

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTE DE SANTE – DEPARTEMENT D’ODONTOLOGIE

Année : 2023

2023 TOU3 3099

THESE

POUR LE DIPLÔME D’ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Pierre BARTHES

Le Mardi 19 Décembre 2023

**Modifications de l’âge apparent et de l’attractivité grâce à
l’orthodontie : étude rétrospective sur des patients adultes
traités au CHU de Toulouse**

Directeurs de thèse

Professeur Frédéric VAYSSE
Docteur Antoine GALIBOURG

JURY

Présidente :	Professeur Cathy NABET
1 ^{er} Assesseur :	Professeur Frédéric VAYSSE
2 ^{ème} Assesseur :	Docteur Antoine GALIBOURG
3 ^{ème} Assesseur :	Docteur Pascal BARON

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 Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY
Assistants : Mme Anne GICQUEL, M. Robin BENETAH
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Mathieu TESTE, M. Daniel BANDON

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

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

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

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES
Maîtres de Conférences : 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

Professeurs d'Université : Mme Sara LAURENCIN- DALICIEUX,
Maîtres de Conférences : Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS
Assistants : M. Joffrey DURAN, M. Antoine AL HALABI
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, M. Antoine DUBUC
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT, Mme Sylvie LE
Adjoints d'Enseignement : M. Matthieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, Mme Inessa TIMOFEEVA-JOSSINET

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. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Lorris BOIVIN, Mme Laura PASCALIN, M. Thibault DECAMPS, Mme Emma STURARO, Mme Anouk FESQUET
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, M. Florent DESTRUHAUT,
Maîtres de Conférences : M. Antoine GALIBOURG,
Assistants : Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY, M. Anthony LEBON
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. Victor EMONET-DENAND, M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE, M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION

FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL, M. Julien DELRIEU
Assistants : M. Olivier DENY, Mme Alison PROSPER
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

Mise à jour pour le 01 Novembre 2023

REMERCIEMENTS

A notre Présidente du Jury

Madame le Professeur Cathy NABET

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier en Odontologie
Docteur en chirurgie dentaire
Diplôme d'Etudes Approfondies de Santé Publique – Epidémiologie
Docteur de l'Université Paris XI
Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)
Lauréate de la Faculté de Médecine
Lauréate de l'Université Paul Sabatier
Lauréate de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider le jury de cette thèse.

Je tiens également à vous remercier pour vos conseils, votre disponibilité et pour votre accompagnement dans mon cursus hospitalo-universitaire.

Veillez recevoir, par cette thèse, l'expression de mon profond respect.

A notre Juge et co-directeur de thèse,

Monsieur le Professeur Frédéric VAYSSE

Professeur des Universités, Praticien Hospitalier en Odontologie

Lauréat de l'université Paul Sabatier

Responsable du Centre de Référence des Maladies Orales et Dentaires Rares

Je suis extrêmement reconnaissant de l'honneur que vous m'avez fait de co-diriger cette thèse. Votre soutien sans retenue dans mes projets, votre bienveillance et gentillesse ont été pour moi une chance inouïe.

Merci infiniment pour tous les moments où vous avez pris le temps de comprendre non seulement mes préoccupations académiques, mais aussi mes aspirations personnelles.

*Votre écoute et vos conseils ont été les moteurs de ma persévérance.
Vous êtes sur de nombreux points une grande source d'inspiration pour moi.*

A notre Juge et co-directeur de Thèse,

Monsieur le Docteur Antoine GALIBOURG

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier en Odontologie

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'université Paul Sabatier

Ingénieur de l'Institut Catholique des Arts et Métiers de Toulouse

Responsable du Diplôme d'Université d'Implantologie

Je suis extrêmement reconnaissant de l'honneur que vous m'avez fait de co-diriger cette thèse. L'optimisme que vous avez pu montrer sur chacune des idées que j'ai pu vous présenter m'a beaucoup rassuré et aidé dans l'accomplissement de mes travaux. Toujours avide de partager avec vos étudiants les dernières innovations technologiques, vous m'avez ouvert l'œil sur un domaine passionnant.

A notre Juge,

Monsieur le Docteur Pascal BARON

Maitre de conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur de l'Université Paul Sabatier

MBH en Biomathématiques

Enseignant-chercheur au CNRS (UMR 5288) – Laboratoire d'Anthropologie (équipe imagerie)

Spécialiste qualifié en Orthopédie-Dento-Faciale

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. Merci également pour tous les précieux conseils et astuces de biomécanique que vous avez pu me livrer en cours et en clinique. Discuter d'orthodontie avec vous est une chance et un plaisir que je l'espère perdurera encore de nombreuses années.

A mes enseignants de DESODF,

Au Dr LODTER :

Merci pour la richesse de votre enseignement, et merci de m'avoir autorisé à réaliser ce double cursus d'Anthropobiologie en parallèle de mon internat.

Au Dr ROTENBERG :

Merci d'avoir éveillé en moi l'envie de faire ce beau métier lorsque je sortais tout juste du concours de PACES et était venu vous voir travailler dans votre cabinet.

Aux Dr ARAGON, DIVOL, VIDAL-ROSSET et VARGAS :

Merci pour vos enseignements et votre encadrement en clinique. Votre disponibilité et votre accessibilité m'ont permis de développer avec sérénité mon sens clinique.

A tous mes enseignants de l'externat,

Merci de m'avoir apporté les connaissances fondamentales de ce métier mais aussi de m'avoir inculqué toutes les valeurs humaines avec lesquelles traiter les pathologies de chaque patient.

A toutes les équipes des différents cabinets dans lesquels j'ai pu travailler,

À **mes parents**, ces quelques lignes ne sauraient être suffisantes pour vous remercier de tout ce que vous m'avez apporté : votre dévotion pour nous donner toutes les chances d'atteindre nos rêves ; l'amour dans lequel vous nous avez fait grandir ; votre joie de vivre et vos blagues pas toujours drôles. Merci pour toutes les valeurs que vous avez su m'inculquer à travers une enfance profondément heureuse. Merci d'avoir couvé ce petit Tanguy que j'étais pendant 26 années, dont les dernières passées à étaler mes cours dans toutes les pièces possibles de la maison. Je vous dois toute ma réussite. À **Gaut Gaut, mon bro'**, auprès duquel j'ai eu la chance de grandir avec admiration. Merci d'avoir participé à cette merveilleuse enfance que les parents ont pu nous donner. Merci de l'avoir agrémenté de tant de moments complices et de fous rires. Merci d'avoir été ce modèle dont l'abnégation que tu as pu mettre dans ton parcours m'épate encore. Merci à **Marine** de nous faire autant rire. À **mes grands-parents**, je vous remercie pour tout l'amour que vous m'avez donné. **Au reste de ma famille, à mes oncles et tantes, mes cousines, aux Lhumeau/Canestrier**

A Anaïs : Cette évidence dans notre amour nous apporte une incroyable sérénité dans l'avancement de nos projets. Ta douceur, ta joie de vivre, ton dynamisme et ton sourire me comblent quotidiennement de bonheur. Tu es le plus beau cadeau que la vie m'ait offert.

A mes amis, Maxime, depuis les premiers bains jusqu'à aujourd'hui où tu t'apprêtes à devenir papa, il s'en est passé du chemin ! Merci pour tous ces beaux moments partagés et cette complicité qui fait qu'on se retrouve à chaque fois comme si on s'était quitté la veille. Je vous souhaite tout le bonheur du monde avec **Déborah, Guilhem, François, Mathieu, Baptiste, Nathan, Thomas, Julien, Robin, Bertrand...** et tout le reste de la bande de barjots qui s'est agrandie au fil des années et avec qui chaque réunion est encore plus folle que la précédente. Le **G6**, dont la cohésion n'a pas pris une ride depuis sa création. Ces incroyables années ensemble au lycée qui ont forgé une amitié qui tiendra toujours malgré la dispersion actuelle aux quatre coins de la France. **Loulou**, ta fougue et tes valeurs, ces matchs âprement remportés avec l'équipe de hand. **Tin-Mar**, ta sensibilité, ta bienveillance et tes talents de chef. **Courtaud**, tes ambitions et tes succès, sans jamais oublier d'où tu viens, Mazel Tov ! **Hugo**, éternel coéquipier de volley et de débats sociétaux. **Paul**, alors que tu m'avais suivi à la facultaire, le destin a tristement retiré ton rire caractéristique et ton brin de folie de nos vies. Tu nous manques énormément, j'espère que l'on te fait marrer depuis là où tu nous regardes. **Javor**, depuis les cours de maths côte à côte, le voyage en Angleterre, les bancs de PACES et les après BU pour nos concours respectifs... sans que rien ne change dans notre amitié unique portée par ton incroyable gentillesse. **Josephine**, ces années d'amitiés depuis minots, **Romane**, ton caractère aussi aiguisé que les carres de tes skis. **Ninon**, ces parties endiablées de UNO et ces apéros/repas mémorables avec **Flo'**. *A la merveilleuse famille des poissonniers*, **Arthur**, qui aurait pu croire que cette rencontre la veille de la rentrée de PACES aurait amené à une amitié aussi forte ? Ta détermination, ta générosité et ta modestie m'ont toujours épâté. **Galla** a bien de la chance de t'avoir à ses côtés. Je suis fier d'être le témoin de votre union. **Bertrand**, ton humour sans limites, ton amitié sincère et ces parties endiablées de padel avec **Nico**. Ta complicité avec l'adorable **Philou**. **Vincent**, ces discussions et ces week-ends à Hossegor à parler cœur se sont plutôt bien finies il semblerait ! Tu formes le couple le plus parfait du Busca avec **Marie**. **Richard**, qui mets un peu de jazz, un peu de funk dans ma vie. **Aude**, comment ne pas te louer ? **Louis**, ta curiosité sans limite, ta générosité et ton côté artiste que j'adore. Bon voyage avec **Dim'** ! **Adèle**, ton intelligence n'a d'égal que ta générosité. J'admire la simplicité que tu dégages face à tout ton travail. Mon partenaire de pétanque et d'analyses rugbystiques **Romain**. **Lola**, derrière la douceur de ton accent espagnol se cache une force que personne ne pourrait soupçonner. Merci d'avoir immortalisé avec talent tant de nos souvenirs. L'amour que vous vous portez avec **Paul** (champion) m'émerveille. **Maria**, pétillante et toujours partante pour une session kite. A **Karim**, le meilleur mouss' de notre voyage au bout du monde. **Martin**, ton accueil incroyable à Kelibia, ton teint halé toute l'année, tes résumés de GoT, et ces heures passées sur le flipper de l'internat. **Mathias**, tes talents d'athlète comme de musicien, et accessoirement d'ophtalmo. Ton énergie débordante, canalisée par **Teresa**, la basque la plus douce qu'il existe sûrement. **Arthur M**, ta délicatesse et tes jeux de mots plus ou moins subtils. **Augusta**, ton talent de DJ lors de nos retrouvailles poissonnières, ta sensibilité. **Lucie**, on s'est peut-être croisé dans ta montagne natale mais c'est bien à la fac que j'ai pu découvrir ce rire et cette gentillesse. *A mes co-internes* **Aurélie, Justine, Marie-Pierre** et **Ziad**, pour avoir formé ce groupe soudé pendant ces trois rudes années d'internat, non semées d'embûches ! A **Corentin** et **Laura**, mes incroyables entremetteurs. A **Marie, Nineb, Hasnaa, Rayène, Shera** et tous les autres. Aux co-internes d'autres disciplines : **Antho** et **Audri** (le trinôme des spé), **CTT** la queen, **Julie, Teva, Maxence, Mel, Antoine, Constance, Amélie**. A **Jason, Constance, Nico, Tris, Maxime, Solène, Marine, Fanny, Audrey, Aurore, Julien, Adrien, Jeanne, Papaix, Lisa, Claire** : Merci pour ces belles années à la fac et pour tous les beaux cas à venir que nous aurons le plaisir de traiter ensemble. A **Pauline**, ma binôme, ces années de clinique à tes côtés ont été un pur bonheur. J'ai hâte de revenir voir le cocon d'amour dans lequel tu fais grandir tes boys avec **Jean**.

Sommaire

Introduction	14
I- Lettre à l'éditeur	16
II- Article	17
Summary	17
Introduction.....	18
Material	19
Methods	20
Human evaluators	20
Artificial intelligence.....	21
Statistical Analysis	21
Results.....	22
Human's characteristics	22
Main results	23
Other results	25
Discussion.....	26
Conclusion.....	30
Conflicts of interest	31
Acknowledgement.....	31
Funding.....	31
Data availability	31
III- Contexte scientifique	33
A. Facteurs à influences communes sur l'âge perçu et sur l'attractivité.....	33
1) Concernant les évaluateurs.....	33
2) Concernant les personnes évaluées	34
B. Facteurs influençant uniquement l'âge perçu d'une personne	40
1) Concernant les évaluateurs.....	40
2) Concernant les personnes évaluées	40
C. Facteurs influençant uniquement l'attractivité	47
1) Concernant les évaluateurs.....	47

2) Concernant les personnes évaluées	47
Conclusion	50
Bibliographie	51

Liste des figures et tableaux

Table 1 : Characteristics of the human panel.....	22
Figure 1 : Mean changes in perceived age relative to chronologic age, depending on type of assessor	23
Figure 2: Mean changes in attractiveness, depending on type of assessor.....	24
Table 2 : Perceived Age and Attractiveness before and after orthodontic treatment.....	24
Table 3: Perceived changes depending on evaluator characteristics.....	25
Appendix n° 1.....	32
Figure 3 - Inter-relationships of factors associated with perceived facial age (from Mayes et al. 2010).....	44

Introduction

Dans les interactions sociales comme outil indirect majeur de communication ou dans le bien-être individuel, l'influence du sourire est multiple et complexe.

L'omniprésence dans les publicités et les médias de sourires toujours plus « parfaits » entretient son association à de nombreuses caractéristiques positives, notamment à une apparence jeune, dynamique, populaire, joyeuse et en bonne santé (1–3).

L'attractivité faciale, en comparaison avec le reste du corps, est celle qui a le plus d'impact sur la détermination de la beauté globale d'une personne (4). L'esthétique du sourire jouant un rôle très important dans l'attractivité du visage (4–6), il apparaît logique de voir qu'aujourd'hui le motif de consultation le plus fréquent en orthodontie est la volonté d'améliorer l'esthétique dentaire (7–10).

