

UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉ DE SANTÉ – DÉPARTEMENT ODONTOLOGIE

Année 2022

2022 TOU3 3037

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement
par

Justine LACROUX

Le 16 Septembre 2022

**IMPACT DES PROCÉDURES DE FINITIONS ET POLISSAGE DES
CÉRAMIQUES USINÉES PAR CFAO : UNE REVUE
SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE**

Directeur de thèse : Docteur Rémi ESCLASSAN
Co-Directeur de thèse : Docteur Thibault CANCEILL

JURY

Président : Professeur Franck DIEMER
1^{er} assesseur : Docteur Rémi ESCLASSAN
2^{ème} assesseur : Docteur Thibault CANCEILL
3^{ème} assesseur : Docteur Coralie BATAILLE



**UNIVERSITÉ
TOULOUSE III
PAUL SABATIER**



Université
de Toulouse

**Faculté de santé
Département d'Odontologie**

➔ **DIRECTION**

Doyen de la Faculté de Santé

M. Philippe POMAR

**Vice Doyenne de la Faculté de Santé
Directrice du Département d'Odontologie**

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

Directeurs Adjointes

Mme Sarah COUSTY
M. Florent DESTRUHAUT

Directrice Administrative

Mme Muriel VERDAGUER

Présidente du Comité Scientifique

Mme Cathy NABET

➔ **HONORARIAT**

Doyens honoraires

M. Jean LAGARRIGUE +
M. Jean-Philippe LODTER +
M. Gérard PALOUDIER
M. Michel SIXOU
M. Henri SOULET

Chargés de mission

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)
M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)
M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)
M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)
M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE
Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY
Assistants : Mme Marion GUY-VERGER, Mme Alice BROUTIN (*associée*)
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH, M. Mathieu TESTE,

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : M. Vincent VIDAL-ROSSET, Mme Carole VARGAS
Adjoints d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES
Assistante : Mme Géromine FOURNIER
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL
Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Philippe KEMOUN)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL
Assistants : Mme. Charlotte THOMAS, M. Joffrey DURAN
Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,

CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS
Assistants : M. Clément CAMBRONNE
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : M. Philippe KEMOUN
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Vincent BLASCO-BAQUE
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT
M. Matthieu MINTY (Associé),
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, M. Olivier DENY

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : M. Sylvain GAILLAC, Mme Sophie BARRERE, Mme. Manon SAUCOURT, M. Ludovic PELLETIER
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean-Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR
Maîtres de Conférences : M. Jean CHAMPION, M. Rémi ESCLASSAN, M. Florent DESTRUHAUT, M. Antoine GALIBOURG, Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY
Assistants : M. Julien GRIFFE
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA, M. Victor EMONET-DENAND M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Paul MONSARRAT, M. Thibault CANCEILL
Assistants : M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES, Mme. Julie FRANKEL
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 25 Mai 2022

REMERCIEMENTS

A mes parents, pour m'avoir poussée à donner le meilleur de moi-même et m'avoir toujours soutenue dans mes études. Je ne vous remercierai jamais assez pour tout ce que vous avez fait et que vous continuez à faire pour moi. Ma réussite, c'est grâce à vous. Merci pour tout.

A ma grande fratrie, Emilie, Elodie, Mathieu et Julie, merci d'être là pour moi et de me supporter depuis maintenant plus de 25 années. J'ai de la chance d'être votre petite sœur. Merci pour tous ces moments partagés avec vous ainsi qu'avec mes nièces et neveu.

A Darren, pour tout ce que tu m'apportes au quotidien. Merci pour ton soutien, pour ton amour, et pour toutes les aventures que nous vivons ensemble. Je suis fière de partager ta vie et je sais que plein de belles choses nous attendent encore.

A mes meilleurs amis, Sophie et Antoine, pour toutes ces années d'amitié. C'est rare de garder des amis de si longue date, mais tellement précieux. Merci d'être toujours là et d'être les personnes extraordinaires que vous êtes.

A ma binôme, Cassandre, et à notre amitié qui a été une évidence dès le départ. Je n'aurai pas pu rêver meilleur binôme de clinique pour toutes ces années. Merci pour tout ce que nous avons partagé. Tu me manques, mais rien ne changera notre amitié.

A mes amis de la fac, Emma, Lulu, Rémy, Mathou et Cassou, merci d'avoir rendu ces années d'études inoubliables. A toutes nos aventures, nos galères et nos soirées partagées. Malgré la fin de notre vie étudiante, il nous reste encore plein de bons moments à vivre tous ensemble.

A Jacques Lemoine et son assistante Virginie, merci de m'avoir permis de faire mes premiers pas dans un cabinet dentaire. J'ai beaucoup appris avec vous durant mes stages étudiants. Merci pour votre gentillesse, votre disponibilité et vos précieux conseils.

A toute l'équipe du cabinet, Pascal, Jean-Gui, Nico, et Céline merci de m'avoir si bien intégrée à votre groupe. Merci à toutes les assistantes et secrétaires, particulièrement à mon assistante préférée Nathalie. A toutes nos parties de padel endiablées, et à tous nos restos entre filles du vendredi.

A notre Président du Jury,

Monsieur le Professeur Franck DIEMER

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- D.E.A. de Pédagogie (Éducation, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail
- Docteur de l'Université Paul Sabatier
- Responsable du comité scientifique de la Société Française d'Endodontie
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse
- Responsable du Diplôme Universitaire d'Hypnose
- Co-responsable du Diplôme Inter-Universitaire d'Odontologie du Sport
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

*Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en acceptant de
présider au sein de ce jury.*

*Merci de nous avoir fait bénéficier de la qualité de vos enseignements
aussi bien théoriques que cliniques.*

*Nous sommes très reconnaissants de votre disponibilité et de votre
bienveillance tout au long de nos études.*

Veillez recevoir l'expression de notre profond respect et de notre admiration.

A notre Directeur de Thèse,

Monsieur le Docteur Rémi ESCLASSAN

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.)
- Praticien qualifié en Médecine Bucco-Dentaire (MBD), Docteur de l'Université de Toulouse (Anthropobiologie)
- D.E.A. d'Anthropobiologie
- Ancien Interne des Hôpitaux
- Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil et Pharmacie (L1)
- Enseignant-chercheur au Laboratoire d'Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS – UMR 5288 – CNRS)
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier
- Vice-Président de la commission des relations internationales UFR Santé

Merci de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de diriger cette thèse.

Nous vous remercions pour votre soutien et votre aide tout au long de la rédaction de ce travail.

Merci pour votre gentillesse et votre bienveillance durant toutes nos années d'études ainsi que pour vos enseignements théoriques et cliniques.

Nous avons été honorés d'avoir fait partie de votre équipe de moniteurs pour l'encadrement des TP de prothèse.

Veillez trouver dans cette thèse l'expression de notre reconnaissance et de notre plus grand respect.

A notre Directeur de Thèse,

Monsieur le Docteur Thibault CANCEILL

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Docteur en Sciences des Matériaux
- Master 1 Santé Publique
- Master 2 de Physiopathologie
- CES Biomatériaux en Odontologie
- D.U. de Conception Fabrication Assistée par Ordinateur en Odontologie (CFAO)
- D.U. de Recherche Clinique en Odontologie
- Attestation de Formation aux gestes et Soins d'Urgence Niveau 2

*Nous vous remercions de nous avoir fait l'honneur d'accepter de diriger
notre thèse.*

*Nous vous témoignons notre plus sincère estime pour votre implication
et votre engagement tout au long de ce travail ainsi que pour vos remarques
avisées.*

Merci pour vos encouragements et votre disponibilité.

