

UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

ANNEE 2013

2013 TOU3 3034

THESE

**POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

présentée et soutenue publiquement

par

David BLANC

Le 21 JUIN 2013

**ASTREINTE MUSCULOSQUELETTIQUE CHEZ LE
CHIRURGIEN-DENTISTE : ETUDE
ELECTROMYOGRAPHIQUE ET GONIOMETRIQUE**

Directeur de thèse : Dr Olivier HAMEL

JURY

Président :	Professeur Michel SIXOU
1 ^{er} assesseur :	Docteur Sabine JONOT
2 ^{ème} assesseur :	Docteur Remi ESCLASSAN
3 ^{ème} assesseur :	Docteur Olivier HAMEL
4 ^{ème} assesseur :	Docteur Pierre FARRE



FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

➔ DIRECTION

DOYEN

Mr SIXOU Michel

ASSESSEURS DU DOYEN

• ENSEIGNANTS :

Mme GRÉGOIRE Geneviève
Mr CHAMPION Jean
Mr HAMEL Olivier
Mr POMAR Philippe

• PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme GRIMOUD Anne-Marie

• ÉTUDIANT :

Mr HAURET-CLOS Mathieu

CHARGÉS DE MISSION

Mr PALOUDIER Gérard
Mr AUTHER Alain

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme GRAPELOUP Claude

➔ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr LAGARRIGUE Jean +
Mr LODTER Jean-Philippe
Mr PALOUDIER Gérard
Mr SOULET Henri

➔ ÉMÉRITAT

Mr PALOUDIER Gérard

➔ PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr VAYSSE

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Mme NOIRRI-ESCLASSAN, Mr VAYSSE

Mr DOMINÉ, Mme GÖTTLE

Mme BACQUÉ, Mme PRINCE-AGBODJAN, Mr TOULOUSE

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section :

Maîtres de Conférences :

Assistants :

Chargés d'Enseignement :

Mr BARON

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,

Mme ELICEGUI, Mme OBACH-DEJEAN, Mr PUJOL

Mr GARNAULT, Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :

Maître de Conférences :

Assistant :

Chargés d'Enseignement :

Mr HAMEL

Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU

Mr HAMEL

Mr MONSARRAT

Mr DURAND, Mr PARAYRE, Mr VERGNES

57.01 PARODONTOLOGIE

Chef de la sous-section : Mr BARTHET

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET

Assistants : Mr MOURGUES, Mme VINEL

Chargés d'Enseignement : Mr. CALVO, Mme DALICIEUX-LAURENCIN, Mr LAFFORGUE, Mr PIOTROWSKI, Mr SANCIER

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION

Chef de la sous-section : Mr CAMPAN

Professeur d'Université : Mr DURAN

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme BOULANGER, Mr FAUXPOINT, Mme FERNET-MAGNAVAL

Chargés d'Enseignement : Mr GANTE, Mr L'HOMME, Mme LABADIE, Mr PLANCHAND, Mr SALEFRANQUE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE

Chef de la sous-section : Mr KÉMOUN

Professeurs d'Université : Mme DUFFAUT

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr KEMOUN, Mr POULET

Assistants : Mr BLASCO-BAQUE, Mme GAROBY-SALOM, Mme SOUBIELLE, Mme VALERA

Chargés d'Enseignement : Mr BARRÉ, Mme DJOUADI-ARAMA, Mr SIGNAT

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Chef de la sous-section : Mr GUIGNES

Maîtres de Conférences : Mr DIEMER, Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr ARCAUTE, Mlle DARDÉ, Mme DEDIEU, Mme DUEYMES, Mme FOURQUET, Mr MICHETTI

Chargés d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mr BELAID, Mlle BORIES, Mr ELBEZE, Mr MALLET, Mlle PRATS, Mlle VALLAEYS

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)

Chef de la sous-section : Mr CHAMPION

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN

Assistants : Mr CHABRERON, Mr DESTRUHAUT, Mr GALIBOURG, Mr HOBEILAH, Mme SOULES

Chargés d'Enseignement : Mr ABGRALL, Mr DEILHES, Mr FARRÉ, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mr KAHIL, Mme LACOSTE-FERRE, Mme LASMOLLES, Mr LUCAS, Mr MIR, Mr POGEANT, Mr RAYNALDY

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE

Chef de la sous-section : Mme GRÉGOIRE

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE

Maîtres de Conférences : Mme JONOT, Mr NASR

Assistants : Mr AHMED, Mr CANIVET, Mr DELANNÉE

Chargés d'Enseignement : Mme BAYLE-DELANNÉE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération en date du 12 Mai 1891).

Mise à jour au 4 février 2013

REMERCIEMENTS

A ma mère, qui a toujours cru en moi, dont je regrette tellement qu'elle ne me voit jamais chirurgien-dentiste, qui aurait été si fière d'être présente à ma soutenance, et qui sera toujours dans mon cœur...

A mon père, un modèle de sagesse, à qui je suis si fier de montrer jusqu'où j'ai pu aller...

Au Dr Léon Blanc, mon grand père que je n'ai pas connu, pour qui je suis heureux de poursuivre la transmission familiale de la chirurgie dentaire.

A ma femme Sophie, que j'aime tant, et sans qui cette nouvelle vie n'aurait jamais pu se faire. Je te remercie d'avoir cru en moi, de m'avoir dit « pourquoi pas ! » ce soir de juillet quand je t'ai dit regretter de n'avoir pas été dentiste, d'avoir patienté avec courage pendant ces 6 années, probablement encore plus difficiles pour toi que pour moi.

A mes filles Isaure et Chiara, ma source inépuisable de bonheur, grâce à qui tout le reste n'a aucune importance, et qui me rendent heureux de les voir présentes à cette soutenance.

A tout le reste de ma famille et mes amis, qui m'ont toujours encouragé, avec fierté.

A Pierre Farré, qui aura fait basculer ma vie professionnelle, sans qui cette thèse n'aurait jamais existé, et qui m'a ouvert une voie vers laquelle je n'aurai jamais pensé aller.

A Olivier De Courcelles, cher ancien confrère, qui m'aura ouvert les yeux sur l'intérêt de ce sujet de thèse.

A Gilles Peninou, mon ancien professeur à l'EFOM, un mentor pour la kinésithérapie, pour l'ergonomie, mais aussi pour la compréhension de l'être humain et de la vie, qui m'a toujours poussé à me demander pourquoi, et qui finalement m'a permis d'arriver où je suis.

A tous les enseignants de la Faculté qui m'ont soutenu dans ce travail, et avec qui d'autres projets seront j'espère réalisés.