Une étude sur la demande esthétique des seniors français de plus de 55 ans indique que près d'un tiers des adultes de plus de 55 ans souhaiterait modifier l'aspect de ses dents ou de son sourire, et que pour 50% d'entre eux, c'est d'avantage l'alignement dentaire qui est voulu, plutôt qu'une modification de teinte ou de forme des dents (11). D'autres travaux menés dans diverses populations mondiales énoncent une insatisfaction de 20,4 à 50% des adultes sur l'apparence de leur denture (3,12). C'est pourquoi, et souvent pour ces objectifs esthétiques, les traitements orthodontiques chez l'adulte sont de plus en plus fréquents, que cela soit pour traiter la récurrence d'un précédent traitement ou bien en primo-traitement.

Dans une société où les demandes esthétiques se multiplient et se renforcent, la volonté de paraître plus jeune est également de plus en plus présente, et cette demande croît au fur et à mesure de l'avancée en âge. Ainsi, des traitements cosmétiques, médicaux et/ou chirurgicaux sont parfois menés pour répondre à cette demande de « rajeunissement ».

Il existe cependant un réel manque d'étude quantifiant de manière objective les impacts du traitement orthodontique sur l'attractivité faciale et sur l'âge apparent. A notre connaissance, aucune étude n'a été publiée sur ce sujet avec des patients autre que des adolescents ou de jeunes adultes. C'est pourquoi nous avons décidé de mener une étude sur les patients de + de 50 ans traités au CHU de Toulouse. L'intégration à notre étude d'évaluations réalisées par des intelligences artificielles en plus de celles réalisées traditionnellement par un panel d'évaluateurs humains, nous permet de tenter de combler le fossé entre les méthodes d'évaluation conventionnelles et les technologies émergentes.

Ce manuscrit se divisera en trois parties :

- La première, succincte et en anglais, représente la lettre à l'éditeur de la revue dans laquelle l'étude menée a été soumise à publication. La revue choisie est *l'European Journal of Orthodontics*, meilleure revue internationale en orthodontie si on se base sur le SCImago Journal Rank (SJR).
- La seconde, correspond à l'article original (en anglais) présentant l'étude menée au CHU de Toulouse.
- La troisième partie détaillera le contexte scientifique dans lequel cette étude se situe, en détaillant certains des facteurs déjà décrits comme influençant les évaluations de l'attractivité et/ou de l'âge apparent d'un individu.

I- Lettre à l'éditeur

Dear Editor,

It is with great enthusiasm that we submit our manuscript titled "AI vs. 376 Human Evaluators in Assessing the Impact of Orthodontic Treatment on Apparent Age and Facial Attractiveness" for your very kind consideration for publication in the European Journal of Orthodontics.

Regarding the increasing number of adults seeking orthodontic treatment, mainly to improve their smile's aesthetics, it seems like there is a lack of study on the aesthetic benefits of these treatments. This lack is particularly significant for adults above 30 years old, especially when it deals with the improvement in facial attractiveness or the effect on apparent age.

This study aimed to objectively quantify the effects of orthodontic treatment on the apparent age and facial attractiveness of adult patients. Whereas progress in Artificial Intelligences (AI) are very relevant and exciting for assessing various data, this work emphasizes the need for a direct comparison with traditional human evaluations.

The innovational nature of our approach lies in the assessments made about the same patients, on the one hand by AI systems and on the other hand by a panel of 376 human evaluators. This synergy between human evaluators and AI provides a holistic perspective and introduces a forward-looking dimension to orthodontic research.

By using open-source and pre-established AI models in facial aesthetics, it also ensures reliability and sets the stage for a more standardized assessment in orthodontics. This study also benefits from a large and diverse panel of 376 human evaluators, ensuring a comprehensive and representative analysis. This diversity strengthens the reliability and applicability of our findings to a broader demographic.

Additionally, all involved patients are more than 50 years old, and it seems that no such demographic has been studied so far (for these aesthetic modifications).

The clinical implications of these aesthetic benefits extend beyond the orthodontic community, impacting upon broader aspects of patient well-being, self-esteem, and quality of life.

We believe that the new insights presented in this study align with the recognized high standards of the European Journal of Orthodontics. These would not only contribute to the scientific community but may also provide valuable knowledge for orthodontic practitioners and researchers alike.

The publication of our work in your journal would constitute the greatest honor. Any feedback or suggestions you may provide would be highly appreciated.

Thank you for your time and consideration,

Best regards, P.Barthès , C.Nabet , T.Canceill, S.Belaili, F.Vaysse and A.Galibourg

II- Article

AI vs. 376 Humans evaluators in assessing the impact of orthodontic treatment on apparent age and facial attractiveness

P.Barthès^{1,2}, C.Nabet^{2,3}, T. Canceill^{2,4}, S. Belaili², F.Vaysse^{1,2*} and A.Galibourg^{1,2*}

¹CNRS, CAGT, UMR 5288, Université Paul Sabatier, 37 allées Jules Guesde, 31000 Toulouse, France

²School of Dental Medicine and CHU de Toulouse—Toulouse Institute of Oral Medicine and Science, 31062 Toulouse, France

³Department of Epidemiology, Public Health, Prevention and Legislation, Dental Faculty, Toulouse University Hospital, Paul Sabatier University, Toulouse, France

⁴InCOMM (Intestine ClinicOmics Microbiota & Metabolism) UMR1297 Inserm/Université Toulouse III, French Institute of Metabolic and Cardiovascular Diseases (i2MC), Toulouse, France

*These authors contributed equally

Summary

Background: Recent studies suggest that plastic or orthognathic surgery can improve attractiveness and decrease apparent age; however, it has never been evaluated for orthodontic treatment.

Objective: To assess the impact of adult orthodontic treatment on facial attractiveness and perceived age by comparing the results between human evaluators and recently developed artificial intelligence (AI) systems.

Materials & Methods: Pre- and post-treatment frontal smiling-face photographs of 14 adult patients were evaluated for facial attractiveness and perceived age by 376 humans (n=10492 scorings) and compared to the assessments of four recently developed open-access Artificial Intelligences (consisting of face detector and deep convolutional neural networks).

We used *t*-test to assess differences pre- and post-treatment, and pairwise *t*-tests to compare the results obtained by three different evaluation methods (Humans, Pre-trained AI, and Refined AI).

Results: Significant decreases in perceived age were seen following orthodontic treatment in the eyes of human panel (-1.90 ± 0.18 years, $p < 0.001$), pre-trained AI (-3.84 ± 1.48 , $p < 0.023$) and refined AI (-4.16 ± 0.90 , $p < 0.001$) without significant differences between assessor's type.

Patients were also reported as more attractive by human respondents ($+0.6 \pm 0.05$, $p < 0.001$), by pre-trained AI ($+0.35 \pm 0.14$, $p < 0.026$) but not for refined IA ($=0$, NS) which differs significantly from the first two groups.

Conclusion: Orthodontic treatment of adult patients has a rejuvenating effect and improves facial attractiveness in the eyes of humans and AI's, although further refinement of these

CNN seems necessary before being validated as an easier clinical tool for assessing these aesthetic benefits.

Introduction

Although the concept of beauty is subjective and evolves over time, which is sometimes translated as “beauty is in the eyes of the beholder” (13), it is widely acknowledged that facial attractiveness has the greatest role in determining the overall attractiveness of a person (14). Smiling, the most common facial expression, is particularly important for facial attractiveness (5,6,15). Aesthetic smiles are associated with positive social traits (4,16–19), including youthfulness, dynamism, popularity, intelligence, and happiness, and are linked to an increased chance of employment (20). Facial attractiveness is not only correlated with social traits but also with global health (21,22) and longevity (23).

Orthodontic treatment plays a crucial role in modifying smile characteristics associated with attractiveness (24–29). As a result, aesthetic improvement is the main motivational factor for patients seeking orthodontic treatment (9,10,30).

To fulfill patient expectations and enhance the quality of care, objective assessment of the aesthetic benefits of orthodontic treatment becomes essential. In recent years, artificial intelligence (AI) has been used to evaluate the impact of various treatments on perceived age and attractiveness, such as tooth alignment (31), orthognathic surgery (32), rhinoplasty (33), lip lift (34) and face lift (35,36), resulting in aesthetics improvements and a rejuvenation effect.

While the rejuvenating effect of orthodontic treatment on adult patients has been presented in conferences, books, and case reports, to our knowledge it has never been quantified by AI or humans. rejuvenation effect.

AI encompasses a range of different software, and its results depend on factors such as training, dataset, and design. Some AI programs are open-source and free, whereas others are not, which limits their accessibility and understanding of their inner workings.

AI has been developed to provide more efficient, reproducible, and faster assessments than human evaluations (37,38), which can be time-consuming and subjective, depending on the quality of the panel. In our study, for better comparability, we used AI that has already been

developed and whose results have been published in the field of facial aesthetics (31). Despite the promising performance and enthusiasm surrounding AI, we believe it is still essential to compare the assessments of human evaluators and AI using the same dataset. To our knowledge, no study has directly compared the evaluations of perceived age and attractiveness modifications after orthodontic treatment.

Therefore, the aim of our study was to determine the impact of adult orthodontic treatment on facial attractiveness and apparent age by comparing the results between human evaluators and recently developed AI systems.

The null hypothesis was that orthodontic treatment has no impact on facial attractiveness or the perceived age of adults, either from the point of view of humans or AI's. The other null hypothesis was that there would be no difference between IA and human assessments.

Material

We designed a retrospective cohort study of +50 years old patients undergoing orthodontic treatment at the Toulouse University Hospital between 2014 and 2022. To ensure data quality and compliance with the ethical guidelines, a careful selection process was implemented. This involved retaining only those patients with available and high-quality before-and-after treatment photographs, who were over 50 years old at the start of treatment, and who had provided oral consent for the use of their photographs in accordance with Article 9 of the French Civil Law.

The collected data comprised frontal smiling face photographs, along with patient information such as age in the photographs, gender, and treatment duration. All photographs were taken using orthodontic residents' cameras as part of the patients' treatment. No image processing was performed, except for cropping, brightness, and contrast adjustment.

Assessors were recruited between May and July 2022 from the waiting room of a general medical practitioner in Toulouse, as well as from qualified orthodontists in the Toulouse region. It is worth noting that except for the orthodontists, the assessors had no professional background in dentistry or aesthetics. The inclusion criteria for assessors were voluntary participation and ability to answer our questions. The exclusion criteria were observers who

partially or incorrectly filled out the annotation sheet (e.g., by providing text comments instead of a number in the "Attractiveness" column) and those who did not provide consent for the use of their data.

The ethical guidelines specified in the WMA Declaration of Helsinki were strictly followed, and oral consent was collected from all participants.

Methods

Apparent age and facial attractiveness were assessed by two types of assessors:

Human evaluators

Two PowerPoint slideshows were created, randomly showing the before- or after-photographs of each patient. Randomization was also performed to determine the order in which patients appeared, as well as the distribution of "before" and "after" images in each slide show. The order of appearance of the patients in the slideshows was identical (i.e., the patient appearing in 5th position in the first document was also in 5th position in the second).

Each evaluator was alone while assessing the content displayed on Galaxy Tab A7, and all precautions were taken so that no distribution of the documents was possible.

Observers were asked to answer on an attached sheet (see Appendix N°1) in less than five minutes with:

- Age, gender and job (of the evaluator).
- A table with two corresponding boxes for each patients' photo, asking the observer to write the patient's estimated age in the first, and attractiveness in the second (rated from 1=not attractive at all; to 10=very attractive).

Several groups were created in order to refine the results according to evaluators socio-demographic characteristics:

- Gender: Male and Female
- Age: [30 and under], [31-40], [41-50], [51-60], [61-70] and [over 70].
- SPC: socio-professional category of each appraiser, determined from PCS-ESE 2017 (39). We have chosen to separate orthodontists into their own socio-professional category to see more precisely the specificity of this profession in the results.

Artificial intelligence

For AI evaluation, we used four different open-AI previously developed and published in a recent study (31) that let their algorithm available as open source.

The two attractiveness models are **BLINQ** (40), pre-trained on a private dataset obtained from the BLINQ dating app with >13000 faces and >17 million attractiveness ratings; and **MEDICAL**, the further fine-tuned model using the [Chicago Face Dataset](#) (41).

The two age models are **WikiIMDB** (42), pre-trained on >0,5 million images with age labels from InternetMovieDatabase and Wikipedia; and **APPAReal**, the further fine-tuned model using the [APPA Real Dataset](#) (43).

After performing face detection (44), alignment, cropping to achieve a uniform size (256 × 256 pixels), adjusting orientation/position, and suppressing background distractors by setting the image margins to black, we were able to use our photos as input for both pre-trained and fine-tuned CNN models.

Facial attractiveness (with a scale from 1 to 10) and age prediction (from 1 to 100) scores and their standard deviations were then collected for each patient before and after orthodontic treatment.

Statistical Analysis

All statistical analysis were performed using R Software and with a *p value* of <0.05 considered as statistically significant. Before hypothesis testing, a Shapiro-Wilk test was performed on each parameter of interest to assess normality ($p > 0.05$, indicating a normal distribution), and the equality of variances was also tested.

Paired *t*-test were performed to compare pre- and post-treatment scores for attractiveness and perceived age change, which were adjusted to the age at which photographs were taken. The change in age following treatment is reported as $\Delta\text{Age} = [(\Delta\text{PerceivedAge}) - (\Delta\text{ChronologicAge})]$, and the change in attractiveness is reported as $\Delta\text{Attractiveness} = [(\text{Attractiveness before treatment}) - (\text{Attractiveness after treatment})]$. We also conducted pairwise *t*-tests among the three evaluation methods to determine whether the results were significantly different.

A Pearson correlation test was performed to determine whether Δ Attractiveness was correlated with Δ Age for both humans and AI point of view, or with the attractiveness score before treatment.

Results

Whenever required, the Shapiro test and test of equality of variances were conducted and confirmed the possibility of conducting t-test.

Human's characteristics

A total of 376 evaluators were recruited to participate in the evaluation of the photographs of 14 patients. 188 assessed slideshow no.1 and 188 assessed slideshow no.2. Their characteristics are detailed in **Table 1**.

The mean age of the assessors was 45.9 years.

There were no significant differences in age, sex, or socio-professional categories between guessers evaluating slideshow n°1 and those evaluating slideshow n°2.

