm (73). Ainsi, en cas de doute, il est pertinent de se servir de la sonde afin de constater si elle pénètre entièrement dans la cavité ou pas. En bref, si une lésion carieuse comporte une perte de contour de moins de 0.5mm, il s'agit quand même d'un code 1.

Code 2 : Lésion modérée/extensive (cavitaire)

- Il y a présence d'une lésion de coloration blanchâtre, brunâtre ou noirâtre sur la surface radiculaire ou au niveau de la JEC, en présence de cavitation (90). Il y a donc une perte de contour de 0.5mm ou plus.

Les caries associées aux restaurations et aux scellants (CARS)

Ces caries sont des caries secondaires, et les stades de sévérités sont régis par les mêmes principes que pour les caries primaires. Les codes vont donc également de 0 à 6, et ce sont les mêmes critères diagnostics qui sont utilisés. Par contre, tout comme pour les caries de racine, il y a trop peu d'évidences scientifiques et d'études concernant les caries secondaires (94). L'ICDAS a instauré également un système de codification à deux chiffres permettant d'informer de la présence de restauration ou de scellant, via le premier chiffre, et du stade de sévérité de la lésion carieuse grâce au deuxième chiffre (73) :

- 0 = Surface non restaurée ni scellée
- 1 = Scellant partiel
- 2 = Scellant complet
- 3 = Restauration esthétique (de la même couleur que la dent)
- 4 = Restauration en amalgame
- 5 = Couronne en acier inoxydable
- 6 = Porcelaine, or, couronne céramo-métallique ou facette
- 7 = Restauration perdue ou défectueuse
- 8 = Restauration temporaire
- 9 = Utilisé pour les situations suivantes (accompagné d'un 6, 7, 8 ou 9) :
 - o 96 = Surface dentaire inexaminable (surface exclue)

- 97 = Dent manquante pour cause de caries (appliquer le code pour toutes les surfaces de la dent manquante)
- 98 = Dent manquante pour une cause non carieuse (appliquer le code pour toutes les surfaces de la dent manquante)
- 99 = Dent non-éruptée (appliquer le code pour toutes les surfaces de la dent manquante)

Corrélation entre les codes de l'ICDAS et la classification histologique de Ekstrand

Les stades de sévérité des lésions carieuses ont été établis entre autres en fonction de la profondeur histologique de ces dernières à travers les tissus dentaires (classification de Ekstrand et al., 1997) (74). Il y a donc une certaine correspondance entre les changements histologiques et l'apparence clinique des lésions (les codes de l'ICDAS); chaque stade clinique peut ainsi être associé à un stade histologique.

Les codes de la classification histologique de Ekstrand sont les suivants :

- 0 = pas de déminéralisation au niveau de l'émail
- 1 = déminéralisation de l'émail limitée à la moitié externe de l'épaisseur de l'émail
- 2 = déminéralisation impliquant la moitié interne de l'émail jusqu'au tiers externe de la dentine
- 3 = déminéralisation impliquant le tiers moyen de la dentine
- 4 = déminéralisation impliquant le tiers interne de la dentine

La correspondance qui peut être faite avec le système ICDAS est la suivante:

- 0 = ICDAS 0
- 1 = ICDAS 1
- 2 = ICDAS 2
- 3 = ICDAS 3 et 4
- 4 = ICDAS 5 et 6

L'évaluation de l'activité de la lésion carieuse

L'évaluation de l'activité d'une lésion carieuse est une autre composante du système de détection de l'ICDAS. Il s'agit d'une composante à considérer de façon attentive car la prise en charge dépend étroitement de l'activité de la lésion (72). Effectivement, le traitement d'une lésion carieuse active et celui d'une lésion inactive est différent tel que ce sera décrit plus loin dans le texte. Plusieurs critères sont considérés et notés, puis un état d'activité est établi en prenant en considération l'ensemble des critères. Parmi ces derniers, il y a la présence ou l'absence de biofilm au niveau de la surface dentaire, la localisation de la lésion par rapport à la gencive libre (pour les caries de surfaces lisses), le lustre et la texture de la surface cariée par rapport au reste de la dent, et la couleur de la lésion carieuse (critère le moins discriminant). Voici les différentes caractéristiques associées aux lésions actives et aux lésions inactives (72):

Lésion active :

- Recouvertes par un biofilm bactérien (zone de stagnation de la plaque)
- Localisation : À proximité de la gencive
- Lustre : Perte de lustre (mat)
- Texture de l'émail : rugueux
- Texture de la dentine : molle ou consistance cuir
- Couleur: blanchâtre, jaunâtre, brun clair

Lésion inactive :

- Non recouvertes par un biofilm bactérien
- Localisation : À une certaine distance de la gencive
- Lustre: Les lésions sont brillantes
- Texture de l'émail : lisse
- Texture de la dentine : dure
- Couleur: blanche ou plus foncée qu'une lésion active

Prise en charge des lésions carieuses

A. Plan de traitement préventif personnalisé

Afin d'établir un plan de traitement personnalisé pour chaque patient, il est important de commencer par catégoriser chaque patient en fonction de son niveau de risque carieux. Cette catégorisation permet d'attribuer une valeur prédictive du développement futur de caries dentaires. L'ICCMS™ (the International Caries Classification and Management System) suggère de classer chaque patient en risque faible, modéré ou élevé en fonction d'une évaluation globale de quatorze facteurs de risques (95) :

- La radiation au niveau de la tête et du cou
- L'histoire médicale et la perception du patient d'une bouche sèche
- L'hygiène bucco-dentaire
- L'exposition à du fluorure topique
- La consommation de collations et de boissons sucrées
- L'assiduité dans la fréquence dans les visites chez le dentiste
- Le statut socio-économique
- Les expériences de caries chez la mère
- La présence de lésions carieuses actives
- L'hyposalivation
- L'expérience de caries + l'indice PUFA
- L'accumulation de plaque en bouche
- La présence de racines exposées
- Le port d'une prothèse

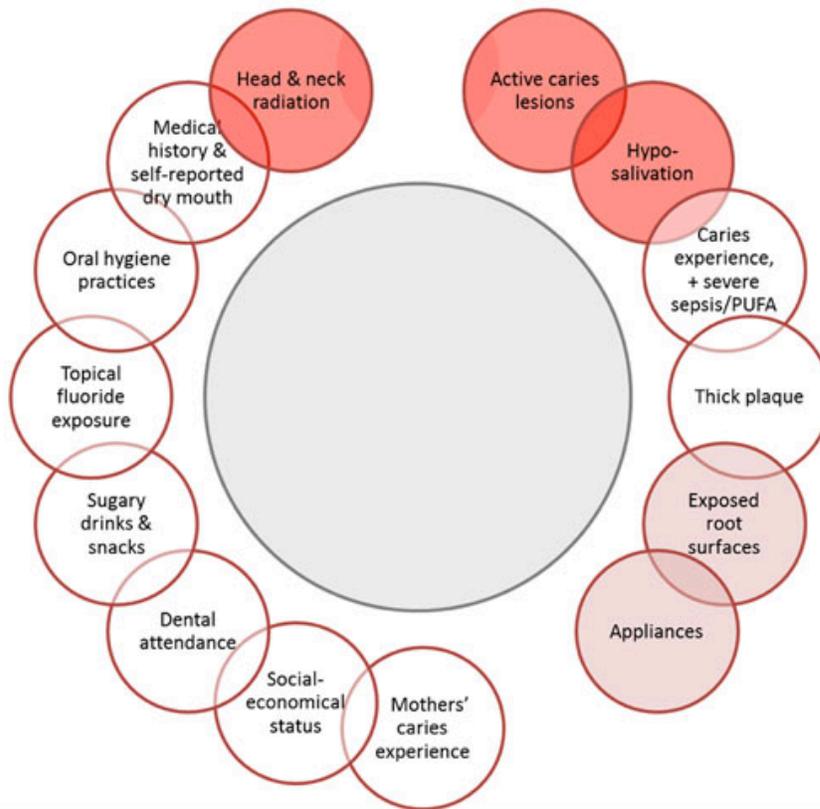


Figure 6: Les facteurs de risques carieux

Reproduit de (72) (image libre d'accès : CC BY 4.0)

Parmi tous ces facteurs, il y en a cinq qui placent automatiquement le patient dans la catégorie de risque élevé, soit la radiation au niveau de la tête et du cou, la présence de lésions carieuses actives, l'hyposalivation, la présence de racines exposées et le port de prothèses. Un patient est également à haut risque si on peut lui attribuer plusieurs des autres facteurs. La catégorie de risque faible, quant à elle, est attribuée aux patients qui sont exposés à aucun facteur de risque élevé et qui ont plusieurs facteurs protecteurs. La catégorie modérée est attribuée aux patients qui se situent entre les deux extrêmes. Cette évaluation du risque carieux dépend donc du jugement clinique du praticien. Il est pertinent de souligner que la validité prédictive de cet outil est pauvre selon une étude menée par Tellez et al (95).

Ensuite, en fonction du niveau de risque carieux et de l'activité carieuse chez le patient, il est possible d'attribuer une cariosusceptibilité, qui elle permettra d'établir un plan de traitement préventif personnalisé. La relation entre ces deux variables est décrite dans le tableau ci-après, provenant du Guide ICCMS™ pour les praticiens et les enseignants (96).

Tableau 2: Les différents niveaux de cariosusceptibilité en fonction du niveau de risque carieux et de l'activité carieuse selon l'ICCMS™

		Activité carieuse à l'échelle du patient		
		Absence de lésion carieuse active	Lésion carieuse active initiale	Lésion carieuse active modérée ou étendue
Niveau de risque	Risque faible	Faible cariosusceptibilité	Cariosusceptibilité modérée	Cariosusceptibilité modérée
	Risque modéré	Faible cariosusceptibilité	Cariosusceptibilité modérée	Forte cariosusceptibilité
	Risque élevé	Cariosusceptibilité modérée	Forte cariosusceptibilité	Forte cariosusceptibilité

Finalement, pour ce qui est du plan de traitement préventif personnalisé en fonction de la cariosusceptibilité du patient, il est composé d'une portion à domicile et d'une portion au cabinet dentaire comme noté dans les deux tableaux suivants provenant du même guide (96).

Tableau 3: Composantes du plan de traitement préventif à domicile en fonction de la cariosusceptibilité du patient

Faible cariosusceptibilité	Cariosusceptibilité modérée	Cariosusceptibilité élevée
Brossage 2x/jour avec un dentifrice fluoré (≥1000ppm)		
Modification des habitudes d'hygiène orale		
Prescription de rince-bouche fluorés		

Tableau 4: Composantes du plan de traitement préventif au cabinet dentaire en fonction de la cariosusceptibilité du patient

Faible cariosusceptibilité	Cariosusceptibilité modérée	Cariosusceptibilité élevée
Conseils d'hygiène et planification de visites de rappel en fonction du risque		
	Pose de scellants	
	Application de vernis fluorés 2x par an	
	Gel fluoré ou rince-bouche fluoré (2% NaF)	
	Visites de rappel aux 3 mois maximum : nettoyage et application topique de fluorure sur les lésions actives	
	Entrevue motivationnelle	
	Recommandations alimentaires	
	Gestion de l'hyposalivation d'origine médicamenteuse	
	Limiter la prise de drogues à usage récréatif	
		Augmenter l'application de vernis fluorés à 4x par an
		Application topique de fluorure et conseils alimentaires (réduction de la quantité et de la fréquence en apport en sucre)

B. Gestion des lésions carieuses

Ce qui est très utile avec l'ICCMS™ est qu'une prise en charge des lésions carieuses est proposée en fonction du code associé à la lésion carieuse. Ainsi, le dentiste ne se retrouve pas face à une zone grise lorsque vient le temps de traiter une lésion carieuse. En fonction du stade (A, B ou C), et de l'activité de la lésion carieuse (active/inactive), il y a des options de traitement qui sont suggérées (72). Voici les différentes prises en charge possibles telles que retrouvées dans le guide ICCMS™ pour les praticiens et enseignants (96).

Tableau 5: La prise en charge d'une lésion carieuse en fonction de la sévérité et de l'état d'activité

Prise en charge			
Sévérité de la lésion et état d' activité	Code A	Actif	Peu importe l'emplacement : <ul style="list-style-type: none"> - Application topique de fluorure au cabinet dentaire - Améliorer l'hygiène orale (avec dentifrice fluoré) - Nettoyage prophylactique professionnel - Prescrire un dentifrice contenant davantage de fluorure (au besoin) - Pose de scellants à base de résine ou de verre ionomère
		Inactif	Pas de traitement spécifique
			Actif

	Code B		Puits et fissures : - Traitement restaurateur ultra-conservateur Surfaces lisses : - Traitement restaurateur ultra-conservateur
		Inactif	Puits et fissures : - Aucun traitement spécifique En région interproximale et pour les surfaces lisses: - Traitement restaurateur ultra-conservateur pour des raisons esthétiques
	Code C	Actif	Peu importe l'emplacement : - Traitement restaurateur ultra-conservateur
		Inactif	Puits et fissures : - Traitement restaurateur ultra-conservateur si la lésion constitue une zone de rétention de plaque ou si esthétique inacceptable En région interproximale et pour les surfaces lisses : - Traitement restaurateur ultra-conservateur

Simplification de l'ICDAS pour la pratique clinique

Il est important de se rappeler de la raison derrière la création de l'ICDAS. En effet, ce système existe afin de répondre à un besoin qui existait parmi les différents praticiens, soit une discordance dans la détection et le diagnostic de la carie dentaire (73). L'essence même de l'ICDAS était donc de standardiser ces deux éléments afin d'uniformiser cet aspect de la

pratique clinique. Ainsi, quoiqu'il y ait sept stades dans la classification de la sévérité de la carie (6 stades + le stade 0), il est irréaliste de s'imaginer que les praticiens veuillent intégrer cette classification complexe, où il est parfois ardu de distinguer des codes contigus entre eux. Par exemple, pour un sillon carié, il est laborieux au premier coup d'œil de discerner si la lésion carieuse est localisée au fond du sillon ou si elle s'étend jusqu'aux versants. Par contre, s'il y a une micro-cavité au fond du sillon, elle sera constatée rapidement à l'aide d'une sonde. Ainsi, l'ICDAS a été adapté et simplifié pour la pratique clinique en regroupant les codes 1 et 2 ensemble pour former le code A, les 3 et 4 pour le code B, et les codes 5 et 6 pour constituer le code C (90). Il y a donc 3 codes (A, B, C) et le code sain (0). Les jumelages ont été établis en se basant sur la correspondance histologique des différents stades carieux (74). Les codes 1 et 2 ont été jumelés ensemble car dans les deux cas, il s'agit de carie débutante. En effet, la déminéralisation est superficielle et se rend jusqu'au tiers externe de la dentine uniquement. Le code B, quant à lui, regroupe les stades 3 et 4 puis est associé aux lésions carieuses modérées car il implique une déminéralisation se rendant jusqu'au tiers moyen de la dentine. Finalement, le code C associe les stades 5 et 6 et représente les caries sévères. En effet, ces caries se rendent en profondeur dans la dentine et impliquent le tiers interne de la dentine.

Nyvad

Ce système, élaboré en 1999, se rapproche à plusieurs égards de l'ICDAS. Il est basé sur les mêmes principes, c'est-à-dire que c'est un système de détection visuel-tactile, et il renseigne sur l'état de sévérité ainsi que sur l'état d'activité carieuse. Tout comme pour l'ICDAS, il y a une forte corrélation entre les scores de sévérité du système Nyvad et la profondeur histologique de la lésion (97, 98). Dans ce système, la carie dentaire est décrite et subdivisée selon les dix codes illustrés dans le tableau qui suit (75):

Tableau 6: Les scores de sévérité du système Nyvad et les critères de détection associés

Score	Catégorie	Critères de détection
0	Surface saine	<ul style="list-style-type: none"> - Translucidité et texture normale de l'émail
1	Lésions actives (surface intacte)	<ul style="list-style-type: none"> - La surface de l'émail est blanchâtre/jaunâtre, opaque, avec une perte de lustre; tactilement rugueuse lorsque sondée; généralement recouverte de plaque - Pas de perte de substance dentaire cliniquement détectable - Au niveau des surfaces lisses : les lésions sont typiquement situées près de la gencive marginale - Au niveau des puits/fissures : la morphologie est intacte; la lésion s'étend le long des versants
2	Lésions actives (discontinuité de la surface)	<ul style="list-style-type: none"> - Mêmes critères que pour le code 1 - Défaut localisé dans la continuité de surface de l'émail (micro-cavité) - Absence d'émail non-supporté ou d'émail ramolli détectable avec un explorateur
3	Lésions actives (présence de cavité)	<ul style="list-style-type: none"> - Cavité (impliquant la dentine) facilement détectable à l'œil nu; tactilement la surface de la cavité semble molle ou de consistance 'cuir' lorsque sondée - L'atteinte pulpaire est possible
4	Lésions inactives (surface intacte)	<ul style="list-style-type: none"> - La surface de l'émail est blanchâtre/brunâtre ou noirâtre - L'émail peut être lustré, tactilement dur et lisse lorsque sondé

		<ul style="list-style-type: none"> - Pas de perte de substance dentaire cliniquement détectable - Au niveau des surfaces lisses : les lésions sont typiquement situées près de la gencive marginale - Au niveau des puits/fissures : la morphologie est intacte; la lésion s'étend le long des versants
5	Lésions inactives (discontinuité de la surface)	<ul style="list-style-type: none"> - Mêmes critères que pour le code 4 - Défaut localisé dans la continuité de surface de l'émail (micro-cavité) - Absence d'émail non-supporté ou d'émail ramolli détectable avec un explorateur
6	Lésions inactives (présence de cavité)	<ul style="list-style-type: none"> - Cavité (impliquant la dentine) facilement détectable à l'œil nu; sa surface peut être lustrée et tactilement semble dure lorsque sondée - Pas d'atteinte pulpaire
7	Obturation (surface saine)	<ul style="list-style-type: none"> - N.A
8	Obturation + lésions actives	<ul style="list-style-type: none"> - Les lésions carieuses peuvent être cavitaires ou non
9	Obturation + lésions inactives	<ul style="list-style-type: none"> - Les lésions carieuses peuvent être cavitaires ou non

Ce système a été conçu en 1999 pour pallier l'absence de système de détection prenant en considération la nature dynamique et évolutive de la maladie (75). Effectivement, avant ce système, aucune distinction n'était faite entre les lésions carieuses actives et inactives. Avec

l'arrivée de ce système, tout le continuum du développement des lésions carieuses, incluant les stades de sévérité est pris en considération. Ainsi, les critères du système Nyvad permettent de reproduire toutes les possibilités de transition d'une lésion carieuse qui peuvent survenir chez un patient avec le temps, soit de façon naturelle ou en réponse à une prise en charge de ladite lésion (99). En plus des stades de sévérité, le système Nyvad propose également une prise en charge en fonction de l'activité carieuse et du caractère auto-nettoyant ou non de la lésion dans le cas d'une carie active. L'ICDAS diffère du système Nyvad de deux façons. Tout d'abord, l'ICDAS simplifie les six différents stades de sévérité des lésions carieuses, en les regroupant en trois catégories uniquement : les caries débutantes, les caries modérées et les caries sévères (94). Ce faisant, la transposition de ce système dans la pratique clinique se voit facilitée, par rapport au système Nyvad et ses dix codes. La deuxième distinction est que le système Nyvad propose des suggestions de prise en charge en fonction de l'activité et du caractère auto-nettoyant d'une lésion carieuse alors que l'ICDAS ne le fait pas.