A tous ceux qui ont participé à cette étude ergonomique, qui est le corps de cette thèse.

A Daryl Beach, dont les idées ont permis de proposer un concept d'ergonomie dentaire radicalement différent.

Au président du jury

Professeur Michel SIXOU

- Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Responsable de la sous-section Sciences Biologiques,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Direction du Laboratoire « Parodontites et Maladies Générales »,
- Habilitation à Diriger des Recherches (H.D.R.),
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

*Je vous remercie infiniment d'avoir accepté de
présider le jury de cette thèse.*

*Votre souci d'une dentisterie basée sur la preuve,
est un gage de sérieux, de rigueur, et de
pragmatisme indispensable pour l'enseignement
dont vous m'avez fait bénéficier, et que j'ai
apprécié tout au long de ces études.*

*Veuillez trouver dans ce travail toute ma
reconnaissance et mon profond respect.*

Au jury de thèse

Docteur Sabine JONOT

- Maître de Conférences des Universités, Praticien hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur d'Etat en Odontologie,
- Habilitation à diriger des recherches (HDR),
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier.

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

Votre disponibilité et votre gentillesse, m'ont toujours permis de progresser et d'être soutenu dans cet enseignement difficile mais passionnant.

Je suis sensible à votre intérêt pour l'ergonomie, soyez assurée de ma sincère reconnaissance pour l'aide que vous avez pu m'apporter.

Au jury de thèse

Docteur Rémi ESCLASSAN

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université de Toulouse (Anthropobiologie),
- D.E.A. d'Anthropobiologie
- Ancien Interne des Hôpitaux,
- Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil et Pharmacie (L1),
- Enseignant-chercheur au Laboratoire d'Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS – UMR 5288 – CNRS),
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

C'est pour moi un grand plaisir que vous ayez accepté de faire partie de ce jury. Votre enseignement prodigué avec sérieux, gentillesse et parfois humour a toujours été apprécié.

Soyez assurés de mon profonde reconnaissance et de ma respectueuse sympathie.

Au jury de thèse

Docteur Olivier HAMEL

-Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,

-Vice-Doyen de la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,

-Chef de Service du Service d'Odontologie – Hôtel Dieu, Pôle Odontologie du C.H.U.,

-Responsable de la sous-section "Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale",

-Enseignant-chercheur au Laboratoire d'Ethique Médicale et de Médecine Légale de la Faculté de Médecine de l'Université Paris Descartes (EA 4569),

-Docteur en Chirurgie Dentaire,

-Diplôme d'Etudes Approfondies en Ethique Médicale et Biologique,

-Docteur de l'Université Paris Descartes.

C'est un honneur que vous ayez accepté de diriger cette thèse.

Votre disponibilité, vos conseils avisés avec un souci de qualité permanent, m'ont permis d'aller jusqu'au bout de ce travail. Votre enthousiasme pour ce sujet m'a motivé, afin de fournir le meilleur travail possible.

Veillez croire en mes plus sincères remerciements, et ma plus grande considération.

Au jury de thèse

Docteur Pierre FARRÉ

- Chargé d'Enseignement à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Toulouse,
- Ex-Assistant hospitalo-universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- C.E.S. de Psychologie médicale, matériaux, prothèses
- Docteur en Sciences Odontologiques.

*C'est un plaisir immense, de vous voir faire partie
du jury de cette thèse.*

*Vous m'avez fait découvrir l'ergonomie dentaire, ce
qui ne fait que s'ajouter aux qualités de votre
précieux enseignement.*

*Veuillez croire en ma plus grande reconnaissance,
et ma sincère amitié.*

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	13
1^{ère} partie – L’ergonomie du poste de travail du chirurgien-dentiste.....	15
1. Définitions.....	16
1.1. L’ergonomie.....	16
1.2. Les troubles musculosquelettiques.....	16
1.3. La contrainte.....	16
1.4. L’astreinte.....	16
2. Les contraintes physiques.....	17
2.1. La station assise.....	17
2.2. La distance de vision.....	21
2.3. L’orientation de la cavité buccale du patient.....	21
2.4. Le maintien de positions.....	21
2.5. Les mouvements répétitifs.....	22
2.6. L’ espace de préhension.....	22
3. l’astreinte du chirurgien dentiste.....	22
4. La problématique du poste de travail du chirurgien-dentiste.....	24
5. Histoire de l’ergonomie du poste de travail dentaire.....	24
6. Anatomie et biomécanique de la position du patient dans les différents concepts..	39
6.1. Position demi assise.....	39
6.1.1. Conséquences de la position des hanches et des genoux.....	39
6.1.2. Orientation de la cavité buccale.....	40
6.1.3. Inadaptation du support du patient en fonction de sa taille.....	40
6.2. Position allongée.....	41
6.2.1. Conséquences de la position des hanches et des genoux.....	41
6.2.2. Orientation de la cavité buccale, manipulation du rachis cervical du patient, et usage de la tête.....	42
6.2.3. Adaptation du support du patient en fonction de sa taille.....	44
7. Anatomie et biomécanique des gestes et des postures du chirurgien-dentiste.....	45
7.1. Au niveau musculaire.....	45
7.2. Au niveau articulaire.....	45
7.3. La notion de bras de levier.....	45
7.4. La distance œil tache	46

7.5. Angle de vision et hauteur du patient.....	46
7.6. Les mouvements du coude.....	47
7.7. L'effet ténodèse.....	48
8. Physiologie articulaire et la notion de course articulaire.....	50
9. Physiologie musculaire.....	52
10. Facteurs de risque des TMS.....	54
11. Les concepts actuels de poste de travail les plus répandus.....	54
 2è partie – Etude électromyographique et goniométrique comparative.....	57
1. Matériels et méthodes.....	58
1.1. Sélection des sujets.....	58
1.2. La tâche étudiée.....	58
1.3. Électromyographie.....	59
1.4. Electrogoniométrie.....	61
1.5. Vidéo.....	62
1.6. Enregistrement et analyse des sessions.....	62
2. Résultats.....	66
2.1. Comparaison entre chaque praticien.....	66
2.2. Comparaison entre 2 concepts : fauteuil dentaire sans assistante et concept de Beach avec assistante.....	69
2.3. Concernant le sujet qui a pratiqué sur chacun des concepts.....	71
3. Discussion.....	72
 CONCLUSION	75
BIBLIOGRAPHIE.....	76
ANNEXES.....	85

INTRODUCTION

La littérature internationale souligne que les professions de chirurgien dentiste et d'hygiéniste sont largement touchées par les troubles musculosquelettiques (TMS). Les praticiens rapportent dans de multiples études par questionnaire, des douleurs dans différentes localisations. La **prévalence des douleurs** tous sites confondus atteint entre **64% à 93%** des dentistes (Hayes et al., 2009) [1]. Les régions les plus citées sont la **région lombaire** (de 36,3 à 60,1%) et la **région cervicale** (de 19,8 à 85%), tandis que la main et le poignet sont les plus cités par les hygiénistes (60 à 69,5%). Finnsen et al. en 1998 [2] et Ginisty J. en 2002 [3] avaient déjà montré une prévalence des TMS de 65% des chirurgiens dentistes pour les épaules et les cervicales, et 59% pour les lombaires.