A total of 10528 assessments were collected to perform statistical analyses of the human ratings.

The patient's cohort mean age before orthodontic treatment was 56.55 years old, and the average duration of orthodontic treatment was 2.35 +/-0,72 years (= Δ ChronologicAge).

Table 3 : Characteristics of the human panel

Characteristic	n	%
	376	100,0%
Sex		
Male	119	31,6%
Female	257	68,4%
Age		
30 yo and under	70	18,6%
[31-40]	78	20,7%
[41-50]	82	21,8%
[51-60]	72	19,1%
[61-70]	47	12,5%
over 70	27	7,2%
Socio-professional categories		
Orthodontists	11	2,9%
Craftsman - Retailer	19	5,1%
Executives - High intellectual professions	94	25,0%
Intermediate Professions	61	16,2%
Employees	58	15,4%
Manual Workers	25	6,6%
Retired	54	14,4%
Unemployed	54	14,4%

Main results

Age

The true mean chronologic age on photographs before and after orthodontic treatment were 56.6 ± 4.37 and 58.94 ± 4.53 years old respectively giving a $\Delta\text{ChronologicAge} = 2.35 \pm 0.72$. The human-perceived age predictions were 52.55 ± 5.22 years (-4.05 years compared to true age) before treatment and 53 ± 5.19 years (-5.94) after treatment, resulting in a $\Delta\text{PerceivedAge} = 0.45 \pm 0.18$ with 95% confidence interval [0.1 ; 0.81] and $p < 0.014$ (**Table 2**).

This gives us as main result a significant decrease in perceived age ($\Delta\text{Age} = -1.90 \pm 0.18$ years) relative to the patient's chronologic age. ($p < 0,001$) with a 95% confidence interval of [-2.25; -1.54].

Both AI also had a decrease of ΔAge with $-3,84 \pm 1,48$ ($p < 0.023$) and $-4,16 \pm 0,91$ ($p < 0.001$) years old for pre-trained (WikiIMBD) and refined (APPA Real) AI respectively (**Figure 1**). The $\Delta\text{ChronologicAge}$ was naturally the same, and $\Delta\text{PerceivedAge}$ was $-1,49 \pm 5,27$ for pre-trained AI and $-1,81 \pm 3,32$ for refined AI.

The pairwise t-tests did not reveal any significant differences between the results obtained using these evaluation methods.

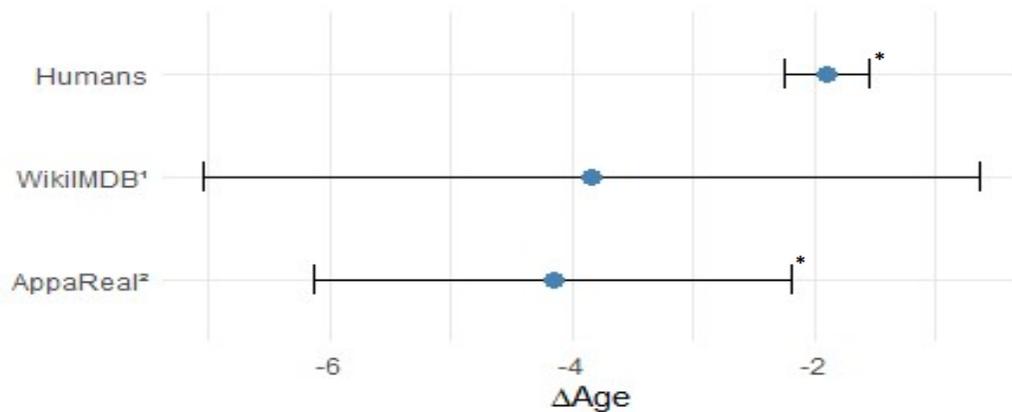


Figure 1 : Mean changes in perceived age relative to chronologic age, depending on type of assessor

¹ Pre-trained AI

² Refined AI

*Statistically significant

Attractiveness

Orthodontic treatment had a positive impact on attractiveness for both humans and AI's point of view (**Table 2**). Humans scores gave a significant ($p < 0,001$) Δ Attractiveness = $0,6 \pm 0,05$ corresponding to an augmentation of 12,4% of the mean score before the treatment, whereas pre-trained AI gave a Δ Attractiveness = $0,35 \pm 0,14$ ($p < 0,026$) and refined AI a non-significant Δ Attractiveness = $0 \pm 0,09$ (**Figure 2**).

The pairwise *t*-test revealed no significant difference between Humans and Blinq but between Humans and Medical ($p < 0,017$) and between Blinq and Medical ($p < 0,034$).

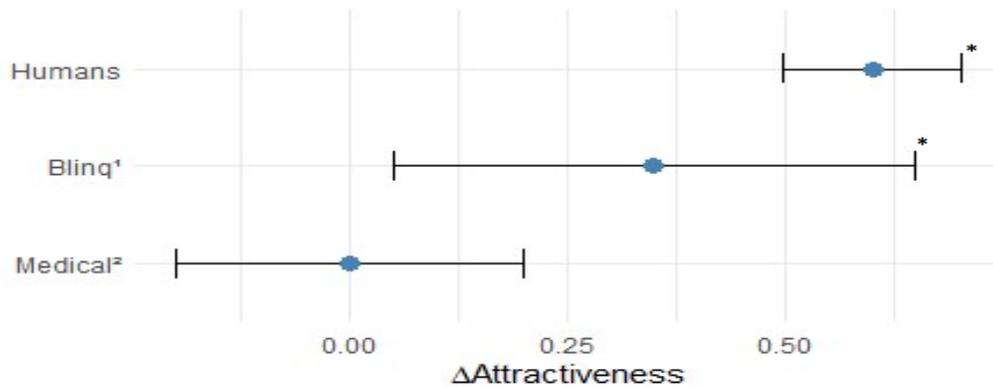


Figure 2: Mean changes in attractiveness, depending on type of assessor

¹ Pre-trained AI

² Refined AI

*Statistically significant

Table 4 : Perceived Age and Attractiveness before and after orthodontic treatment

Evaluators	Perceived Age			Δ Age*	Attractiveness scores		Δ Attractiveness
	Before treatment	After treatment	Δ Perceived Age		Before treatment	After treatment	
376 Humans	52,55	53,00	0,45	$-1,90 \pm 0,18$	4,84	5,44	$0,60 \pm 0,05$
Pre-trained AI	41,17	39,67	-1,49	$-3,84 \pm 1,48$	3,54	3,89	$0,35 \pm 0,14$
Refined AI	54,04	52,24	-1,81	$-4,16 \pm 0,91$	4,27	4,27	$0 \pm 0,09$

* Δ Age = Δ Perceived Age - Δ Chronologic Age. Here Δ Chronologic Age = 2,35

a : significant difference

Other results

Before treatment, there were negative correlations between real age and attractiveness ratings (-0,48 for humans, -0,52 for Blinq and -0,47 for Medical). Another negative correlation (-0,6) exists for humans between their ratings of attractiveness before treatment and their Δ Attractiveness.

Table 3 shows the results depending on the type of assessor, and for humans depending on their age, gender and socio-professional categories.

Table 3: Perceived changes depending on evaluator characteristics

Evaluators		n	Perceived Age			Δ Age*	Attractiveness scores		
			Before treatment	After treatment	Δ		Before treatment	After treatment	Δ Attractiveness
Type	Humans	376	52,55	53,00	0,45	-1,90	4,84	5,44	0,60
	Pre-trained AI	1	41,17	39,67	-1,49	-3,84	3,54	3,89	0,35
	Refined AI	1	54,04	52,24	-1,81	-4,16	4,27	4,27	0,00
Socio-professional categories	Orthodontists	11	54,71	55,45	0,74	-1,61	3,69	5,18	1,49
	Craftsman - Retailer	19	53,61	54,76	1,15	-1,19	4,86	5,49	0,63
	Executives / High intellectual professions	94	52,20	52,83	0,62	-1,72	4,54	5,12	0,58
	Intermediate Professions	61	52,54	52,74	0,19	-2,16	5,02	5,60	0,58
	Employees	58	52,58	53,13	0,55	-1,80	4,97	5,63	0,66
	Manual Workers	25	54,17	53,15	-1,02	-3,37	5,02	5,43	0,41
	Retired	54	51,34	52,09	0,75	-1,60	5,47	5,97	0,50
Unemployed	54	52,72	53,28	0,56	-1,79	4,57	5,14	0,57	
Sex	Male	119	52,04	52,81	0,77	-1,58	4,32	4,83	0,51
	Female	257	52,83	53,13	0,30	-2,05	5,07	5,74	0,67
Age	30 yo and under	70	51,63	52,36	0,73	-1,62	3,99	4,81	0,82
	[31-40]	78	53,41	53,55	0,14	-2,21	4,82	5,35	0,52
	[41-50]	82	52,86	53,23	0,37	-1,97	4,98	5,61	0,63
	[51-60]	72	52,72	53,43	0,71	-1,64	4,90	5,51	0,61
	[61-70]	47	52,05	52,38	0,32	-2,02	5,48	5,99	0,51
	over 70	27	51,60	52,16	0,57	-1,78	5,35	5,91	0,56

Discussion

To the best of our knowledge, this study is the first to assess the impact of orthodontic treatment on attractiveness and perceived age by both humans and AI. Already shown in other domains, it seemed important to test it for orthodontic treatment.

Rejuvenation effect

Our findings suggest that patients were perceived to be almost 2 years old younger after orthodontic treatment in the eyes of our 376 humans panel, and this result was doubled in the eyes of AI. The size of the human panel enabled us to have a very high amount of evaluation (5246) and a significant result with IC95 [-2.25; -1.54]. In the eyes of AIs, this rejuvenating effect was twice as important, but the small number of patients led to a fairly wide confidence interval.

This rejuvenation effect has been described for multiple treatment involving facial changes. Newton et al. (3) showed that people with artificially brightened smiles looked younger than in unaltered photos, and they looked older when tooth color was darker (mean differences <1 year). Denadai et al (45) had a reduction of 1.2 years after facial surgery (various techniques). However, in this study, the patients were young adults (mean age = 21.2yo). Zimm et al (46), with older patients (mean age = 57, equivalent to the present study) had a reduction of 3.1 years old (both with human evaluations). Recently, Pourtaheri et al (47) had a 1.3 years decrease in perceived age after orthognathic surgery and showed older patients getting greater results, confirming previous observations. Therefore, we can hypothesize that a smaller effect could be observed for orthodontic treatment of younger patients than in our cohort. Obviously, this should not be considered an argument for delaying treatment but rather as an additional source of motivation for adult patients.

The same effect was also described in the eyes of AI: Patcas et al. (37) reported a younger appearance of nearly 1 year after orthognathic surgery in young adults; Khetpal et al. (33) reported a 1 year reduction in perceived age after rhinoplasty using Haystack AI, and Peck et al (38) evaluated Pourtaheri's cohort also by Haystack AI giving a younger appearance of 1 year In the last two studies, the authors had to pay to use Haystack, whereas we preferred to use the same AI as Patcas et al available for free.

There are several possible explanations for this rejuvenation effect. First, orthodontic treatment may limit certain smile modifications associated with aging (e.g., less exposure of the upper incisors and increased exposure of the lower incisors). Second, orthodontic treatment can affect attractiveness. We observed a negative correlation (-0.48) between age and attractiveness, which is in line with previous studies (48), and suggests that enhancing attractiveness could contribute to a decrease in perceived age.

Attractiveness improvement

In terms of attractiveness, our data shows a significant benefit (+0.6 on the scale from 1 to 10 and corresponding to 12.4% of mean initial score) to the eyes of our 376 humans panel; a benefit of 0.35 for pre-trained AI (Blinq) and a close to zero effect for refined AI (Medical ; NS). Results with fine-tuned AI were significantly different of the two others and reveals that some AI are not representative of humans (or at least of our large panel). Knowing that ageing is associated with a decrease of attractiveness, our results in terms of attractiveness improvements may have been reduced by the natural ageing inherent in orthodontic treatment (mean Δ Chronologic = 2.5 yo in our study). This hypothesis has already been mentioned by Patcas et al (32)

This bias could have been calculated using control patients seen 2.5 years later or by retouching the post-treatment photograph with the pre-treatment smile using Photoshop®. However, because the treatment time is inherent in orthodontic treatment, these measurements did not appear to be essential.

Improvements in attractiveness have been evaluated for orthognathic treatment by Patcas et al. (32) with an AI, resulting in an improvement of 1.22 on a score from 0 to 100, which is much less than ours that would correspond to 6 and 3.5 on this scale, respectively for our humans and pre-trained AI. Pourtaheri et al. (47) and Peck et al. (38) reported benefits of +0.47 and +0.33 respectively by human respondent and AI (Haystack) on a scale of 1 to 10; closer to our results (+0.6 on similar scale) and those of Khetpal et al. (33) with rhinoplasty (+0.33).

For orthodontic treatment, a recent meta-analysis (with human observers) showed that it improved attractiveness by 9% compared to untreated controls, and that a combination with orthognathic treatment had a limited effect (+5.5%) compared with orthodontic treatment alone (49). As the vast majority of studies included in this meta-analysis involved children or young adults, its results are difficult to compare with our own.

Obwegeser et al (31) showed that alignment of front teeth (aesthetic smile VS unaesthetic mock-up on same participant) was increasing attractiveness score by 9.6%. These results are close to those obtained by our human observers, but there are several limitations. First, it was not the effect of a real orthodontic treatment that was assessed but the comparison between an aesthetic smile and an unaesthetic mock-up. Second, the color of the artificial tooth was fixed at A3.5, which was not similar to the patients assessed, whereas it has been shown that a darker shade has a negative impact on attractiveness (3).

Before treatment, we founded negative correlation coefficient between the real age of patient and their attractiveness = -0.48 for human, -0.52 for Blinq and -0.47 for Medical. This finding is similar to the literature stating that facial attractiveness tends to decrease with age (48,50,51). For human assessors, Δ Attractiveness was negatively correlated with initial attractiveness (correlation coefficient= -0.6) meaning that greater improvement in attractiveness could be expected in patients with lower attractiveness ratings before treatment, which is consistent with the literature(32).