La concordance d'observation clinique

Comme décrit dans la section précédente, plusieurs systèmes de classification de la carie dentaire ont vu le jour, dans l'optique de mieux guider le clinicien dans son intervention thérapeutique. Ces systèmes, s'ils sont suivis à la lettre, permettraient théoriquement d'améliorer la concordance d'observation d'un clinicien à l'autre et ceci permettrait d'uniformiser la prise en charge associée. Ceci serait possible car ces systèmes représentent en fait des outils pratiques dans l'élaboration d'actions thérapeutiques réflexes face à un large éventail de scénarios cliniques, aussi appelé des scripts cliniques (100, 101).

Les scripts cliniques sont des scénarios, basés sur des connaissances théoriques et des connaissances expérientielles, qui ensemble, permettent d'accomplir des interventions thérapeutiques de façon efficiente. Dans la vie de tous les jours, les scripts sont des éléments omniprésents. Par exemple, dans le simple fait de conduire, il y a une multitude de scripts qui permettent aux conducteurs de réaliser cette activité sans nécessiter un effort mental soutenu. En effet, grâce à la théorie apprise lors des cours de conduite, et grâce à l'expérience acquise à force de conduire dans différents contextes (e.g. sur l'autoroute, dans une ville densément

peuplée, la nuit, le jour, l'hiver, etc.), conduire ne nécessite plus un effort mental aussi soutenu que lors des premières sorties en voiture et face à chaque situation différente, le conducteur est en mesure de réagir de la bonne façon quasi instinctivement.

Étant donné l'hétérogénéité parmi les cliniciens dans la détection de la carie dentaire et dans l'intervention thérapeutique associée, un système tel que l'ICDAS serait indiqué afin d'uniformiser le tout. En effet, ce dernier permettrait d'aider le clinicien dans la détection de la carie dentaire au-travers d'une classification claire et concise, et lui permettrait aussi de proposer une intervention thérapeutique adaptée à la situation en fonction de l'état de sévérité de la carie grâce aux prises en charge qui sont recommandées par ce même système. Il est donc pertinent de s'informer sur l'enseignement de ce système de détection de la carie, avec un focus marqué au niveau des dentistes de demain, soit les étudiants en médecine dentaire.

L'enseignement de la cariologie dans les facultés de médecine dentaire du Canada

Désormais que les bases ont été abordées, il est maintenant temps d'examiner comment la cariologie est enseignée dans les dix facultés dentaires canadiennes. Ceci est possible grâce à la contribution de Tikhonova et al., qui se sont penchés sur le sujet et qui ont interrogé dix membres facultaires provenant de chacune des dix facultés et qui avaient comme rôle de superviser l'enseignement de la cariologie (2). Un des résultats marquants de cette étude est que seulement six écoles (6/10) offraient dans leur curriculum des ateliers précliniques permettant aux étudiants de manipuler des dents cariées et de pouvoir distinguer tactilement une surface cariée d'une surface non-cariée. Un autre résultat pertinent est que différentes méthodes diagnostiques sont enseignées, soit l'inspection visuelle (10/10), l'inspection tactile (9/10), l'évaluation de l'activité carieuse (9/10), la détection radiologique (10/10), l'ICDAS (6/10) et d'autres méthodes de détection (8/10). Également, il est intéressant de noter que l'enseignement de la cariologie est pris en charge principalement par des dentistes ayant une pratique privée, qui sont embauchées en tant que cliniciens (7/10), mais que la calibration entre ces derniers concernant les critères de détection de la carie dentaire a été rapportée que dans une faculté (1/10). Ainsi, ces résultats démontrent bien qu'il y a un besoin d'harmoniser l'enseignement de

la cariologie via un système basé sur des données probantes, tel que l'ICDAS, quoique ce dernier ne soit enseigné que dans 60% des facultés dentaires canadiennes.

L'influence d'une formation sur l'ICDAS sur la détection de la carie dentaire

Diniz et al. ont étudié l'impact d'une formation en ligne sur l'ICDAS sur la détection des caries occlusales auprès d'étudiants en médecine dentaire (102). Les participants ont examiné 104 dents postérieures à deux reprises, soit à une semaine d'intervalle, durant laquelle la formation leur a été soumise. Il a été conclu que l'ICDAS a amélioré la performance diagnostique des étudiants.

El-Damanhoury et al., quant à eux se sont penchés sur l'efficacité d'enseigner l'ICDAS à des nouveaux étudiants, et sur l'effet de compléter à cela le cours en ligne officiel offert par l'ICDAS, sur leurs aptitudes diagnostiques (103). Ils ont comparé l'amélioration dans la détection des caries occlusales de ces nouveaux étudiants par rapport à celle des dentistes gradués ayant deux années d'expérience. Les auteurs ont conclu qu'exposer des étudiants tôt dans leur parcours académique à l'ICDAS est une méthode valable d'enseignement de la détection de la carie dentaire et que le complément d'information en ligne permettrait d'améliorer leurs aptitudes diagnostiques. Une autre publication, celle de Nogueira et al., supporte cette conclusion. Ils ont investigué le rôle joué par l'expérience d'un examinateur sur l'interprétation et l'application des systèmes ICDAS et Nyvad (un autre système de détection et de classification de la carie). Ils sont venus à la conclusion que les critères de l'ICDAS sont bien compris en général, même par des étudiants qui n'ont aucune expérience clinique, alors que le système Nyvad était mieux appliqué lorsque les étudiants avaient deux années d'expérience clinique (104).

Concernant le cours en ligne créé par le groupe ayant développé l'ICCCMS™, et qui est d'ailleurs disponible gratuitement sur le site officiel de l'ICCCMS™ (<https://iccms-web.com>), il est à se demander s'il permet d'améliorer les performances des bénéficiaires de ce cours. Diniz et al., ont démontré que cette formation en ligne améliore bel et bien les performances diagnostiques des participants de l'étude (des étudiants en dernière année, et des dentistes ayant 5-7 ans d'expérience) pour ce qui est des caries occlusales (105). Rodrigues et al., quant à eux,

ont évalué les effets de cette formation pour la détection des caries occlusales, chez des dentistes inexpérimentés avec l'ICDAS (106). Ils ont conclu que quoique les performances diagnostiques étaient acceptables, la formation n'a pas eu d'effet statistiquement significatif sur la performance des dentistes. Ces mêmes auteurs ont ensuite conclu que ceci pourrait être expliqué par le laps de temps trop court (seulement cinq minutes) alloué pour découvrir le système de pointage de l'ICDAS.

Suite aux résultats mitigés par rapport à la formation disponible sur le site de l'ICCCMSTM, un groupe de chercheurs, Luz et al., étaient curieux de comparer cette formation en ligne par rapport à une autre stratégie d'apprentissage sur un groupe d'étudiants. Ils ont donc conçu un outil digital d'apprentissage expérimental, et ont comparé son effet lorsqu'additionné à la formation en ligne par rapport à la formation en ligne seulement (107). Ils sont arrivés à la conclusion que l'utilisation de cet outil digital améliore la capacité des étudiants à se servir de l'ICDAS.

Finalement, il est pertinent de se demander si le savoir acquis à travers une formation portant sur l'ICDAS peut résister à travers le temps, et si les performances diagnostiques peuvent être constantes. J.I. Foley s'est penché sur la question et a investigué la consistance des performances diagnostiques d'étudiants utilisant les codes de caries (0-6) et les codes de restaurations (0-9) de l'ICDAS, un mois et trois mois après une formation (108). Il a observé que la consistance variait entre les deux moments où les dents ont été évaluées et qu'à un mois post-formation, les résultats étaient meilleurs pour les restaurations et les caries par rapport à trois mois. Il est aussi intéressant de noter qu'en général, la consistance est supérieure lorsqu'il s'agissait des codes de restaurations. Il faut donc peut-être penser à mettre sur pied des cours de formation continue traitant de l'ICDAS auxquels les dentistes assisteraient à une certaine fréquence afin que les performances diagnostiques restent constantes et cliniquement acceptables.

La problématique à laquelle répond ce projet de recherche

Il y a un écart évident entre ce que la littérature conseille et ce qui se déroule en pratique clinique en ce qui a trait à la prise en charge globale de la carie dentaire (109). À titre d'exemple, plusieurs professeurs se sont penchés sur la question en 2014 et ont envoyé un questionnaire contenant douze scénarios cliniques à 591 dentistes américains. Le questionnaire couvrait quatre

grandes catégories, soit le diagnostic de caries débutantes et leur traitement, le diagnostic de caries profondes et leur traitement, la recommandation d'extraire des dents de sagesse, ainsi que le diagnostic et le traitement de restaurations défectueuses. Les réponses des dentistes étaient jugées soit consistantes ou inconsistantes avec la littérature. Dans les deux scénarios abordant la prise en charge d'une carie débutante situation clinique, 12% (71/586) et 33% (196/588) des dentistes ont proposé un traitement invasif, et non pas préventif, ce qui ne concordait donc pas avec la littérature. Ces résultats illustrent bien la sous-utilisation marquée de méthodes préventives lorsque requis. Cela a un impact majeur au point de vue de la santé populationnelle, plus précisément à l'endroit des groupes vulnérables. Ces derniers ne chercheraient pas activement à visiter un dentiste pour leurs douleurs aux dents car il y a entre autres l'obstacle financier qui les freine compte tenu des coûts associés à la pose de restaurations. Par contre, dans plusieurs situations, des conseils d'hygiène et un accompagnement étroit, un support nutritionnel adapté et personnalisé, la pose de scellants ou l'application topique de fluorure pourraient avoir un rôle déterminant à jouer auprès de ces groupes vulnérables.

Il y a donc un besoin urgent de valider une formation qui permettrait de mieux guider la pratique clinique des étudiants et des cliniciens, en actualisant leur compréhension du processus carieux et leur reconnaissance des différents stades de sévérité d'une lésion carieuse. Les deux systèmes de détection principaux, basés sur des données probantes, sont les systèmes Nyvad et l'ICDAS. Les deux ont été abordés plus haut dans la revue de littérature et il a été mentionné qu'ils se rapprochent sur différents fronts. Dans le cadre de ce travail de maîtrise, il a été décidé d'avoir recours à l'ICDAS plutôt qu'au système Nyvad pour deux raisons. Premièrement, car il est plus simple d'enseigner un système de détection subdivisant la carie en six stades de sévérités, pouvant même aller à trois stades uniquement (i.e. A, B, C), qu'un système comme le Nyvad qui est composé de neuf stades, et qui n'offre pas de système simplifié. Deuxièmement, parce que l'ICCMSTM offre des pistes de prise en charge en fonction de la sévérité et de l'activité de la lésion carieuse, ce que Nyvad n'offre pas. En effet, ce dernier propose une prise en charge en fonction de l'activité carieuse principalement; cela aurait nécessité une adaptation additionnelle pour l'étude étant donné l'utilisation de dents extraites.

Pertinence de la recherche

En somme, suite à cette revue non-exhaustive de la littérature, on peut constater qu'une formation sur l'ICDAS permettrait de mieux guider la pratique clinique des dentistes en améliorant leurs performances diagnostiques et en permettant de standardiser la prise en charge de la carie dentaire. Ainsi, peu importe l'identité du dentiste consulté par le patient, la prise en charge sera toujours la même. Il faut aussi penser à varier les stratégies d'apprentissage afin de tenir compte de l'individualité de chaque praticien et maximiser l'apprentissage par le plus grand nombre (107). Également, il faut souligner que la vaste majorité des études traitant des effets de l'ICDAS sur le diagnostic de la carie dentaire sont des études *in-vitro*. En effet, dans la plupart des cas, les dents analysées sont des dents extraites ou des photographies de dents extraites. Il n'y a qu'une seule étude, dans la présente revue de la littérature, soit celle de Luz et al., qui a été réalisée *in-vivo*, soit sur des vrais patients en présence de dents dans leur environnement buccal habituel (107). Finalement, pour favoriser l'usage de l'ICDAS dans la pratique clinique quotidienne, il serait prudent et avisé de l'introduire dans le système en l'insérant dans le cursus académique des écoles de médecine dentaire (103).

Objectifs de recherche

Mon 1^{er} objectif est de déterminer si une formation portant sur l'ICDAS permet d'améliorer la justesse du diagnostic de la carie dentaire, peu importe le stade de sévérité, chez des étudiants de première année en médecine dentaire.

Mon 2^e objectif est d'évaluer si cette même formation permet d'améliorer également la concordance de la prise en charge avec celle suggérée par l'ICCMSTM en fonction de la sévérité de la lésion carieuse, chez des étudiants de première année en médecine dentaire.

Chapitre 3 – Matériels et méthodes

Hypothèses de recherche

Hypothèse de recherche

L'intervention a un effet sur le diagnostic et la prise en charge de la carie dentaire.

Hypothèse nulle

L'intervention n'a pas d'effet sur le diagnostic et la prise en charge de la carie dentaire.

L'approche expérimentale et la méthodologie choisies pour l'acquisition et l'analyse des données

Le type de recherche et le devis expérimental

La présente étude est une recherche clinique de type expérimentale (avec des valeurs nominales), comportant deux groupes parallèles.

Approbation du projet de recherche

L'approbation du comité scientifique de la Faculté de médecine dentaire de l'UdeM fut obtenue le 30 mai 2018 et le certificat d'éthique fut émis par le Comité d'éthique de la recherche clinique (CERC) le 20 novembre 2018. Il est à noter aussi que dans le cadre de la reprise des activités de recherche dans le contexte de l'épidémie de la COVID-19, l'approbation du plan de mitigation fut obtenu le 28 juillet 2020 par le comité de reprise des activités de recherche (CRAR).

Les caractéristiques des participants

L'expérience fut réalisée sur un échantillon de quatorze étudiants de première année en médecine dentaire à l'Université de Montréal (UdeM) au commencement de l'étude. Initialement, le plan était de réaliser l'expérience sur vingt participants, soit dix étudiants et dix cliniciens mais le deuxième groupe fut retiré de l'expérience à cause de délais majeurs et de normes très restrictives occasionnés par la COVID-19. Cette taille d'échantillon fut jugée réaliste d'une part, et suffisante d'autre part pour avoir une bonne puissance statistique, selon les tailles d'échantillon utilisées dans d'autres études similaires, qui sont comparables (liste non-exhaustive):

- Nogueira et al. 2018: 12 étudiants au doctorat et 12 étudiants au post-doctorat, 77 dents (104)
- Rodrigues et al. 2013 : 4 dentistes, 170 dents (106)
- Diniz et al. 2010: 8 étudiants en fin de doctorat, 104 dents (102)
- Diniz et al. 2010 : 10 étudiants et 10 dentistes, 166 dents (105)
- Jablonski-Momeni et al. 2008 : 4 dentistes, 100 dents (110)

Afin d'être éligible, les participants devaient être en première année du doctorat de premier cycle de la FMD au commencement de l'étude. Étant donné que l'on ne pouvait pas contrôler et trier les participants en fonction de leurs connaissances de l'ICDAS ainsi que leur éventuelle exposition à des enseignements entre les deux tests, cela fait partie d'une des limites de l'étude. Cependant, la randomisation qui fut effectuée dans chacun des groupes a permis d'isoler l'effet de l'intervention.

Pour le recrutement, l'étudiant-chercheur est allé parler à la classe directement le 30 janvier 2020 afin de leur parler du projet de recherche et ce dont il est requis de la part des participants. Puis, quatorze étudiants l'ont contacté par Facebook afin de signifier leur intérêt à participer au projet. Finalement, ils furent répartis en deux groupes de sept participants de façon aléatoire (la randomisation est décrite dans la prochaine section).

Les procédures expérimentales

Un groupe de 14 étudiants fut séparé en deux groupes (n=7) de façon aléatoire. La randomisation fut effectuée sur un site web (<https://www.randomlists.com/team-generator>), en listant tous les participants via leur code de participant (E1, E2...E14) puis en sélectionnant « 2 » pour la variable *groups*. Cela a permis d'obtenir deux groupes de sept participants de manière randomisée. Ensuite, ces deux groupes prirent part à un test le 31 janvier 2020 (au temps t=0), constitué de 100 dents (dont environ 75% sont cariées, avec une gradation) pour lesquelles ils devaient :

1. Attribuer un état de sévérité de la lésion (0 à 6, selon les stades de l'ICDAS):

- 0 = pas de lésion ou lésion d'origine non-cariéuse;
- 1 = Carie initiale, visible après séchage
- 2 = Carie initiale, visible sur dent mouillée
- 3 = Carie avec microcavité (diamètre et profondeur moindre que la boule de la sonde PSR)
- 4 = Carie avec ombre dentinaire
- 5 = Carie cavitaire, affectant moins de 50% d'une surface
- 6 = Carie cavitaire, affectant 50% ou plus d'une surface.