*Nous sommes très reconnaissants de vos conseils et de vos
enseignements tout au long de nos études et de notre stage hospitalier.*

*Veillez recevoir l'expression de notre sincère gratitude et de notre
profond respect.*

A notre Jury de Thèse,

Madame le Docteur Coralie BATAILLE

- Assistante Hospitalo-Universitaire en Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire
- Ancienne interne des hôpitaux de Toulouse en Médecine Bucco-Dentaire
- Master 1 : Biosanté
- Diplôme d'Université d'Implantologie
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier

*Nous sommes très honorés que vous ayez accepté de siéger à notre jury
de thèse.*

*Nous tenons à vous remercier pour vos conseils cliniques, votre
disponibilité et votre bonne humeur lors de vos encadrements durant
notre dernière année de stage hospitalier.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de toute notre estime et de
notre sincère gratitude.*

Table des matières

INTRODUCTION	12
I. MATERIELS ET METHODES	15
1. STRATEGIE DE RECHERCHE	15
2. CRITERES DE SELECTION, D'INCLUSION ET D'EXCLUSION.....	17
3. EXTRACTION DES DONNEES	17
4. EVALUATION DU RISQUE DE BIAIS	18
II. RESULTATS.....	19
1. RECHERCHE ET SELECTION	19
2. ANALYSE DESCRIPTIVE	21
• <i>Matériaux utilisés</i>	21
• <i>Finitions et polissage</i>	21
• <i>Coloration</i>	22
• <i>Brillance</i>	22
• <i>Usure</i>	23
• <i>Résistance à la flexion</i>	23
• <i>Résistance à la rupture</i>	23
• <i>Rugosité</i>	23
3. RISQUE DE BIAIS	26
III. DISCUSSION	27
CONCLUSION.....	32
BIBLIOGRAPHIE.....	33

INTRODUCTION

Au cours des deux dernières décennies, les technologies de conception et de fabrication assistée par ordinateur (CFAO) sont devenues une alternative aux techniques traditionnelles dans le domaine des traitements prothétiques, en raison de la rapidité de fabrication (Gönüldaş et al., 2019 ; Kollmuss et al., 2016 ; Sailer et al., 2017)

L'intérêt pour ces technologies de CFAO a considérablement augmenté au fil du temps (Rekow, 2006). Elles représentent une part importante de l'odontologie prothétique contemporaine (Fasbinder & Neiva, 2016) et ont connu une évolution importante en termes de capacité, d'efficacité et d'options de matériaux depuis la mise sur le marché du système CEREC en 1985 (Mörmann, 2006 ; Sadowsky, 2006).

Avec le développement de la CFAO et l'augmentation des besoins esthétiques, un grand nombre de nouveaux matériaux céramiques esthétiques ont été introduits sur le marché (Miyazaki et al., 2009 ; Sadowsky, 2006 ; Yin et al., 2006). En raison de cette grande variété, le choix du matériau le plus approprié et du protocole de finition correspondant est souvent un défi pour les praticiens (Alencar et al., 2022).

Les restaurations produites à l'aide des systèmes de CFAO peuvent être conçues et usinées en une seule séance par le chirurgien-dentiste (Fasbinder & Neiva, 2016). Cependant, le processus d'usinage ne permet pas d'obtenir une surface complètement lisse, prête à être scellée (Fasbinder & Neiva, 2016). En effet, le fraisage des blocs de céramique produit des surfaces rugueuses qui nécessitent une finition et un polissage de la surface cliniquement exposée, pour garantir un succès clinique à long terme (Fasbinder, 2006).

L'obtention d'une surface lisse pour les restaurations en céramique est importante non seulement pour le confort du patient, mais aussi pour des raisons esthétiques et biologiques (Anusavice et al., 2007 ; Pires-de-Souza et al., 2009 ; Yu et al., 2009). Les surfaces rugueuses encouragent l'accumulation de plaque qui augmente la probabilité de gingivite ou de caries secondaires (Carrabba et al., 2017 ; Kawai et al., 2000 ; Yilmaz et al., 2008). De plus, la rugosité de la surface peut avoir une influence négative sur la résistance à la flexion de la céramique (Albakry et al., 2004 ; de Jager et al., 2000) et le risque de fracture (Anusavice et al., 2007).

Enfin, les finitions et le polissage des restaurations sont également importants pour améliorer la couleur et l'aspect esthétique, minimiser les variations de teintes (Alencar-Silva et al., 2019 ; Kanat-Ertürk, 2020) et assurer une surface brillante (Fasbinder & Neiva, 2016) essentielle pour réduire l'usure des dents et des restaurations opposées (Heintze et al., 2008; Preis et al., 2012). Cela permet d'augmenter le taux de survie des restaurations et la longévité des dents restaurées (Yu et al., 2009).

Ainsi, les procédures de finition et de polissage sont essentielles et constituent des facteurs majeurs pour le succès biologique, esthétique et biomécanique à long terme des restaurations usinées par CFAO, dans les conditions buccales (Kelly & Benetti, 2011).

Toutefois, la qualité des méthodes de polissage des céramiques est un sujet controversé dans la littérature (Flury et al., 2010). La littérature internationale contient un certain nombre d'études *in vitro* documentant l'efficacité des dispositifs et des techniques de polissage pour l'ajustement et le polissage des restaurations en céramique fabriquées en laboratoire. Cependant, il existe peu de documentation sur l'efficacité des différents instruments, matériaux ou procédés pour les finitions sur les nouvelles restaurations usinées par CFAO au fauteuil (Fasbinder & Neiva, 2016).

La littérature indique que la finition de la surface de la céramique peut être réalisée principalement par polissage mécanique ou par application de glaçage (Kanat-Ertürk, 2020 ; Motro et al., 2012). Cependant, il n'existe pas de protocole "référence" pour la finition de la surface des céramiques, en particulier pour les céramiques usinées par CFAO (Alencar et al., 2022).

Les mécanismes du polissage et du glaçage diffèrent l'un de l'autre (Gönüldaş et al., 2019). Le glaçage est une procédure de laboratoire visant à apporter une brillance naturelle et à réduire la rétention de la plaque et des macromolécules pigmentaires (Alencar et al., 2022). Après le glaçage, la surface de la céramique devient plus lisse (Silva et al., 2014) et atteint une stabilité en termes de teinte et de translucidité (Atay et al., 2008 ; Subaşı et al., 2018). D'autre part, le polissage mécanique lisse la surface en diminuant sa rugosité (Alencar-Silva et al., 2019 ; Sarıkaya & Hayran, 2018). Il consiste à éliminer les divers défauts et imperfections de la surface traitée (Gönüldaş et al., 2019). Par conséquent, l'application de glaçage en surface fonctionne comme une finition positive puisque le matériau est ajouté ; en revanche, le polissage mécanique fonctionne comme une finition négative puisqu'il diminue la rugosité et lisse la surface du matériau (Alencar et al., 2022).

Les résultats concernant les systèmes de polissage et leurs performances sont souvent discordants, en raison des différents paramètres de mesure et des différentes combinaisons de méthodes de polissage et de matériaux céramiques (Flury et al., 2010). Pour les praticiens utilisant les technologies de CFAO au fauteuil, il serait très intéressant de trouver une méthode efficace pour finir et polir les restaurations dentaires en céramique.

Ainsi, notre étude a pour objectif d'évaluer, au travers d'une revue systématique de la littérature, l'impact des différentes procédures de finitions et polissage des céramiques usinées par CFAO.

I. MATERIELS ET METHODES

Cette revue systématique de la littérature a été menée conformément aux recommandations PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses).

Les deux questions suivantes ont été formulées pour définir la stratégie de recherche : Quels sont les critères de choix entre le polissage mécanique et le glaçage ? Quel est l'impact de ces différentes procédures de finitions sur les céramiques usinées par CFAO ?

1. STRATEGIE DE RECHERCHE

Les recherches ont été effectuées à partir de la base de données électronique PubMed, afin d'identifier les études susceptibles d'être prises en compte dans cette revue.

La stratégie de recherche adoptée a consisté à lancer une recherche informatique dans la base de données PubMed à l'aide de termes et de mots-clés spécifiques, détaillés ci-dessous.

Aucune limite d'année de publication n'a été envisagée pour cette étude.

La recherche de littérature a été entreprise à la date du 29 Avril 2022.

#1: "CAD-CAM"[Title/Abstract] OR "CAD-CAM"[Title/Abstract] OR "computer aided design"[Title/Abstract] OR "computer aided design"[Title/Abstract] OR "computer assisted design"[Title/Abstract] OR "computer assist*"[Title/Abstract] OR "computer assist*"[Title/Abstract] OR "computer aided manufacturing"[Title/Abstract] OR "computer aided manufacturing"[Title/Abstract]	36 673
#2 : "ceramic"[Title/Abstract] OR "hybrid"[Title/Abstract] OR "vitroceramic"[Title/Abstract] OR "polycrystal*"[Title/Abstract] OR "emax"[Title/Abstract] OR "feldspathic"[Title/Abstract] OR "feldspatic"[Title/Abstract]	221 218
#3: "glazing"[Title/Abstract] OR "polishing"[Title/Abstract] OR "polisher"[Title/Abstract] OR "finishing"[Title/Abstract] OR "finisher"[Title/Abstract]	17 464
#4: "roughness"[Title/Abstract] OR "unevenness"[Title/Abstract] OR "stainability"[Title/Abstract] OR "color stability"[Title/Abstract] OR "staining resistance"[Title/Abstract] OR "wear"[Title/Abstract] OR "surface topography"[Title/Abstract] OR "topography"[Title/Abstract]	96 338
#5: #1 AND #2	2 312
#6: #5 AND #3	133
#7: #6 AND #4	80
#8: ((((((Chinese[Language]) OR Polish[Language]) OR Japanese[Language]) OR German[Language]) OR Portuguese[Language]) OR Russian[Language]) OR Review[Publication Type])	5 392 175
#9: #7 NOT #8	77

Tableau 1 : Procédure de recherche sur la base de données PubMed

2. CRITERES DE SELECTION, D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

Tout d'abord, les titres et les résumés de toutes les études identifiées dans la base de données PubMed ont été examinés pour faire une première sélection.