En France, selon les statistiques établies par la Caisse autonome de retraite des chirurgiens-dentistes et des sages-femmes (CARCDSF), la rhumatologie est l'affection qui produit le plus de cas d'invalidité et de mise en retraite pour inaptitude chez les chirurgiens-dentistes. (ANNEXE 1)

En 2009, les troubles musculosquelettiques représentaient ainsi 45 des 161 cas, (19 cas d'invalidité et 26 cas d'inaptitude) soit 28 %. En 2008, leur nombre s'élevait à 20,3%, et en 2007 à 27,5%. Les pathologies et zones du corps concernées sont essentiellement l'arthrose du rachis, de l'épaule et des doigts (pouce essentiellement).

Si l'on compare avec les statistiques communiquées par la caisse de retraite des médecins, la nature des affections est différente. En 2008, plus de 41 % des affections donnant lieu à un pension d'invalidité, avaient pour origine des troubles mentaux et du comportement (contre 19,3 % pour les chirurgiens-dentistes) et 12 % des maladies du système nerveux (contre 24,6 % pour les chirurgiens-dentistes), les pathologies du système ostéo-articulaire ne constituant que 4,5 % des pensions d'invalidité.

Tout au long de la formation initiale du chirurgien-dentiste, l'enseignement est concentré sur l'indication de l'acte thérapeutique, sur la technicité de l'acte, et sur le résultat. Les façons de le réaliser, le positionnement du praticien, du patient, la préhension des instruments, ne sont pas acquis pendant la formation initiale [4] et sont découverts par chacun pendant la pratique quotidienne. L'enseignement des positions de travail est souvent théorique et peu suivi lors de la clinique. Or dès l'entrée dans la vie active, les gestes techniques sont rapidement maîtrisés, et les préoccupations se reportent alors sur les

moyens de leur réalisation, afin d'éviter les TMS auxquels ils n'ont pas été préparés. L'ergonomie a en cela toute sa place.

Différents concepts de poste travail existent pour le chirurgien-dentiste, qui ont suivi l'évolution de la profession depuis des siècles. Les questions qui sont posées pour ce travail sont les suivantes :

Comment définit-on l'ergonomie, les TMS, la contrainte et l'astreinte ?

Quelles sont les contraintes, selon la définition ergonomique, appliquées au chirurgien-dentiste ?

Quelles est l'astreinte du chirurgien-dentiste ?

Quelle est la problématique spécifique à ce poste de travail ?

Comment utiliser l'histoire de l'ergonomie du poste de travail dentaire pour expliquer les concepts actuels ?

Les concepts actuels répondent-ils à la contrainte physique imposée au chirurgien-dentiste ? Comment appliquer les connaissances en anatomie et en biomécanique au patient et au praticien, afin de diminuer l'astreinte ?

Les connaissances en physiologie articulaire et musculaire peuvent elles aider à déterminer les limites à ne pas dépasser ?

Quels sont les facteurs de risque de TMS ?

Quels sont les concepts actuels de poste de travail dentaire les plus répandus ?

Est-il possible d'objectiver les différences entre ces concepts ?

Pour répondre à cela une **étude expérimentale** comparative de ces concepts a été réalisée sur différents praticiens, à l'aide **d'enregistrements électromyographiques et goniométriques**.

L'objectif de cette étude était de déterminer si l'astreinte musculosquelettique du chirurgien-dentiste, pouvait être différente en fonction du concept de poste de travail utilisé. Cela a demandé l'analyse de l'impact possible du support du patient (fauteuil ou table), de la position des instruments (cart ou transthoracique), et de l'aide d'une assistante, sur les muscles et les articulations du praticien : contractions musculaires maximales ; amplitudes articulaires moyennes et maximales (flexion cervicale, flexion lombaire, et inclinaison rachidienne) ; et durées de maintien au-delà d'un seuil.

**Première partie – L’ergonomie du poste de travail du
chirurgien-dentiste**

1. Définitions

1.1. L'ergonomie

Du grec, « ergon », le travail et « nomos », la loi, l'ergonomie s'attache à comprendre et à gérer l'activité humaine.

La définition donnée par la société ergonomique de langue Française (SELF) en 1969 est « l'étude scientifique de la relation entre l'homme et ses moyens, méthodes et milieux de travail. Son objectif est d'élaborer, avec le concours des diverses disciplines scientifiques qui la composent, un corps de connaissances qui dans une perspective d'application, doit aboutir à une meilleure adaptation à l'homme des moyens technologiques de production, et des milieux de travail et de vie.»

Une définition simple de l'ergonomie est qu'elle consiste à **adapter le travail, les outils et l'environnement à l'homme (et non l'inverse)**. Ce qui est ergonomique est donc ce qui est adapté.

Cette inadaptation se traduit soit par une diminution du confort de travail, et de la santé via des TMS, de la sécurité, soit par un problème de production en qualité ou en quantité.

1.2. Les troubles musculosquelettiques

Les TMS sont définis comme résultant d'une combinaison de facteurs biomécaniques (répétitivité des gestes, efforts, posture), psychosociaux et liés à l'organisation du travail. Ils affectent principalement les muscles, les tendons et les articulations des membres et du tronc.

1.3. La contrainte

Les ergonomes différencient la notion de contrainte et d'astreinte. La contrainte est l'ensemble des facteurs qui agissent sur l'homme : la tâche physique et cognitive, les contraintes d'espace, d'environnement, et de temps.

1.4. L'astreinte

L'astreinte est la réaction physiologique de l'homme à la contrainte, il s'agit de la réaction musculaire, articulaire, cardio-vasculaire, tendineuse et psychologique.

2. Les contraintes physiques

Il s'agit des contraintes physiques dues au poste de travail, qui s'appliquent au chirurgien-dentiste. Il doit s'adapter à la station assise, à la distance de travail, à l'emplacement de la cavité buccale du patient, à l'emplacement des instruments délimitant un espace de préhension, à des positions maintenues longtemps, et à des gestes répétitifs.