2. Attribuer une prise en charge de la lésion

- 0 = Surveillance dans le temps
- 1 = Traitement préventif
- 2 = Traitement curatif

Puis, le groupe expérimental fut exposé à l'intervention (i.e. la formation sur l'ICDAS) le 27 septembre 2020. Finalement, les deux groupes prirent part à nouveau au même test (au temps

t=1), constitué des mêmes dents, le 2 octobre 2020. Ainsi, le groupe contrôle prit part au deuxième test sans avoir eu de formation. Il faut préciser que ce test fut effectué une semaine suivant la formation afin de minimiser l'effet du temps sur l'oubli du contenu de cette dernière. Il est à noter qu'initialement, il était prévu que les deux tests se fassent durant la même année académique afin de minimiser l'effet de participants qui changeraient d'orientation académique, car ces changements ont lieu durant les étés (entre les années scolaires). Néanmoins, à cause de la COVID-19, le deuxième test a eu lieu huit mois après le premier test. Les deux représentations graphiques qui suivent (i.e. figure 7 et figure 8) permettent de comparer ce qui avait été prévu pour la collecte de données par rapport à ce qui a été réalisé en fonction des contraintes causées par la pandémie. En résumé, il y avait donc 2 groupes de 7 sujets qui firent les 100 mesures à 2 occasions. Chacun des tests dura environ 1 heure.

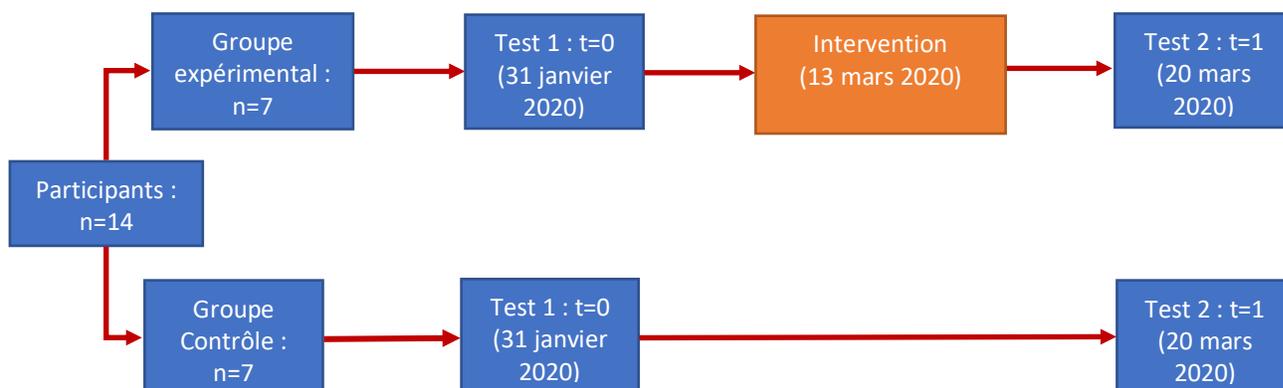


Figure 7: Représentation schématique de la collecte de données (ce qui était prévu)

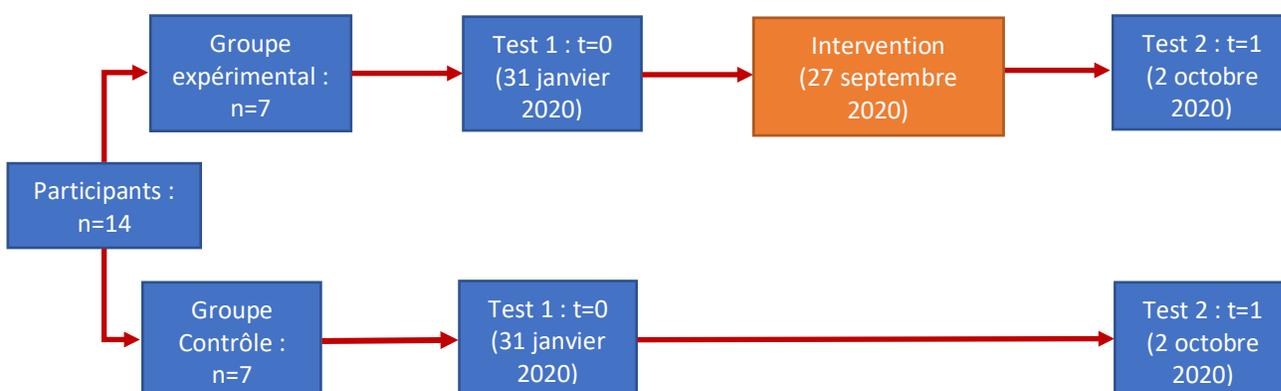


Figure 8: Représentation schématique de la collecte de données (ce qui a été réalisé)

Pour ce qui est de l'intervention, soit la formation ICDAS, son contenu fut mis sur pied par l'étudiant-chercheur en se basant sur les principes de ce système de détection de la carie dentaire et sur les différentes formations en ligne offertes par l'ICCMSTM elle-même. Le but était de réaliser une formation succincte et efficace qui aurait le potentiel d'être distribué à tous les dentistes et à tous les étudiants en médecine dentaire, et qu'ils puissent la faire par eux-même en passant au-travers des diapositives. La formation fut réalisée sous forme d'une présentation PowerPoint de 21 diapositives et fut décomposée en quatre parties : Les diagnostics différentiels de la carie dentaire, ses stades de sévérité, l'arbre décisionnel des stades de sévérité puis la prise en charge. Pour les diagnostics différentiels, pour chacun d'entre eux, deux images furent présentées pour aider le participant à distinguer ce phénomène de la carie dentaire. Les diagnostics différentiels présentés furent la coloration extrinsèque, la coloration intrinsèque, les marges colorées de restaurations, les défauts de formation de l'émail, la fluorose dentaire, l'érosion, l'abfraction, l'abrasion et l'attrition. En ce qui a trait aux stades l'ICDAS, chacun des six stades fut présenté avec ses caractéristiques principales et avec deux images. Par la suite, les stades simplifiés furent introduits, suivis par deux arbres décisionnels (i.e. un pour les six stades et un pour les stades simplifiés), permettant au participant de trouver le bon stade en répondant à chacune des questions oui/non pour progresser dans l'arbre. Finalement, chacun des trois types de prise en charge fut décrit avec les différentes composantes qui le constitue (e.g. aucune action thérapeutique entreprise en cabinet, et/ou des conseils d'hygiène et/ou une prescription d'un dentifrice contenant davantage de fluorure pour la surveillance dans le temps comme prise en charge) et une clé fut donnée permettant d'attribuer d'une prise en charge en fonction du stade de sévérité. Il est à noter que la pertinence du contenu fut validée et modifiée suite à des recommandations par le directeur de recherche avant de le partager aux participants. Enfin, l'intervention fut envoyée par voie électronique aux individus du groupe expérimental une semaine avant la deuxième collecte de données, après avoir eu leur parole qu'ils ne la partageraient pas à qui que ce soit. Les participants ont dit à l'étudiant-chercheur que cela leur a pris en moyenne entre 20 et 30 minutes pour la compléter, et qu'elle était claire (i.e. aucune question n'a été posée)

En ce qui concerne les spécimens de dents extraites, l'étudiant-chercheur les obtint de la clinique de Chirurgie de la FMD. Les assistantes de la clinique furent informées de garder les dents dans de l'eau pour préserver l'intégrité de ces dernières. Avant leurs extractions de dents, les patients furent informés oralement et par écrit de la procédure et des risques probables liés à la chirurgie, et également de l'utilisation possible de leurs dents extraites dans le cadre d'un projet de recherche portant sur la carie dentaire. Il est à noter que les dents furent extraites à des fins de traitement et non pas spécifiquement pour les besoins de notre étude. Il s'agit de dents dont la prise en charge indiquée était leur extraction et que nous avons gardées suite à l'obtention d'un consentement libre et éclairé écrit de la part des patients (i.e. collecte prospective de dents). Il est pertinent de souligner que dans la pratique courante à la Faculté, les dents extraites ne sont pas conservées car il n'y a pas de document et de consentement global en vigueur pour l'utilisation de ces spécimens à des fins de recherche. Suite à la collecte des spécimens, un total de 220 dents furent ramassées puis furent stérilisées en les submergeant dans un bain contenant une solution de formol, pendant sept jours. Par la suite, un tri fut effectué par l'étudiant-chercheur afin d'en garder que 100 et pour qu'elles puissent représenter l'ensemble des stades de la carie. En effet, il y a environ 25 dents de chacun des quatre stades simplifiés de l'ICDAS (0=25, A=24, B=27, C=24). Chaque dent gardée pour l'expérimentation fut placée dans une fiole unitaire contenant de l'eau. Finalement, chaque fiole fut identifiée d'un numéro allant de 1 à 100, et un document Word fut rédigé contenant le stade de sévérité associé à chaque fiole. Ce document est gardé en sécurité dans l'ordinateur de l'étudiant-chercheur. Une fois les deux tests complétés, il était prévu que les dents utilisées soient coupées en deux afin qu'une analyse histologique des lésions carieuses puisse être faite. Mais encore une fois, ceci ne fut pas possible à cause de la COVID-19. Une fois le projet complété et les dents analysées, soit plus tard en 2021, les dents seront éliminées suivant les normes de gestion des déchets biomédicaux.

Finalement, il est à noter que le nouveau protocole du contrôle des infections dans le contexte de l'épidémie de la COVID-19 fut respecté lors de la deuxième collecte de données effectuée à l'automne 2020. Également, parmi le matériel qui fut utilisé durant les deux tests, les dents et les questionnaires furent fournis par l'équipe de recherche aux participants, alors que les crayons, les gants, les lunettes de protection, les visières, les précelles et les sondes furent apportés par chacun des étudiants.

Les mesures et variables dépendantes

Nous voulions mesurer l'effet d'une intervention sur :

- 1- Le diagnostic de la carie dentaire
- 2- La prise en charge de la carie dentaire.

Une analyse des réponses des participants aux deux tests fut réalisée, afin de noter le pourcentage de bonnes réponses pour chacun des groupes aux deux temps, pour les deux variables dépendantes.

L'analyse de leurs réponses fut effectuée en comparant la réponse des participants à la réponse de référence, déterminée préalablement par un expert (i.e. l'étudiant-chercheur). Tel que mentionné plus haut, nous voulions réaliser des coupes histologiques afin de trouver la réponse de référence. Nous voulions nous servir du système de classification histologique de Ekstrand et al.,1997, car il s'agit d'un système mettant en relation une certaine corrélation entre l'apparence clinique (selon les stades de l'ICDAS) et les changements histologiques (74).

- 0 = pas de déminéralisation dans l'émail
- 1 = déminéralisation de l'émail limitée à 50% de l'épaisseur de l'émail (à l'externe)
- 2 = déminéralisation impliquant la moitié interne de l'émail au 1/3 externe de la dentine
- 3 = déminéralisation impliquant le 1/3 moyen de la dentine
- 4 = déminéralisation impliquant le 1/3 interne de la dentine

La correspondance qui peut être faite avec le système ICDAS est la suivante:

- 0 = ICDAS 0
- 1 = ICDAS 1
- 2 = ICDAS 2
- 3 = ICDAS 3 et 4
- 4 = ICDAS 5 et 6

Il est à noter que le système de classification histologique de Ekstrand et al. n'est pas utilisé dans la pratique clinique courante. Cependant le système de classification de l'ICDAS fut construit en fonction de cette classification histologique et chaque stade clinique est associé à un stade histologique.

Pour ce qui est de la confidentialité des données et des renseignements identificatoires des participants, il faut savoir que les données du projet pourront faire l'objet de publications ou de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible d'identifier les participants qui prirent part aux tests. Toutes les informations resteront confidentielles et les participants ne seront identifié(e)s que par un numéro de code auquel seuls les membres de l'équipe de recherche auront accès (E1, E2...E14). La clé du code, reliant le nom au dossier de recherche, sera conservée par l'étudiant-chercheur. Ces données seront conservées sous clé dans le bureau du Dr Félix Girard (directeur de recherche) pendant sept ans après la fin du projet et seront détruites par la suite. Seules les données ne permettant pas d'identifier les participants seront conservées après cette période. Pour ce qui est des dents extraites, du moment qu'elles furent recueillies, elles furent mises en suspension dans une fiole en compagnie d'autres dents et seront conservées à la FMD. À partir du moment où elles furent mises dans des fioles, il ne fut plus possible de retracer l'origine de la dent extraite. Il n'y a donc aucune information permettant d'identifier l'appartenance de ladite dent. Les dents seront conservées au même endroit jusqu'à la fin de l'étude, soit en décembre 2021, et à ce moment-là, elles seront éliminées selon les normes de gestion des déchets biomédicaux.

Les analyses statistiques prévues

En ce qui a trait à l'état de sévérité (i.e. pour les six stades et le simplifié), le pourcentage d'accord sur les 100 dents pour chacun des 14 sujets vs l'expert fut calculé, en pre (avant l'intervention) et post (après l'intervention). Puis, une analyse de type ANOVA non-paramétrique pour mesures répétées à travers le temps avec les groupes (contrôle et expérimental) comme variable indépendante (Brunner, et al., 2002) fut appliquée étant donné le petit nombre de sujets par groupe. Un weighted kappa aussi fut calculé pour évaluer l'accord avec l'expert car le scoring est ordinal (i.e. des catégories en ordre croissant). Cela fut obtenu pour les 14 sujets vs l'expert. Puis, une analyse de type ANOVA non-paramétrique pour mesures répétées à travers le temps avec les groupes comme variable indépendante (Brunner, et al., 2002) fut appliquée.

Pour ce qui est de la prise en charge, le pourcentage d'accord avec l'expert fut calculé pour tous les participants. Un kappa (non-weighted car les réponses possibles sont oui/non) fut également obtenu. Puis, des analyses de type ANOVA non-paramétrique pour mesures répétées à travers le temps avec les groupes comme variable indépendante (Brunner, et al., 2002) furent appliquées.

Une approche paired t-test (pre vs post) et two-sample t-test (contrôle vs expérimental) fut également utilisée afin d'avoir d'autres statistiques pour la sévérité et pour la prise en charge.

Finalement, le pourcentage d'accord pour chaque catégorie de dent (sévérité et prise en charge) fut calculé afin d'avoir une idée de combien de dents ont été classé correctement pour chaque catégorie puis un Kappa pour chaque catégorie (pour la sévérité 0, a, b, c) et une analyse de type ANOVA non-paramétrique pour mesures répétées à travers le temps avec les groupes comme variable indépendante fut réalisée également.

Les résultats attendus (hypothèses spécifiques en termes opérationnels)

Nous nous attendions à confirmer l'hypothèse de recherche et ainsi infirmer l'hypothèse nulle qui stipulait que l'intervention n'a pas d'effet sur le diagnostic et la prise en charge de la carie dentaire. Effectivement, ce qui avait déjà été fait dans la littérature par rapport à d'autres systèmes de détection de la carie démontrait qu'une formation permettait d'améliorer la justesse du diagnostic. Pour ce qui a trait à la prise en charge, c'est moins répertorié dans la littérature car il y a peu de systèmes associant une prise en charge à un diagnostic, comme le système ICCMS™ le fait.

La source de financement

- Bourse du fond Ernest Charron (été 2018, été 2019, été 2020)

Chapitre 4 – Résultats

The Impact of an ICDAS e-Training on the Diagnosis and Management of Dental Caries in First-Year Dental Students

Ali Karkri^a, Pierre Rompré^b Félix Girard^c

^a Department of Oral Health, Faculty of Dentistry, Université de Montréal, Canada

^b Department of Oral Health, Faculty of Dentistry, Université de Montréal, Canada

^c Department of Oral Health, Faculty of Dentistry, Université de Montréal, Canada

Short Title: *The Impact of an ICDAS e-Training on the Diagnosis and Management of Dental Caries* Corresponding Author:

Ali Karkri

Department of Oral Health

Faculty of Dentistry, Université de Montréal

2900 Edouard Montpetit Blvd

Montreal, Quebec H3T 1J4

Tel: 514-814-9514

E-mail: ali.karkri@umontreal.ca

Number of Tables: 3

Number of Figures: 5

Word count:

Keywords (3-5): ICDAS, Caries, e-training, diagnostic, treatment

Abstract

Objectives: To determine the impact of an ICDAS e-training on diagnosis and management of dental caries by first-year dental students, according to the standards established by the ICCMS™.

Materials and methods: Fourteen students divided into two groups (n=7/group) had to assign a severity score (ICDAS 0-6) and a management score (0 = monitoring over time; 1 = preventive care; 2 = curative care) for 100 extracted teeth twice. Between the two tests, the experimental group was exposed to an ICDAS e-training in the format of a PowerPoint presentation.

Results: The accuracy of dental caries diagnosis in the experimental group was better ($p < 0.05$), compared to the control group. The percentage of agreement between the two tests improved from 46% to 57% for the experimental group and remained at 44% for the control group. The e-training had no effect on dental caries management and the results were not significant for this variable.

Conclusion: ICDAS e-training improved the accuracy of dental caries diagnosis in first-year dental students. However, the results were inconclusive for dental caries management, compared to the management suggested by the ICCMS™. This might be explained by the lack of crucial information to answer this question. To determine correct management, one would need information about caries activity and the clinical context to guide the decision.

Introduction

The diagnosis and management of dental caries is central to the work of dentists (1). Despite the accumulation of evidence and the existence of systems for the classification and the management of dental caries that would facilitate standardization of practices, the integration of this knowledge and these methods into clinical practice remains a challenge for dental schools in Canada, as well as for dentists (2). As a matter of fact, a gap exists between what is happening in clinical practice and what literature suggests as depicted by Norton *et al.* in 2014 (111). They investigated what is occurring in clinical practice by sending a questionnaire containing twelve clinical scenarios to 591 American dentists and their responses were judged to be either consistent or inconsistent with literature. One of the main findings was that incipient caries are sometimes treated invasively regardless of their stage. In other words, some teeth requiring only a non-invasive treatment (e.g. the application of a sealant or topical fluoride) are drilled and then filled. These results clearly illustrate the marked underuse of preventive methods when required. This has a major impact from a population health perspective and more specifically on vulnerable groups. They don't actively seek to go to their dentist for

a toothache mainly because the financial barrier holds them back given the costs associated with getting a restoration. However, in many situations, oral hygiene recommendations, adapted and personalized nutritional support, and the application of sealants or topical fluoride could have a decisive role to play on vulnerable groups but also on the regular population. Regarding the detection of incipient caries, only 63% (373/588) of the participants said that they regularly use compressed air to dry teeth during a clinical examination. In short, these are just two examples, but they illustrate that there is a clear gap between the literature and clinical practice.