Seules les études qui répondaient aux critères suivants, basés sur une adaptation de la stratégie PICO, ont été sélectionnées :

- Patients / Participants : non applicable (études in vitro)
- Intervention évaluée : Glaçage de la surface des céramiques usinées par CFAO
- Comparateur : Polissage mécanique de la surface des céramiques usinées par CFAO
- « Outcomes » / Critère de jugement : Coloration, état de surface, propriétés mécaniques

Ensuite, les textes intégraux des articles éligibles restants ont été examinés.

Les études qui n'évaluaient pas que les céramiques usinées par CFAO mais également les céramiques stratifiées selon la technique traditionnelle, et les études qui ne comparaient pas directement les systèmes de finition et polissage entre eux ont été exclues.

3. EXTRACTION DES DONNEES

L'extraction des données a été effectuée sous forme d'un tableau au moyen d'une feuille standardisée sur Microsoft Office Excel. Un protocole d'extraction des données a été défini en fonction des principaux résultats d'intérêt.

Pour chaque article, les données suivantes ont systématiquement été extraites :

- Le nom des auteurs
- Le pays et l'année de publication
- Les matériaux utilisés
- Les systèmes de finitions et de polissage utilisés
- Les critères étudiés
- Les résultats obtenus

4. EVALUATION DU RISQUE DE BIAIS

Le risque de biais de chaque article inclus a été évalué en utilisant un score décrit dans de précédentes revues systématiques d'études *in vitro* (Alencar et al., 2022 ; Moraes et al., 2015 ; Soares et al., 2016).

La description des quatre paramètres suivants a été vérifiée pour chaque étude :

- La randomisation des échantillons de céramiques,
- Le calcul de la taille des échantillons,
- Les matériaux appliqués conformément aux instructions des fabricants,
- Les procédures réalisées par un seul opérateur ou par des opérateurs calibrés.

Si le paramètre était décrit dans le texte intégral, l'étude a reçu un "x" sur ce paramètre spécifique, sinon elle n'a rien reçu.

Le risque de biais a été classé en fonction de la somme des "x" reçus, comme suit :

- 1-2 = Risque de biais élevé (rouge)
- 3 = Risque de biais moyen (jaune)
- 4 = Risque de biais faible (vert)

II. RESULTATS

1. RECHERCHE ET SELECTION

La figure 1 représente un organigramme résumant le processus de sélection des études conformément à la grille PRISMA (Moher et al., 2009).

77 résultats sont ressortis de la recherche sur la base de données PubMed grâce à l'utilisation des mots-clés spécifiques détaillés dans le tableau 1.

Après la lecture des titres et des résumés de tous les articles, 55 références ont été considérées comme non pertinentes pour cette étude. Elles ont donc été exclues.

Les textes intégraux des 22 articles restants ont ensuite été examinés et 5 références ont de nouveau été exclues avec justifications :

- Une étude n'évaluait pas uniquement les céramiques usinées par CFAO mais également les céramiques stratifiées de manière conventionnelle.
- Quatre études ne comparaient pas directement l'efficacité des systèmes de finition et polissage utilisés.

Une recherche manuelle a également été effectuée sur les références bibliographiques des articles inclus dans cette revue, mais aucun article pertinent n'a été trouvé.

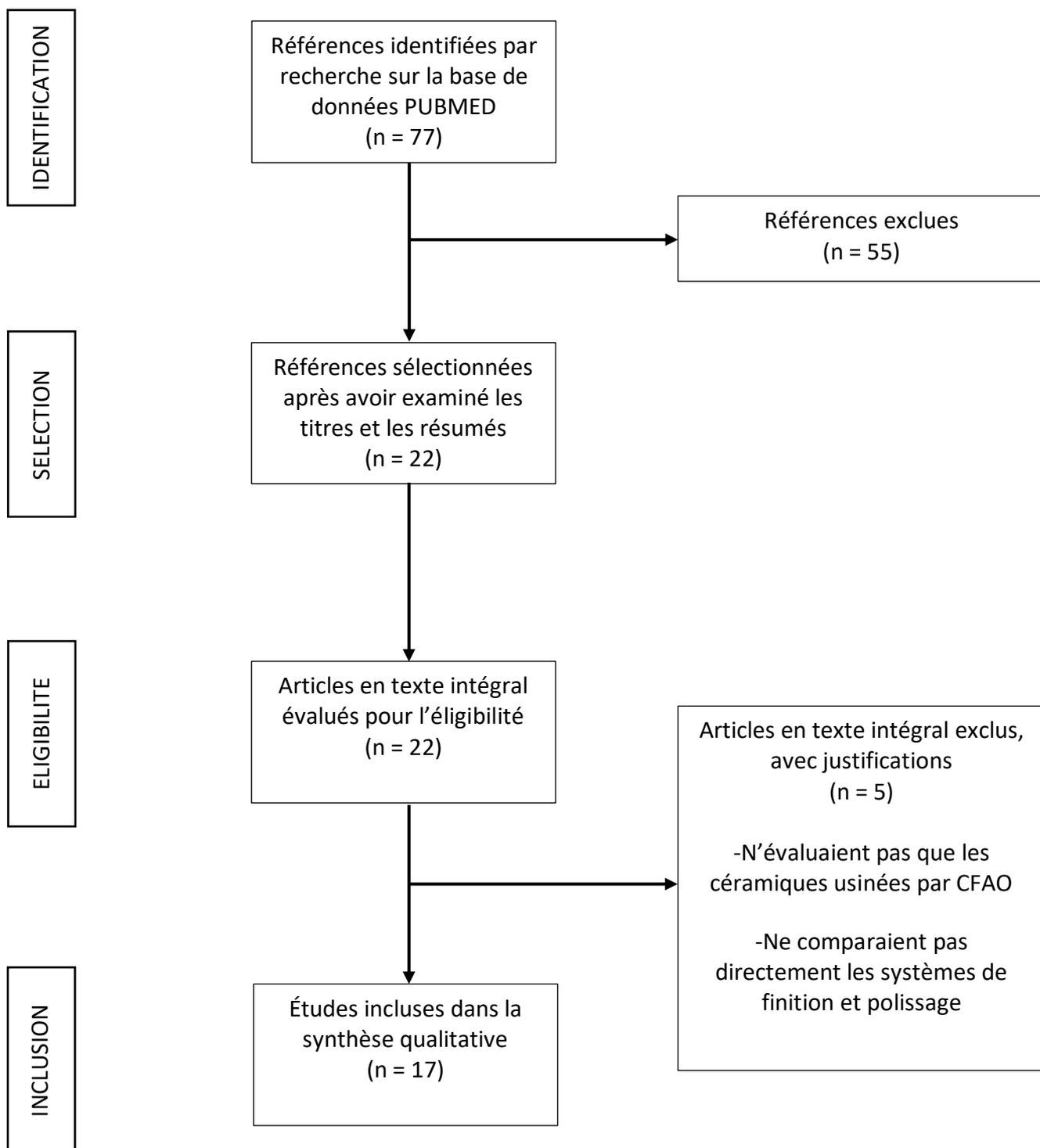


Fig. 1 : Diagramme de flux PRISMA des résultats de recherche de la base de données

2. ANALYSE DESCRIPTIVE

Les données descriptives détaillées des 17 études incluses sont présentées dans le tableau 2. Tous les articles ont été publiés entre 2010 et 2021, dont 11 articles entre 2019 et 2021. La majorité des études ont été menées en Europe. Ce sont toutes des études *in vitro*.

- Matériaux utilisés

Dans ces articles, six types différents de céramiques usinées par CFAO ont été étudiés : les céramiques feldspathiques (VITA Mark II et CEREC Blocs C), les vitrocéramiques renforcées aux cristaux de disilicate de lithium (IPS e. max CAD), les vitrocéramiques renforcées aux cristaux de leucite (IPS Empress CAD), les vitrocéramiques renforcées au silicate de lithium et dioxyde de zirconium (VITA Suprinity et Celtra Duo), les zircons (LAVA Plus, VITA YZ T et ZENOSTAR ZR translucents) et les céramiques hybrides (VITA Enamic, LAVA Ultimate et CERASMART).