AI VS Humans

In our study, we obtained significant benefits in attractiveness with our 376 humans panel that AI only seen by half (for the pre-trained one) or not seen at all by the fine-tuned one, whose result is significantly different from the other two. We found no significant difference between the results of the AIs giving a rejuvenating effect twice as great as those of the human panel. Therefore, the idea of using AI to assess aesthetic results in a less subjective and faster way than humans is interesting, but it seems that further perfection and refinement is needed before it can be validated as a clinical tool to assess the impact of orthodontic treatment on facial esthetics.

Our large human panel provided 5264 attractiveness evaluations and age estimations, revealing significant variations based on characteristics such as gender, age, and socio-professional category. Orthodontists demonstrated the highest improvement in attractiveness following treatment (three times more than Manual Workers), and female observers perceived more pronounced aesthetic improvements in both criteria. Younger evaluators initially scored lower in attractiveness but showed greater improvement after treatment, which could be linked to their greater exposure to media influences (52–54). This is consistent with literature that shows ratings variations depending on age (55,56), gender

(21,24,52,57,58) or profession (25,26,28,52). In this context, it would be interesting to determine the evaluator profile for which AIs are closest.

Limitations

Limitations of our study include the geographical origin of the observers restricted to the Toulouse region. This introduces a potential assessment bias that can affect the results (21,59). It is important to note that the panel used in this study represents only itself despite its size. However, this criticism is mitigated by the fact that the observers share the same living area as the patients, providing a sample that closely reflects the patients' "environment" and allowing for a firsthand observation of the changes associated with orthodontic treatment.

Given that only four AIs were utilized and considering the various factors that can influence observers' ratings, it is evident that different AIs can yield varying outcomes based on their training data. For instance, the pre-trained AI Blinq was primarily trained on data from a dating app, predominantly composed of young Caucasian individuals (aged 18-37, with an average age of 25). Comparing our findings with other AI systems, such as Amazon Rekognition, CyberLink FaceMe, Kairos Facial Recognition, Google Cloud Vision API, Microsoft Azure, or Haystack AI, would offer valuable insights. However, the availability of open-access and free-of-charge AIs is scarce, posing a concern for research, as powerful AI tools are necessary for comprehensive analysis and widespread utilization across studies, thereby facilitating the comparison of results.

Another limitation was the small size of the patient cohort. A bigger one could allow us to examine the results in relation to various factors known to have a potential effect on ratings, including bio-geographical origin (21), general health status (60), age, type of initial malocclusion (32,47,49,61) but also orthodontic treatment modalities such as extraction, stripping, leveling of the curve of Spee, and expansion. This could provide a better understanding of the effects of orthodontic treatment on attractiveness and perceived age.

To have a more precise age evaluation knowing that smiling has an impact on perceived age (62), it would have been interesting to use software that analyzes videos with dynamic facial movements (63). Considering the variances caused by the different emotions experienced by the person being assessed would be more accurate than using a simple photo. However, video technology is not commonly used in orthodontic diagnosis; thus, our assessments were

limited to frontal photos. This choice facilitated easier and faster evaluations, allowing a larger number of assessors to participate. Moreover, smiling is the most common facial expression, and the frontal view holds significant importance in daily interactions, reflecting the way patients perceive themselves in mirrors or smartphones.

By having pre- and post-treatment photographs assessed, the changes in the smile linked to orthodontic treatment are not the only changing factors between the two photographs, and our results are therefore not those inherent in the oral changes, but all the facial changes that may have taken place during the treatment period. For example, the only two patients who had a positive Δ Age (meaning an 'ageing' effect) in the eyes of humans had a major change in their hair, with a much whiter color after orthodontic treatment (stopping artificial dyeing), which could explain these results: observers probably paid more attention to the hair to determine their age than other parts of the face. For a deeper understanding of the AI results, it would be valuable to identify the key areas that significantly influence their ratings by collecting heat maps.

Patient's satisfaction remaining one of our primary objectives, a satisfaction questionnaire could have been given to them to determine whether their satisfaction after treatment correlated with improvements in attractiveness and perceived age, or whether there was a correlation between improvements perceived by observers and patients. Moreover, conducting studies with a large cohort of patients that is representative of the general population in terms of malocclusion, treatment type, and socio-demographic characteristics would further clarify our results and enable orthodontists to have more predictable aesthetic improvements.

Conclusion

From the perspective of human assessors and various AI systems, the results of our study suggest, for the first time, that orthodontic treatment has a rejuvenating effect and improves attractiveness, comparable to certain plastic or orthognathic surgery techniques. In addition to being minimally invasive, orthodontic treatment also improves masticatory function (64) and provides psychosocial outcomes (65), such as self-esteem or quality of life (66).

Thus, this work provides a foundation for the claims made in certain publications and conferences on this subject and contributes to enriching the still limited evidence-based medicine in orthodontics.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgement

We are grateful to Doctor Patcas and his team for allowing us to use their AIs.

Funding

The authors received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Data availability

A code repository providing trained models and codes for attractiveness and age predictions is publicly available at

https://github.com/2006pmach/facial_attractiveness_prediction.

Appendix n° 2

Patient	Age	Attractiveness (1-10)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Assesor	Age	
	Gender	
	Job	

III- Contexte scientifique

La perception de la beauté et de l'attractivité faciale est très subjective (67). De nombreux auteurs se sont penchés sur le sujet afin d'en déterminer les variances. Cette variabilité se retrouve également lorsque nous tentons d'estimer l'âge d'une personne.

De manière consciente ou non, le jugement des personnes qui nous entourent est constant et quasi instantané (68). Il est indispensable à toute vie en communauté car toutes nos interactions sociales sont influencées par ces évaluations : nous nous rapprochons plus facilement des personnes qui nous plaisent, nous ressemblent...

A. Facteurs à influences communes sur l'âge perçu et sur l'attractivité

De multiples facteurs sont décrits comme exerçant des influences communes sur la perception de l'âge et sur l'attractivité d'une personne. Ces facteurs peuvent être divisés en deux grands groupes : ceux concernant les évaluateurs, et ceux concernant les personnes dont l'âge ou l'attractivité est évalué.

1) Concernant les évaluateurs

a) Origine bio-géographique

Les appréciations de l'attractivité ont largement été décrites comme sous l'influence de l'origine bio-géographique des évaluateurs (21,52,69,70). Ainsi, selon la communauté à laquelle l'évaluateur appartient, il donnera plus ou moins d'importance à certains critères esthétiques ou traits faciaux. Par exemple dans l'étude de Voegeli et al. les évaluateurs Chinois, Indiens, Japonais et Français ont jugé les Françaises les plus attractives tandis que les observateurs Sud-Africains ont quant à eux donné leurs meilleurs scores aux Indiennes, et les notes les plus basses aux Françaises (21,59).

L'origine bio-géographique des évaluateurs semble également jouer un rôle dans les estimations de l'âge. Les mêmes auteurs ont montré des différences dans les précisions et dans les tendances à plus ou moins sur/sous-évaluer une personne. Par exemple, les

évaluateurs Français sont décrits comme les plus précis et les Sud-Africains comme les moins précis.

b) Genre

On retrouve de nombreuses différences dans les notations de l'attractivité du sourire en fonction du genre de l'évaluateur, et cela pour différents paramètres (21,52,57). Par exemple, Geron et Atalia ont montré que les évaluateurs féminins jugeaient plus esthétiques les sourires gingivaux que les observateurs masculins (24). Cela est également valable pour d'autres critères ou pour ce qui est de l'attractivité de manière plus globale.

Nkengne et al. (58) ont également noté que le genre de l'évaluateur intervient dans la précision des estimations de l'âge d'une personne. Dans leur étude, les évaluatrices se sont montrées plus précises que les hommes.

2) Concernant les personnes évaluées

a) Origine bio-géographique

L'origine biogéographique de la personne dont la photo est évaluée va faire varier les notes d'attractivité qui lui sont données. Par exemple, dans l'étude de Voegeli et al. citée plus tôt, les Sud-Africains étaient jugés moins attractifs que les Français et que les Japonais et ce, de manière significative (21).

Ces mêmes auteurs ont montré que l'origine des personnes évaluées avait aussi un impact sur l'âge qui leur était donné (21,59). Ainsi, tandis que les Chinoises paraissaient les plus jeunes, les Françaises paraissaient les plus âgées, avec une différence moyenne entre ces deux sous-groupes de près de 6 ans.

b) Chirurgie orthognathique

Le rééquilibrage squelettique obtenu par les chirurgies orthognathiques modifie le contexte musculaire et cutané et a pour objectif de permettre un vieillissement dans de meilleures conditions (71).

Une étude (32) a analysé l'impact de la chirurgie orthognathique sur l'évaluation de l'âge par un logiciel d'intelligence artificielle. Les auteurs ont obtenu un effet rajeunissement moyen inférieur à 1 an, avec une différence significativement supérieure quand la chirurgie était bi-maxillaire, et lorsque la malocclusion initiale affectait le profil dans le sens antéro-postérieur (classe II et classe III squelettiques) par rapport à une malocclusion affectant l'apparence en vue frontale (open-bite et asymétries). Pour ces derniers patients, l'effet rajeunissant obtenu n'était pas significatif. Malheureusement il ne figurait pas dans cette étude d'informations complémentaires sur les préparations orthodontiques menées ainsi que sur les âges réels des patients opérés.

Coté attractivité, ces auteurs ont montré que leur logiciel d'intelligence artificielle notait une amélioration grâce à la chirurgie orthognathique dans 74,7% des cas, avec une différence moyenne de 1,22 (IC = [0,81 ; 1,63], $p < 0,001$), avec un effet davantage marqué pour des chirurgies de la mandibule. Cependant, le score initial de l'attractivité était donné de 1 à 100, ce qui fait un bénéfice esthétique réel minime et non significatif cliniquement parlant (moyenne avant traitement à 40,25 et moyenne après traitement à 41,47).

Denadai et al.(45) se sont quant à eux intéressés à l'impact de la chirurgie orthognathique de classe III sur la qualité de vie, l'attractivité faciale et l'âge perçu aux yeux des patients opérés d'une part (auto-questionnaire), et aux yeux de chirurgiens plastiques d'autre part (sauf pour la qualité de vie). Tous les scores étudiés ont été améliorés et la proportion de patients paraissant - ou se voyant comme - plus jeunes que leur âge réel a augmenté après la chirurgie. Les patients opérés avaient un âge relativement faible : 21.2 ± 3.2 ans avant chirurgie orthognathique, ce qui ne nous permet pas d'extrapoler ces résultats à d'autres tranches d'âges comme celles d'adultes plus âgés ou des « séniors » qui pourraient être intéressés par ces effets rajeunissants.

c) Teinte

Pour un même visage, Newton et al. ont montré que des modifications de la teinte du sourire amenaient à des estimations d'âges différentes (3). Les personnes avec leur sourire artificiellement éclairci paraissaient plus jeunes que sur les photos non retouchées, et elles paraissaient plus âgées lorsque la teinte était plus sombre (différences moyennes de moins d'un an).

Ces mêmes auteurs ont également montré qu'un sourire avec éclaircissement (réalisé par Photoshop©) était plus attractif qu'au naturel (moyenne de 3,2 contre 3,0), et qu'il était encore moins attractif lorsqu'il était assombri (moyenne de 2,5), sur une échelle allant de 1 à 10 (3).

d) Orthodontie

Du fait de la modification de nombreuses composantes du sourire qu'ils amènent, les traitements orthodontiques vont faire varier l'attractivité du sourire et du visage. Une revue systématique de la littérature et méta-analyse analysant les effets du traitement orthodontique sur l'attractivité faciale est parue en août 2022 dans l'European Journal of Orthodontics (49). Celle-ci a compilé et analysé les résultats et biais de 20 études. La synthèse de ces données a amené aux résultats suivants :

- Le traitement orthodontique augmente l'attractivité faciale de 9% par rapport au groupe contrôle non traité (moyenne de 9.05% / IC95: 4.71; 13.39)
- Lorsqu'il est combiné à une chirurgie orthognathique, cette amélioration augmente de 5.5% (moyenne : 5.51% ; IC95: 1.55; 9.47)
- Il n'y a pas de différence significative entre les traitements par extraction et les traitements sans extraction (moyenne de -0.89% / IC95 : -8.72; 6.94).
- Il n'y a pas de différence significative entre les différentes thérapeutiques de correction de Classe II (moyenne de 2.21/ IC95 : -16.51; 20.93).

Ils mettent cependant en avant le faible niveau de preuve (seuls 3 essais cliniques randomisés parmi les 20 études sélectionnées) et les nombreux biais présents, notamment au niveau de la méthodologie. Par exemple, les documents évalués étaient très différents selon les études, avec des photographies de face ou de profil, certaines avec ou sans sourire, et une avec de courtes vidéos. De plus, les études retenues portaient uniquement sur des sujets Caucasiens (ou alors ne spécifiaient pas l'origine des patients).

Pour ce qui est des extractions dans le cadre de traitements orthodontiques, Moon et al.(72) avaient déjà montré en 2021 dans leur revue systématique et méta analyse l'absence de variation significative entre les traitements avec extractions par rapport aux traitements sans extractions sur plusieurs des paramètres:

- SNA (moyenne de 0,50 / IC95 : -0.37, 1.38; p =0,26),

- SNB (moyenne de 0,11 / IC95 : -1.23, 1.44; p =0,88),
- FMA (moyenne de 1,82 / IC95 : -2.39, 6.02; p =0,40),
- IMPA (moyenne de 0,06 / IC95 : -8.83, -8.94 ; p =0,99),
- Surplomb (moyenne de -1,47 / IC95 : -6.21, 3.26; p =0,54),
- Recouvrement (moyenne de 0,50 / IC 95 : -1.40, 2.40; p =0,60).

Le seul paramètre ayant eu une différence significative entre les deux groupes était l'ANB qui a davantage augmenté chez le groupe avec extraction (moyenne= 0,78 / IC95 : 0.25, 1.31; p = 0,004).

Ils concluent cependant que davantage d'essais cliniques randomisés devront être réalisés afin de faire de réelles conclusions basées sur l'Evidence-Based Medecine.