2.1. La station assise :

La station debout longtemps utilisée, a été délaissée pour des raisons de troubles vasculaires. Actuellement la plupart des chirurgiens dentistes travaillent assis. Il se pose alors le problème de la compensation lombaire, de la répartition du poids du corps entre les pieds, la face postérieure des cuisses, et les ischions.

La station assise provoque une flexion lombaire, d'autant plus importante que le sujet est assis bas. En effet la flexion de hanche étant en moyenne de 90° à 120°, **lorsque l'assise est plus basse que les genoux, il se produit une flexion lombaire compensatrice.** A l'inverse plus l'assise est haute, plus la lordose lombaire physiologique ré apparaît.

Lorsqu'on est assis bas, les appuis sont plus importants sur les ischions et faibles sur les cuisses et les pieds. Lorsqu'on est assis haut, ils diminuent au niveau des ischions et augmentent sur les faces postérieures des cuisses et les pieds. (Fig. 1)

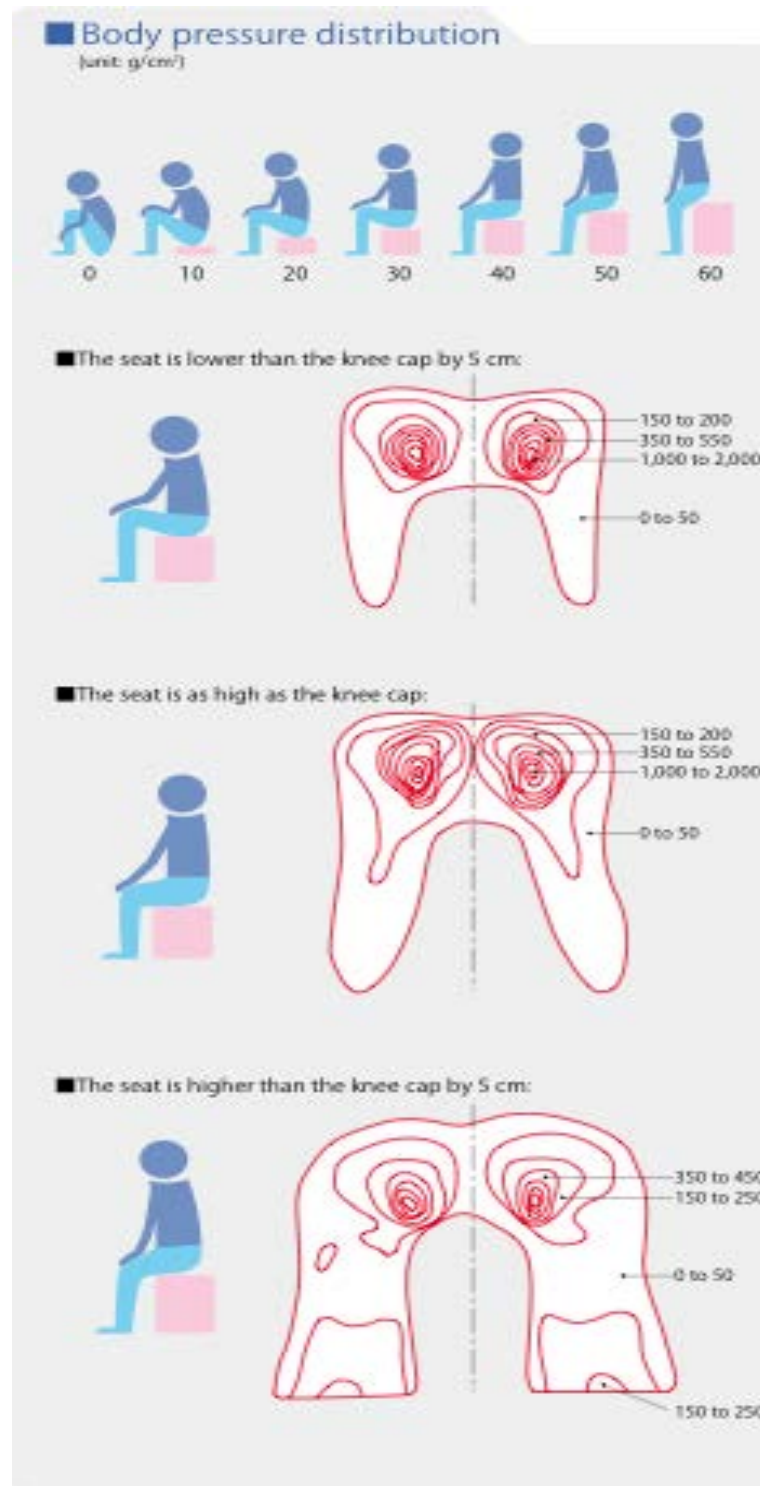


Fig. 1 : Répartition de la pression du corps en fonction la hauteur du siège opérateur. [5]

Les recommandations sur la hauteur de l'assise sont en général données en utilisant l'angle entre les cuisses et le tronc. L'angle de 110° est alors annoncé. Cet angle et cette façon de mesurer peuvent être erronés pour plusieurs raisons. D'une part cet angle ne considère pas qu'il y a plusieurs articulations entre la cuisse et le tronc : l'articulation coxo-fémorale, et chaque étage vertébral lombaire. (Fig. 2)

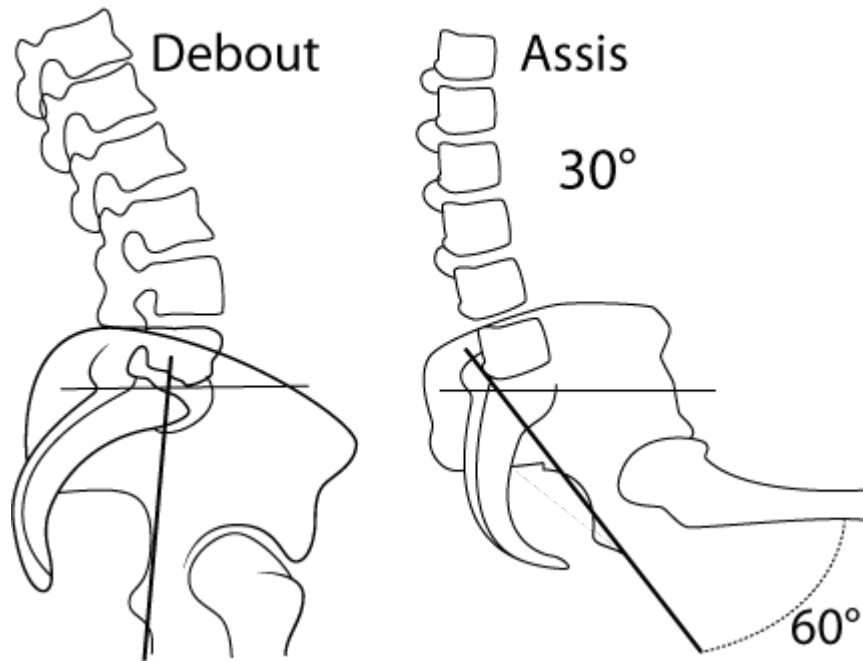


Fig. 2 : Assis, un angle de 90° entre le tronc et la cuisse, peut être réparti entre 30° de flexion lombaire et 60° de flexion de hanche par exemple.