Les céramiques les plus étudiées sont les vitrocéramiques renforcées aux cristaux de disilicate de lithium, citées dans 11 articles et les vitrocéramiques renforcées au silicate de lithium et zircon, citées dans 9 articles. En revanche, les céramiques les moins évaluées sont les zircons et les vitrocéramiques renforcées aux cristaux de leucite, citées respectivement dans seulement 3 et 5 articles.

- Finitions et polissage

En ce qui concerne les systèmes de finitions et de polissage utilisés, toutes les études ont comparé le glaçage avec une ou plusieurs techniques de polissage manuel, sauf une, qui a comparé plusieurs systèmes de polissage mécanique entre eux (Matzinger et al., 2019).

Tous les articles ont évalué des kits de polissage manuel pour céramiques : en majorité des polissoirs diamantés dans 14 articles, ainsi que des disques flexibles avec revêtement en oxyde d'aluminium dans 4 articles et des polissoirs en silicone dans 4 articles également. 12 des études incluses ont aussi utilisé une pâte à polir diamantée pour l'étape finale de polissage de la surface des céramiques.

Dans le tableau 2 ci-dessous, les critères évalués en fonction des différents types de céramiques et du système de finition et de polissage utilisé, sont également détaillés :

- 4 articles étudient la coloration
- 12 articles étudient la rugosité
- 2 articles étudient la brillance
- 4 articles étudient l'usure
- 2 articles étudient la résistance à la flexion
- 2 articles étudient la résistance à la rupture

- Coloration

Pour analyser la coloration, deux études utilisent l'immersion des échantillons de céramique dans du thé ou du café (Abu-Obaid et al., 2020 ; Kanat-Ertürk, 2020). La stabilité de teinte est meilleure après glaçage qu'après polissage. Les deux autres études utilisent le vieillissement artificiel pour évaluer la coloration des céramiques (Kilinc & Turgut, 2018 ; Ozen et al., 2020). Le polissage manuel est recommandé pour les hybrides, sauf pour VITA Enamic (Kilinc & Turgut, 2018). Le glaçage est recommandé pour toutes les céramiques (Abu-Obaid et al., 2020 ; Kanat-Ertürk, 2020 ; Kilinc & Turgut, 2018 ; Ozen et al., 2020).

Finalement, ces études ont montré que le polissage mécanique et le glaçage peuvent tous deux empêcher des variations de teinte significatives sur les céramiques usinées par CFAO. Une seule étude a montré un changement de teinte inacceptable pour les hybrides après vieillissement artificiel (Kilinc & Turgut, 2018).

- Brillance

En ce qui concerne la brillance des céramiques après finitions, une étude recommande soit le polissage mécanique avec des polissoirs diamantés soit le glaçage (Carrabba et al., 2017). La deuxième étude recommande également le polissage mécanique avec des polissoirs diamantés, pendant 60 secondes, pour obtenir la brillance la plus élevée (Vichi et al., 2018).

- Usure

Une étude montre, qu'après polissage mécanique, l'usure est moindre pour les matériaux céramiques mais plus importante pour l'antagoniste, par rapport aux matériaux hybrides (Matzinger et al., 2019). Une autre étude recommande le polissage manuel qui permet d'améliorer les propriétés mécaniques de la céramique tout en préservant largement l'antagoniste, par rapport au glaçage (Wiedenmann et al., 2020). Les deux dernières études ne montrent aucune différence significative sur l'usure des matériaux et de leurs antagonistes pour tous les systèmes de finitions testés (Çakmak et al., 2021 ; Daryakenari et al., 2019).

- Résistance à la flexion

Pour le module d'élasticité des céramiques, les deux articles ont montré que le polissage mécanique avec des polissoirs diamantés et le glaçage peuvent tous les deux être recommandés (Gönüldaş et al., 2019 ; Mohammadibassir et al., 2019). Toutefois, il semble que l'utilisation d'une pâte à polir diamantée dans la phase finale du polissage avec Opra Fine diminue la contrainte, puisque ce système donne une résistance à la flexion plus élevée qu'avec le système D+Z (Mohammadibassir et al., 2019).

- Résistance à la rupture

Dans les deux études, les valeurs de résistance à la rupture de tous les matériaux ont dépassé les forces de mastication maximales après tous les systèmes de finition utilisés (Mores et al., 2017 ; Wiedenmann et al., 2020). Le polissage mécanique et l'application de glaçage n'ont eu aucun effet sur les fractures immédiates de la céramique (Mores et al., 2017).

- Rugosité

A propos de la rugosité, cinq articles recommandent le polissage mécanique par rapport au glaçage, quel que soit le type de céramique (Fasbinder & Neiva, 2016 ; Flury et al., 2010 ; Gönüldaş et al., 2019 ; Mohammadibassir et al., 2019 ; Mores et al., 2017). Une étude ne montre pas de différence entre les différents systèmes de polissage (diamanté et silicone) (Fasbinder & Neiva, 2016). Néanmoins, une étude recommande les polissoirs diamantés qui sont applicables de manière universelle et qui ont une durabilité accrue par rapport aux polissoirs en silicone (Flury et al., 2010). Un article ne montre aucune différence significative entre le polissage au fauteuil et le polissage en laboratoire (Matzinger et al., 2019).

Aucune différence significative n'a été détectée entre la rugosité de surface des céramiques glacées et polies dans cinq articles (Carrabba et al., 2017 ; Daryakenari et al., 2019 ; Ludovichetti et al., 2019 ; Scherrer et al., 2020 ; Vichi et al., 2018). Un autre article recommande le glaçage par rapport au polissage manuel (Çakmak et al., 2021). Le glaçage, ainsi que les systèmes de polissage mécanique diamantés, s'avèrent être les procédures les plus efficaces pour réduire la rugosité (Carrabba et al., 2017 ; Vichi et al., 2018). Enfin, une étude recommande le glaçage pour les céramiques et le polissage mécanique pour les hybrides (Ludovichetti et al., 2019).

Un article ne révèle aucune différence significative entre la rugosité de surface des matériaux glacés et des matériaux polis en 2 ou 3 étapes (Scherrer et al., 2020).

Les systèmes de polissage récemment développés pour les céramiques usinées par CFAO semblent être une bonne alternative au glaçage, car la rugosité de la céramique ne change pas, voire diminue (Daryakenari et al., 2019).

Tableau 2 : Données descriptives des études incluses

Auteurs	Abu-Obaid et al.	Kanat-Ertürk	Ozen et al.	Kilinc et Turgut	Vichi et al.	Carrabba et al.	Ludovichetti et al.	Scherrer et al.	Flury et al.	Fasbinder et Neiva	Matzinger et al.	Daryakenari et al.	Çakmak et al.	Mohammadibassir et al.	Gönüldaş et al.	Wiedenmann et al.	Mores et al.
Pays	Arabie Saoudite	Turquie	Turquie	Turquie	Italie	Italie	Brésil	Suisse	Suisse	USA	Allemagne	Iran	Suisse	Iran	Turquie	Allemagne	Brésil
Année	2020	2020	2020	2018	2018	2017	2019	2020	2010	2016	2019	2019	2021	2019	2019	2020	2017
Matériaux utilisés :																	
Céramique feldspathique	x			x		x		x	x			x	x		x		
Vitrocéramique renforcée aux cristaux		x	x		x		x	x			x	x	x	x		x	x
Vitrocéramique renforcée aux cristaux									x	x			x		x	x	
Vitrocéramique renforcée au silicate de Zircon	x	x	x	x	x		x				x	x	x				
Hybride	x		x	x			x			x	x	x	x				
Systèmes de finitions/polissage utilisés :																	
Polissoirs diamantés	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		
Polissoirs silicone							x		x	x							x
Disques flexibles				x					x			x			x		
Pâte à polir diamantée	x	x				x	x		x	x		x	x	x	x	x	x
Glaçage	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x
Critère étudié :																	
Coloration	x	x	x	x													
Rugosité					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Brillance					x	x											
Usure											x	x	x			x	
Résistance à la flexion														x	x		
Résistance à la rupture																x	x
Résultats :																	
	Glaçage recommandé pour tous les matériaux Mais, tous les changements de teinte jugés cliniquement acceptables	Glaçage recommandé pour tous les matériaux Mais, tous les changements de teinte jugés cliniquement acceptables Pâte à polir : diminution de la variation de teinte pour tous les matériaux	Glaçage recommandé pour tous les matériaux Mais, tous les changements de teinte jugés cliniquement acceptables	Glaçage recommandé pour les céramiques Polissage mécanique recommandé pour les hybrides Changement de teinte cliniquement inacceptable pour les hybrides	Polissage mécanique pendant 60 secondes recommandé pour la rugosité et la brillance Polissage mécanique avec polissoirs diamantés + pâte à polir également recommandé Glaçage sous forme de pâte également recommandé pour réduire la rugosité	Glaçage recommandé pour la rugosité et la brillance Polissage mécanique avec polissoirs diamantés + pâte à polir également recommandé	Glaçage recommandé pour les céramiques Polissage mécanique recommandé pour les hybrides	Aucune différence significative pour tous les systèmes de finitions testés	Polissage mécanique avec polissoirs diamantés recommandé Polissage mécanique avec disques flexibles également recommandé	Polissage mécanique recommandé pour tous les matériaux Aucune différence significative entre les différents systèmes de polissage testés	Aucune différence recommandée pour polissage au fauteuil et polissage en laboratoire Usure moindre pour les céramiques mais usure plus importante de l'antagoniste, par rapport aux hybrides	Aucune différence recommandée pour tous les systèmes de finitions testés	Glaçage recommandé pour la rugosité Aucune différence significative pour l'usure	Polissage mécanique recommandé Glaçage également recommandé pour la résistance à la flexion	Polissage mécanique recommandé pour tous les matériaux Les valeurs de résistance à la rupture de tous les matériaux ont dépassé les forces de mastication maximales	Polissage mécanique recommandé pour l'usure Les valeurs de résistance à la rupture de tous les matériaux ont dépassé les forces de mastication maximales	Polissage mécanique recommandé pour la rugosité Les valeurs de résistance à la rupture de tous les matériaux ont dépassé les forces de mastication maximales