For these reasons, there is a need for a validated training to guide clinical practice of students and clinicians, by improving their understanding of caries process and their recognition of the different stages of severity of a carious lesion. The two main evidence-based detection systems are Nyvad and the ICDAS, and the latter is the subject of this work for one main reason: it is simpler to teach a caries detection system subdividing caries into six stages of severity, or only three stages for the simplified merged codes, than a system like Nyvad, which is composed of nine stages and does not offer a simplified system.

Concordance of Clinical Observations

As mentioned in the previous section, several dental caries classification systems have emerged, such as Nyvad and the ICDAS, in order to better guide the clinician in his therapeutic intervention. These systems, if applied properly by clinicians, should theoretically improve the concordance of clinical observations between clinicians and it would also help to standardize carious lesion management. All of this would be possible because these systems represent practical tools in the development of therapeutic actions regarding a wide range of clinical scenarios, also called clinical scripts (100, 101).

Given the heterogeneity among clinicians in the detection and the treatment of dental caries, a system such as the ICDAS would be indicated in order to standardize the management of carious lesions. It would help the clinician in the detection of dental caries through a clear and concise classification and would also allow him to propose a therapeutic intervention adapted to the situation according to the factors described earlier. Unfortunately, cariology education in Canadian dental schools could be improved. According to the work of Tikhonova et al. in 2018, only 6 schools out of 10 in Canada offer preclinical workshops in their curriculum allowing students to manipulate decayed teeth (2). Moreover,

different diagnostic methods are taught, but only 6 schools teach the ICDAS. Finally, the teaching of cariology is done mainly by dentists, who have a private practice, but calibration between them for dental caries detection criteria has only been reported in one faculty. Thus, these results demonstrate that there is a need to harmonize the teaching of cariology in Canada via an evidence-based system, such as the ICDAS.

Research objectives

The first objective is to determine whether an ICDAS training improves the accuracy of dental caries diagnosis in first-year dental (DMD) students.

The second objective is to assess whether this same training also improves the consistency in the management of dental caries with the one suggested by the ICCMS™, in first-year DMD students.

Hypothesis

Research hypothesis: The intervention has an effect on the diagnosis and management of dental caries.

Null hypothesis: The intervention has no effect on the diagnosis and management of dental caries.

Materials and Methods

Methods of research:

Type of research and experimental design:

The present study is a clinical research (with nominal values), with two parallel groups.

Statement of Ethics

The approval by the scientific committee of the Faculty of Dentistry of the UdeM was obtained on May 30, 2018 and the ethics certificate was issued by the Comité d'éthique de la recherche clinique (CERC) of UdeM on November 20, 2018. Also, a mitigation plan has been approved on July 28, 2020 by the comité de reprise des activités de recherche (CRAR) in order to have the authorization to continue the research project in the context of the COVID-19 pandemic

Study participants: Fourteen first-year dental students from Université de Montréal (UdeM) were recruited for this study at baseline (inclusion criterion). Participants were divided randomly into 2 groups of 7 participants. Randomization was performed on a website (<https://www.randomlists.com/team-generator>), by listing all participants via

their participant code (E1, E2... E14) then selecting "2" for the number of groups.

Experimental part: The 2 groups took part in a test on January 31, 2020 (at time $t = 0$), consisting of 100 teeth (about 75% were had carious lesion) for which they had to:

- 1. Assign a severity status to the tooth (0 to 6, according to the ICDAS)
- 2. Assign a treatment (0 to 2, according to the ICCMS™)
 - 0 = Monitoring over time
 - 1 = Preventive care
 - 2 = Curative care

Then, the experimental group was exposed to the intervention, i.e. the ICDAS e-training, on September 27, 2020. Finally, the two groups did the same test again (at time $t = 1$), consisting of the same teeth, on October 2, 2020. Thus, the control group did the second test without any training, while the experimental group carried out the test one week after the training.

Figure 1 makes it possible to visualize the experiment. In summary, there were 2 groups of 7 subjects who made the 100 measurements on 2 occasions. Each of the tests lasted approximately 1 hour.

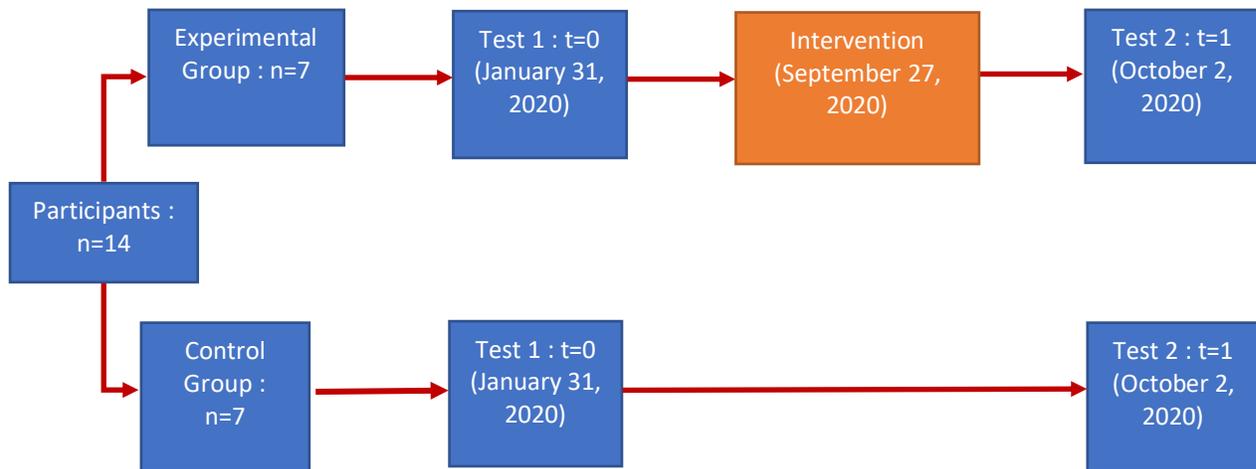


Figure 1: Schematic Representation of Data Collection (actual)

Tooth collection: 220 teeth were collected from the surgery clinics at UdeM. It should be noted that teeth were extracted for treatment purposes only and not specifically for the purposes of our study. Patients consented verbally for the possible use of their extracted teeth for a study. The teeth were then sterilized by submerging them into a formalin solution for seven days. Subsequently, the student researcher sorted them in order to keep only 100 teeth and to have a sample representing all the stages of caries' progression (0 = 25, A = 24, B = 27, C = 24). Each tooth kept for the experimentation was placed into a single vial containing water. Each vial was identified with a number ranging from 1 to 100, and a word document was created containing the stage of severity associated with each vial. This document was kept secure on the student researcher's computer.

Variables: The study measures the effect of an intervention (ICDAS e-training) on:

1. The diagnosis of dental caries (dependant variable)
2. The management of dental caries (dependant variable)

An analysis of the participants' answers to the two tests was performed to note the percentage of correct answers for each of the groups, at t=0 and t=1, for the two dependent variables. The analysis was done by comparing their answers to the reference answer, previously determined by a calibrated examiner (i.e. the student-researcher).

Statistical Analysis

Regarding the stage of severity (i.e. for the six stages and the simplified version), the percentage of agreement for the 100 teeth for each of the 14 subjects compared to the expert was calculated before and after the intervention. Then, a nonparametric

ANOVA-type statistic test for repeated measures over time, with the group as independent variable (Brunner, et al., 2002) was done given the small number of subjects per group. A weighted kappa was also calculated to assess agreement with the expert because the scoring is ordinal (i.e. categories in ascending order). This was obtained for the 14 subjects vs the expert. Then, a nonparametric ANOVA-type statistic for repeated measures over time was executed again.

Regarding caries management, the percentage of agreement with the expert was calculated for all participants. A kappa (non-weighted because the possible answers are yes/no) was also obtained. Then, a nonparametric ANOVA-type statistic for repeated measures over time was performed.

Finally, the percentage of agreement for each tooth category (severity and management) was calculated in order to have an idea of how many teeth were correctly classified for each category and then a kappa for each category (for severity 0, a, b, c) and a nonparametric ANOVA-type statistic for repeated measures over time was completed. IBM SPSS version 26 and SAS version 9.4 were used. A p value < 0.05 was considered statistically significant.

Results

Objective 1: Improvement in the Accuracy of Dental Caries Diagnosis

Regarding the ICDAS regular scoring system, the results of the study showed a greater improvement in the correctness of dental caries diagnosis in the experimental group (time by group interaction $p=0.02$), compared to the control group, as shown in Figure 3, by the slope of each of the curves: in the experimental group, the percentage of agreement went from a median of 46% to a

median of 57% ($p=0.02$), while the median of 44% remained unchanged in the control group ($p=0.75$). In other words, before the intervention, the two groups were comparable in terms of results, then after the e-training, the experimental group had a greater improvement than the control group, with confidence intervals that do not overlap either. Therefore, the ICDAS e-training enabled participants in the experimental group to improve their rate of correct answers in the detection of dental caries.

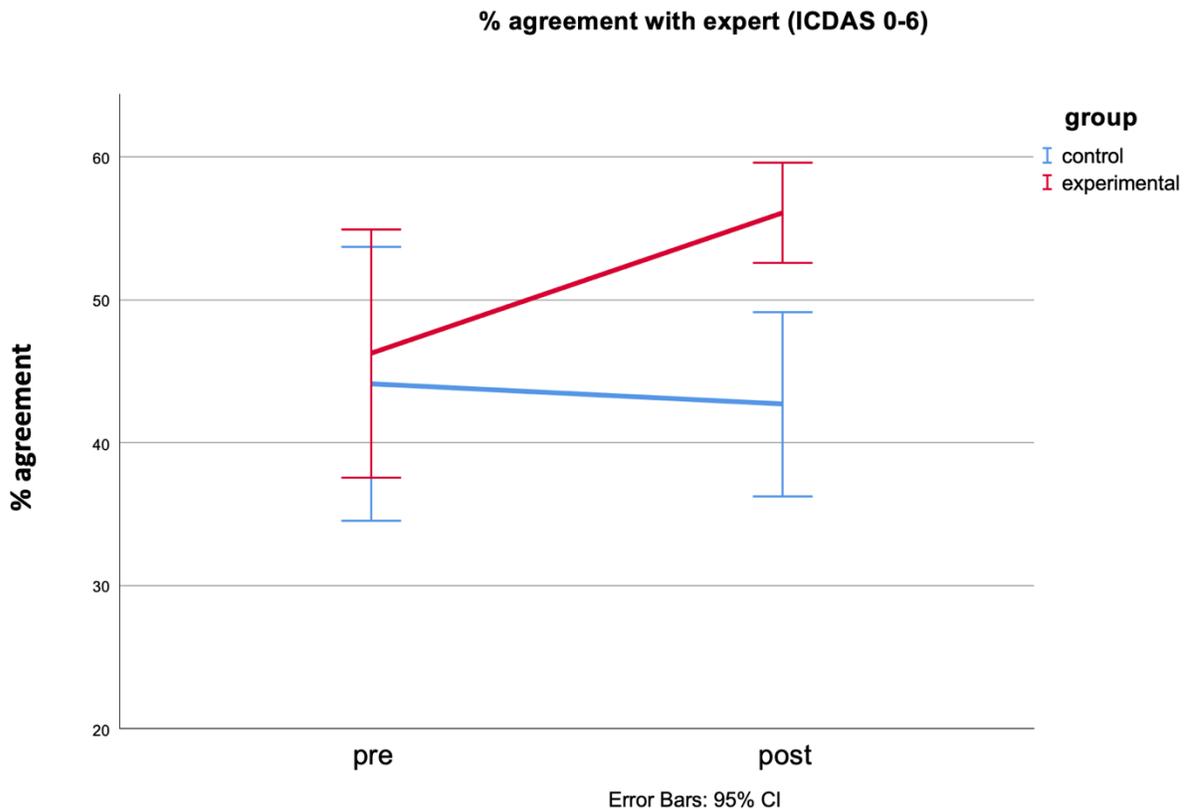


Figure 3: Inter-group Comparison in the Percentage of Agreement with the Expert, Before and After the Intervention (ICDAS 0-6)

Several results are worth mentioning in connection with objective 1

(ICDAS codes 0-6) when looking at results from a non-parametric ANOVA. First, in Table 1 below, time * group is statistically significant ($p = 0.0223$) and it is therefore

justified to make the pre/post comparisons for each of the groups for the ICDAS 0-6 codes.

Table 1: Effect of Time, Groups and their Combined Effect (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	12	2.81	2.81	0.0937	0.1195	1	11.7	2.81	0.1201	0.0937
group	1	12	6.55	6.55	0.0105	0.0250	1	11.3	6.55	0.0260	0.0105
time*group	1	12	5.23	5.23	0.0223	0.0412	1	11.7	5.23	0.0417	0.0223

Then, in tables 2 and 3, when we compare the two groups between them, we have a confirmation that the two groups have no

significant difference in pre (Table 2), but that they are different in post. (Table 3).

Table 2: Difference Between the Two Groups, Pre (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
group	1	12	0.19	0.19	0.6643	0.6720	1	11.9	0.19	0.6721	0.6643

Table 3: Difference Between the Two Groups, Post (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
group	1	12	27.96	27.96	<.0001	0.0002	1	12	27.96	0.0002	<.0001

Finally, when we compare each of the groups to itself, in pre and post, we can note that the control group is not statistically

different at the two moments (Table 4), but that the experimental group is different in post. (Table 5).

Table 4: Pre vs Post Difference for the Control Group (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	6	0.10	0.10	0.7492	0.7601	1	6	0.10	0.7601	0.7492

Table 5: Pre vs Post Difference for the Experimental Group (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	6	5.31	5.31	0.0212	0.0608	1	6	5.31	0.0608	0.0212

For the simplified scoring system (0-C), there is also a greater increase in the percentage of correct answers in the experimental group compared to the control

group, as shown in Figure 4. However, this result is not statistically significant (p=0.37).

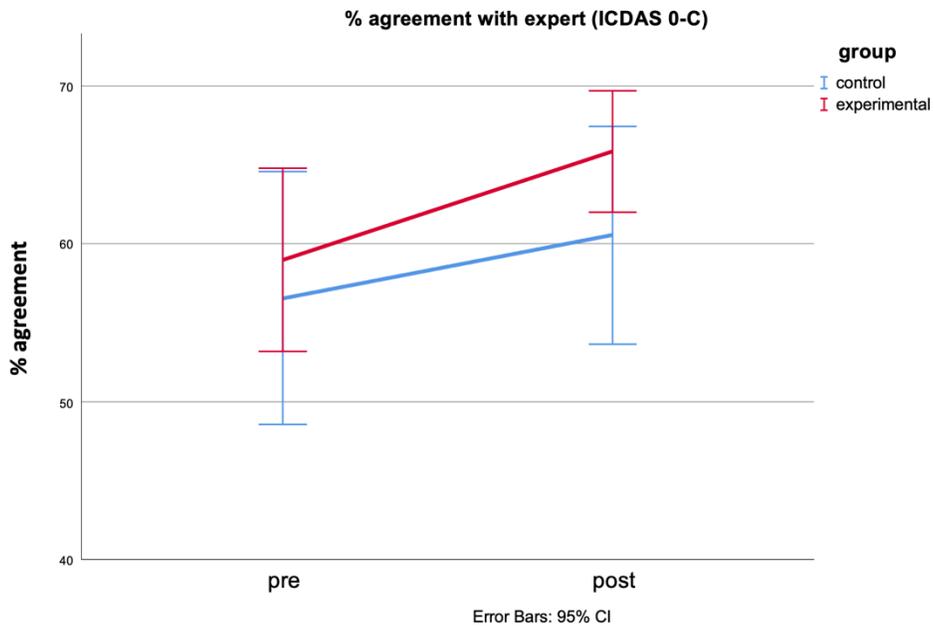


Figure 4: Inter-group Comparison in the Percentage of Agreement with the Expert, Before and After the Intervention (ICDAS 0-C)

If we look at the same statistical analysis but in connection with the simplified 0-C scoring system, we can first notice in table 6 that time * group is not significant (p = 0.3686), so it is not justified to make the

pre/post comparisons for each of the groups. Although the results were not statistically significant, comparisons for each groups were made for discussion purposes.”.

Table 6: Effect of Time, Groups and their Combined Effect (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	12	4.63	4.63	0.0314	0.0524	1	11.1	4.63	0.0542	0.0314
group	1	12	1.96	1.96	0.1620	0.1873	1	11.6	1.96	0.1882	0.1620
time*group	1	12	0.81	0.81	0.3686	0.3863	1	11.1	0.81	0.3877	0.3686

Moreover, in tables 7 and 8, when the two groups are compared with each other, we have a confirmation that the two groups have no significant difference between

them, neither in pre (Table 7), nor in post (Table 8).

Table 7: Difference Between the Two Groups, Pre (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
group	1	12	0.14	0.14	0.7105	0.7169	1	11.4	0.14	0.7173	0.7105

Table 8: Difference Between the Two Groups, Post (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
group	1	12	2.68	2.68	0.1017	0.1277	1	11.7	2.68	0.1284	0.1017

Finally, when we compare each of the groups with itself in pre and post, we can note that the control group is not statistically different at the two moments (Table 9), but

that the experimental group is different in post. (Table 10).

Table 9: Pre vs Post Difference for the Control Group (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	6	0.97	0.97	0.3244	0.3625	1	6	0.97	0.3625	0.3244

Table 10: Pre vs Post Difference for the Experimental Group (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	6	6.28	6.28	0.0122	0.0462	1	6	6.28	0.0462	0.0122

When looking at the results for each stage of severity (ICDAS 0-6), even though the results were not statistically significant, it is interesting to note in Table 11 that the greatest improvement occurred for stage 0, the stage where the tooth is not affected by a carious process. The percentage of correct answers in the experimental group went from 40% before the training, to 61% after (an improvement of 21%), compared to a percentage ranging from 49 % to 56 % for the control group (an improvement of 7 %). For the simplified scoring, there is one stage of severity for which there is a statistically

significant improvement for the experimental group as shown in table 12. Regarding stage A, the variation in the percentage of correct answers in the experimental group (2%) is significantly greater than in the control group, which deteriorated (-9%).