Obwegeseret al.(31) ont récemment étudié l'impact de l'alignement dentaire et d'autres modifications faciales (le port de lunettes, de rouge à lèvres, de boucles d'oreilles) sur l'attractivité, observé par Intelligence Artificielle. Leurs résultats décrivent une amélioration de 3,2% grâce à l'alignement dentaire, alors qu'elle était de 3,7% grâce au port de rouge à lèvres. Malheureusement les photos évaluées n'étaient pas réellement avant et après traitement orthodontique mais plutôt la comparaison de photos de sourires esthétiques (définis par un Aesthetic Component scale of the Index of Orthodontic Treatment Need (AC-IOTN) = 1 et Peer Assessment Rating Index (PAR Index) = 0 ou 1) avec les photos des mêmes sourires sur lesquels étaient rajoutés des mock-up montrant des dents non alignées (AC-IOTN = 8). Les auteurs ont également tenté de déterminer si l'alignement dentaire avait une influence sur la perception de l'âge par une intelligence artificielle (31). Les résultats sur la différence d'âge perçu entre les deux groupes se sont avérés non significatifs (28,2 ans de moyenne pour les photos avec dents non alignées contre 28,6 ans pour les photos avec les dents alignées).

Cette étude comportait cependant plusieurs limites : un nombre d'évaluations relativement faible (40 avant et 40 après), une moyenne d'âge des modèles évalués basse (24,5 ans), et l'utilisation d'un logiciel d'Intelligence Artificielle dont l'algorithme s'était entraîné à partir d'évaluations faites sur une application mobile de rencontre (avec des données issues d'utilisateurs entre 18 et 37 ans, moyenne à 25 ans, et en grande majorité Caucasiens) ce qui réduit l'extrapolation possible des résultats à d'autres tranches d'âges ou d'autres régions du monde.

Les auteurs insistent également sur le principe de l'entraînement de l'algorithme de l'intelligence artificielle pour la détermination des âges, qui, pour ce critère, était basé non pas sur des observations « réelles » réalisées par des évaluateurs humains (qui l'entraînerait donc à donner un âge perçu aux yeux d'observateurs lambda) mais sur des images dont l'âge réel est annoté. Ainsi, tandis que la plupart des travaux de recherche portent sur l'âge perçu et les facteurs pouvant influencer les perceptions, le logiciel est ici programmé pour donner une estimation de l'âge qui se veut la plus proche possible de l'âge réel. Ces données d'estimations de l'âge sont donc essentiellement utilisables en médecine légale, dans la police scientifique... tandis que l'âge perçu (aux yeux d'observateurs humains) dont il est question dans ce mémoire a par exemple des applications dans le domaine médical en tant que biomarqueur pour estimer un vieillissement tissulaire (73), ou dans le domaine social.

Autre limite, les mock-up utilisés modifiaient plusieurs caractéristiques du sourire, parmi lesquelles l'exposition de gencive (résine rose sur le mock-up), l'encombrement dentaire, et la teinte, fixée à A3.5 pour tous les mock-up, or nous avons vu que celle-ci pouvait modifier les scores d'attractivité. De plus, l'alignement dentaire peut faire paraître plus heureux, plus en confiance, améliorer la qualité de vie, etc. Du fait de la subjectivité de son évaluation, attribuer l'amélioration esthétique uniquement à l'« alignement dentaire » semble être un raccourci un peu précipité.

Pour ce qui est des impacts de l'orthodontie sur l'âge perçu, il a longtemps été considéré que l'extraction de prémolaires pouvait entraîner un effet vieillissant en creusant le profil si le repositionnement incisif était excessif et/ou incontrôlé. Janson et al.(27) ont comparé les effets à long terme des extractions menées dans le cadre d'une correction orthodontique de classe II (2 versus 4 versus aucune prémolaire extraite). Leurs résultats ne montrent aucune influence à long terme de ces extractions sur l'âge estimé, l'attractivité et les mesures des tissus-mous ; ce qui est en accord avec des études antérieures (74–76). La récente méta-analyse de Moon (72) détaillée précédemment a également confirmé ces résultats.

Pour ce qui est des traitements orthodontiques menés chez l'adulte, ils sont parfois décrits comme ayant un effet rajeunissant, notamment grâce au nivellement du secteur incisif mandibulaire (par ingression antérieure) (77). En effet, il est montré que le vieillissement tissulaire de la face amène à une exposition moindre des incisives supérieures (davantage

marqué chez les hommes) et une exposition de plus en plus importante des incisives inférieures (78). Cela est augmenté lors de l'élocution et trouve son origine dans plusieurs phénomènes concomitants :

- La lèvre supérieure s'allonge et vient recouvrir les dents. La lèvre inférieure s'abaisse et découvre l'arcade dentaire inférieure (79).
- Le vermillon s'amincit par un manque de soutien sous-jacent (80).
- La commissure labiale descend (81).

Le traitement orthodontique permettrait alors, en plus des corrections esthétiques, de masquer (ou tout du moins limiter) ces phénomènes associés au vieillissement. Une bonne analyse des rapports entre les dents et les tissus labiaux lors du diagnostic initial sera alors indispensable, que cela soit chez l'adolescent ou jeune adulte par anticipation de son futur vieillissement, ou chez le sénior en vue de réduire les signes de vieillissement tissulaires déjà présents.

Ainsi, afin d'iconographier et d'analyser ces caractéristiques, certains auteurs tels que Muller (82) préconisent de faire une photographie sur le son « MA » du prénom « EMMA » prononcé par le patient. L'enregistrement de vidéo avec une dynamique labiale (comprenant sourire et élocution) est également proposé mais semble encore trop peu réalisée dans l'exercice quotidien de la majorité des praticiens. Les différents types de lignes du sourire (moyenne, haute ou basse) amèneront alors à des stratégies thérapeutiques variables (83) surtout dans les cas de correction de supraclusion. Il est ainsi parfois intéressant, compte tenu du vieillissement tissulaire à venir, de ne pas trop corriger le sourire gingival de par son amélioration avec l'âge (84–86).

De nombreux autres aspects du diagnostic orthodontique sont également à prendre en compte étant donné les liens qu'ils pourraient avoir sur l'âge perçu. Ainsi, les patients hypodivergents sont souvent décrits comme ayant un écrasement de l'étage inférieur de la face avec fermeture de l'angle naso-labial et des lèvres fines et en retrait, donnant un aspect vieillissant au sujet. Les sujets hyperdivergents sont quant à eux décrits comme présentant un aspect ptosé des lèvres, parfois tombantes et non jointes au repos, un menton effacé, en retrait, sans sillon labio-mentonnier. De ce fait, il est habituellement conseillé d'éviter toute extraction et de privilégier les traitements qui redonnent du volume à la zone du sourire pour les premiers, alors que pour les seconds on hésitera moins à faire des extractions pour

corriger le décalage des bases et diminuer l'étirement excessif de la peau, tout en contrôlant le repositionnement incisif.

B. Facteurs influençant uniquement l'âge perçu d'une personne

1) Concernant les évaluateurs

a) Age

L'âge de l'évaluateur va avoir un double impact sur son jugement. Premièrement, Voelkle et al.(2) ont montré que nous sommes plus précis lorsque nous estimons l'âge d'un individu de la même tranche d'âge que la nôtre. Deuxièmement, nous avons davantage tendance à sous-estimer l'âge des personnes plus âgées que soi (55,56,87).

Nkengne et al.(58) retrouvent un résultat similaire dans leur étude et précisent qu'il existe un coefficient de corrélation entre les âges des évaluateurs, des évalués et l'erreur moyenne de perception de l'âge. Autrement dit, plus les évaluateurs sont âgés moins ils sont précis, et plus les personnes notées sont âgées, plus il est difficile d'estimer leur âge.

b) Croyances

Certaines croyances populaires concernant l'effet du sourire sur l'âge sont répandues à travers le monde entier comme le montrent Yoshimura et al.(88). En effet, la grande majorité des individus semble penser que nous paraissions plus jeunes lorsque nous sourions. Ces croyances peuvent entraîner des biais sur les évaluations faites lorsque l'âge réel est donné à l'évaluateur ou bien lorsque celui-ci doit estimer plusieurs photographies d'une même personne montrant des expressions faciales différentes. En se servant de l'âge réel ou de l'âge qu'il a donné sur une première évaluation de la personne comme « référence », il pourra adapter sa notation suivante.

2) Concernant les personnes évaluées

a) Émotions faciales

Les différentes émotions que nous pouvons éprouver se répercutent cliniquement par des combinaisons d'utilisation de muscles spécifiques de la face. Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'effet du sourire sur l'âge perçu. Tout d'abord, Voelkle en 2012 n'a pas démontré

de différence significative entre un visage avec expression faciale neutre versus avec sourire(2). Cependant, dans cette étude, la présentation de plusieurs photos de la même personne avec les différentes émotions a pu biaiser les évaluations faites. Ainsi, comme expliqué précédemment, les âges attribués ont pu être influencés par les croyances des évaluateurs sur l'effet du sourire sur l'âge (majoritairement pensé comme rajeunissant). Afin d'éviter ce biais méthodologique, Ganel, qui avait trouvé un effet vieillissant du sourire (89), a choisi un schéma expérimental différent où les évaluateurs ne voyaient qu'une seule émotion faciale de chaque individu. Cette étude met alors en avant la grande différence entre les perceptions de l'âge d'une personne souriante et leur croyance sur l'effet que l'action de sourire a sur cette estimation. Ainsi, alors que les visages souriants ont été notés comme plus âgés que les mêmes visages avec expression faciale neutre, la quasi-totalité des évaluateurs pensait que l'action de sourire faisait paraître plus jeune. Les auteurs expliquent cela par deux phénomènes : la formation de rides dans la région des yeux lors du sourire (sourire de Duchenne), associée à un certain âge ; tandis que de l'autre côté l'action de sourire renvoie socialement à une personne jeune, dynamique, et en bonne santé.

La présence de rides implique qu'une personne paraît plus âgée. Cela est également confirmé par Ganel dans son étude avec les photographies de patients présentant une émotion de surprise qui sont sous-évaluées par rapport à une expression faciale neutre. Lors de l'expression de surprise, les traits faciaux sont étirés, les rides moins visibles, et donc les individus paraîtraient plus jeunes. La croyance populaire donnant un effet rajeunissant à l'action de sourire apparaît donc comme fausse (62).

Les auteurs précédemment cités concluaient donc que l'action de sourire fait paraître 1 à 2 ans plus âgé par rapport à l'âge estimé sur une expression faciale neutre, mais malheureusement dans ces études aucune comparaison à l'âge réel des personnes photographiées n'a été réalisée. De plus, on retrouve une moyenne des âges évalués très faible, suggérant que cette étude ne comptait pas ou peu de photographies d'adultes « séniors », limitant les possibilités d'extrapolation de ces analyses à tous les adultes.

Afin de préciser leurs résultats, Ganel et al. ont réalisé une nouvelle étude 3 ans plus tard visant à calculer l'effet vieillissant du sourire sur plusieurs tranches d'âge. Les auteurs ont obtenu des résultats très différents selon ces sous-groupes (90). Ainsi, l'effet vieillissant d'un à deux ans précédemment décrit sur les adultes jeunes disparaît dans le groupe des 60-79 ans pour les deux sexes, et il est présent dans le groupe des 40-59 ans uniquement chez

les hommes. Chez les hommes de cette tranche d'âge, les rides sont plus nombreuses et plus marquées que chez les femmes, ce qui semble cohérent comme résultat au vu de l'implication des rides déjà montrée dans les études précédentes de l'auteur. De la même manière, la présence de rides étant omniprésente chez les séniors, l'annulation de l'effet vieillissant du sourire paraît cohérente.

Si on analyse les données de l'article, bien que celui-ci ne mentionne pas ce résultat, il semblerait que les femmes du groupe des 60-79 ans aient été évaluées plus jeunes que leur âge réel avec une moyenne des estimations de 70 ans contre une moyenne réelle de 71,3ans. Ainsi, au-delà d'une atténuation, une inversion de l'effet du sourire sur l'âge perçu semble apparaître chez les séniors.

Ce constat est le même que dans une étude de Wang et al.(91) qui ont étudié le lien entre l'intensité du sourire et l'âge perçu. La seule photographie notée était celle d'un séniors, et plus le sourire était intense plus cette personne paraissait jeune (jusqu'à trois ans de moins pour un sourire « maximum »).

Étant donné les différents impacts des émotions faciales sur l'âge estimé, de nombreux logiciels utilisent désormais des vidéos avec une certaine dynamique dans les mouvements faciaux des personnes à évaluer (63,92). Ainsi, les différents bruits (variances) amenés par chacune des émotions éprouvées sont pris en compte, permettant un calcul plus précis que sur une photo unique. Pour imaginer l'intérêt de cette technique, prenons l'exemple d'une photographie où une personne révèle des rides aux coins des yeux. Nous nous retrouvons face à deux possibilités : la marque d'un sourire de Duchenne (93) avec la présence de ces rides uniquement lors du sourire ; ou bien des rides qui seraient omniprésentes même sans expression de sourire, signe d'une personne réellement plus âgée. L'analyse de la vidéo ou de plusieurs photographies pourra déterminer s'il s'agit de l'une ou l'autre de ces possibilités.

b) Facteurs environnementaux

Plusieurs facteurs ont été décrits par Mayes et al.(73) comme influençant l'âge perçu chez la femme Chinoise:

- Nombre d'années d'études : les individus à faible niveau d'étude paraissent 3,97 ans plus âgés ($p=0,002$) qu'un niveau moyen et 5,5 ans plus âgés qu'un niveau élevé d'étude ($p<0,001$),
- Nombre de personne dans le ménage : ceux avec plus de 3 personnes paraissaient en moyenne 2,23 ans plus âgés que ceux avec 3 personnes ($p = 0,027$) et 2,32 ans plus vieux que ceux avec moins de 3 personnes ($p = 0,079$),
- Statut ménopausique : les post-ménopausées étaient jugées 3,51 ans plus âgées ($p = 0,020$),
- Fréquence des rendez-vous médicaux : les individus n'ayant pas consulté depuis plus d'un an paraissaient 3,01 plus âgées que celles ayant fait une à trois consultations dans l'année ($p = 0,037$),
- Lieu de travail : Les personnes travaillant majoritairement ou exclusivement à l'intérieur paraissaient 6,48 ans plus jeunes que celles travaillant majoritairement à l'extérieur ($p<0,001$),
- Exposition au soleil : les personnes déclarant passer beaucoup de temps au soleil étaient jugées 2,86 ans plus âgées que les autres ($p =0,015$),
- Travail physique : les personnes au travail physique paraissaient 2,64 ans plus âgées que celles ayant un travail peu physique ($p=0,004$) ou à activité physique courte ($p=0,020$),
- Fréquence du brossage bucco-dentaire : les personnes se brossant les dents deux fois par jour paraissaient 4,27 ans plus jeunes que celles ne le faisant qu'une seule fois ($p<0,001$),
- Fréquence d'utilisation de produits cosmétiques pour le visage : les personnes utilisant fréquemment des savons, des crèmes hydratantes et des crèmes de nuit paraissaient 2,38 ans plus jeunes que celles n'en utilisant jamais (respectivement $p<0.001$; $p = 0.016$ et $p = 0.016$).