3. RISQUE DE BIAIS

Parmi les 17 articles inclus dans cette revue, 6 présentent un risque de biais faible, 4 présentent un risque de biais moyen et 7 présentent un risque de biais élevé, selon un score décrit dans de précédentes revues systématiques d'études *in vitro* (Alencar et al., 2022 ; Moraes et al., 2015 ; Soares et al., 2016).

L'élément le moins retrouvé dans les études est la présence d'un opérateur unique ou d'opérateurs calibrés pendant la préparation des échantillons qui n'est mentionnée que dans 8 articles.

Toutes les études ont précisé le calcul de la taille des échantillons. Seulement 2 études n'ont pas mentionné si les matériaux avaient bien été utilisés conformément aux recommandations du fabricant. Enfin, 10 articles ont fait état d'une randomisation des échantillons.

Selon cette catégorisation, les études qui évaluent les critères de l'usure et de la résistance à la rupture présentent toutes un risque de biais élevé. En revanche, les études évaluant la coloration et la brillance, présentent un risque de biais faible à moyen.

Tableau 3 : Évaluation du risque de biais des études incluses

	Randomisation	Calcul de la taille de l'échantillon	Matériaux utilisés conformément aux instructions du fabricant	Opérateur unique ou opérateurs calibrés	Risque de biais
Abu-Obaid et al. 2020	x	x	x		jaune
Kanat-Ertürk. 2020	x	x	x	x	vert
Ozen et al. 2020	x	x	x		jaune
Kilinc et Turgut. 2018	x	x	x	x	vert
Vichi et al. 2018	x	x	x	x	vert
Carrabba et al. 2017	x	x	x	x	vert
Ludovichetti et al. 2019		x		x	rouge
Scherrer et al. 2020	x	x	x		jaune
Flury et al. 2010	x	x	x	x	vert
Fasbinder et Neiva. 2016	x	x	x		jaune
Matzinger et al. 2019		x	x		rouge
Daryakenari et al. 2019		x	x		rouge
Çakmak et al. 2021		x	x		rouge
Mohammadibassir et al. 2019	x	x	x	x	vert
Gönüldaş et al. 2019		x	x		rouge
Wiedenmann et al. 2020		x	x		rouge
Mores et al. 2017		x		x	rouge

III. DISCUSSION

Notre étude a permis de résumer les données *in vitro* concernant l'impact du polissage mécanique et du glaçage sur les céramiques usinées par CFAO. Cette revue systématique a été conçue pour déterminer quelle procédure de finition permet d'obtenir les meilleurs résultats en termes de couleur, d'état de surface et de propriétés mécaniques.

Premièrement, le glaçage par cuisson au four a traditionnellement été considéré comme le « gold-standard » et donc le meilleur moyen d'obtenir un état de surface de la céramique le plus lisse possible (Fasbinder & Neiva, 2016). Cependant, la littérature actuelle, en accord avec les résultats de cette revue, montre que le polissage mécanique permet d'obtenir des surfaces aussi lisses, voire plus lisses que le glaçage (Oliveira-Junior et al., 2013).

De plus, une récente revue systématique s'intéresse à la stabilité de teinte des céramiques usinées par CFAO après polissage manuel ou glaçage (Alencar et al., 2022). Deux études ont montré une efficacité supérieure de la stabilité de teinte grâce à l'application de glaçage (Kanat-Ertürk, 2020 ; Sarıkaya & Hayran, 2018). Cependant, les quatre autres articles inclus (Alencar-Silva et al., 2019 ; Alp et al., 2018 ; Kilinc & Turgut, 2018 ; Sarıkaya & Güler, 2011) ont montré que le polissage mécanique et le glaçage pouvaient tout deux prévenir les changements significatifs de teinte des céramiques usinées par CFAO (Alencar et al., 2022).

Ensuite, concernant l'état de surface des céramiques, la structure des matériaux a également une influence. En effet, les vitrocéramiques renforcées au silicate de lithium et zircon ont montré une aptitude au polissage plus aisée que pour les vitrocéramiques renforcées aux cristaux de disilicate de lithium (Vichi et al., 2018). De plus, les céramiques feldspathiques ont tendance à être moins lisses que les deux précédentes, sans rapport avec le glaçage ou le polissage (Scherrer et al., 2020). Cette différence pourrait s'expliquer par les différences de microstructure des matériaux (Sasahara et al., 2006). La teneur en leucite semble jouer un rôle, puisque les céramiques à faible teneur en leucite ont tendance à présenter une rugosité plus faible par rapport à celles ayant une plus forte teneur en leucite, après polissage (Sasahara et al., 2006).

La structure des matériaux peut également influencer sur l'usure des céramiques, notamment sur les différences d'usure entre les matériaux hybrides et les autres céramiques (Lawson et al., 2016). Par exemple, les céramiques hybrides possèdent deux réseaux interconnectés (la céramique dominante, renforcée par un réseau polymère). Celles-ci présentent une usure plus importante que les céramiques sans réseau de polymères (Zhi et al., 2016). Cependant, elles peuvent être considérées comme plus favorables à l'émail antagoniste par rapport aux autres céramiques (Ludovichetti et al., 2018).

Par conséquent, les différentes céramiques employées, ainsi que les différents protocoles et matériaux employés dans la finition et le polissage de la surface des céramiques entraînent une grande hétérogénéité entre les articles inclus dans notre revue. Il est donc difficile de tirer une conclusion définitive concernant l'influence du glaçage et du polissage mécanique sur les céramiques usinées par CFAO. Toutes les études n'ont pas appliqué des kits de polissage provenant des mêmes fabricants de matériaux.

A propos des systèmes de polissage utilisés, les disques flexibles Sof-Lex ont permis d'obtenir les surfaces les plus lisses sur la céramique (Flury et al., 2010). Ils ont été décrits comme une méthode de polissage manuel efficace pour les céramiques (Glavina et al., 2004 ; Martínez-Gomis et al., 2003). Néanmoins, en raison de leur forme rigide et plane, ce ne sont pas les systèmes les plus adaptés au polissage de toutes les restaurations (Flury et al., 2010). Les polissoirs avec des particules abrasives diamantées ou les systèmes brosse/pâte à polir diamantée sont universellement applicables et présentent une durabilité accrue par rapport aux disques flexibles (Bottino et al., 2006).

Au sein de ces polissoirs diamantés, une plus faible rugosité de surface est observée pour le système Optra Fine qui comporte deux polissoirs suivis d'une brosse avec une pâte à polir diamantée, par rapport au système de polissage D+Z, composé de trois polissoirs : grossier, moyen et fin (Mohammadibassir et al., 2019). L'application de la pâte diamantée pourrait donc diminuer la rugosité de surface.