Table 11: Changes in the Percentages of Agreement, Before and After the Intervention, for Each Stage of Severity (0-6)

Severity (0-6)	Experimental Group			Control Group		
	Pre (%)	Post (%)	Change (%)	Pre (%)	Post (%)	Change (%)
n0=25	40.00	60.57	20.57	49.14	56.57	7.43
n1=7	30.61	44.90	14.29	14.29	22.45	8.16
n2=17	42.86	47.90	5.04	36.13	21.85	-14.28
n3=20	37.14	50.71	13.57	34.29	25.00	-9.29
n4=7	34.69	48.98	14.29	34.69	38.78	4.09
n5=12	48.81	63.10	14.29	44.05	41.67	-2.38
n6=12	92.86	71.43	-21.43	84.52	88.10	3.58

Table 12 : Changes in the Percentages of Agreement, Before and After the Intervention, for Each Stage of Severity (0-C)

Severity (0,A,B,C)	Experimental Group			Control Group		
	Pre (%)	Post (%)	Change (%)	Pre (%)	Post (%)	Change (%)
n0=25	40.00	60.57	20.57	49.14	56.57	7.43
nA=24	60.12	62.50	2.38	54.17	44.64	-9.53
nB=27	49.21	53.44	4.23	39.68	55.56	15.88
nC=24	88.69	88.69	0	85.71	86.31	0.6

Objective 2: Improvement in the Consistency in the Management of Dental Caries with the Management Suggested by the ICCMS™

In order to find an answer to the second objective, participants were asked to give a score between 0 and 2 for the recommended treatment for each of the 100 extracted teeth, according to the ICCMS™ recommendations (72, 96). In other words, a 0 represents monitoring over time, a 1

represents preventive care and a 2 means curative care. During statistical analysis, it was judged preferable to combine 0 and 1 to form 0 because in both cases, it is a non-curative care, while 2 represents a curative care (i.e. irreversible damage to the tooth). That way, it is possible to dichotomize the care and better differentiate the curative care from the non-curative one. Regarding the second variable, the results of this study are less conclusive. As shown in Figure 5,

there is no significant difference between the two groups after exposure to the intervention (p=0.96)

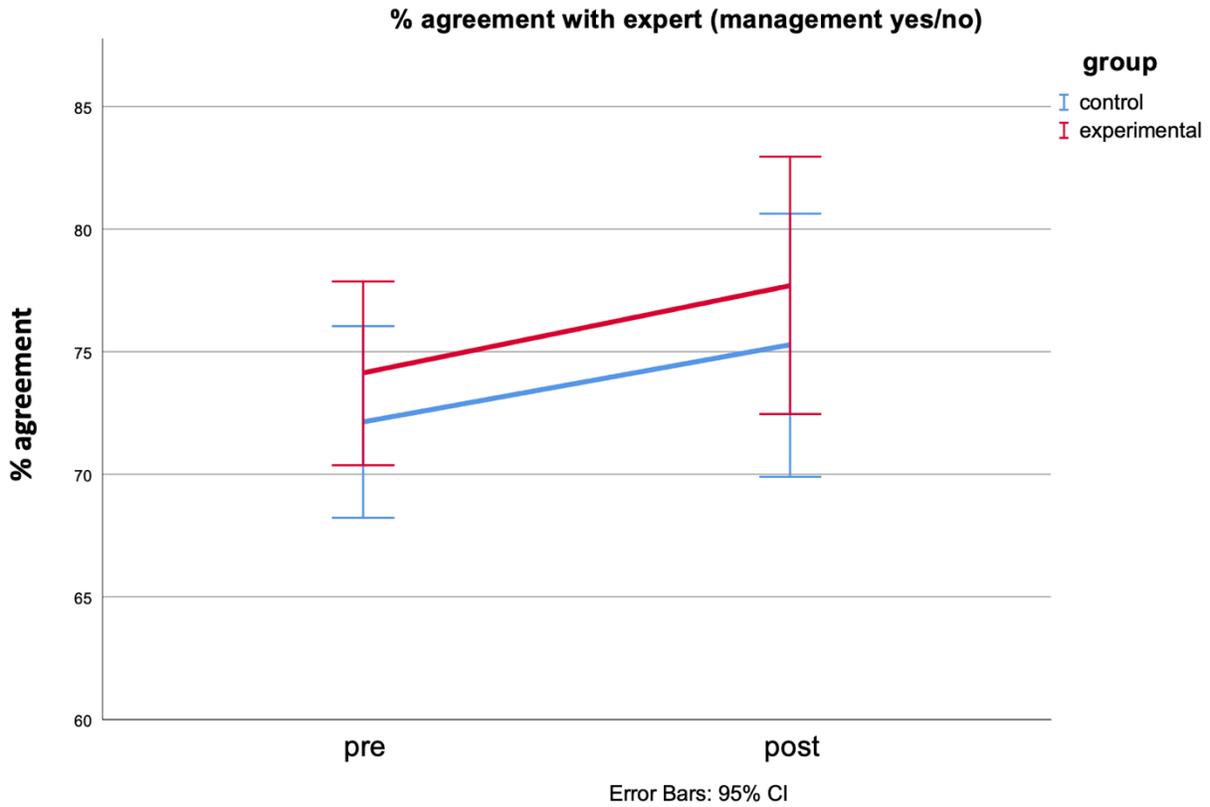


Figure 5: Inter-group Comparison in the Consistency in the Management of Dental Caries with the Management Suggested by the ICCMS™, Before and After the Intervention

When looking at the results for both types of care in Table 13, even though it is not statistically significant, it is interesting to note that participants of both groups were

able to obtain very high scores for the non-curative care before and after the intervention.

Table 13: Changes in the Percentages of Agreement, Before and After the Intervention, for Non-Curative Care (n0) and Curative Care (n2) with ICCMS™ Suggestions of Care

Management	Experimental Group			Control Group		
	Pre (%)	Post (%)	Change (%)	Pre (%)	Post (%)	Change (%)
n0=49	90.67	86.88	-3.79	85.13	84.84	-0.29
n2=51	58.26	68.91	10.65	59.66	66.11	6.45

Discussion

This experimental study clarifies the effect of an e-training on the diagnosis and management of dental caries in first-year DMD students. Such training has the potential to improve and standardize caries detection and management from one clinician to another. It would be a practical tool in developing clinical scripts for dentists (100, 101). In order to assess the effectiveness of such system on first-year DMD students, this research study is based on pre-existing protocols (102-104, 106-108). First-year students were chosen because of their lack of prior exposure to dental caries knowledge.

Objective 1: Improvement in the Accuracy of Dental Caries Diagnosis

The statistically significant improvement in the experimental group is consistent with results of previous studies, such as Diniz *et al.* who also studied the impact of an online ICDAS training on the detection of occlusal caries (n = 104 teeth) with eight dental students (102). As for the results for each stage of severity, although not statistically significant, are very important when thinking about their significance. This means that for every 100 healthy teeth, i.e. free from dental caries, there are 21 additional teeth that will not undergo

unnecessary treatment because they have been correctly diagnosed as healthy teeth. In other words, following the intervention, the experimental group demonstrates better specificity, i.e. fewer false positives.

Objective 2: Improvement in the Consistency in the Management of Dental Caries with the Management Suggested by the ICCMS™

After exposure to the intervention, there is no significant difference between the two groups for the consistency in the management. It should be noted that it is difficult to observe standardization in the management of dental caries with the absence of essential criteria, such as the absence of information about caries activity and the absence of a full clinical context. This shows that this measure is difficult to establish with only an extracted tooth. Participants lacked crucial information to answer this question. The lack of difference between the two groups may therefore be inherent to the measure itself, i.e. using extracted teeth may be relevant in establishing a state of severity, but has limitations in establishing a standardized management. Even though it is not statistically significant, the fact that participants of both groups were able to obtain very high scores for the non-curative care before and after the intervention could mean that the concepts taught in class

within the first year of the DMD curriculum allow them to have good specificity and to recognize when it is not required to proceed with a curative type of care.

Study Limitations

This study has some limitations that are important to mention. First, since caries diagnosis assessment was performed on extracted teeth for both the participants and the student-researcher, there is an absence of clinical context. There is nothing about patient-specific caries risk and the activity associated with the carious lesions (95, 96). During a clinical examination, there are several factors dentists have to investigate, in addition to the presence or absence of carious lesions, such as patient's medical history, their eating habits, oral hygiene, the presence of hyposalivation, etc. In addition to patient-specific caries risk, it is also necessary to evaluate carious lesions activity because treatment is dependent on that (72). These results should therefore be interpreted with caution.

Another limitation is the fact that one school year elapsed between the first and second data collection from students. This delay was due to major delays and very restrictive standards caused by the context of the COVID-19 pandemic. It was necessary to review the contamination control protocol and to obtain approval for a mitigation plan

by the CRAR in order to resume the research project. The time interval between the two tests should be taken into account as the students had more exposure to teachings about dental caries between the two tests. Thus, the training may have had less impact on the participants and thereby, may have affected the results of the study.

Finally, it is also necessary to address the fact that despite the large number of extracted teeth (i.e. 100 teeth), there are only 7 participants per group, for a total of 14 participants. This sample size is relatively small and although it gives a statistical power similar to other comparable studies, some trends observed in the study could have been statistically significant with more subjects.

Internal Validity

With regard to internal validity, it must be remembered that all participants come from the same class. When searching for participants, sampling was achieved on a voluntary basis. There was no control for specific characteristics (e.g. sex, age, etc.). We wanted a minimum of ten participants, but fourteen volunteers came forward and participated in the study. Therefore, there might be a possible selection bias. However, even though it was not possible to sort the participants according to their prior knowledge about the ICDAS and their

possible exposure to lessons between the two tests, the randomization which was performed to divide participants into two groups made it possible to isolate the effect of the intervention. Moreover, results showed that the groups are comparable during the first test (i.e. pre) and that it is only after the intervention that a difference can be observed in the results.

A measurement bias associated with repeating the same test twice could also be present. Repeating the same test could affect the internal validity during the second measurement. In other words, even if the participants do not have access to the answers, they might have discussed the answers among themselves following the first test or might have had a prolonged thinking about certain teeth that bothered them or even have improved their skills by repeating the same test for a second time. However, this bias is minimized by the high number of teeth (i.e. 100 teeth) and by the time interval between the two tests (i.e. 8 months).

External Validity

As mentioned in the study limitations, caution should be exercised in interpreting these results as the study was conducted on extracted teeth. There is therefore an absence of the clinical context and the carious lesion activity. For example, it is

harder clinically to diagnose a caries carious lesion due to a lack of access compared to a tooth in a vial that can be manipulated and viewed from all angles.

Moreover, the study involved dental students. One might think whether the results would have been similar if the study had included clinicians, professors, or students from other dental schools. As a matter of fact, these different populations differ in the sense that, for example, a student population is generally more exposed daily to didactic context, compared to a population of clinicians, who deals with a clinical context instead.

Future Studies

Future studies may be designed with a larger sample and using histologic sections to determine more accurately the carious lesion severity. It would also be interesting to take advantage of a protocol similar to that used in the present study but to use it in a clinical study on patients in order to better transpose these results. Furthermore, just as it was initially planned in this protocol, performing a similar study on a group of clinicians, in addition to a group of students, would be very interesting because it will then be possible to compare the answers of each of the groups individually, but also to make inter-group comparisons and observe which group is most receptive to training.

Future studies going in this direction would confirm the validity of an ICDAS training and would help design clinical scripts that would make it possible to standardize the diagnosis and treatment of dental caries by dentists (100, 101).

Conclusion

An e-training about the ICDAS detection system improved the accuracy of the diagnosis of dental caries in first-year DMD students. This improvement seems more significant in the recognition of healthy teeth, showing only signs of non-carious processes such as fluorosis and extrinsic staining. In other words, the training helps better diagnose teeth free from dental caries as being healthy and that way, it helps decrease the number of teeth which would be restored unnecessarily due to an initial misdiagnosis. For the practice of the dentist, this would allow them to improve the bond of trust he maintains with his patients because they would see that he prefers to adopt a conservative approach when the situation allows it, which would also promote the preservation of healthy tooth

structure. For the patient, not only will this have a positive impact on his relationship with his dentist but will allow him to realize the importance of his own actions on his dental health and allow him to have better eating habits and better oral hygiene. However, for several reasons mentioned in the discussion, the training does not appear to have a significant effect in dental caries management according to what is suggested by the ICCMSTM. Further research, and specifically clinical studies on patients, with larger sample sizes including clinicians among participants, would make it possible to further validate the relevance of developing training courses that would be offered to dentists and to dental students in order to standardize the management of dental caries.

Statement of Ethics

The approval by the scientific committee of the Faculty of Dentistry of the UdeM was obtained on May 30, 2018 and the ethics certificate was issued by the Comité d'éthique de la recherche clinique (CERC) of UdeM on November 20, 2018. Also, a mitigation plan has been approved on July 28, 2020 by the comité de reprise des activités de recherche (CRAR) in order to have the authorization to continue the research project in the context of the COVID-19 pandemic.

Conflict of Interest Statement

The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding Sources

Ernest Charron Research Funds (summer 2018, summer 2019, summer 2020)

References

1. Gilbert GH, Gordan VV, Korelitz JJ, Fellows JL, Meyerowitz C, Oates TW, et al. Provision of specific dental procedures by general dentists in the National Dental Practice-Based Research Network: questionnaire findings. *BMC oral health*. 2015;15:11-.
2. Tikhonova S, Girard F, Fontana M. Cariology Education in Canadian Dental Schools: Where Are We? Where Do We Need to Go? *Journal of dental education*. 2018;82(1):39-46.
3. Norton WE, Funkhouser E, Makhija SK, Gordan VV, Bader JD, Rindal DB, et al. Concordance between clinical practice and published evidence: findings from The National Dental Practice-Based Research Network. *J Am Dent Assoc*. 2014;145(1):22-31.
4. Chesters RK, Pitts NB, Matuliene G, Kvedariene A, Huntington E, Bendinskaite R, et al. An abbreviated caries clinical trial design validated over 24 months. *J Dent Res*. 2002;81(9):637-40.
5. Fyffe HE, Deery C, Nugent ZJ, Nuttall NM, Pitts NB. In vitro validity of the Dundee Selectable Threshold Method for caries diagnosis (DSTM). *Community dentistry and oral epidemiology*. 2000;28(1):52-8.
6. Ismail AI. Visual and visuo-tactile detection of dental caries. *J Dent Res*. 2004;83 Spec No C:C56-66.
7. Gugrani N, Pandit IK, Srivastava N, Gupta M, Sharma M. International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): A New Concept. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2011;4(2):93-100.
8. Ismail AI, Pitts NB, Tellez M, Authors of International Caries C, Management S, Banerjee A, et al. The International Caries Classification and Management System (ICCMS™) An Example of a Caries Management Pathway. *BMC oral health*. 2015;15 Suppl 1(Suppl 1):S9-S.
9. Ismail AI, Martignon S, Ekstrand K, Douglas G, Longbottom C. ICCMS Guide for Practitioners and Educators. 2014.
10. Baelum V. Caries management: technical solutions to biological problems or evidence-based care? *Journal of oral rehabilitation*. 2008;35(2):135-51.
11. Charlin B, Boshuizen HPA, Custers EJ, Feltovich PJ. Scripts and clinical reasoning. *Medical Education*. 2007;41(12):1178-84.

12. Diniz MB, Lima LM, Santos-Pinto L, Eckert GJ, Zandona AG, de Cassia Loiola Cordeiro R. Influence of the ICDAS e-learning program for occlusal caries detection on dental students. *Journal of dental education*. 2010;74(8):862-8.
13. Diniz MB, Rodrigues JA, Neuhaus KW, Cordeiro RC, Lussi A. Influence of examiner's clinical experience on the reproducibility and accuracy of radiographic examination in detecting occlusal caries. *Clinical oral investigations*. 2010;14(5):515-23.
14. Jablonski-Momeni A, Stachniss V, Ricketts DN, Heinzl-Gutenbrunner M, Pieper K. Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for detection of occlusal caries in vitro. *Caries research*. 2008;42(2):79-87.
15. Nogueira VK, Bussaneli DG, Tagliaferro EP, Spin-Neto R, Escobar A, Cordeiro RC. Examiner's experience and the outcome interpretation of ICDAS and Nyvad's system - a prospective in vitro study. *Acta Odontol Scand*. 2017;75(3):186-90.
16. Rodrigues JA, de Oliveira RS, Hug I, Neuhaus K, Lussi A. Performance of experienced dentists in Switzerland after an e-learning program on ICDAS occlusal caries detection. *Journal of dental education*. 2013;77(8):1086-91.
17. El-Damanhoury HM, Fakhruddin KS, Awad MA. Effectiveness of teaching International Caries Detection and Assessment System II and its e-learning program to freshman dental students on occlusal caries detection. *Eur J Dent*. 2014;8(4):493-7.
18. Foley JJ. Dental students consistency in applying the ICDAS system within paediatric dentistry. *European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*. 2012;13(6):319-22.
19. Luz PB, Stringhini CH, Otto BR, Port AL, Zaleski V, Oliveira RS, et al. Performance of undergraduate dental students on ICDAS clinical caries detection after different learning strategies. *European journal of dental education : official journal of the Association for Dental Education in Europe*. 2015;19(4):235-41.
20. Tellez M, Gomez J, Pretty I, Ellwood R, Ismail AI. Evidence on existing caries risk assessment systems: are they predictive of future caries? *Community dentistry and oral epidemiology*. 2013;41(1):67-78.