La **Figure 3** ci-dessous, extrait de l'article, résume les facteurs influençant et schématise les interactions qu'ils peuvent entretenir :

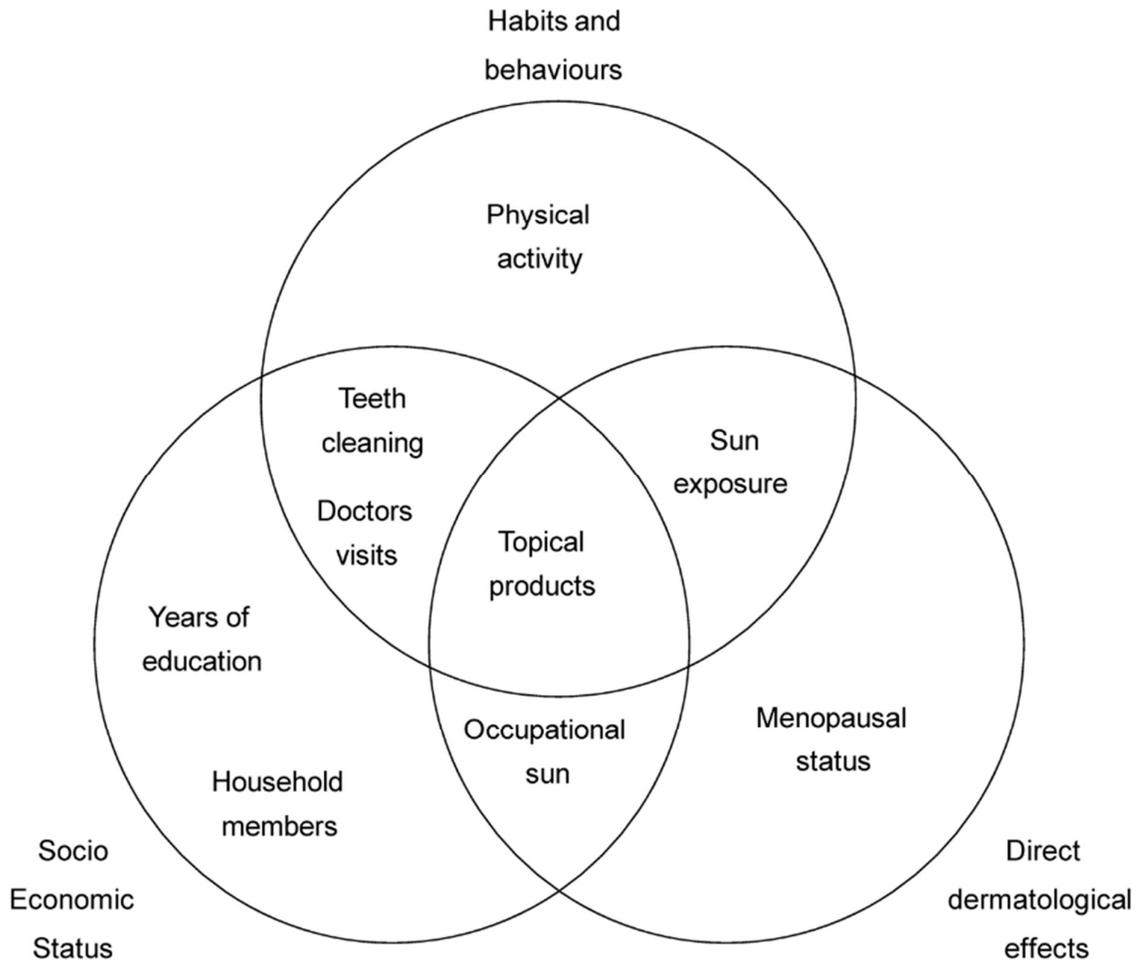


Figure 3 - Inter-relationships of factors associated with perceived facial age (from Mayes et al. 2010)

Des résultats similaires avaient déjà été montrés dans la population caucasienne par plusieurs auteurs (94–102) avec les influences de plusieurs paramètres :

- Tabac : consommateurs paraissent plus âgés ;
- Sucre : taux de glucose associé au vieillissement cutané ;
- Stress : personnes stressées paraissent plus âgées ;

- Temps : les personnes à l'âge chronologique plus élevé paraissent de manière logique plus âgées ;
- Statut marital : les mariés paraissent plus jeunes ;
- L'Indice de Masse Corporelle : patients avec IMC plus important paraissent plus jeunes, et patients obèses opérés paraissent près de 3 ans plus âgés après leur perte massive de poids ;
- Score de dépression : effet vieillissant si augmente ;
- État de santé de manière générale : effet vieillissant si mauvais (détaillé un peu plus loin) ;
- Prédispositions génétiques à la limitation du développement de rides et de cheveux blancs : effet rajeunissant.

Les auteurs de ces études concluent que l'âge perçu est un meilleur biomarqueur du vieillissement corporel que l'âge chronologique et qu'il joue ainsi un rôle diagnostique important.

c) Santé

Tufekcioglu et al. ont montré que les patients atteints de la maladie d'Alzheimer sont estimés plus jeunes que leur âge réel par rapport à un groupe témoin ne souffrant pas de cette pathologie(103). Les résultats n'étaient pas significatifs pour les trois évaluateurs humains (manque probable de puissance), mais l'étaient pour le logiciel d'évaluation basé sur une intelligence artificielle avec une différence de -5,22 ans ($p = 0.007$). Les auteurs ont émis une possibilité d'explication de ces résultats. La maladie d'Alzheimer atteint dans ses stades précoces les zones limbiques du cerveau, associées à la mémoire fonctionnelle et émotionnelle. De plus, ces patients ont une altération de leurs mimiques faciales lorsqu'ils expriment une émotion. Comme évoqué précédemment, les expressions faciales et émotions ont un impact majeur sur les estimations d'âges ; leurs altérations chez les patients atteints de maladie d'Alzheimer seraient donc la raison des sous-estimations faites de leur âge.

D'autres auteurs se sont penchés sur la question de l'influence de la santé au sens large sur l'âge perçu (60). Ainsi, ils demandaient aux observateurs de donner l'âge estimé de plusieurs patients, après leur avoir fourni leur âge réel. Le score de santé mentale et physique SF-12 était recueilli pour chacun de ces patients. Leurs résultats montrent qu'en prenant le seuil d'une apparence ≥ 5 ans plus âgé ou plus et une mauvaise santé comme un

score SF-12 ≥ 2.0 , la sensibilité moyenne était de 29%, et la spécificité moyenne de 82%. Avec un seuil d'apparence ≥ 10 ans par rapport à l'âge réel, la sensibilité moyenne était de 5% et la spécificité moyenne de 99%. Le fait de paraître plus âgé que son âge réel est donc un marqueur d'une mauvaise santé physique et/ou mentale.

Christensen et al. (98) ont également eu des résultats aboutissant aux mêmes conclusions mais avec une étude portant sur des jumeaux : la mortalité était plus importante chez l'individu ayant été perçu comme plus âgé que son frère ou sœur.

d) Chirurgie plastique

La volonté de paraître plus jeune peut amener certains patients à se tourner vers la chirurgie plastique. Cependant, aucune étude n'avait analysé de manière objective la quantité de « rajeunissement » obtenu grâce aux différentes techniques de chirurgie plastique de la face avant celle de Swanson (104). Les patients ont été évalués avant chirurgie et après chirurgie par des évaluateurs n'ayant vu qu'une seule photo de chaque patient. Une moyenne de réduction de l'âge estimée des patients opérés de 6.0 ans a été obtenue, toutes techniques chirurgicales confondues. La réduction moyenne après un lifting seul était de 4,6 ans, le resurfaçage laser donnait un rajeunissement de 2,5 ans ($p < 0.05$), la chirurgie des paupières et le lifting du front par voie endoscopique ont contribué chacun à 2 ans de réduction ($p < 0.05$). Les patients traités avec de l'injection de tissus graisseux paraissaient 2 ans plus jeunes mais cette différence n'était pas significative. La génioplastie par augmentation n'a pas produit de changement significatif. Autre résultat intéressant dans cette étude, les patients fumeurs paraissaient 0,3 ans plus âgés que leur âge réel alors que les patients non-fumeurs paraissaient déjà 5,6 ans plus jeunes que leur âge réel avant le traitement chirurgical, ce qui confirme une nouvelle fois l'impact du tabagisme sur l'âge estimé cité plus tôt, notamment par l'étude sur des jumeaux de Guyuron (96).

C. Facteurs influençant uniquement l'attractivité

1) Concernant les évaluateurs

a) Profession

De nombreuses études ont montré que les orthodontistes sont plus sensibles aux variations esthétiques mineures et à certaines caractéristiques des tissus mous et durs que les dentistes et que les personnes classées dans les études comme « naïves », c'est-à-dire sans lien avec l'odontologie. Le niveau d'étude et la profession sont deux facteurs influents les notations d'attractivité des différentes caractéristiques d'un sourire (25,26,52,105,106).

b) Antécédents de traitement orthodontique

Les patients ayant reçu un traitement orthodontique accordent une importance plus importante aux corridors latéraux que les personnes lambda (26) et sont plus sensibles à d'autres variations esthétiques que des observateurs sans antécédents de traitement.

Plusieurs auteurs ont également montré qu'après leur traitement orthodontique, les patients donnent des notes esthétiques plus faibles aux sourires par rapport à des personnes n'ayant jamais eu de traitement. Le fait d'avoir été exposés à des images de sourire « parfaits » a un rôle psychologique majeur. Ce rôle se confirme avec les médias qui impactent également de manière négative les scores de satisfaction des patients sur leur apparence et sur leur bien-être (52–54).

2) Concernant les personnes évaluées

a) Genre

Plusieurs auteurs ont montré que les femmes notées ont des scores d'attractivité plus faibles que les hommes, et ce quel que soit le genre de l'évaluateur (24).

b) Paramètres du sourire affectant son attractivité

Les facteurs influençant la beauté d'un sourire ont largement été étudiés (24–26,28,105–120). On retrouve parmi eux :

- La visibilité des dents maxillaires

- La position des bords incisifs du secteur antérieur maxillaire par rapport à la ligne de la lèvre supérieure
- Le nombre de dents découvertes lors du sourire
- Les proportions du nombre d'or
- La taille des dents
- La concordance entre le sourire et la personnalité
- La concordance entre le sourire et l'âge
- La concordance entre la ligne faciale médiane et les lignes inter-incisives
- La disposition de la gencive
- La taille des corridors buccaux
- La différence d'orientation entre le plan d'occlusion et le plan horizontal
- La santé gingivale
- La ligne des collets
- Les lèvres (forme, épaisseur, rapports avec les dents)
- La forme d'arcade dentaire

c) Auto-perception

Horn et al. ont récemment mis en évidence que pour les jeunes adultes la largeur du sourire jouait un rôle important dans l'appréciation de l'attractivité de leur sourire (121). Plus le ratio largeur du sourire / largeur faciale était important, plus les sujets se trouvaient attractifs. Pour 10% d'augmentation de ce ratio, les notations d'auto-évaluations de l'attractivité de leur sourire augmentaient de 10,26%. Ils expliquent également que le fait que ces résultats soient plus importants chez la femme est lié à une meilleure connaissance de l'impact que leur sourire peut avoir sur leur image sociale, et qu'elles sont plus familiarisées avec les domaines de l'esthétique, la cosmétique ou la mode.

d) Vieillesse

L'augmentation en âge de la personne évaluée a une corrélation négative avec son attractivité. Ainsi, plusieurs études ont montré une diminution progressive de l'attractivité faciale corrélée au vieillissement (3,20,21,122,123).

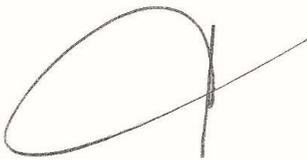
e) Conséquences : santé, emploi, longévité

L'attractivité d'un sourire a de multiples incidences sociales et sociétales, de par l'image renvoyée, mais aussi par des phénomènes plus complexes à expliquer. Premièrement, certains auteurs ont rapporté qu'avoir un sourire plus attractif permet d'augmenter ses chances d'obtenir un travail (20), notamment car il fait paraître plus intelligent (16), mais aussi parce que nous accordons davantage de confiance à une personne ayant un beau sourire (124). Deuxièmement, de forts liens entre attractivité et santé ont été démontrés, que cela soit calculé aux yeux des observateurs de différents pays (21) ou même de manière objective (22,125–127). Henderson a également démontré un coefficient de corrélation de 0.35 entre l'attractivité et la longévité (23). Une autre étude a comparé l'intensité du sourire d'anciens joueurs professionnels de baseball à leur longévité (128). Celle-ci s'est révélé être 2 ans plus importante chez les personnes souriant partiellement et 7 ans plus importante sur les joueurs arborant des sourires de Duchenne (7 ans de plus) par rapport aux joueurs ne laissant paraître aucun sourire.

Conclusion

Les résultats de notre étude amènent pour la première fois une quantification des effets du traitement orthodontique sur l'attractivité et l'âge apparent des patients de plus de 50 ans. Cela confirme un ressenti général de la profession, qui aborde souvent ces effets lors de la présentation de cas cliniques en conférences. La double évaluation par un large panel d'observateurs humains et par des IA nous apporte une analyse de la performance actuelle de ces IA mais ne constitue qu'un résultat à un instant t. En effet, les progrès fulgurants et la multiplication des outils basés sur des intelligences artificielles nous laissent penser que de nouvelles comparaisons seront nécessaires afin de contrôler leurs performances et voir si elles rejoignent d'avantages les observations réalisées par les humains. Cela permettrait à la recherche en orthodontie d'utiliser un outil d'évaluation rapide, peu coûteux si ce n'est gratuit, et surtout reproductible. Les cohortes évaluées pourraient ainsi être de taille bien supérieure, amenant probablement des résultats plus précis et permettant de mettre en lumière certains facteurs que nous n'avons pas pu étudier dans notre cohorte de patients. Par exemple, nous pourrions étudier les influences inhérentes à chacune des modifications des différentes composantes du sourire (encombrement, largeur du sourire, pourcentage de visibilité des incisives supérieures ou inférieures...) ou bien du traitement mené (type d'appareillage, utilisation d'auxiliaires, recours aux extractions, durée...).