Les systèmes de polissage brosse/pâte diamantée semblent également présenter un avantage clinique significatif. En effet, l'utilisation de pointes ou de disques abrasifs aurait tendance à aplatir l'anatomie de la surface (Flury et al., 2010), tandis que le système brosse/pâte pourrait mieux respecter l'anatomie et les contours de la surface existante, tout en créant une surface lisse (Fasbinder & Neiva, 2016).

Ainsi, lorsque le polissage a été terminé avec une pâte diamantée, la rugosité de la céramique était similaire (Steiner et al., 2015) ou significativement inférieure (Mohammadibassir et al., 2019) à celle du matériau glacé, ce qui prouve l'importance de cette étape lorsque des ajustements cliniques sont effectués sur ces céramiques (Ludovichetti et al., 2019). L'utilisation de la pâte à polir est également recommandée pour conserver la stabilité de la teinte des céramiques (Kanat-Ertürk, 2020).

D'autre part, aucune différence n'a pu être détectée après le polissage des céramiques zircone et disilicate de lithium avec les kits de polissage en 2 étapes ou en 3 étapes (Scherrer et al., 2020). En outre, certaines étapes des méthodes de polissage mécanique ne contribuent pas à améliorer la rugosité de surface et pourraient donc être omises. Par exemple, dans le système de polissoirs diamantés JOTA constitué de trois polissoirs (grossier, medium et fin), le premier polisseur (grossier) n'a pas réduit considérablement la rugosité de surface (Flury et al., 2010). Par conséquent, la réduction de la méthode JOTA à un système de polissage en deux étapes pourrait être envisagée.

Après l'étude des différents protocoles de polissage employés dans les articles, nous nous intéressons également au temps d'utilisation des polissoirs. En effet, la rugosité de surface tend à atteindre un plateau lorsque le temps de polissage augmente (Scherrer et al., 2020). Le polissage mécanique pendant 60 secondes pour chaque étape permettrait d'obtenir des résultats satisfaisants et un temps raisonnable (Carrabba et al., 2017). Cela a permis aux matériaux céramiques d'obtenir la brillance la plus élevée et la rugosité la plus faible (Vichi et al., 2018).

D'après les résultats de la présente étude, les systèmes de polissage mécanique constituent un remplacement fiable et adapté au glaçage des restaurations en céramique étudiées, car la rugosité et le taux d'usure de la céramique et de l'échantillon d'émail opposé ne changent pas voire diminuent (Daryakenari et al., 2019).

De ce fait, sur la base des résultats de notre étude, où les systèmes de polissage mécanique garantissent des performances comparables voire supérieures à celles des systèmes de glaçage au four, une question s'est posée sur le temps cliniquement préférable. En effet, si la restauration est soumise à un glaçage au four, la procédure nécessite un retard considérable du scellement ou, plus probablement, un second rendez-vous (Carrabba et al., 2017).

D'un point de vue clinique, les systèmes de polissage manuel présentent le principal avantage de pouvoir terminer la restauration en cabinet, en une seule séance, ce qui accélère et simplifie le flux de travail global (Vichi et al., 2018).

De plus, environ 60 % des restaurations tout-céramique nécessitent au moins des ajustements mineurs au niveau des surfaces occlusales après scellement (Batson et al., 2014 ; Joda et al., 2016). Étant donné que le glaçage n'offre pas nécessairement une meilleure performance en terme d'état de surface et de propriétés mécaniques, les inconvénients d'une étape supplémentaire en laboratoire et d'un rendez-vous supplémentaire pour le patient sont prédominants (Sasahara et al., 2006 ; Scherrer et al., 2020).

Par ailleurs, la rugosité des matériaux céramiques après les procédures de polissage au fauteuil et en laboratoire étaient comparables (Matzinger et al., 2019). Le polissage au fauteuil paraît donc aussi efficace que le polissage en laboratoire.

Le polissage mécanique au fauteuil, par le dentiste, semble donc être plus économique en ce qui concerne le temps nécessaire au polissage après l'ajustement clinique sur le fauteuil et le coût abordable des kits de polissage adéquats (Scherrer et al., 2020).

Cependant, on ne sait toujours pas si les résultats des études *in vitro* sont comparables aux situations cliniques (Scherrer et al., 2020). Les conditions normalisées permettent de comparer les spécimens au sein d'un même groupe, mais ne représentent normalement pas les situations cliniques.

De plus, toutes les études n'ont pas appliqué des kits de polissage provenant des mêmes fabricants de matériaux céramiques. Cependant, la plupart ont utilisé une glaçure spécifique des céramiques, vendue sous la même marque.

Des recherches supplémentaires sur d'autres céramiques et systèmes de polissage sont nécessaires pour parvenir à une conclusion unanime dans le cas de toutes les céramiques usinées par CFAO (Daryakenari et al., 2019). Par conséquent, des études *in vitro* et *in vivo* supplémentaires sont nécessaires pour évaluer ces propriétés des différents systèmes tout-céramique après traitement par des techniques de polissage mécanique ou de glaçage (Gönüldaş et al., 2019).

Divers facteurs tels que l'aptitude des techniciens, la pression appliquée, la vitesse de rotation, le type de polissoir utilisé, la durée du polissage, la taille des grains et l'épaisseur de la couche de glaçage peuvent affecter les résultats des procédures de polissage ou de glaçage (Gönüldaş et al., 2019). En outre, divers facteurs peuvent considérablement affecter la rugosité de surface, la résistance à la flexion et la translucidité des matériaux dans l'environnement oral.

Enfin, il convient de mentionner que jusqu'à présent, aucune étude clinique randomisée n'a évalué l'impact des protocoles de finition de surface des céramiques CAD/CAM sur la stabilité de la couleur à long terme (Alencar et al., 2022). Par conséquent, un examen systématique peut encourager la réalisation de nouvelles expériences, en tenant compte spécifiquement du facteur de stabilité à long terme.

De plus, la préparation de spécimens avec des surfaces plates au lieu de surfaces anatomiques cliniques a également constitué une limite (Kilinc & Turgut, 2018). Ce projet *in vitro* devrait être suivi d'une étude clinique visant à déterminer dans quelle mesure les surfaces lisses des échantillons plats peuvent être obtenues cliniquement sur des surfaces anatomiques (Fasbinder & Neiva, 2016).

CONCLUSION

Aujourd'hui, il n'existe aucune preuve scientifique démontrant la supériorité du polissage manuel par rapport au glaçage après ajustements cliniques des restaurations céramiques (Canneto et al., 2016 ; Curran et al., 2017 ; Silva et al., 2014). En outre, il n'existe aucune preuve concernant un protocole de finitions cliniquement applicable (Scherrer et al., 2020).

Pour les cliniciens, la plupart des études ont démontré que le polissage mécanique et l'application de glaçage peuvent, tous deux, prévenir les altérations significatives au niveau de la couleur, de l'état de surface et des propriétés mécaniques des restaurations en céramiques usinées par CFAO. Concernant le polissage manuel, les procédures qui semblent donner les meilleurs résultats pour garantir un succès clinique à long terme sont les systèmes de polissoirs diamantés associés aux systèmes de brosse et pâte à polir diamantée.

Cependant, en raison du nombre relativement limité de preuves à l'appui pour soutenir cette conclusion, d'autres études *in vitro* et *in vivo* doivent être menées. En effet, les études cliniques qui prennent en compte le comportement des protocoles de polissage sont rares et doivent être encouragées. Le grand nombre de variables qui influencent le résultat final du polissage doit être pris en compte. Il serait nécessaire de standardiser les méthodologies pour permettre une comparaison entre les recherches. (Silva et al., 2014).