Chapitre 5 – Discussion

Retour sur les résultats

Cette étude expérimentale clarifie l'effet que peut avoir une formation sur le diagnostic et la prise en charge de la carie dentaire, chez des étudiants de première année au DMD. Une telle formation permettrait d'améliorer et d'uniformiser la détection de la carie et sa prise en charge d'un clinicien à l'autre. Il s'agirait donc d'un outil pratique dans l'élaboration de scripts cliniques auprès des dentistes (100, 101). Afin d'évaluer l'efficacité d'un tel système sur des étudiants de première année au DMD, nous nous sommes basés sur des protocoles préexistants (102-108). Nous avons décidé de travailler avec des étudiants de première année car nous voulions avoir des participants qui n'avaient pas eu d'exposition préalable marquée à la carie dentaire. Nous voulions aussi travailler avec des cliniciens de la FMD afin de pouvoir comparer non seulement chacun des groupes entre eux (i.e. intra-groupe) mais également un groupe à l'autre (i.e. inter-groupe). Effectivement, il aurait été intéressant d'observer lequel des groupes avait le plus grand nombre de bonnes réponses avant la formation, et également de remarquer lequel des deux groupes s'est le plus amélioré suite à la formation. Mais malheureusement, à cause de délais majeurs et de normes très restrictives occasionnés par la COVID-19, il n'était plus possible de réaliser la collecte de données auprès des cliniciens.

Objectif 1 : Amélioration de la justesse du diagnostic de la carie dentaire

Afin de trouver une réponse à mon premier objectif, il a été demandé aux participants de donner un score entre 0 et 6 pour chacune des 100 dents extraites afin d'évaluer l'état de sévérité des lésions carieuses (72, 96). Par la suite, leurs réponses ont été comparées aux réponses de l'expert (i.e. la réponse de référence), déterminées préalablement par l'étudiant-chercheur selon l'ICDAS. Il est à noter qu'initialement, nous voulions réaliser des coupes histologiques afin que la réponse de référence soit basée sur le système de classification histologique de Ekstrand et al.,1997, qui est un système qui met en relation l'apparence clinique (selon les stades de l'ICDAS) avec les changements histologiques (74). Mais encore une fois, ceci n'a pas été possible à cause de la COVID-19.

En ce qui a trait au système de notation entre 0 et 6, les résultats de l'étude ont démontré une plus grande amélioration de la justesse du diagnostic de la carie dentaire dans le groupe expérimental ($p < 0.05$), comparativement au groupe contrôle, tel que démontré dans la figure 9, par la pente de chacune des courbes. En effet, dans le groupe expérimental, le pourcentage d'accord est passé d'une médiane de 46% à une médiane de 57%, alors que la médiane de 44% est restée inchangée dans le groupe contrôle. En d'autres mots, avant l'intervention, les deux groupes étaient comparables au niveau des résultats puis après cette dernière, le groupe expérimental a eu une plus grande amélioration que le groupe contrôle, et ce, avec des intervalles de confiance qui ne se chevauchent pas. La formation sur l'ICDAS a donc permis aux participants du groupe expérimental d'améliorer leur taux de bonnes réponses dans la détection de la carie dentaire. Cette amélioration statistiquement significative concorde avec les résultats d'études antérieures, notamment celle de Diniz et al. qui a également étudié l'impact d'une formation en ligne sur l'ICDAS sur la détection des caries occlusales ($n=104$ dents) auprès de huit étudiants en médecine dentaire (102).

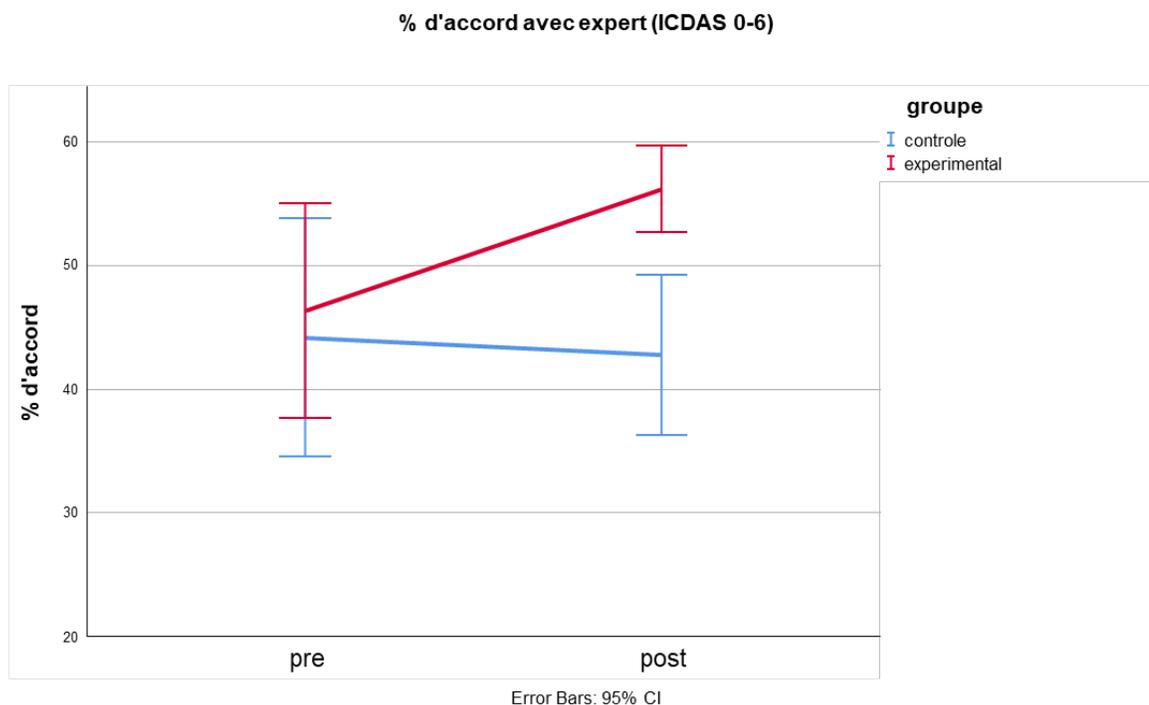


Figure 9: Comparaison inter-groupes dans le pourcentage d'accord avec l'expert, avant et après l'intervention (ICDAS 0-6)

Si nous nous attardons davantage sur l'analyse statistique en lien avec l'objectif 1 pour les codes ICDAS 0-6, nous devons d'abord noter que suite à une analyse de type ANOVA non-paramétrique pour mesures répétées à travers le temps avec les groupes (contrôle et expérimental) comme variable indépendante, il y a plusieurs résultats pertinents qui méritent d'être mentionnés. Premièrement, dans le tableau 5 qui suit, le temps multiplié par le groupe (time*groupe) est significatif (p=0.0223) et on est donc justifié de faire les comparaisons pre post pour chacun des groupes pour les codes ICDAS 0-6.

Tableau 5: Mesure de l'effet du temps, du groupe et de leur effet combiné (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	12	2.81	2.81	0.0937	0.1195	1	11.7	2.81	0.1201	0.0937
groupe	1	12	6.55	6.55	0.0105	0.0250	1	11.3	6.55	0.0260	0.0105
time*groupe	1	12	5.23	5.23	0.0223	0.0412	1	11.7	5.23	0.0417	0.0223

Ensuite, dans les deux tableaux qui suivent, lorsqu'on compare les deux groupes entre eux, nous avons une validation comme quoi les deux groupes n'ont pas de différence significative en pre (Tableau 6), mais qu'ils sont différents en post (Tableau 7).

Tableau 6: Calcul de la différence entre les deux groupes en pre (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
groupe	1	12	0.19	0.19	0.6643	0.6720	1	11.9	0.19	0.6721	0.6643

Tableau 7: Calcul de la différence entre les deux groupes en post (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
groupe	1	12	27.96	27.96	<.0001	0.0002	1	12	27.96	0.0002	<.0001

Enfin, lorsqu'on compare chacun des groupes à soi-même, en pre et en post, nous pouvons relever que le groupe contrôle n'est pas statistiquement différent aux deux temps (Tableau 8), mais que le groupe expérimental est différent en post (Tableau 9).

Tableau 8: Calcul de la différence en pre vs post pour le groupe contrôle (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	6	0.10	0.10	0.7492	0.7601	1	6	0.10	0.7601	0.7492

Tableau 9: Calcul de la différence en pre vs post pour le groupe expérimental (ICDAS 0-6)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	6	5.31	5.31	0.0212	0.0608	1	6	5.31	0.0608	0.0212

Si nous analysons les résultats de l'étude en lien avec le système de notation simplifié (i.e. 0, a, b, c), nous pouvons noter également une plus grande augmentation dans le pourcentage de bonnes réponses dans le groupe expérimental comparativement au groupe contrôle, mais ce résultat n'est pas statistiquement significatif, avec des intervalles de confiance qui se chevauchent ($p > 0.05$). De façon concrète, le pourcentage d'accord est passé de 56% à 65% dans le groupe expérimental, et de 58% à 62% dans le groupe contrôle. Il y a donc une certaine tendance dans ces résultats, mais il aurait fallu réaliser la collecte de données avec des groupes

de participants plus volumineux pour espérer obtenir possiblement des résultats significatifs, même si l'échantillon calculé était suffisant pour obtenir une puissance statistique similaire à celles de plusieurs études comparables (mentionnées dans la partie matériels et méthodes).

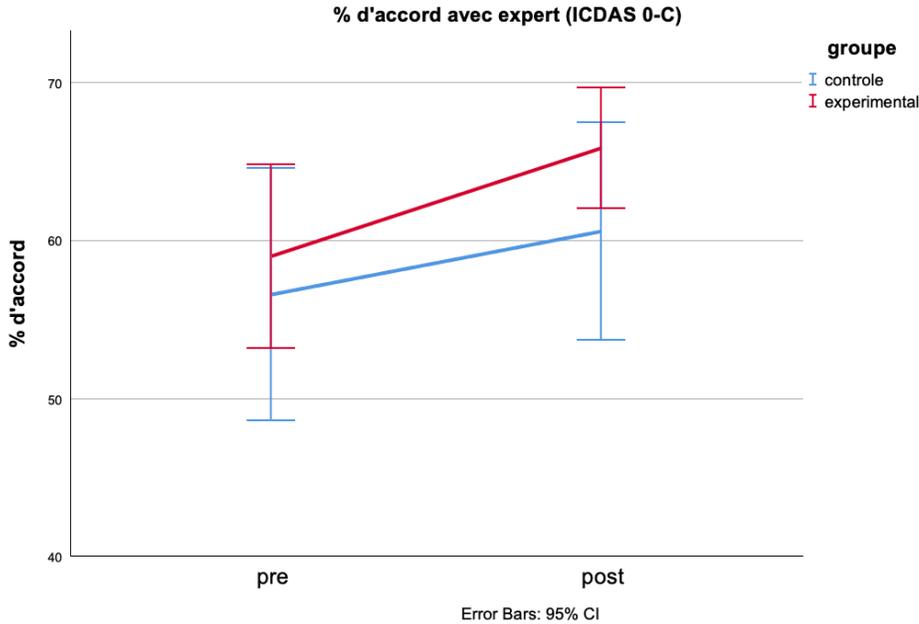


Figure 10: Comparaison inter-groupes dans le pourcentage d'accord avec l'expert, avant et après l'intervention (ICDAS 0-C)

Si nous nous penchons sur la même analyse statistique mais en lien avec le système de notation simplifié 0-C, nous pouvons constater en premier lieu que dans le tableau 10, time*groupe n'est pas significatif (p=0.3686) et on n'est donc pas justifié de faire les comparaisons pre post pour chacun des groupes. Ces comparaisons ont néanmoins été faites à des fins de discussion.

Tableau 10: Mesure de l'effet du temps, du groupe et de leur effet combiné (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	12	4.63	4.63	0.0314	0.0524	1	11.1	4.63	0.0542	0.0314
groupe	1	12	1.96	1.96	0.1620	0.1873	1	11.6	1.96	0.1882	0.1620
time*groupe	1	12	0.81	0.81	0.3686	0.3863	1	11.1	0.81	0.3877	0.3686

Par la suite, dans les deux tableaux qui suivent, lorsque les deux groupes sont comparés entre eux, nous avons une validation comme quoi les deux groupes n'ont pas de différence significative ni en pre (Tableau 11), et ni en post (Tableau 12).

Tableau 11: Calcul de la différence entre les deux groupes en pre (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
groupe	1	12	0.14	0.14	0.7105	0.7169	1	11.4	0.14	0.7173	0.7105

Tableau 12: Calcul de la différence entre les deux groupes en post (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
groupe	1	12	2.68	2.68	0.1017	0.1277	1	11.7	2.68	0.1284	0.1017

Finalement, lorsqu'on compare chacun des groupes à soi-même, en pre et en post, nous pouvons noter que le groupe contrôle n'est pas statistiquement différent aux deux temps (Tableau 13), mais que le groupe expérimental est différent en post (Tableau 14).

Tableau 13: Calcul de la différence en pre vs post pour le groupe contrôle (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	6	0.97	0.97	0.3244	0.3625	1	6	0.97	0.3625	0.3244

Tableau 14: Calcul de la différence en pre vs post pour le groupe expérimental (ICDAS 0-C)

Type 3 Tests of Fixed Effects											
Effect	Num DF	Den DF	Chi-Square	F Value	Pr > ChiSq	Pr > F	ANOVA F				
							Num DF	Den DF	Value	Pr > F(DDF)	Pr > F(infty)
time	1	6	6.28	6.28	0.0122	0.0462	1	6	6.28	0.0462	0.0122

Maintenant qu'on observe une augmentation du pourcentage d'accord dans le groupe expérimental dans le système de notation régulier, il peut être très intéressant d'y aller plus dans les détails et observer dans quel stade de sévérité il y a eu le plus d'amélioration et dans quel stade il y en a eu le moins. Pour ce qui est du système régulier, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs, mais il peut être pertinent de se pencher sur les résultats néanmoins. Comme on peut le constater dans le tableau 15, la plus grande amélioration a eu lieu pour le stade 0, soit le stade où la dent ne présente pas de lésion carieuse. En effet, le pourcentage de bonnes réponses pour le groupe expérimental est passé de 40% avant la formation, à 60.57% après (une amélioration de 21%) comparativement à un pourcentage allant de 49 à 56 pour le groupe contrôle (une amélioration de 7%). Ce résultat, quoique non significatif, est très important lorsqu'on réfléchit à son impact. Cela veut dire que pour 100 dents saines, c'est-à-dire exemptes de carie, il y a 21 dents additionnelles qui ne subiront pas de traitements non nécessaires car elles ont correctement été diagnostiquées comme dents saines. En d'autres mots, suite à l'intervention, le groupe expérimental démontre une meilleure spécificité et est davantage en mesure d'identifier correctement des négatifs (i.e. moins de faux positifs). Maintenant, en ce qui a trait à la variation dans les pourcentages d'accord pour chaque stade de sévérité de la notation simplifiée, il y a un stade de sévérité pour lequel il y a une amélioration statistiquement significative pour le groupe expérimental. En effet, pour le stade de sévérité A, la variation dans le pourcentage de bonnes réponses pour le groupe expérimental (i.e. 2 %) est significativement supérieure à celle du groupe contrôle, qui s'est détérioré (-9%). Les autres données peuvent être retrouvées dans le tableau 16 qui suit.

Tableau 15: Variation dans les pourcentages d'accord, avant et après l'intervention, pour chaque stade de sévérité (0-6)

Sévérité (0-6)	Groupe expérimental			Groupe contrôle		
	Pre (%)	Post (%)	Variation (%)	Pre (%)	Post (%)	Variation (%)
n0=25	40.00	60.57	20.57	49.14	56.57	7.43
n1=7	30.61	44.90	14.29	14.29	22.45	8.16
n2=17	42.86	47.90	5.04	36.13	21.85	-14.28
n3=20	37.14	50.71	13.57	34.29	25.00	-9.29
n4=7	34.69	48.98	14.29	34.69	38.78	4.09
n5=12	48.81	63.10	14.29	44.05	41.67	-2.38
n6=12	92.86	71.43	-21.43	84.52	88.10	3.58

Tableau 16 : Variation dans les pourcentages d'accord, avant et après l'intervention, pour chaque stade de sévérité (0-C)

Sévérité (0,A,B,C)	Groupe expérimental			Groupe contrôle		
	Pre (%)	Post (%)	Variation (%)	Pre (%)	Post (%)	Variation (%)
n0=25	40.00	60.57	20.57	49.14	56.57	7.43
nA=24	60.12	62.50	2.38	54.17	44.64	-9.53
nB=27	49.21	53.44	4.23	39.68	55.56	15.88
nC=24	88.69	88.69	0	85.71	86.31	0.6

Ces résultats en lien avec le diagnostic de la carie dentaire et de l'évaluation de sa sévérité sont très intéressants. En effet, afin de pouvoir remédier à l'hétérogénéité parmi les cliniciens dans la gestion de la carie dentaire, il faut travailler sur deux fronts : au niveau du diagnostic et au niveau de la prise en charge (109). Du point de vue diagnostic, les résultats de la présente étude démontrent qu'une formation sur l'ICDAS permettrait d'améliorer la justesse du diagnostic de la carie dentaire. Plus spécifiquement, cette formation semblerait avoir un impact majeur au niveau de la spécificité des évaluateurs. Comme démontré dans les tableaux 15 et 16, nous pouvons constater qu'elle permet d'aider à faire la distinction entre un processus carieux et un processus non carieux. Ainsi, grâce à elle, plusieurs dents qui pourraient être interprétées initialement comme étant des dents atteintes de carie, sont désormais correctement

diagnostiquées comme des dents qui sont saines. Ce faisant, la formation permettrait de diminuer la quantité de dents qui seraient fraisées inutilement et qui subiraient donc des dommages irréversibles à cause d'un mauvais diagnostic initial.

Objectif 2 : Amélioration de la concordance de la prise en charge de la carie dentaire avec celle suggérée par l'ICDAS

Afin de trouver une réponse au deuxième objectif, il a été demandé aux participants de donner également un score entre 0 et 2 pour la prise en charge recommandée pour chacune des cent dents extraites, selon les recommandations de l'ICCMSTM (72, 96). En d'autres mots, un 0 représente une surveillance dans le temps, un 1 symbolise un traitement préventif et un 2 signifie un traitement curatif. Lors de l'analyse statistique, il a été jugé préférable de combiner le 0 et le 1 car dans les deux cas il s'agit d'une prise en charge non-curative, alors que le 2 représente une prise en charge curative, c'est-à-dire l'ablation irréversible de substance dentaire. Ainsi, il est possible de dichotomiser les prises en charge et de mieux différencier la prise en charge curative de la non-curative. Suite aux collectes de données, les réponses des participants ont été comparé aux réponses de l'expert (i.e. la réponse de référence), déterminées préalablement par l'étudiant-chercheur selon la prise en charge recommandée par l'ICCMSTM.