Recommander un angle de 110° entre le tronc et la cuisse est donc trop imprécis, le praticien pouvant quand même avoir une flexion lombaire de 30° .

Lorsque l'on décrit une position, il est donc important de citer les amplitudes de chaque articulation.

D'autre part la description des positions du corps se fait par des angles à partir de la position anatomique de référence. C'est celle de l'homme debout, les membres inférieurs joints, le regard horizontal, les bras le long du corps, paumes tournées vers l'avant. (Fig. 3 et 4)

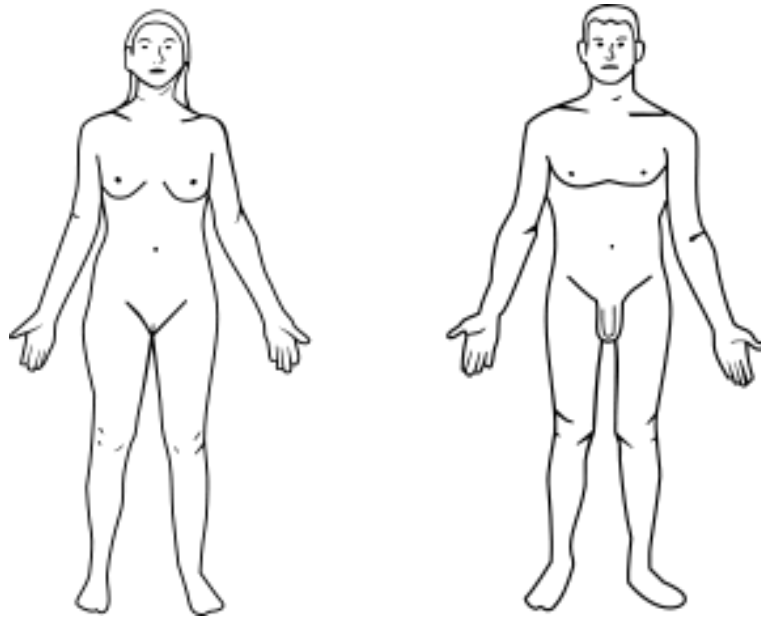


Fig. 3 : Position anatomique de référence

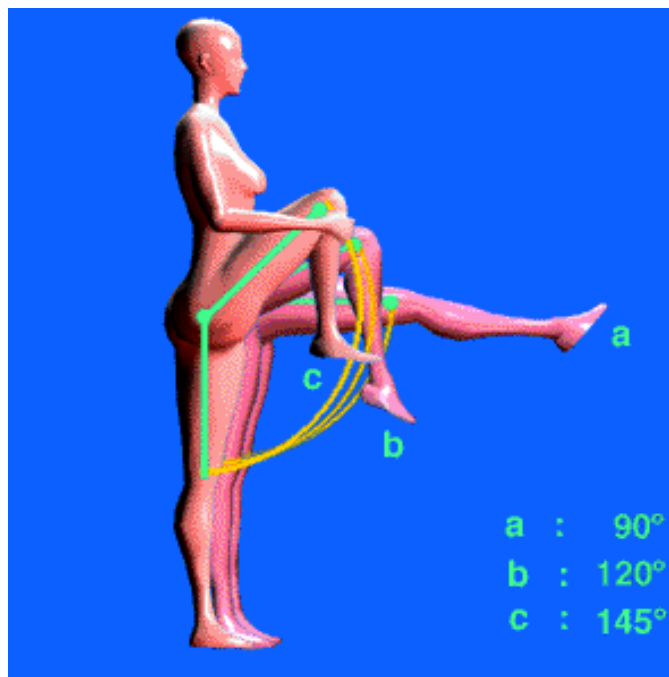


Fig. 4 : Mesure de la flexion de hanche à partir de la position anatomique de référence

Il faut donc décrire une position, en fonction de la mobilité de chaque articulation et pour chaque degré de liberté. On parle alors de 70° de flexion de hanche et de 0° de flexion lombaire pour décrire cette recommandation.

Mais au delà d'un angle arbitraire, c'est surtout une **répartition des appuis** qu'il faut obtenir (Fig.1), et **éviter une perte de la lordose lombaire physiologique**.

2.2. La distance de vision:

Il s'agit de la distance entre l'œil du praticien et la cavité buccale du patient lors de l'activité professionnelle. C'est cette distance qui **va conditionner la position du praticien**. Suivant la définition de l'ergonomie, il s'agira évidemment d'adapter la position du patient au praticien et non l'inverse, afin de répondre à cette contrainte de distance.

Cette distance doit répondre à des impératifs de précision, d'acuité visuelle, d'accommodation, de fatigue de convergence des yeux.

La distance la plus faible à laquelle on peut voir un point net s'appelle la **distance minimale de vision distincte ou punctum proximum**. Elle augmente avec l'âge, mais est voisine de **25 cm** à 40 ans pour un œil emmétrope ou corrigé [6], permettant une vision sans fatigue excessive. [7]

L'acuité visuelle est la grandeur qui permet de mesurer la capacité de l'œil de discriminer 2 points distincts, ceci en fonction de la distance qui sépare les deux points et la distance entre le globe oculaire et ces 2 points, c'est-à-dire l'éloignement de l'observateur. Ce phénomène porte le nom de discrimination visuelle. Elle diminue avec l'augmentation de la distance œil-tâche, et dépend de l'éclairement qui est inversement proportionnel au carré de la distance. [8]

Le pouvoir séparateur angulaire de l'œil est de l'ordre de la minute d'angle, soit 3.10^{-4} rad. A 25 cm, le pouvoir séparateur linéique est alors de 0,1mm. [9]

2.3. L'orientation de la cavité buccale du patient

Lorsque le patient est en position assise, sa cavité buccale regarde en avant, voire en haut et en avant s'il est demi assis. Les dents mandibulaires sont alors visibles en vision directe, mais le travail sur les dents maxillaires demande au praticien de se pencher et de se tourner dans des amplitudes articulaires extrêmes.