Vu le Président du jury



Vu les directeurs de Thèse



BIBLIOGRAPHIE

- Abu-Obaid, A., AlMawash, A., Alyabis, N., & Alzaaqi, N. (2020). An in vitro evaluation of the effect of polishing on the stainability of different CAD/CAM ceramic materials. *The Saudi Dental Journal*, 32(3), 135-141. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2019.08.005>
- Albakry, M., Guazzato, M., & Swain, M. V. (2004). Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. *Journal of Dentistry*, 32(2), 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.08.006>
- Alencar, C. de M., Zaniboni, J. F., Silva, A. M., Ortiz, M. I. G., Lima, D. A. N. L., & de Campos, E. A. (2022). Impact of Finishing Protocols on Color Stability of CAD/CAM Ceramics : A Systematic Review. *The International Journal of Prosthodontics*, 35(1), 109-118. <https://doi.org/10.11607/ijp.7052>
- Alencar-Silva, F. J., Barreto, J. O., Negreiros, W. A., Silva, P. G. B., Pinto-Fiamengui, L. M. S., & Regis, R. R. (2019). Effect of beverage solutions and toothbrushing on the surface roughness, microhardness, and color stainability of a vitreous CAD-CAM lithium disilicate ceramic. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(4), 711.e1-711.e6. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.02.001>
- Alp, G., Subasi, M. G., Johnston, W. M., & Yilmaz, B. (2018). Effect of surface treatments and coffee thermocycling on the color and translucency of CAD-CAM monolithic glass-ceramic. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(2), 263-268. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.10.024>
- Anusavice, K. J., Kakar, K., & Ferree, N. (2007). Which mechanical and physical testing methods are relevant for predicting the clinical performance of ceramic-based dental prostheses? *Clinical Oral Implants Research*, 18 Suppl 3, 218-231. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01460.x>
- Atay, A., Oruç, S., Ozen, J., & Sipahi, C. (2008). Effect of accelerated aging on the color stability of feldspathic ceramic treated with various surface treatments. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, 39(7), 603-609.
- Batson, E. R., Cooper, L. F., Duqum, I., & Mendonça, G. (2014). Clinical outcomes of three different crown systems with CAD/CAM technology. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(4), 770-777. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.05.002>
- Bottino, M. C., Valandro, L. F., Kantorski, K. Z., Bressiani, J. C., & Bottino, M. A. (2006). Polishing methods of an alumina-reinforced feldspar ceramic. *Brazilian Dental Journal*, 17(4), 285-289. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402006000400004>

- Çakmak, G., Subaşı, M. G., Sert, M., & Yilmaz, B. (2021). Effect of surface treatments on wear and surface properties of different CAD-CAM materials and their enamel antagonists. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, S0022-3913(21)00340-1. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.06.023>
- Canneto, J.-J., Cattani-Lorente, M., Durual, S., Wiskott, A. H. W., & Scherrer, S. S. (2016). Grinding damage assessment on four high-strength ceramics. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 32(2), 171-182. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.11.028>
- Carrabba, M., Vichi, A., Vultaggio, G., Pallari, S., Paravina, R., & Ferrari, M. (2017). Effect of Finishing and Polishing on the Surface Roughness and Gloss of Feldspathic Ceramic for Chairside CAD/CAM Systems. *Operative Dentistry*, 42(2), 175-184. <https://doi.org/10.2341/15-174-L>
- Curran, P., Cattani-Lorente, M., Anselm Wiskott, H. W., Durual, S., & Scherrer, S. S. (2017). Grinding damage assessment for CAD-CAM restorative materials. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 33(3), 294-308. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.12.004>
- Daryakenari, G., Alaghehmand, H., & Bijani, A. (2019). Effect of Simulated Mastication on the Surface Roughness and Wear of Machinable Ceramics and Opposing Dental Enamel. *Operative Dentistry*, 44(1), 88-95. <https://doi.org/10.2341/17-153-L>
- de Jager, N., Feilzer, A. J., & Davidson, C. L. (2000). The influence of surface roughness on porcelain strength. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 16(6), 381-388. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(00\)00030-0](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(00)00030-0)
- Fasbinder, D. J. (2006). Clinical performance of chairside CAD/CAM restorations. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 137 Suppl, 22S-31S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0395>
- Fasbinder, D. J., & Neiva, G. F. (2016). Surface Evaluation of Polishing Techniques for New Resilient CAD/CAM Restorative Materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]*, 28(1), 56-66. <https://doi.org/10.1111/jerd.12174>
- Flury, S., Lussi, A., & Zimmerli, B. (2010). Performance of different polishing techniques for direct CAD/CAM ceramic restorations. *Operative Dentistry*, 35(4), 470-481. <https://doi.org/10.2341/09-373-L>

- Glavina, D., Skrinjaric, I., Mahovic, S., & Majstorovic, M. (2004). Surface quality of Cerec CAD/CAM ceramic veneers treated with four different polishing systems. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 5(1), 30-34.
- Gönüldaş, F., Öztürk, C., Atalay, P., & Öztaş, D. (2019). Influence of different surface finishing techniques on machinable feldspathic and leucite-reinforced ceramics. *Dental Materials Journal*, 38(2), 317-322. <https://doi.org/10.4012/dmj.2018-045>
- Heintze, S. D., Cavalleri, A., Forjanic, M., Zellweger, G., & Rousson, V. (2008). Wear of ceramic and antagonist—A systematic evaluation of influencing factors in vitro. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 24(4), 433-449. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.06.016>
- Joda, T., Katsoulis, J., & Brägger, U. (2016). Clinical Fitting and Adjustment Time for Implant-Supported Crowns Comparing Digital and Conventional Workflows. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 18(5), 946-954. <https://doi.org/10.1111/cid.12377>
- Kanat-Ertürk, B. (2020). Color Stability of CAD/CAM Ceramics Prepared with Different Surface Finishing Procedures. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 29(2), 166-172. <https://doi.org/10.1111/jopr.13019>
- Kawai, K., Urano, M., & Ebisu, S. (2000). Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 83(6), 664-667.
- Kelly, J. R., & Benetti, P. (2011). Ceramic materials in dentistry : Historical evolution and current practice. *Australian Dental Journal*, 56 Suppl 1, 84-96. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01299.x>
- Kilinc, H., & Turgut, S. (2018). Optical behaviors of esthetic CAD-CAM restorations after different surface finishing and polishing procedures and UV aging : An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(1), 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.09.019>
- Kollmuss, M., Kist, S., Goeke, J. E., Hickel, R., & Huth, K. C. (2016). Comparison of chairside and laboratory CAD/CAM to conventional produced all-ceramic crowns regarding morphology, occlusion, and aesthetics. *Clinical Oral Investigations*, 20(4), 791-797. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1554-9>
- Lawson, N. C., Bansal, R., & Burgess, J. O. (2016). Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 32(11), e275-e283. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.08.222>

- Ludovichetti, F. S., Trindade, F. Z., Adabo, G. L., Pezzato, L., & Fonseca, R. G. (2019). Effect of grinding and polishing on the roughness and fracture resistance of cemented CAD-CAM monolithic materials submitted to mechanical aging. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(5), 866.e1-866.e8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.02.012>
- Ludovichetti, F. S., Trindade, F. Z., Werner, A., Kleverlaan, C. J., & Fonseca, R. G. (2018). Wear resistance and abrasiveness of CAD-CAM monolithic materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(2), 318.e1-318.e8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.05.011>
- Martínez-Gomis, J., Bizar, J., Anglada, J. M., Samsó, J., & Peraire, M. (2003). Comparative evaluation of four finishing systems on one ceramic surface. *The International Journal of Prosthodontics*, 16(1), 74-77.
- Matzinger, M., Hahnel, S., Preis, V., & Rosentritt, M. (2019). Polishing effects and wear performance of chairside CAD/CAM materials. *Clinical Oral Investigations*, 23(2), 725-737. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2473-3>
- Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM : Current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental Materials Journal*, 28(1), 44-56. <https://doi.org/10.4012/dmj.28.44>
- Mohammadibassir, M., Rezvani, M. B., Golzari, H., Moravej Salehi, E., Fahimi, M. A., & Kharazi Fard, M. J. (2019). Effect of Two Polishing Systems on Surface Roughness, Topography, and Flexural Strength of a Monolithic Lithium Disilicate Ceramic. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 28(1), e172-e180. <https://doi.org/10.1111/jopr.12586>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses : The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moraes, A. P., Sarkis-Onofre, R., Moraes, R. R., Cenci, M. S., Soares, C. J., & Pereira-Cenci, T. (2015). Can Silanization Increase the Retention of Glass-fiber posts? A Systematic Review and Meta-analysis of In Vitro Studies. *Operative Dentistry*, 40(6), 567-580. <https://doi.org/10.2341/14-330-O>
- Mores, R. T., Borba, M., Corazza, P. H., Della Bona, Á., & Benetti, P. (2017). Influence of surface finishing on fracture load and failure mode of glass ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(4), 511-516. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.12.012>
- Mörmann, W. H. (2006). The evolution of the CEREC system. *Journal of the American Dental Association* (1939), 137 Suppl, 7S-13S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0398>