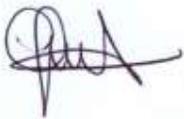
Vu co-directeur de thèse
F. Vaysse



Vu co-directeur de thèse
A. Galibourg



Vu présidente du jury
C. Nabet



Bibliographie

1. Jones BC, DeBruine LM, Little AC, Conway CA, Feinberg DR. Integrating Gaze Direction and Expression in Preferences for Attractive Faces. *Psychol Sci.* juill 2006;17(7):588-91.
2. Voelkle MC, Ebner NC, Lindenberger U, Riediger M. Let me guess how old you are: Effects of age, gender, and facial expression on perceptions of age. *Psychol Aging.* 2012;27(2):265-77.
3. Newton JT, Subramanian SS, Westland S, Gupta AK, Luo W, Joiner A. The impact of tooth colour on the perceptions of age and social judgements. *J Dent.* sept 2021;112:103771.
4. Olsen JA, Inglehart MR. Malocclusions and perceptions of attractiveness, intelligence, and personality, and behavioral intentions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* nov 2011;140(5):669-79.
5. Richards MR, Fields HW, Beck FM, Firestone AR, Walther DB, Rosenstiel S, et al. Contribution of malocclusion and female facial attractiveness to smile esthetics evaluated by eye tracking. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1 avr 2015;147(4):472-82.
6. Havens DC, McNamara JA, Sigler LM, Baccetti T. The Role of the Posed Smile in Overall Facial Esthetics. *Angle Orthod.* mars 2010;80(2):322-8.
7. Kiyak HA. Cultural and psychologic influences on treatment demand. *Semin Orthod.* 1 déc 2000;6(4):242-8.
8. Shaw WC, Rees G, Dawe M, Charles CR. The influence of dentofacial appearance on the social attractiveness of young adults. *Am J Orthod.* 1 janv 1985;87(1):21-6.
9. Wędrychowska-Szulc B, Syryńska M. Patient and parent motivation for orthodontic treatment—a questionnaire study. *Eur J Orthod.* 1 août 2010;32(4):447-52.
10. Samsyanová L, Broukal Z. A Systematic Review of Individual Motivational Factors in Orthodontic Treatment: Facial Attractiveness as the Main Motivational Factor in Orthodontic Treatment. *Int J Dent.* 2014;2014:1-7.
11. Wulfman C, Tezenas du Montcel S, Jonas P, Fattouh J, Rignon-Bret C. Aesthetic demand of French seniors: a large-scale study: Aesthetic demand of French seniors. *Gerodontology.* déc 2010;27(4):266-71.
12. Al-Zarea BK. Satisfaction with Appearance and the Desired Treatment to Improve Aesthetics. *Int J Dent.* 2013;2013:1-7.
13. Foos PW, Clark MC. Adult Age and Gender Differences in Perceptions of Facial Attractiveness: Beauty is in the Eye of the Older Beholder. *J Genet Psychol.* 29 avr 2011;172(2):162-75.
14. Currie TE, Little AC. The relative importance of the face and body in judgments of human physical attractiveness. *Evol Hum Behav.* 1 nov 2009;30(6):409-16.

15. Godinho J, Gonçalves RP, Jardim L. Contribution of facial components to the attractiveness of the smiling face in male and female patients: A cross-sectional correlation study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1 janv 2020;157(1):98-104.
16. Papio MA, Fields HW, Beck FM, Firestone AR, Rosenstiel SF. The effect of dental and background facial attractiveness on facial attractiveness and perceived integrity and social and intellectual qualities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1 oct 2019;156(4):464-474.e1.
17. Jesani A, DiBiase AT, Cobourne MT, Newton T. Perceived changes by peer group of social impact associated with combined orthodontic-surgical correction of class III malocclusion. *J Dent.* 1 sept 2014;42(9):1135-42.
18. Beall AE. Can a New Smile Make You Look More Intelligent and Successful? *Dent Clin North Am.* avr 2007;51(2):289-97.
19. Rios K. Evaluación de la percepción del atractivo de la sonrisa y su influencia en la valoración de las características personales: prueba piloto. *Odontol Act Rev Científica.* 2017;2(1):27-32.
20. Pithon MM, Nascimento CC, Barbosa GCG, Coqueiro R da S. Do dental esthetics have any influence on finding a job? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* oct 2014;146(4):423-9.
21. Voegeli R, Schoop R, Prestat-Marquis E, Rawlings AV, Shackelford TK, Fink B. Cross-cultural perception of female facial appearance: A multi-ethnic and multi-centre study. Sorokowski P, éditeur. *PLOS ONE.* 22 janv 2021;16(1):e0245998.
22. Kalick SM, Zebrowitz LA, Langlois JH, Johnson RM. Does Human Facial Attractiveness Honestly Advertise Health? Longitudinal Data on an Evolutionary Question. *Psychol Sci.* janv 1998;9(1):8-13.
23. Henderson J. Facial attractiveness predicts longevity. *Evol Hum Behav.* sept 2003;24(5):351-6.
24. Geron S, Atalia W. Influence of sex on the perception of oral and smile esthetics with different gingival display and incisal plane inclination. *Angle Orthod.* sept 2005;75(5):778-84.
25. Abu Alhaja ESJ, Al-Shamsi NO, Al-Khateeb S. Perceptions of Jordanian laypersons and dental professionals to altered smile aesthetics. *Eur J Orthod.* août 2011;33(4):450-6.
26. Huang Y, Xu Y, Liu F, Fan J, Li M, Lei Y. Perceptions of orthodontists, laypersons, and patients regarding buccal corridors and facial types. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1 janv 2022;161(1):92-102.
27. Janson G, Junqueira CHZ, Mendes LM, Garib DG. Influence of premolar extractions on long-term adult facial aesthetics and apparent age. *Eur J Orthod.* juin 2016;38(3):272-80.

28. Kokich VO, Kiyak HA, Shapiro PA. Comparing the perception of dentists and lay people to altered dental esthetics. *J Esthet Dent.* 1999;11(6):311-24.
29. Suzuki L, Machado AW, Bittencourt MAV. An evaluation of the influence of gingival display level in the smile aesthetics. *Dent Press J Orthod.* oct 2011;16:1-10.
30. Felemban OM, Alharabi NT, A. Alamoudi RA, Alturki GA, Helal NM. Factors influencing the desire for orthodontic treatment among patients and parents in Saudi Arabia: A cross-sectional study. *J Orthod Sci.* 4 mai 2022;11:25.
31. Obwegeser D, Timofte R, Mayer C, Eliades T, Bornstein MM, Schätzle MA, et al. Using artificial intelligence to determine the influence of dental aesthetics on facial attractiveness in comparison to other facial modifications. *Eur J Orthod.* 1 août 2022;44(4):445-51.
32. Patcas R, Bernini D a. J, Volokitin A, Agustsson E, Rothe R, Timofte R. Applying artificial intelligence to assess the impact of orthognathic treatment on facial attractiveness and estimated age. *Int J Oral Maxillofac Surg.* janv 2019;48(1):77-83.
33. Khetpal S, Peck C, Parsaei Y, Duan K, Gowda AU, Pourtaheri N, et al. Perceived Age and Attractiveness Using Facial Recognition Software in Rhinoplasty Patients: A Proof-of-Concept Study. *J Craniofac Surg.* 12 juill 2022;33(5):1540-4.
34. Gordon AR, Schreiber JE, Tortora SC, Ferreira S, Dorfman RG, Sadaat S, et al. Turning Back the Clock with Lip Lift: Quantifying Perceived Age Reduction Using Artificial Intelligence. *Facial Plast Surg Aesthetic Med.* 21 juill 2021;
35. Elliott ZT, Bheemreddy A, Fiorella M, Martin AM, Christopher V, Krein H, et al. Artificial intelligence for objectively measuring years regained after facial rejuvenation surgery. *Am J Otolaryngol.* 1 mars 2023;44(2):103775.
36. Gibstein AR, Chen K, Nakfoor B, Lu SM, Cheng R, Thorne CH, et al. Facelift Surgery Turns Back the Clock: Artificial Intelligence and Patient Satisfaction Quantitate Value of Procedure Type and Specific Techniques. *Aesthet Surg J.* 13 août 2021;41(9):987-99.
37. Patcas R, Timofte R, Volokitin A, Agustsson E, Eliades T, Eichenberger M, et al. Facial attractiveness of cleft patients: a direct comparison between artificial-intelligence-based scoring and conventional rater groups. *Eur J Orthod.* 8 août 2019;41(4):428-33.
38. Peck CJ, Patel VK, Parsaei Y, Pourtaheri N, Allam O, Lopez J, et al. Commercial Artificial Intelligence Software as a Tool for Assessing Facial Attractiveness: A Proof-of-Concept Study in an Orthognathic Surgery Cohort. *Aesthetic Plast Surg.* 1 avr 2022;46(2):1013-6.
39. INSEE. Nomenclature de la PCS-ESE 2017.
40. Rothe R, Timofte R, Van Gool L. Some Like It Hot — Visual Guidance for Preference Prediction. In: 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Las Vegas, NV: IEEE; 2016. p. 5553-61.

41. Ma DS, Correll J, Wittenbrink B. The Chicago face database: A free stimulus set of faces and norming data. *Behav Res Methods*. 1 déc 2015;47(4):1122-35.
42. Rothe R, Timofte R, Van Gool L. Deep Expectation of Real and Apparent Age from a Single Image Without Facial Landmarks. *Int J Comput Vis*. 1 avr 2018;126(2):144-57.
43. Agustsson E, Timofte R, Escalera S, Baro X, Guyon I, Rothe R. Apparent and Real Age Estimation in Still Images with Deep Residual Regressors on Appa-Real Database. In: 2017 12th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017). Washington, DC, DC, USA: IEEE; 2017. p. 87-94.
44. Mathias M, Benenson R, Pedersoli M, Van Gool L. Face Detection without Bells and Whistles. In: Fleet D, Pajdla T, Schiele B, Tuytelaars T, éditeurs. *Computer Vision – ECCV 2014*. Cham: Springer International Publishing; 2014. p. 720-35. (Lecture Notes in Computer Science).
45. Denadai R, Chou PY, Su YY, Lin HH, Ho CT, Lo LJ. The Impacts of Orthognathic Surgery on the Facial Appearance and Age Perception of Patients Presenting Skeletal Class III Deformity: An Outcome Study Using the FACE-Q Report and Surgical Professional-Based Panel Assessment. *Plast Reconstr Surg*. avr 2020;145(4):1035-46.
46. Zimm AJ, Modabber M, Fernandes V, Karimi K, Adamson PA. Objective Assessment of Perceived Age Reversal and Improvement in Attractiveness After Aging Face Surgery. *JAMA Facial Plast Surg*. nov 2013;15(6):405-10.
47. Pourtaheri N, Peck CJ, Gowda A, Parsaei Y, Allam O, Patel VK, et al. Perceived Age and Personality Profiling after Orthognathic Surgery. *Plast Reconstr Surg*. juill 2022;150(1):146-54.
48. He D, Workman CI, Kenett YN, He X, Chatterjee A. The effect of aging on facial attractiveness: An empirical and computational investigation. *Acta Psychol (Amst)*. 1 sept 2021;219:103385.
49. Kouskoura T, Ochsner T, Verna C, Pandis N, Kanavakis G. The effect of orthodontic treatment on facial attractiveness: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod*. 1 août 2022;cjac034.
50. Palumbo R, Adams RB, Hess U, Kleck RE, Zebrowitz L. Age and Gender Differences in Facial Attractiveness, but Not Emotion Resemblance, Contribute to Age and Gender Stereotypes. *Front Psychol*. 2017;8.
51. Tatarunaite E, Playle R, Hood K, Shaw W, Richmond S. Facial attractiveness: a longitudinal study. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. juin 2005;127(6):676-82; quiz 755.
52. Flores-Mir C, Silva E, Barriga MI, Lagravère MO, Major PW. Lay person's perception of smile aesthetics in dental and facial views. *J Orthod*. sept 2004;31(3):204-9.
53. Newton JT, Minhas G. Exposure to 'ideal' facial images reduces facial satisfaction: an experimental study. *Community Dent Oral Epidemiol*. déc 2005;33(6):410-8.

54. Williams DM, Bentley R, Cobourne MT, Gibilaro A, Good S, Huppa C, et al. The impact of idealised facial images on satisfaction with facial appearance: Comparing 'ideal' and 'average' faces. *J Dent.* sept 2008;36(9):711-7.
55. Clifford CWG, Watson TL, White D. Two sources of bias explain errors in facial age estimation. *R Soc Open Sci.* oct 2018;5(10):180841.
56. Norja R, Karlsson L, Antfolk J, Nyman T, Korkman J. How old was she? The accuracy of assessing the age of adolescents' based on photos. *Nord Psychol.* 26 févr 2021;1-16.
57. McLeod C, Fields HW, Hechter F, Wiltshire W, Rody W, Christensen J. Esthetics and smile characteristics evaluated by laypersons. *Angle Orthod.* mars 2011;81(2):198-205.
58. Nkengne A, Bertin C, Stamatas G, Giron A, Rossi A, Issachar N, et al. Influence of facial skin attributes on the perceived age of Caucasian women. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* août 2008;22(8):982-91.
59. Voegeli R, Schoop R, Prestat-Marquis E, Rawlings AV, Shackelford TK, Fink B. Differences between perceived age and chronological age in women: A multi-ethnic and multi-centre study. *Int J Cosmet Sci.* oct 2021;43(5):547-60.
60. Hwang SW, Atia M, Nisenbaum R, Pare DE, Joordens S. Is looking older than one's actual age a sign of poor health? *J Gen Intern Med.* févr 2011;26(2):136-41.
61. Coppola G, Christopoulou I, Gkantidis N, Verna C, Pandis N, Kanavakis G. The effect of orthodontic treatment on smile attractiveness: a systematic review. *Prog Orthod.* 6 févr 2023;24(1):4.
62. Ganel T, Goodale MA. The effects of smiling on perceived age defy belief. *Psychon Bull Rev.* avr 2018;25(2):612-6.
63. Dibeklioglu H, Gevers T, Salah AA, Valenti R. A smile can reveal your age: enabling facial dynamics in age estimation. In: *Proceedings of the 20th ACM international conference on Multimedia - MM '12.* Nara, Japan: ACM Press; 2012. p. 209.
64. Benson PE, Javidi H, DiBiase AT. What is the value of orthodontic treatment? *Br Dent J.* févr 2015;218(3):185-90.
65. Mohammed H, Daniel BK, Skilbeck M, Kumar R Jr, Halberstadt JB, Farella M. A qualitative meta-synthesis of research into patients' past experiences and perceptions of orthodontic treatment outcomes. *Eur J Orthod.* 1 août 2022;44(4):369-76.
66. Johal A, Alyaqoobi I, Patel R, Cox S. The impact of orthodontic treatment on quality of life and self-esteem in adult patients. *Eur J Orthod.* 1 juin 2015;37(3):233-7.
67. Ibáñez-Berganza M, Amico A, Loreto V. Subjectivity and complexity of facial attractiveness. *Sci Rep.* déc 2019;9(1):8364.