Lorsque le patient est en position allongée, la cavité buccale est orientée vers le haut, donc dans une direction plus proche de l'axe des yeux du praticien.

2.4. Le maintien de positions

Le praticien doit maintenir des positions de travail, grâce à des contractions musculaires isométriques. Les muscles sollicités sont des muscles anti gravifiques pour le maintien du rachis, et des muscles des membres supérieurs pour la préhension des instruments manuels et rotatifs. Les instruments rotatifs gèrent de plus des vibrations. Plus la durée de maintien est importante, plus le risque d'apparition de douleurs musculaires est important.

2.5. Les mouvements répétitifs

Il existe une répétition des gestes pour prendre ou poser un instrument, que ce soit les instruments manuels sur la tablette, ou au niveau des instruments rotatifs. Plus la fréquence est importante, plus le risque de TMS est important.

2.6. L'espace de préhension

Cet espace constitue une zone autour du praticien, dans laquelle il peut prendre un objet (Fig. 5). Plus les instruments sont éloignés, plus il faut faire des mouvements extrêmes pour les atteindre. Donc plus les instruments sont éloignés moins ils doivent être utilisés souvent, et inversement.



Fig. 5 : Zones de préhension. La zone de travail est en vert, en orange l'espace de préhension courant, en bleu l'espace de préhension occasionnel, en gris l'espace de préhension inenvisageable

3. L'astreinte du chirurgien dentiste

Les contraintes mécaniques qui sont appliquées au chirurgien dentiste pendant son activité professionnelle, provoquent une réaction musculosquelettique appelée astreinte. Elle a été mesurée dans différentes études par des valeurs d'intensité de contraction musculaire ou d'amplitude articulaire.

Finnsen en 1998 [2] montre ainsi que l'activité de chirurgien dentiste provoque une **flexion prolongée du rachis cervical**, et des niveaux élevés d'**activité musculaire statique des trapèzes**.

Akesson et al., (2012) [10], indiquent que **90%** des dentistes atteignent **46° de flexion cervicale**, et que l'intensité de contraction moyenne pour les **trapèzes** atteint **15% de la force maximale volontaire (FMV)**.

Une étude de Rolander et al., (2005) [11] explique pourquoi les dentistes ont une sensation d'efforts importants, malgré des valeurs electromyographiques (EMG) faibles. La raison est que leur **pourcentage de repos musculaire pendant leur travail est faible**, et est comparable aux caissières de supermarché. Oberg et al., (1995) [12] vont aussi dans ce sens.

Une étude de Akesson et al., (1997) portant sur 12 femmes chirurgiens dentistes [13] rapporte que, lors d'une activité de travail dentaire classique, l'activité EMG moyenne du trapèze supérieur droit est de 8,4% de la FMV. La flexion cervicale moyenne est supérieure ou égale à 39°, et supérieure à 49° pendant 10% du temps. Milerad et al., en 1991 [14], montrent aussi une contraction moyenne du trapèze supérieur droit à 9% de la FMV.

Une étude de 2011 de Shaik et al., [15] montre que **83,3%** des dentistes ont parfois des douleurs **lombaires** et **70%** ont des douleurs **cervicales**. Cette étude analyse aussi par l'observation, la répartition des praticiens qui effectuent certains gestes ou qui prennent certaines positions de travail potentiellement génératrices de TMS (Fig. 6).

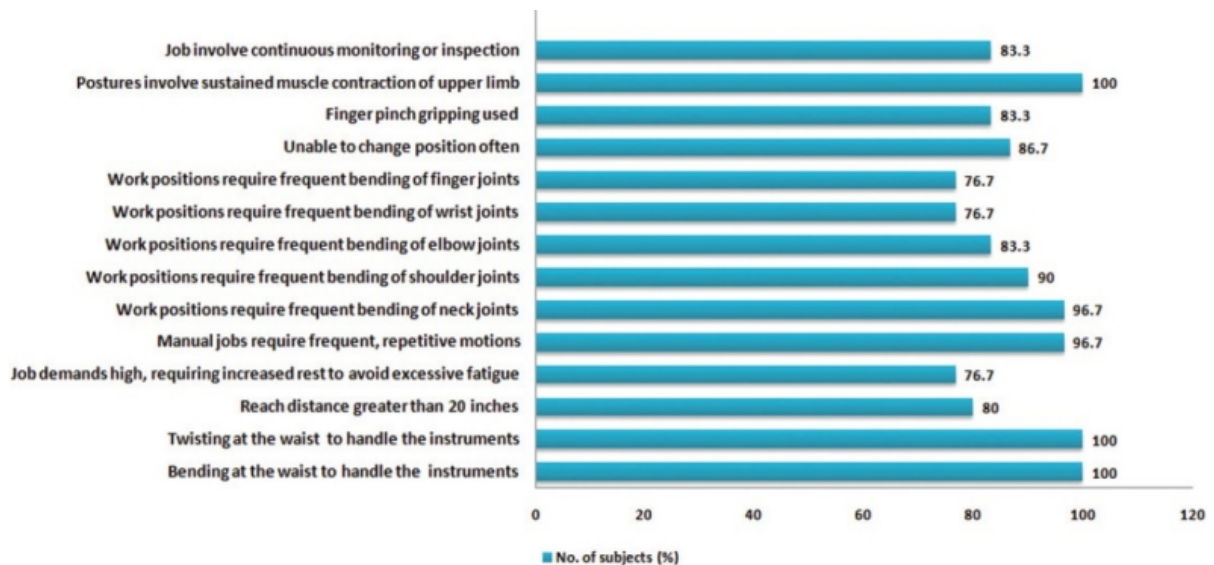


Fig. 6 : Pourcentage de dentistes ayant effectué certains gestes ou pris certaines postures délétères.

La littérature montre donc qu'il existe à la fois une forte prévalence de TMS dans ces professions, et une forte astreinte musculaire et articulaire. Il existe probablement un lien entre l'astreinte musculaire et articulaire et les plaintes des praticiens.

Cependant il existe des situations où cette sollicitation diminue :

Dong et al., (2005) [16], ont utilisé l'EMG pour montrer que l'enseignement de méthodes de repos des doigts permet de diminuer les efforts sur les muscles de l'avant bras.