En ce qui a trait à cette deuxième variable, les résultats de la présente étude sont moins concluants. Tel qu'illustré sur la figure 10, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes suite à l'exposition du groupe expérimental à l'intervention ; les courbes sont sensiblement parallèles entre-elles et les intervalles de confiance se superposent autant avant qu'après l'intervention. En effet, l'intervention ne semble pas avoir aidé ce groupe à améliorer son taux de bonnes réponses lors de la deuxième collecte de données.

Ainsi, il est en soi difficile d'observer une standardisation de la prise en charge de la carie dentaire avec l'absence de critères essentiels pour guider la décision tels que l'absence de critère d'activité carieuse et l'absence d'un contexte clinique complet. Cela démontre que la mesure d'une prise en charge est difficile à établir avec uniquement une dent extraite. En d'autres mots, il manquait de l'information cruciale aux participants pour répondre à cette

question. La non-concordance dans les résultats pour cette variable peut donc être inhérent à la mesure en soit; utiliser des dents extraites peut être pertinent pour établir un état de sévérité, mais cela comporte des limites pour l'établissement d'une prise en charge.

Afin de mieux analyser ces résultats non-significatifs, le même exercice que pour le diagnostic de la carie dentaire a été fait, c'est-à dire que le pourcentage de bonnes réponses a été examiné pour chacune des prises en charge mais les résultats ne sont pas statistiquement significatifs. Comme on peut le constater dans le tableau 17 ci-après, le taux de bonnes réponses pour la prise en charge non-curative est excellent pour les deux groupes avant même l'exposition à l'intervention, avec des pourcentages de 91% pour le groupe expérimental et de 85% pour le groupe contrôle. Suite à la formation, il ne semble pas y avoir de différence, à part une légère diminution dans les deux groupes. Ce chiffre de base très élevé est curieux mais une hypothèse pouvant expliquer cela pourrait être le fait que les étudiants de médecine dentaire à la FMD sont exposés très tôt dans leur cursus à plusieurs cours portant sur la carie dentaire et sur sa prise en charge. Ainsi, ces notions de prise en charge sont fraîches dans leur mémoire. Il aurait été très intéressant de comparer les taux initiaux de bonnes réponses des étudiants à ceux des cliniciens de la FMD afin de confirmer ou infirmer cette hypothèse.

Pour ce qui est du traitement curatif comme prise en charge, le pourcentage de bonnes réponses s'est amélioré presque deux fois plus dans le groupe expérimental (i.e. 11%) comparativement au groupe contrôle (i.e. 6%). Mais il faut toutefois se rappeler que globalement, ces résultats ne sont pas statistiquement significatifs et qu'il faut donc les interpréter avec précaution. Il est possible que ces résultats ne soient pas significatifs non pas dû au fait que la taille de l'échantillon n'était pas suffisamment grande mais dû au fait que la deuxième collecte de données a eu lieu à l'automne 2020, lors de la deuxième année scolaire des participants à cause des délais entraînés par la COVID. En d'autres termes, les participants ont peut-être été exposé à plusieurs autres notions en lien avec la carie dentaire dans les semaines précédant la deuxième collecte de données et l'intervention n'offrait ainsi pas de valeur ajoutée. Mais il est certain qu'avoir recours à des plus gros échantillons aurait été avantageux pour la puissance statistique des résultats afin de déterminer réellement si la formation permet d'améliorer le taux de bonnes réponses en ce qui a trait à la prise en charge.

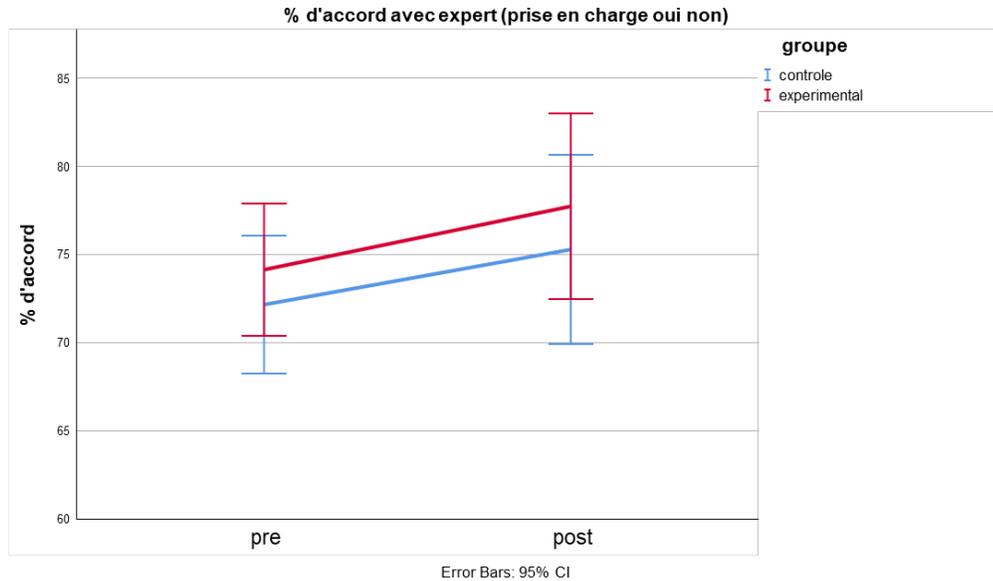


Figure 11: Comparaison inter-groupes dans le pourcentage d'accord avec la prise en charge suggérée par l'ICCMSTM, avant et après l'intervention

Tableau 17: Comparaison inter-groupes dans le pourcentage d'accord avec la prise en charge suggérée par l'ICCMSTM, avant et après l'intervention

Prise en charge	Groupe expérimental			Groupe contrôle		
	Pre (%)	Post (%)	Variation (%)	Pre (%)	Post (%)	Variation (%)
n0=49	90.67	86.88	-3.79	85.13	84.84	-0.29
n2=51	58.26	68.91	10.65	59.66	66.11	6.45

En somme, ces résultats en lien avec l'attribution d'une prise en charge adéquate respectant les recommandations de l'ICCMSTM sont à prendre avec un grain de sel mais il reste qu'il est intéressant de noter que les participants des deux groupes étaient en mesure d'obtenir des scores très élevés pour la prise en charge non-curative, que ce soit avant ou après l'intervention. Cela signifie que les notions enseignées en classe leur permettent d'emblée d'avoir une bonne spécificité et de reconnaître lorsqu'il n'est pas requis de procéder avec une prise en charge curative, qui est, par le fait-même, irréversible.

Limites de l'étude

Cette étude comporte certaines limites qu'il est important de mentionner. D'abord, comme elle a été menée sur des dents extraites, il y a une absence du contexte clinique et de tout ce qui y est associé, tels que le risque carieux spécifique au patient, et l'activité associée aux lésions carieuses (95, 96). En effet, lors de l'examen clinique, il y a plusieurs facteurs à investiguer outre la présence ou non de lésions carieuses, tels que l'histoire médicale du patient, ses habitudes alimentaires, son hygiène bucco-dentaire, la présence d'hyposalivation, etc. En plus du risque carieux, il faut aussi évaluer l'activité des lésions carieuses car la prise en charge dépend étroitement de l'activité de la lésion tel que mentionné dans la revue de la littérature (72). Il faut donc faire preuve de prudence lors de la transposition de ces résultats.

Une autre limite est le fait qu'une année scolaire s'est écoulée entre la première et la deuxième collecte de données auprès des étudiants. Ce laps de temps est dû aux délais majeurs et aux normes très restrictives occasionnés par le contexte de l'épidémie de la COVID-19. En effet, il a fallu revoir le protocole du contrôle de la contamination et il a fallu obtenir une approbation d'un plan de mitigation par le CRAR afin de reprendre le projet de recherche. Cet intervalle de temps est à prendre en considération car les étudiants ont eu davantage d'exposition à des enseignements sur la carie dentaire entre les deux tests. Ainsi, la formation peut avoir eu un bénéfice moindre sur les participants et affectant par le fait-même les résultats de l'étude.

Il faut aussi aborder le fait que malgré la quantité importante de dents extraites (i.e. 100 dents), il y a seulement 7 participants par groupe, pour un total de 14 participants. Cette taille d'échantillon est relativement petite et quoiqu'elle permet d'obtenir une bonne puissance statistique, selon plusieurs études comparables mentionnées dans la section matériels et méthodes, certaines tendances observées dans l'étude auraient pu être statistiquement significatives avec plus de sujets.

Finalement, pour déterminer la réponse de référence, elle a été déterminée par l'étudiant-expert mais ce dernier n'a pas reçu une formation spécifique aux fins de l'étude. Il a pris part à une formation sur l'ICDAS quelques années plus tôt et a rafraîchi ses connaissances en lisant sur le sujet, mais le fait qu'il n'a pas obtenu une formation spécifique avant le début de l'étude peut être une limite à prendre en note. Aussi, il était prévu de procéder à des coupes histologiques

de chacune des dents et de se servir du système de classification histologique de Ekstrand et al. afin de mettre en relation l'apparence clinique (selon les stades de l'ICDAS) avec les changements histologiques (74). Malheureusement, cela n'a pas été possible à cause des délais entraînés par la pandémie de la COVID-19, et la réponse de référence a été déterminé par l'étudiant-chercheur selon les critères de l'ICDAS.

Scientificité de l'étude

Fiabilité intra-examineur

Comme mentionné plus haut, l'analyse des réponses des participants fut effectuée en comparant leurs réponses à la réponse de référence, déterminée préalablement par un expert (i.e. l'étudiant-chercheur). L'expert a donné un score à chacune des 100 dents à deux reprises, et la corrélation intra-examineur était de 0.95, respectant le seuil de signification statistique qui a été fixé à 0.05 avec le coefficient de corrélation intraclass.

Validité interne

Il faut savoir que la validité interne est un indicateur de qualité qui permet au chercheur d'évaluer la fiabilité des conclusions tirées de l'analyse statistique de sa propre étude. En ce qui a trait à la validité interne, il faut se rappeler d'abord que les participants proviennent tous de la même cohorte d'étudiants en médecine dentaire. Lors de la recherche de participants, l'échantillonnage a été réalisé sous base volontaire. Il n'y a pas eu de contrôle pour des caractéristiques spécifiques (e.g. sexe, âge, etc). Nous voulions un minimum de dix participants, mais quatorze volontaires se sont manifestés et ont été pris pour l'étude. Il y a donc présence d'un possible biais de sélection. Toutefois, quoique l'on ne pouvait pas trier les participants en fonction de leurs connaissances de l'ICDAS ainsi que leur éventuelle exposition à des enseignements entre les deux tests, et quoique les participants n'ont pas été contrôlé selon des caractéristiques précises, la randomisation qui fut effectuée dans chacun des groupes a permis d'isoler l'effet de l'intervention. En effet, la figure 9 de la section discussion illustre bien que

les groupes sont comparables lors du premier test et que c'est seulement après l'intervention qu'une différence peut s'observer au niveau de la variation dans les résultats.

Une autre source de biais possible est un biais de mesure lié à la répétition du test. En effet, la répétition d'un même test pourrait nuire à la validité interne lors de la deuxième mesure. Autrement dit, même si les participants n'ont pas accès aux réponses, il est possible qu'ils aient discuté entre eux des réponses suite au premier test, qu'ils aient continué leur réflexion sur certaines dents qui les dérangent ou qu'ils aient amélioré leurs aptitudes en refaisant le même test pour une deuxième fois. Il est donc pertinent de se demander si les participants n'ont pas raisonné a posteriori du premier test, avant le deuxième. Cependant, ce biais est minimisé par la quantité élevée de dents (i.e. 100 dents) et par l'intervalle de temps séparant les deux tests (i.e. 8 mois).

Validité externe

La validité externe est un indicateur qui permet d'évaluer la fiabilité des conclusions d'une étude dans leur généralisation à l'ensemble de la population étudiée. Comme mentionné dans les limites de l'étude, il faut faire preuve de prudence lors de la transposition de ces résultats d'abord car l'étude a été menée sur des dents extraites. Il y a donc une absence du contexte clinique et de tout ce qui y est associé, tels que le risque carieux spécifique au patient, et l'activité associée aux lésions carieuses, qui ont une influence sur le diagnostic de la carie dentaire et de sa prise en charge. À titre d'exemple, il est moins évident cliniquement d'évaluer une lésion carieuse dû à l'accès qui est plus restreint comparativement à une dent dans une fiole qui peut être manipulée et observée sous tous les angles imaginables.

Ensuite, l'étude a porté sur des étudiants en médecine dentaire. Il est à se demander si les résultats auraient été semblables si l'étude avait porté sur des cliniciens, des professeurs, ou des étudiants provenant d'autres facultés de médecine dentaire. En effet, ces différentes populations diffèrent dans le sens où, par exemple, une population d'étudiants est globalement

plus exposée quotidiennement à un contexte théorique, par rapport à une population de cliniciens qui elle fait davantage face à un contexte clinique.

Perspectives futures

Des études futures pourraient être élaborées avec un plus grand échantillon et en ayant recours à des coupes histologiques pour déterminer avec plus de précision la réponse de référence. Il serait également intéressant de tirer profit d'un protocole similaire à celui utilisé dans la présente étude mais de l'employer dans une étude clinique sur patient afin d'être plus en mesure de transposer ces résultats. Aussi, tout comme il était prévu initialement dans notre protocole, réaliser une étude similaire sur un groupe de cliniciens, en plus d'un groupe d'étudiant, serait très pertinent car il sera alors possible de comparer les réponses de chacun des groupes individuellement, mais également de faire des comparaisons inter-groupes (e.g. observer quel groupe est le plus réceptif à la formation). Enfin, répéter le même test mais à un intervalle de temps plus éloigné (e.g. six mois ou un an post-intervention) permettrait d'observer l'effet de l'intervention mais à moyen ou long terme. Bref, des études futures allant dans ce sens-là permettraient de confirmer la validité d'une formation sur l'ICDAS dans l'optique de mettre en place des scripts cliniques qui permettraient d'homogénéiser le diagnostic et la prise en charge de la carie dentaire par les dentistes (100, 101).

Chapitre 6 – Conclusion

Une formation en ligne sur le système de détection de l'ICDAS pourrait permettre d'améliorer la justesse du diagnostic de la carie dentaire chez des étudiants de première année en médecine dentaire. Cette amélioration dans le diagnostic semble davantage améliorée dans la reconnaissance de dents saines, présentant plutôt des signes de processus non-carieux tels que la fluorose et la coloration extrinsèque. La formation permet donc de mieux diagnostiquer des dents exemptes de caries comme étant saines. Cela permet de diminuer la quantité de dents qui seraient fraisées inutilement et qui subiraient donc des dommages irréversibles à cause d'un mauvais diagnostic initial. Pour la pratique du dentiste, cela lui permettrait de bonifier le lien de confiance qu'il entretient avec ses patients car ces derniers verraient qu'il préfère adopter une approche conservatrice et peu dispendieuse lorsque la situation le permet, ce qui favoriserait également la préservation de structure dentaire saine. Pour le patient, non seulement cela aura un impact positif sur sa relation avec son dentiste, mais lui permettra de prendre conscience de l'importance de ses propres actions sur sa santé dentaire et lui permettra d'avoir de meilleures habitudes alimentaires et une meilleure hygiène bucco-dentaire. Cependant, pour plusieurs raisons mentionnées dans la discussion, la formation ne semble pas avoir d'effet significatif dans la concordance de prise en charge de la carie dentaire avec celle suggérée par l'ICCMS™. Des études futures, préférentiellement de type étude clinique sur patients (i.e. afin d'avoir le contexte clinique des lésions carieuses), avec de plus gros échantillons qui incluent également des cliniciens parmi les participants permettraient de valider davantage la pertinence d'élaborer des formations qui seraient offertes aux dentistes et également aux étudiants en médecine dentaire afin de standardiser la prise en charge de la carie dentaire.

Références bibliographiques

1. Gilbert GH, Gordan VV, Korelitz JJ, Fellows JL, Meyerowitz C, Oates TW, et al. Provision of specific dental procedures by general dentists in the National Dental Practice-Based Research Network: questionnaire findings. *BMC oral health*. 2015;15:11-.
2. Tikhonova S, Girard F, Fontana M. Cariology Education in Canadian Dental Schools: Where Are We? Where Do We Need to Go? *Journal of dental education*. 2018;82(1):39-46.
3. Frencken JE, Innes NP, Schwendicke F. Managing Carious Lesions: Why Do We Need Consensus on Terminology and Clinical Recommendations on Carious Tissue Removal? *Adv Dent Res*. 2016;28(2):46-8.
4. Innes NP, Frencken JE, Bjorndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Terminology. *Adv Dent Res*. 2016;28(2):49-57.
5. Featherstone JD. Dental caries: a dynamic disease process. *Australian dental journal*. 2008;53(3):286-91.
6. Feng X. [Cause of secondary caries and prevention]. *Hua xi kou qiang yi xue za zhi = Huaxi kouqiang yixue zazhi = West China journal of stomatology*. 2014;32(2):107-10.
7. Renton C. Management of residual and recurrent caries in adolescents. *Vital*. 2012;10:24.
8. Wyne AH, Guile EE. Caries activity indicators. A review. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*. 1993;4(2):39-46.
9. Hannig M. The protective nature of the salivary pellicle. *International Dental Journal*. 2002;52(S5):417-23.
10. Lendenmann U, Grogan J, Oppenheim FG. Saliva and dental pellicle--a review. *Adv Dent Res*. 2000;14:22-8.
11. Al-Hashimi I, Levine MJ. Characterization of in vivo salivary-derived enamel pellicle. *Archives of oral biology*. 1989;34(4):289-95.
12. Slomiany BL, Murty VL, Zdebska E, Slomiany A, Gwozdziński K, Mandel ID. Tooth surface-pellicle lipids and their role in the protection of dental enamel against lactic-acid diffusion in man. *Archives of oral biology*. 1986;31(3):187-91.
13. Skjølrand KK, Rykke M, Sønju T. Rate of pellicle formation in vivo. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1995;53(6):358-62.
14. Sønju T, Rolla G. Chemical analysis of the acquired pellicle formed in two hours on cleaned human teeth in vivo. Rate of formation and amino acid analysis. *Caries research*. 1973;7(1):30-8.
15. Palmer J, Robert J., Gordon SM, Cisar JO, Kolenbrander PE. Coaggregation-Mediated Interactions of Streptococci and Actinomyces Detected in Initial Human Dental Plaque. *Journal of Bacteriology*. 2003;185(11):3400-9.
16. Li G, Tam L-K, Tang JX. Amplified effect of Brownian motion in bacterial near-surface swimming. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2008;105(47):18355-9.
17. Meinders JM, Busscher HJ. Influence of ionic strength and shear rate on the desorption of polystyrene particles from a glass collector as studied in a parallel-plate flow chamber. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 1993;80(2):279-85.
18. Hernandez-Jimenez E, Del Campo R, Toledano V, Vallejo-Cremades MT, Munoz A, Largo C, et al. Biofilm vs. planktonic bacterial mode of growth: which do human

macrophages prefer? Biochemical and biophysical research communications. 2013;441(4):947-52.