- Motro, P. F. K., Kursoglu, P., & Kazazoglu, E. (2012). Effects of different surface treatments on stainability of ceramics. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 108(4), 231-237. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(12\)60168-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60168-1)
- Oliveira-Junior, O. B., Buso, L., Fujii, F. H., Lombardo, G. H. L., Campos, F., Sarmiento, H. R., & Souza, R. O. A. (2013). Influence of polishing procedures on the surface roughness of dental ceramics made by different techniques. *General Dentistry*, 61(1), e4-8.
- Ozen, F., Demirkol, N., & Parlar Oz, O. (2020). Effect of surface finishing treatments on the color stability of CAD/CAM materials. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 12(3), 150-156. <https://doi.org/10.4047/jap.2020.12.3.150>
- Pires-de-Souza, F. de C. P., Casemiro, L. A., Garcia, L. da F. R., & Cruvinel, D. R. (2009). Color stability of dental ceramics submitted to artificial accelerated aging after repeated firings. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(1), 13-18. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60282-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60282-6)
- Preis, V., Behr, M., Handel, G., Schneider-Feyrer, S., Hahnel, S., & Rosentritt, M. (2012). Wear performance of dental ceramics after grinding and polishing treatments. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 10, 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2012.03.002>
- Rekow, E. D. (2006). Dental CAD/CAM systems. *The Journal of the American Dental Association*, 137, 5S-6S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0396>
- Sadowsky, S. J. (2006). An overview of treatment considerations for esthetic restorations : A review of the literature. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 96(6), 433-442. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2006.09.018>
- Sailer, I., Benic, G. I., Fehmer, V., Hämmerle, C. H. F., & Mühlemann, S. (2017). Randomized controlled within-subject evaluation of digital and conventional workflows for the fabrication of lithium disilicate single crowns. Part II : CAD-CAM versus conventional laboratory procedures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(1), 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.031>
- Sarikaya, I., & Güler, A. U. (2011). Effects of different surface treatments on the color stability of various dental porcelains. *Journal of Dental Sciences*, 6(2), 65-71. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2011.03.001>
- Sarikaya, I., & Hayran, Y. (2018). Effects of Polishing on Color Stability and Surface Roughness of CAD-CAM Ceramics. *Meandros Medical and Dental Journal*, 19(2), 153-159. <https://doi.org/10.4274/meandros.30592>
- Sasahara, R. M. C., Ribeiro, F. da C., Cesar, P. F., & Yoshimura, H. N. (2006). Influence of the finishing technique on surface roughness of dental porcelains with different microstructures. *Operative Dentistry*, 31(5), 577-583. <https://doi.org/10.2341/05-104>

- Scherrer, D., Bragger, U., Ferrari, M., Mocker, A., & Joda, T. (2020). In-vitro polishing of CAD/CAM ceramic restorations : An evaluation with SEM and confocal profilometry. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 107, 103761. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103761>
- Silva, T. M. da, Salvia, A. C. R. D., Carvalho, R. F. de, Pagani, C., Rocha, D. M. da, & Silva, E. G. da. (2014). Polishing for glass ceramics : Which protocol? *Journal of Prosthodontic Research*, 58(3), 160-170. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2014.02.001>
- Soares, F. Z. M., Follak, A., da Rosa, L. S., Montagner, A. F., Lenzi, T. L., & Rocha, R. O. (2016). Bovine tooth is a substitute for human tooth on bond strength studies : A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 32(11), 1385-1393. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.09.019>
- Steiner, R., Beier, U. S., Heiss-Kisielewsky, I., Engelmeier, R., Dumfahrt, H., & Dhima, M. (2015). Adjusting dental ceramics : An in vitro evaluation of the ability of various ceramic polishing kits to mimic glazed dental ceramic surface. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(6), 616-622. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.12.007>
- Subaşı, M. G., Alp, G., Johnston, W. M., & Yilmaz, B. (2018). Effect of thickness on optical properties of monolithic CAD-CAM ceramics. *Journal of Dentistry*, 71, 38-42. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.01.010>
- Vichi, A., Fabian Fonzar, R., Goracci, C., Carrabba, M., & Ferrari, M. (2018). Effect of Finishing and Polishing on Roughness and Gloss of Lithium Disilicate and Lithium Silicate Zirconia Reinforced Glass Ceramic for CAD/CAM Systems. *Operative Dentistry*, 43(1), 90-100. <https://doi.org/10.2341/16-381-L>
- Wiedenmann, F., Böhm, D., Eichberger, M., Edelhoff, D., & Stawarczyk, B. (2020). Influence of different surface treatments on two-body wear and fracture load of monolithic CAD/CAM ceramics. *Clinical Oral Investigations*, 24(9), 3049-3060. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03173-8>
- Yilmaz, C., Korkmaz, T., Demirköprülü, H., Ergün, G., & Ozkan, Y. (2008). Color stability of glazed and polished dental porcelains. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 17(1), 20-24. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00237.x>
- Yin, L., Song, X. F., Song, Y. L., Huang, T., & Li, J. (2006). An overview of in vitro abrasive finishing & CAD/CAM of bioceramics in restorative dentistry. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46(9), 1013-1026. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2005.07.045>

- Yu, B., Ahn, J.-S., & Lee, Y.-K. (2009). Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odontologica Scandinavica*, 67(1), 57-64. <https://doi.org/10.1080/00016350802577818>
- Zhi, L., Bortolotto, T., & Krejci, I. (2016). Comparative in vitro wear resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(2), 199-202. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.07.011>

IMPACT DES PROCÉDURES DE FINITIONS ET POLISSAGE DES CÉRAMIQUES USINÉES PAR CFAO : UNE REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE

RESUME : Avec le développement de la CFAO, le choix du matériau le plus approprié et du protocole de finition correspondant est souvent un défi pour les praticiens. **Objectif** : Analyser, au travers d'une revue systématique de la littérature, l'impact des protocoles de finitions de surface (tels que le polissage manuel et le glaçage) sur les céramiques usinées par CFAO. **Matériels et méthodes** : Une base de données électronique a été consultée le 29 Avril 2022. Les études *in vitro* ont été incluses selon la stratégie suivante : Intervention évaluée = Glaçage de la surface des céramiques usinées par CFAO ; Comparateur = Polissage mécanique de la surface des céramiques usinées par CFAO ; Critère de jugement = Coloration, état de surface, propriétés mécaniques. **Résultats** : Parmi les 77 références identifiées sur la base de données, seules 17 études ont été incluses dans la synthèse qualitative. 4 articles étudiaient la coloration, 12 articles la rugosité, 2 articles la brillance, 4 articles l'usure, 2 articles la résistance à la flexion et 2 articles la résistance à la rupture. Parmi ces études, 6 matériaux différents ont été analysés ainsi que 5 protocoles de finitions (4 procédures de polissage manuel et 1 procédure de glaçage). **Conclusion** : La plupart des études ont démontré que le polissage mécanique et l'application de glaçage peuvent, tous deux, prévenir les altérations significatives au niveau de la couleur, de l'état de surface et des propriétés mécaniques des céramiques usinées par CFAO. Cependant, en raison de la quantité relativement limitée de preuves à l'appui pour soutenir cette conclusion, d'autres études doivent être menées.

IMPACT OF FINISHING AND POLISHING PROCEDURES ON CAD/CAM CERAMICS : A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

ABSTRACT : With the development of CAD/CAM, the choice of the most appropriate material and the corresponding finishing procedures is often a challenge for practitioners. **Purpose** : To analyze, through a systematic review of the literature, the impact of surface finishing protocols (such as manual polishing and glazing) on CAD/CAM ceramics. **Materials and Methods** : An electronic database was searched on April 29, 2022. *In vitro* studies were included based on the following strategy : Evaluated Intervention = Glazing of CAD/CAM ceramics surface ; Comparator = Mechanical polishing of CAD/CAM ceramics surface ; Outcome = Staining, surface condition, mechanical properties. **Results** : Among the 77 references identified in the database, only 17 studies were included in the qualitative analysis. 4 articles investigated coloration, 12 articles investigated roughness, 2 articles investigated gloss, 4 articles investigated wear, 2 articles investigated flexural strength, and 2 articles investigated fracture resistance. Among these studies, 6 different materials were analyzed as well as 5 finishing protocols (4 manual polishing procedures and 1 glazing procedure). **Conclusion** : Most studies have shown that both mechanical polishing and glaze application can prevent significant alterations in the color, surface condition and mechanical properties of CAD/CAM ceramics. However, due to the relatively limited amount of evidence to support this conclusion, further studies are needed.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie Dentaire

MOTS-CLES : CAD/CAM, Ceramic, Glazing, Polishing, Surface Topography

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier

Faculté de santé – Département d'Odontologie 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex 09

Directeurs de Thèse : Dr Rémi ESCLASSAN et Dr Thibault CANCEILL