Smith et al., (2002) [17] ont révélé que **l'utilisation de la vision indirecte diminue significativement la flexion cervicale et l'activité musculaire, et améliore le confort des praticiens, par rapport à la vision directe.**

4. La problématique du poste de travail du chirurgien dentiste

L'ergonomie consiste donc à adapter l'outil de travail au praticien. Or l'outil de travail étant un être humain, il y a des éléments propres à sa physiologie et son anatomie à considérer. La principale problématique de ce poste de travail est de **concilier à la fois l'ergonomie du praticien et celle du patient**. Si l'ergonomie du patient n'est pas prise en compte, celui-ci n'acceptera pas de conserver la position de traitement nécessaire pour le praticien. Ce sera alors au praticien de s'adapter au poste de travail et non l'inverse. Cette situation peut générer des positions de travail particulières qui sont des facteurs de risque de troubles musculo-squelettiques.

L'assise du praticien est trop souvent considérée comme source de problème [18]. Or la posture prise par le praticien n'est qu'une conséquence directe de l'emplacement de la cavité buccale du patient, et de sa capacité à voir la zone de travail.

5. Histoire de l'ergonomie du poste de travail dentaire

Les Figures 6b à 18 sont issues du site internet de la Société Française d'Histoire de l'Art Dentaire (SFHAD) avec son autorisation. <http://www.bium.univ-paris5.fr/sfhad/> consulté le 01/01/2013.

L'évolution de l'art dentaire depuis le moyen âge, l'a fait passer des **arracheurs de dents** (Fig. 7a), aux **barbiers chirurgiens**, puis aux chirurgiens dentistes actuels. Le poste de

travail a suivi la même évolution, en passant du patient assis au sol ou sur un tonneau lors des foires, à l'apparition d'un exercice plus sédentaire dans un cabinet dentaire.

On peut alors se demander si l'origine du fauteuil du chirurgien dentiste provient du **fauteuil du barbier**. Il est possible que ce soit par habitude et pour conserver l'identification de la profession que le fauteuil a été conservé.

Au 18^e siècle c'est **Pierre Fauchard**, père de la dentisterie moderne, qui est le premier à mettre en avant le fauteuil dentaire. Les actes étaient rapides, essentiellement des avulsions, l'éclairage se faisait par la fenêtre, et à la bougie. (Fig. 7b). Le patient était donc nécessairement assis.



Fig. 7a : L'arracher de dents. Gérard DOU. 1640.



Fig. 7b : Le fauteuil de Snell 1831 avec une bougie sur bras articulé.

Cependant Fauchard [19] est aussi le premier auteur à montrer que la **position assise du patient ne résout pas les problèmes** que constituent la situation *"des dents les plus enfoncées dans la cavité de la bouche"* et les cas pathologiques qui *"auront rendu un malade perclus à un tel point qu'il ne pourra baisser son dos, lever, baisser ou tourner la tête ni la coucher sur le côté..."*. Il souligne alors : qu' *"il ne sera plus question dans un tel cas ou d'autres semblables de situer le malade sur un fauteuil, il faudra lui substituer le canapé, le sofa ou le lit... pour lors on opérera à sa bouche commodément, la situation du sujet ainsi couché à la renverse étant la plus avantageuse"*.

En 1914 le 1er unit apparaît, celui de Forsyth et Ritter (Fig. 8), il s'agit d'une colonne unique, conçue pour le **travail debout**. Son principe consiste à réunir dans un seul ensemble les différents éléments autrefois dispersés de l'équipement du cabinet dentaire et à rationaliser les circuits de distribution de l'eau, du gaz, de l'air comprimé, de l'électricité et de l'évacuation des eaux usées.

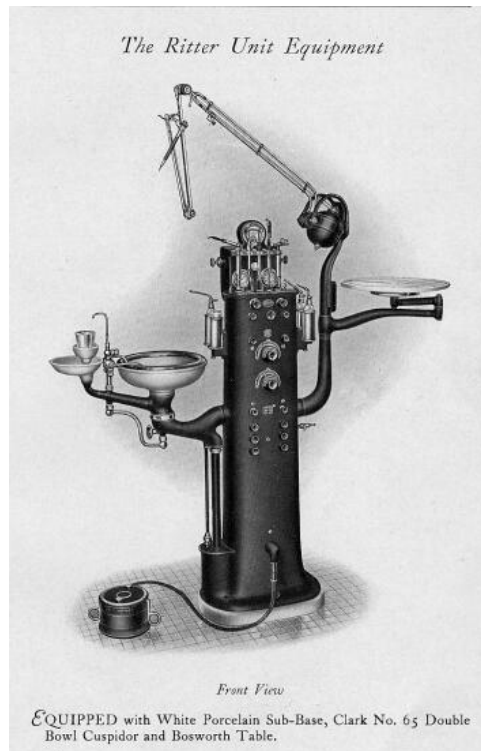


Fig. 8 : L'unit de Forsyth et Ritter

C'est un réel changement car l'aménagement opératoire des cabinets dentaires avant 1915 donnait, l'impression d'un agencement désordonné avec ses nombreux bras muraux et ses tuyaux gainés qui semblaient suspendus au plafond.

Certains praticiens tels que Léger-Dorez en 1920 **s'opposent à l'unit, car le praticien travaille debout, et doit faire des mouvements extrêmes pour l'atteindre**. Cela donne lieu en Europe à une volonté de recherche sur l'ergonomie, qui aura son apogée dans les années 60, et dont les concepts actuels sont issus.

Léger-Dorez [20] propose une table meuble (Fig. 9), qui au moment du travail est avancée vers le patient de façon à pouvoir accéder aux tiroirs et au tour électrique sans faire un mouvement plus étendu que l'allongement de l'avant bras.



Fig. 9 : La table meuble de Leger-Dorez.

En 1919 le « Reid Portable Electro-pneumatic Distributing Unit » (Fig. 10) préfigure le cart.

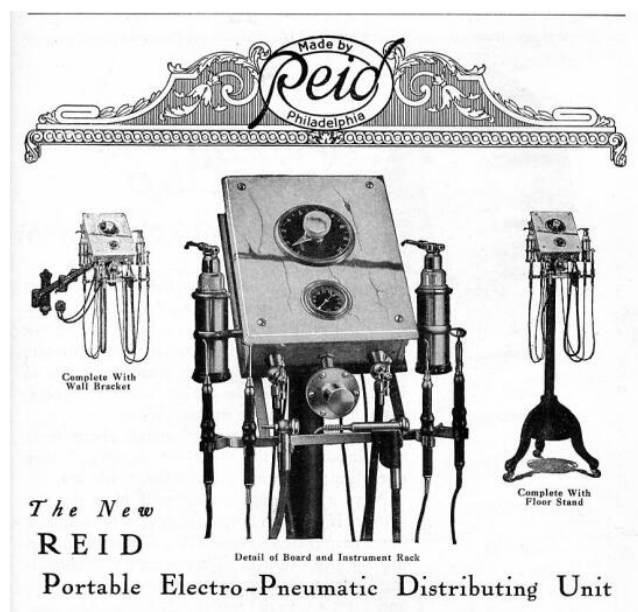


Fig. 10 : L'unit de distribution de REID.