19. Mayberry-Carson KJ, Tober-Meyer B, Smith JK, Lambe DW, Jr., Costerton JW. Bacterial adherence and glycocalyx formation in osteomyelitis experimentally induced with *Staphylococcus aureus*. *Infect Immun*. 1984;43(3):825-33.
20. Krzyściak W, Jurczak A, Kościelniak D, Bystrowska B, Skalniak A. The virulence of *Streptococcus mutans* and the ability to form biofilms. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2014;33(4):499-515.
21. Huang R, Li M, Gregory RL. Bacterial interactions in dental biofilm. *Virulence*. 2011;2(5):435-44.
22. Flemming H-C, Neu TR, Wozniak DJ. The EPS Matrix: The “House of Biofilm Cells”. *Journal of Bacteriology*. 2007;189(22):7945-7.
23. Li J, Helmerhorst EJ, Leone CW, Troxler RF, Yaskell T, Haffajee AD, et al. Identification of early microbial colonizers in human dental biofilm. *Journal of applied microbiology*. 2004;97(6):1311-8.
24. Ammann TW, Belibasakis GN, Thurnheer T. Impact of early colonizers on in vitro subgingival biofilm formation. *PLoS One*. 2013;8(12):e83090-e.
25. Periasamy S, Kolenbrander PE. Mutualistic biofilm communities develop with *Porphyromonas gingivalis* and initial, early, and late colonizers of enamel. *J Bacteriol*. 2009;191(22):6804-11.
26. Marsh PD. Microbiology of dental plaque biofilms and their role in oral health and caries. *Dental clinics of North America*. 2010;54(3):441-54.
27. Rulis Paul OL, Ching Wai-Yim. Electronic Structure and Bonding in Calcium Apatite Crystals: Hydroxyapatite, Fluorapatite, Chlorapatite, and Bromapatite. *Physical Review B*. 2004;70.
28. Savjani KT, Gajjar AK, Savjani JK. Drug solubility: importance and enhancement techniques. *ISRN pharmaceuticals*. 2012;2012:195727.
29. Abou Neel EA, Aljabo A, Strange A, Ibrahim S, Coathup M, Young AM, et al. Demineralization-rem mineralization dynamics in teeth and bone. *Int J Nanomedicine*. 2016;11:4743-63.
30. Cochrane NJ, Zero DT, Reynolds EC. Remineralization Models. *Advances in Dental Research*. 2012;24(2):129-32.
31. Carounanidy U, Sathyanarayanan R. Dental caries: A complete changeover (Part II)-Changeover in the diagnosis and prognosis. *J Conserv Dent*. 2009;12(3):87-100.
32. West NX, Hughes JA, Addy M. The effect of pH on the erosion of dentine and enamel by dietary acids in vitro. *Journal of oral rehabilitation*. 2001;28(9):860-4.
33. Ferreira Zandoná A, Ando M, Gomez GF, Garcia-Corretjer M, Eckert GJ, Santiago E, et al. Longitudinal analyses of early lesions by fluorescence: an observational study. *J Dent Res*. 2013;92(7 Suppl):84S-9S.
34. Kianoush N, Adler CJ, Nguyen K-AT, Browne GV, Simonian M, Hunter N. Bacterial profile of dentine caries and the impact of pH on bacterial population diversity. *PLoS One*. 2014;9(3):e92940-e.
35. Fejerskov Ole NB. *Dental Caries: The Disease and its Clinical Management*. Fourth Edition ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2015. 480 p.
36. Conrads G, About I. *Pathophysiology of Dental Caries*. Monographs in oral science. 2018;27:1-10.

37. Berkey CS, Douglass CW, Valachovic RW, Chauncey HH. Longitudinal radiographic analysis of carious lesion progression. *Community dentistry and oral epidemiology*. 1988;16(2):83-90.
38. Carvalho JC, Dige I, Machiulskiene V, Qvist V, Bakhshandeh A, Fatturi-Parolo C, et al. Occlusal Caries: Biological Approach for Its Diagnosis and Management. *Caries research*. 2016;50(6):527-42.
39. Hintze H, Wenzel A, Danielsen B, Nyvad B. Reliability of visual examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiography, and reproducibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces. *Caries research*. 1998;32(3):204-9.
40. Charadram N, Farahani RM, Harty D, Rathsam C, Swain MV, Hunter N. Regulation of reactionary dentin formation by odontoblasts in response to polymicrobial invasion of dentin matrix. *Bone*. 2012;50(1):265-75.
41. Charadram N, Austin C, Trimby P, Simonian M, Swain MV, Hunter N. Structural analysis of reactionary dentin formed in response to polymicrobial invasion. *J Struct Biol*. 2013;181(3):207-22.
42. Kunam D, Manimaran S, Sampath V, Sekar M. Evaluation of dentinal tubule occlusion and depth of penetration of nano-hydroxyapatite derived from chicken eggshell powder with and without addition of sodium fluoride: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2016;19(3):239-44.
43. Lillo L, Pierleoni F, Pagavino G. [Tubular sclerosis]. *Minerva stomatologica*. 1992;41(11):491-7.
44. Kidd E, Fejerskov O, Nyvad B. Infected Dentine Revisited. *Dental update*. 2015;42(9):802-6, 8-9.
45. Isolan CP, Sarkis-Onofre R, Lima GS, Moraes RR. Bonding to Sound and Caries-Affected Dentin: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The journal of adhesive dentistry*. 2018;20(1):7-18.
46. Iwamoto N, Ruse ND. Fracture toughness of human dentin. *Journal of biomedical materials research Part A*. 2003;66(3):507-12.
47. Yan J, Taskonak B, Mecholsky JJ, Jr. Fractography and fracture toughness of human dentin. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2009;2(5):478-84.
48. Ivancik J, Arola DD. The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin. *Biomaterials*. 2013;34(4):864-74.
49. Konishi N, Watanabe LG, Hilton JF, Marshall GW, Marshall SJ, Staninec M. Dentin shear strength: effect of distance from the pulp. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2002;18(7):516-20.
50. Ali A, Katz DL. Disease Prevention and Health Promotion: How Integrative Medicine Fits. *Am J Prev Med*. 2015;49(5 Suppl 3):S230-S40.
51. Keyes PH. Present and future measures for dental caries control. *The Journal of the American Dental Association*. 1969;79(6):1395-404.
52. Usha C, R S. Dental caries - A complete changeover (Part I). *J Conserv Dent*. 2009;12(2):46-54.
53. Martin L. Susceptibility to Dental Caries and the Salivary Proline-Rich Proteins. *International Journal of Dentistry*. 2011;2011.
54. Vieira AR. Genetics and caries: prospects. *Braz Oral Res*. 2012;26 Suppl 1(Suppl 1):7-9.

55. Evans AS. Causation and disease: the Henle-Koch postulates revisited. *Yale J Biol Med.* 1976;49(2):175-95.
56. Fejerskov O. Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care. *Caries research.* 2004;38(3):182-91.
57. Simon-Soro A, Mira A. Solving the etiology of dental caries. *Trends Microbiol.* 2015;23(2):76-82.
58. ten Cate JM. The need for antibacterial approaches to improve caries control. *Adv Dent Res.* 2009;21(1):8-12.
59. Mathur A, Batra M, Makkar D, Dileep C, Kaur P, Goyal N. Exploration of different school of thoughts among undergraduate dental students regarding dental caries and periodontal diseases. *Journal of Indian Association of Public Health Dentistry.* 2015;13(4):454-8.
60. Newbrun E. *Cariology.* 2nd ed. ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1983. 389 p.
61. Manji F, Fejerskov O. Dental caries in developing countries in relation to the appropriate use of fluoride. *J Dent Res.* 1990;69 Spec No:733-41; discussion 820-3.
62. Featherstone JD, Domejean-Orliaguet S, Jenson L, Wolff M, Young DA. Caries risk assessment in practice for age 6 through adult. *Journal of the California Dental Association.* 2007;35(10):703-7, 10-3.
63. Sudhir KM, Kanupuru KK, Fareed N, Mahesh P, Vandana K, Chaitra NT. CAMBRA as a Tool for Caries Risk Prediction Among 12- to 13-year-old Institutionalised Children - A Longitudinal Follow-up Study. *Oral health & preventive dentistry.* 2016;14(4):355-62.
64. Bilder L, Yavnai N, Zini A. Oral health status among long-term hospitalized adults: a cross sectional study. *PeerJ.* 2014;2:e423-e.
65. Castro ALS, Vianna MIP, Mendes CMC. Comparison of caries lesion detection methods in epidemiological surveys: CAST, ICDAS and DMF. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):122.
66. Pitts NB. Clinical diagnosis of dental caries: a European perspective. *Journal of dental education.* 2001;65(10):972-8.
67. Young DA, Nový BB, Zeller GG, Hale R, Hart TC, Truelove EL, et al. The American Dental Association Caries Classification System for Clinical Practice: A report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *The Journal of the American Dental Association.* 2015;146(2):79-86.
68. Kidd EA, Pitts NB. A reappraisal of the value of the bitewing radiograph in the diagnosis of posterior approximal caries. *British dental journal.* 1990;169(7):195-200.
69. Wenzel A. Bitewing and digital bitewing radiography for detection of caries lesions. *J Dent Res.* 2004;83 Spec No C:C72-5.
70. Keenan JR, Keenan AV. Accuracy of dental radiographs for caries detection. *Evidence-based dentistry.* 2016;17(2):43.
71. Parikh R, Mathai A, Parikh S, Chandra Sekhar G, Thomas R. Understanding and using sensitivity, specificity and predictive values. *Indian J Ophthalmol.* 2008;56(1):45-50.
72. Ismail AI, Pitts NB, Tellez M, Authors of International Caries C, Management S, Banerjee A, et al. The International Caries Classification and Management System (ICCMS™) An Example of a Caries Management Pathway. *BMC oral health.* 2015;15 Suppl 1(Suppl 1):S9-S.

73. Gugnani N, Pandit IK, Srivastava N, Gupta M, Sharma M. International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): A New Concept. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2011;4(2):93-100.
74. Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface: an in vitro examination. *Caries research.* 1997;31(3):224-31.
75. Nyvad B, Machiulskiene V, Baelum V. Reliability of a new caries diagnostic system differentiating between active and inactive caries lesions. *Caries research.* 1999;33(4):252-60.
76. Chesters RK, Pitts NB, Matuliene G, Kvedariene A, Huntington E, Bendinskaite R, et al. An abbreviated caries clinical trial design validated over 24 months. *J Dent Res.* 2002;81(9):637-40.
77. Fyffe HE, Deery C, Nugent ZJ, Nuttall NM, Pitts NB. In vitro validity of the Dundee Selectable Threshold Method for caries diagnosis (DSTM). *Community dentistry and oral epidemiology.* 2000;28(1):52-8.
78. Ismail AI. Visual and visuo-tactile detection of dental caries. *J Dent Res.* 2004;83 Spec No C:C56-66.
79. Ekstrand K, Qvist V, Thylstrup A. Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces. *Caries research.* 1987;21(4):368-74.
80. van Dorp CS, Exterkate RA, ten Cate JM. The effect of dental probing on subsequent enamel demineralization. *ASDC journal of dentistry for children.* 1988;55(5):343-7.
81. Weerheijm KL, van Amerongen WE, Eggink CO. The clinical diagnosis of occlusal caries: a problem. *ASDC journal of dentistry for children.* 1989;56(3):196-200.
82. Loesche WJ. Clinical and microbiological aspects of chemotherapeutic agents used according to the specific plaque hypothesis. *J Dent Res.* 1979;58(12):2404-12.
83. McComb D. Systematic review of conservative operative caries management strategies. *Journal of dental education.* 2001;65(10):1154-61.
84. Hintze H. Screening with conventional and digital bite-wing radiography compared to clinical examination alone for caries detection in low-risk children. *Caries research.* 1993;27(6):499-504.
85. Newbrun E. Problems in caries diagnosis. *Int Dent J.* 1993;43(2):133-42.
86. Penning C, van Amerongen JP, Seef RE, ten Cate JM. Validity of probing for fissure caries diagnosis. *Caries research.* 1992;26(6):445-9.
87. Rama Krishna Ravi RKA, Shammam Mohammed, Santosh Venkat Ramesh. Non-carious lesions due to tooth surface loss: A Review. *Dental Era - A Journal of Dentistry.* 2013;3.
88. Venkatesan K, Kuzhanchinathan M, Prakash P. Critical review of noncarious cervical lesions. *SRM Journal of Research in Dental Sciences.* 2018;9(2):74-8.
89. Wood I, Jawad Z, Paisley C, Brunton P. Non-carious cervical tooth surface loss: a literature review. *Journal of dentistry.* 2008;36(10):759-66.
90. Dikmen B. Icdas II criteria (international caries detection and assessment system). *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2015;49(3):63-72.
91. Dastmalchi R, Polson A, Bouwsma O, Proskin H. Cementum thickness and mesial drift. *Journal of clinical periodontology.* 1990;17(10):709-13.
92. Hellyer PH, Beighton D, Heath MR, Lynch EJ. Root caries in older people attending a general dental practice in East Sussex. *British dental journal.* 1990;169(7):201-6.

93. Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. Systematic reviews of selected dental caries diagnostic and management methods. *Journal of dental education*. 2001;65(10):960-8.
94. Banting D, Eggertsson H, Ekstrand K, Ferreira-Zandoná A, Ismail A, Longbottom C, et al. Rationale and evidence for the international caries detection and assessment system (ICDAS II). *Ann Arbor*. 2005;1001:48109-1078.
95. Tellez M, Gomez J, Pretty I, Ellwood R, Ismail AI. Evidence on existing caries risk assessment systems: are they predictive of future caries? *Community dentistry and oral epidemiology*. 2013;41(1):67-78.
96. Ismail AI, Martignon S, Ekstrand K, Douglas G, Longbottom C. *ICCMS Guide for Practitioners and Educators*. 2014.
97. Braga MM, Ekstrand KR, Martignon S, Imperato JC, Ricketts DN, Mendes FM. Clinical performance of two visual scoring systems in detecting and assessing activity status of occlusal caries in primary teeth. *Caries research*. 2010;44(3):300-8.
98. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, et al. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community dentistry and oral epidemiology*. 2007;35(3):170-8.
99. Nyvad B, Baelum V. Nyvad Criteria for Caries Lesion Activity and Severity Assessment: A Validated Approach for Clinical Management and Research. *Caries research*. 2018;52(5):397-405.
100. Baelum V. Caries management: technical solutions to biological problems or evidence-based care? *Journal of oral rehabilitation*. 2008;35(2):135-51.
101. Charlin B, Boshuizen HPA, Custers EJ, Feltovich PJ. Scripts and clinical reasoning. *Medical Education*. 2007;41(12):1178-84.
102. Diniz MB, Lima LM, Santos-Pinto L, Eckert GJ, Zandona AG, de Cassia Loiola Cordeiro R. Influence of the ICDAS e-learning program for occlusal caries detection on dental students. *Journal of dental education*. 2010;74(8):862-8.
103. El-Damanhoury HM, Fakhruddin KS, Awad MA. Effectiveness of teaching International Caries Detection and Assessment System II and its e-learning program to freshman dental students on occlusal caries detection. *Eur J Dent*. 2014;8(4):493-7.
104. Nogueira VK, Bussaneli DG, Tagliaferro EP, Spin-Neto R, Escobar A, Cordeiro RC. Examiner's experience and the outcome interpretation of ICDAS and Nyvad's system - a prospective in vitro study. *Acta Odontol Scand*. 2017;75(3):186-90.
105. Diniz MB, Rodrigues JA, Neuhaus KW, Cordeiro RC, Lussi A. Influence of examiner's clinical experience on the reproducibility and accuracy of radiographic examination in detecting occlusal caries. *Clinical oral investigations*. 2010;14(5):515-23.
106. Rodrigues JA, de Oliveira RS, Hug I, Neuhaus K, Lussi A. Performance of experienced dentists in Switzerland after an e-learning program on ICDAS occlusal caries detection. *Journal of dental education*. 2013;77(8):1086-91.
107. Luz PB, Stringhini CH, Otto BR, Port AL, Zaleski V, Oliveira RS, et al. Performance of undergraduate dental students on ICDAS clinical caries detection after different learning strategies. *European journal of dental education : official journal of the Association for Dental Education in Europe*. 2015;19(4):235-41.
108. Foley JJ. Dental students consistency in applying the ICDAS system within paediatric dentistry. *European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*. 2012;13(6):319-22.

109. Norton WE, Funkhouser E, Makhija SK, Gordan VV, Bader JD, Rindal DB, et al. Concordance between clinical practice and published evidence: findings from The National Dental Practice-Based Research Network. *J Am Dent Assoc.* 2014;145(1):22-31.
110. Jablonski-Momeni A, Stachniss V, Ricketts DN, Heinzl-Gutenbrunner M, Pieper K. Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for detection of occlusal caries in vitro. *Caries research.* 2008;42(2):79-87.
111. Norton WE, Funkhouser E, Makhija SK, Gordan VV, Bader JD, Rindal DB, et al. Concordance between clinical practice and published evidence: findings from The National Dental Practice-Based Research Network. *J Am Dent Assoc.* 2014;145(1):22-31.