68. Willis J, Todorov A. First Impressions: Making Up Your Mind After a 100-Ms Exposure to a Face. *Psychol Sci.* 1 juill 2006;17(7):592-8.
69. Hall D, Taylor RW, Jacobson A, Sadowsky PL, Bartolucci A. The perception of optimal profile in African Americans versus white Americans as assessed by orthodontists and the lay public. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1 nov 2000;118(5):514-25.
70. Little AC, Jones BC, DeBruine LM. Facial attractiveness: evolutionary based research. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 12 juin 2011;366(1571):1638-59.
71. Haggiag-Grimbert D. Rajeunissement du sourire en orthodontie. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* juin 2009;43(2):177-88.
72. Moon S, Mohamed AMA, He Y, Dong W, Yaosen C, Yang Y. Extraction vs. Nonextraction on Soft-Tissue Profile Change in Patients with Malocclusion: A Systematic Review and Meta-Analysis. Grassia V, éditeur. *BioMed Res Int.* 18 sept 2021;2021:1-11.
73. Mayes AE, Murray PG, Gunn DA, Tomlin CC, Catt SD, Wen YB, et al. Environmental and Lifestyle Factors Associated with Perceived Facial Age in Chinese Women. Soyer HP, éditeur. *PLoS ONE.* 13 déc 2010;5(12):e15270.
74. Bishara SE, Jakobsen JR. Profile changes in patients treated with and without extractions: Assessments by lay people. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* déc 1997;112(6):639-44.
75. Boley JC, Pontier JP, Smith S, Fulbright M. Facial changes in extraction and nonextraction patients. *Angle Orthod.* 1998;68:539-46.
76. Paquette DE, Beattie JR, Johnston LE. A long-term comparison of nonextraction and premolar extraction edgewise therapy in “borderline” Class II patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* juill 1992;102(1):1-14.
77. Canal P, Delsol L, Wiechmann D. *Orthodontie linguale.* Elsevier Health Sciences. 2016.
78. Drummond S, Capelli J. Incisor display during speech and smile: Age and gender correlations. *Angle Orthod.* 1 juill 2016;86(4):631-7.
79. Garson S, Delay E, Sinna R, Cornette de Saint Cyr B, Taha F. La troisième dimension du vieillissement facial, une avancée dans la compréhension de la sénescence du visage. *Ann Chir Plast Esthét.* oct 2017;62(5):387-98.
80. Guerrissi. An Approach to the Senile Upper Lip. *Plastic and reconstructive surgery.* J Am Soc Plast Surg. 1993;92(6):1187-91.
81. Pitanguy I, Pamplona D, Weber H, Leta F, Salgado H, Radwanski. Numerical modeling of facial aging. *J Am Soc Plast Surg.* 1998;102(1):200-4.
82. Muller C. Exposition des incisives mandibulaires chez le senior : applications orthodontiques. *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* janv 2013;47(1):29-39.

83. Zachrisson B. Mechanical intrusion of maxillary incisors: a treatment strategy to be abandoned? *World J Orthod.* 2002;3:358-64.
84. Morley J, Eubank J. Macroesthetic elements of smile design. *J Am Dent Assoc.* 2001;132:39-45.
85. Peck S, Peck L, Kataja M. The gingival smile line. *Angle Orthod.* 1992;62(2):91-102.
86. Zachrisson BU. CHAPTER 6 – Esthetics in Tooth Display and Smile Design. In: *Esthetics and Biomechanics in Orthodontics.* 2005. p. 54-73.
87. Henss R. Perceiving Age and Attractiveness in Facial Photographs1. *J Appl Soc Psychol.* juin 1991;21(11):933-46.
88. Yoshimura N, Morimoto K, Murai M, Kihara Y, Marmolejo-Ramos F, Kubik V, et al. Age of smile: a cross-cultural replication report of Ganel and Goodale (2018). *J Cult Cogn Sci.* avr 2021;5(1):1-15.
89. Ganel T. Smiling makes you look older. *Psychon Bull Rev.* déc 2015;22(6):1671-7.
90. Ganel T, Goodale MA. The effect of smiling on the perceived age of male and female faces across the lifespan. *Sci Rep.* 26 nov 2021;11(1):23020.
91. Wang Z, He X, Liu F. Examining the Effect of Smile Intensity on Age Perceptions. *Psychol Rep.* août 2015;117(1):188-205.
92. Dibeklioglu H, Alnajar F, Ali Salah A, Gevers T. Combining facial dynamics with appearance for age estimation. *IEEE Trans Image Process Publ IEEE Signal Process Soc.* juin 2015;24(6):1928-43.
93. Duchenne GB. Mécanisme de la physionomie humaine ou Analyse électro-physiologique de ses différents modes d'expression. *Archives générales de médecine.* 1862.
94. Gunn DA, Rexbye H, Griffiths CEM, Murray PG, Fereday A, Catt SD, et al. Why Some Women Look Young for Their Age. Tregenza T, éditeur. *PLoS ONE.* 1 déc 2009;4(12):e8021.
95. Clatici VG, Racoceanu D, Dalle C, Voicu C, Tomas-Aragones L, Marron SE, et al. Perceived Age and Life Style. The Specific Contributions of Seven Factors Involved in Health and Beauty. :11.
96. Guyuron B, Rowe DJ, Weinfeld AB, Eshraghi Y, Fathi A, Iamphongsai S. Factors Contributing to the Facial Aging of Identical Twins: *Plast Reconstr Surg.* avr 2009;123(4):1321-31.
97. Rexbye H, Petersen I, Johansens M, Klitkou L, Jeune B, Christensen K. Influence of environmental factors on facial ageing. *Age Ageing.* 1 mars 2006;35(2):110-5.

98. Christensen K, Iachina M, Rexbye H, Tomassini C, Frederiksen H, McGue M, et al. "Looking Old for Your Age": Genetics and Mortality: *Epidemiology*. mars 2004;15(2):251-2.
99. Guinot C. Relative contribution of intrinsic vs extrinsic factors to skin aging as determined by a validated skin age score. *Arch Dermatol*. 2002;138(11).
100. Shekar SN, Luciano M, Duffy DL, Martin NG. Genetic and Environmental Influences on Skin Pattern Deterioration. *J Invest Dermatol*. déc 2005;125(6):1119-29.
101. Farage MA, Miller KW, Elsner P, Maibach HI. Intrinsic and extrinsic factors in skin ageing: a review. *Int J Cosmet Sci*. avr 2008;30(2):87-95.
102. Valente DS, Braga da Silva J, Cora Mottin C, Benzano Bumaguin D, Santos Rossi D dos, Grimaldi Lérias A, et al. Influence of Massive Weight Loss on the Perception of Facial Age: The Facial Age Perceptions Cohort. *Plast Reconstr Surg*. oct 2018;142(4):481e-8e.
103. Tufekcioglu Z, Bilgic B, Zeylan AE, Salah AA, Dibeklioglu H, Emre M. Do Alzheimer's Disease Patients Appear Younger than Their Real Age? *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2020;49(5):483-8.
104. Swanson E. Objective assessment of change in apparent age after facial rejuvenation surgery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. sept 2011;64(9):1124-31.
105. Kokich VO, Kokich VG, Kiyak HA. Perceptions of dental professionals and laypersons to altered dental esthetics: asymmetric and symmetric situations. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod*. août 2006;130(2):141-51.
106. Kokich VO, Asuman Kiyak H, Shapiro PA. Comparing the Perception of Dentists and Lay People to Altered Dental Esthetics. *J Esthet Restor Dent*. nov 1999;11(6):311-24.
107. Tjan AHL, Miller GD, The JGP. Some esthetic factors in a smile. *J Prosthet Dent*. 1 janv 1984;51(1):24-8.
108. Dong JK, Jin TH, Cho HW, Oh SC. The esthetics of the smile: a review of some recent studies. *Int J Prosthodont*. févr 1999;12(1):9-19.
109. Johnston CD, Burden DJ, Stevenson MR. The influence of dental to facial midline discrepancies on dental attractiveness ratings. *Eur J Orthod*. oct 1999;21(5):517-22.
110. Mattick CR, Gordon PH, Gillgrass TJ. Smile aesthetics and malocclusion in UK teenage magazines assessed using the Index of Orthodontic Treatment Need (IOTN). *J Orthod*. mars 2004;31(1):17-9; discussion 15.
111. Ritter DE, Gandini LG, Pinto ADS, Locks A. Esthetic influence of negative space in the buccal corridor during smiling. *Angle Orthod*. mars 2006;76(2):198-203.
112. Ohyama H, Nagai S, Tokutomi H, Ferguson M. Recreating an esthetic smile: a multidisciplinary approach. *Int J Periodontics Restorative Dent*. févr 2007;27(1):61-9.

113. Alamassi B, Onazi M, Zoman A. Satisfaction of Adult Patients about Their Smile Aesthetics Compared to Dental Professionals Observation. *Open J Stomatol.* 1 janv 2016;06:236-44.
114. Sarver DM, Ackerman MB. Dynamic smile visualization and quantification: Part 2. Smile analysis and treatment strategies. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod.* août 2003;124(2):116-27.
115. Suzuki L, Machado AW, Bittencourt MAV. An evaluation of the influence of gingival display level in the smile esthetics. :10.
116. Van der Geld P, Oosterveld P, Van Heck G, Kuijpers-Jagtman AM. Smile attractiveness. Self-perception and influence on personality. *Angle Orthod.* sept 2007;77(5):759-65.
117. Janson G, Branco NC, Fernandes TMF, Sathler R, Garib D, Lauris JRP. Influence of orthodontic treatment, midline position, buccal corridor and smile arc on smile attractiveness. *Angle Orthod.* janv 2011;81(1):153-61.
118. Parekh SM, Fields HW, Beck M, Rosenstiel S. Attractiveness of variations in the smile arc and buccal corridor space as judged by orthodontists and laymen. *Angle Orthod.* juill 2006;76(4):557-63.
119. Hata K, Arai K. Dimensional analyses of frontal posed smile attractiveness in Japanese female patients. *Angle Orthod.* janv 2016;86(1):127-34.
120. Tin-Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC Oral Health.* 23 févr 2011;11:6.
121. Horn S, Matuszewska N, Gkantidis N, Verna C, Kanavakis G. Smile dimensions affect self-perceived smile attractiveness. *Sci Rep.* 2 févr 2021;11(1):2779.
122. Korthase KM, Trenholme I. Perceived Age and Perceived Physical Attractiveness. *Percept Mot Skills.* juin 1982;54(3_suppl):1251-8.
123. Marcinkowska UM, Dixson BJ, Kozlov MV, Prasai K, Rantala MJ. Men's Preferences for Female Facial Femininity Decline With Age. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.* janv 2017;72(1):180-6.
124. Schmidt K, Levenstein R, Ambadar Z. Intensity of Smiling and Attractiveness as Facial Signals of Trustworthiness in Women. *Percept Mot Skills.* juin 2012;114(3):964-78.
125. Shackelford TK, Larsen RJ. Facial Attractiveness and Physical Health. *Evol Hum Behav.* janv 1999;20(1):71-6.
126. Grammer K, Thornhill R. Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection: the role of symmetry and averageness. *J Comp Psychol.* 1994;108(3):233.
127. Singh D. Waist-to-hip ratio: indicator of female health, fecundity, and physical attractiveness. *Unpubl Manusc Univ Tex Austin.* 1995;

128. Abel EL, Kruger ML. Smile Intensity in Photographs Predicts Longevity. *Psychol Sci.* avr 2010;21(4):542-4.

**MODIFICATIONS DE L'AGE APPARENT ET DE L'ATTRACTIVITE
GRACE A L'ORTHODONTIE : ETUDE RETROSPECTIVE SUR DES
PATIENTS ADULTES TRAITES AU CHU DE TOULOUSE**

RESUME :

Des photographies de visages souriants avant et après traitement orthodontique chez 14 patients adultes ont été évaluées pour l'attractivité du visage et l'âge apparent par 376 humains et comparées aux évaluations de quatre intelligences artificielles (constituées de détecteur de visage et de CNN : réseaux neuronaux convolutifs profonds). Résultats : Des diminutions significatives de l'âge apparent ont été observées après traitement orthodontique aux yeux du panel humain ($-1,90 \pm 0,18$ ans), de l'IA pré-entraînée ($-3,84 \pm 1,48$) et de l'IA raffinée ($-4,16 \pm 0,90$) sans différence significative entre les types d'évaluateurs. Les patients ont également été jugés plus attractifs par les observateurs humains ($+0,6 \pm 0,05$ sur une échelle allant de 0 à 10), par l'IA pré-entraînée ($+0,35 \pm 0,14$) mais pas par l'IA raffinée ($=0$, NS). Conclusion : Le traitement orthodontique des patients adultes a un effet rajeunissant et améliore leur attractivité faciale aux yeux des humains et des IA.

TITRE EN ANGLAIS: AI vs. 376 Humans evaluators in assessing orthodontic treatment impacts on apparent age and facial attractiveness

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Chirurgie dentaire

MOTS-CLES : orthodontie, attractivité faciale, âge apparent, âge perçu, adulte, esthétique, intelligence artificielle, CNN.

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR : Université Toulouse III-Paul Sabatier Faculté de santé –
Département d'Odontologie 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex 09

Directeurs de thèse : Pr VAYSSE Frédéric - Dr GALIBOURG Antoine