Suivit en 1935 par Bonsack [21] qui propose le **positionnement des instruments à droite du praticien**. (Fig. 11)

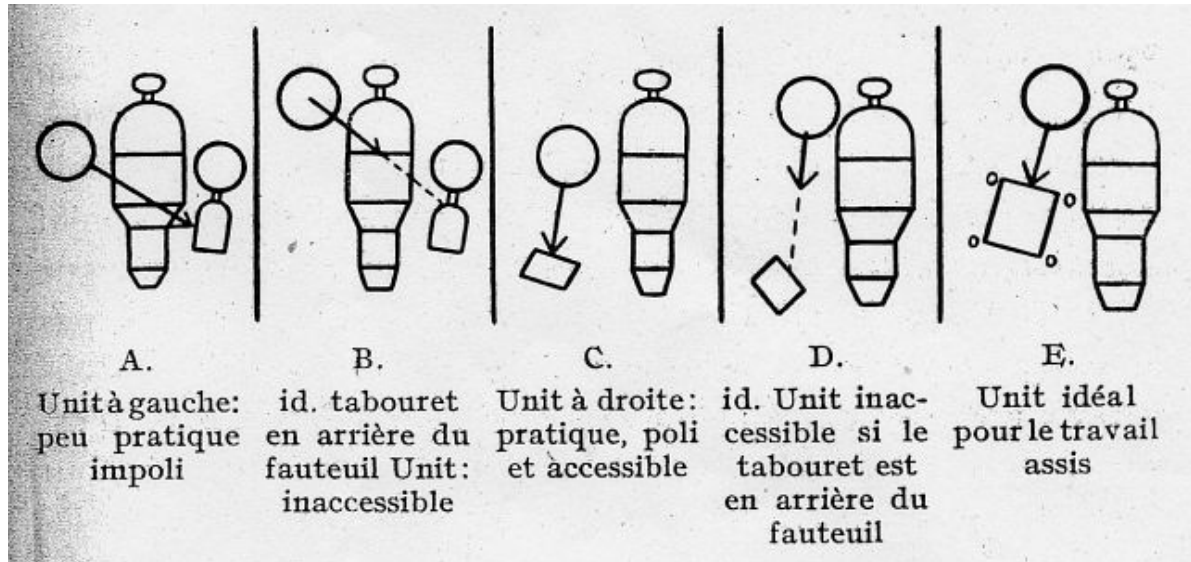


Fig. 11 : Etude du positionnement des instruments par Bonsack

Popesco en 1947 [22] propose **d'immobiliser la tête du patient dans l'espace**.

« Au lieu de faire basculer le patient autour d'un axe situé au niveau du siège, qui entraîne le déplacement de la tête du malade ainsi que la position de l'opérateur, il suffirait d'assurer son basculement autour d'un axe horizontal passant au niveau de **l'axe charnière mandibulaire**. » C'est une première recherche de positionnement de la tête du patient, et d'ergonomie autour de la zone de travail (la cavité buccale). Il cherche à rendre l'équipement mobile à l'aide d'un rail plafonnier.

Selon la SFHAD, « Malençon [23] [24] [25] convaincu de l'intérêt que le praticien travaille assis, développe en 1947 le « physiobloc », une tablette montée sur un bras articulé sur laquelle sont rassemblés un ensemble d'agents physiques. L'équipement « Unit » ne sert plus alors que de support à l'éclairage, au tour et au crachoir. Cette installation souligne davantage les faiblesses du concept de l'Unit. Malençon repense le poste de travail et propose en 1953 le « **Bloc opératoire** » (Fig. 12) sous la stupeur de la profession, compte tenu de la similitude des modèles de type « unit » présentés à l'aube de la seconde moitié du XXe siècle par les fabricants tant européens qu'américains. »

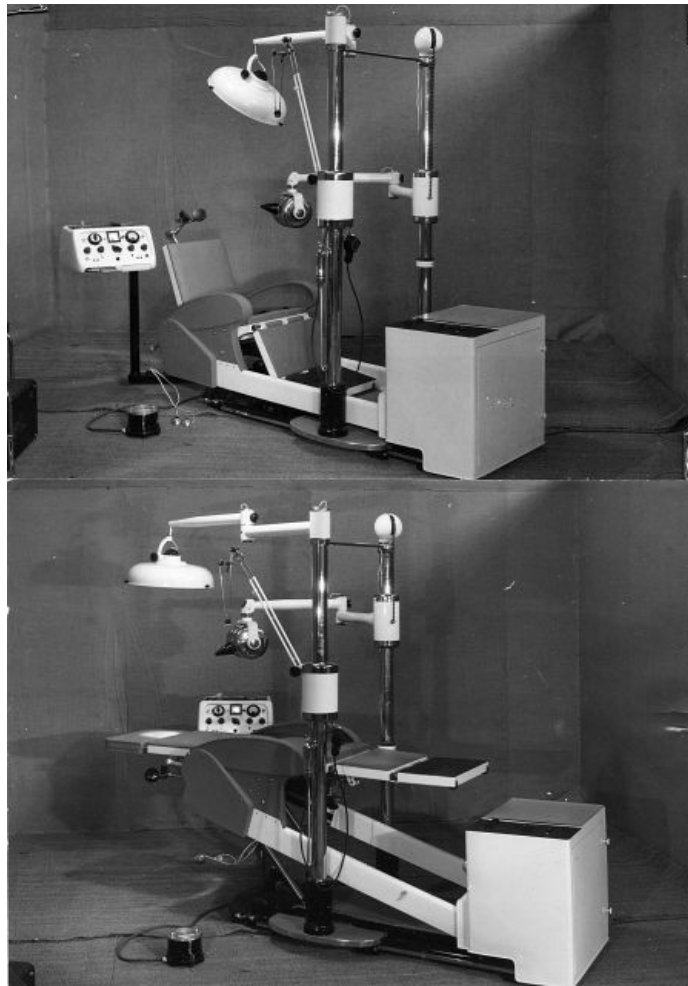


Fig. 12 : Le « Bloc opératoire » de Malençon

En position de travail, **le patient est alors totalement allongé.**

L'évolution du « bloc opératoire » a donné le « conformatic » (Fig. 13), moins gênant au niveau du passage des jambes pour le praticien, et avec des **tabourets opérateurs fixés autour d'un seul axe de mouvement.**

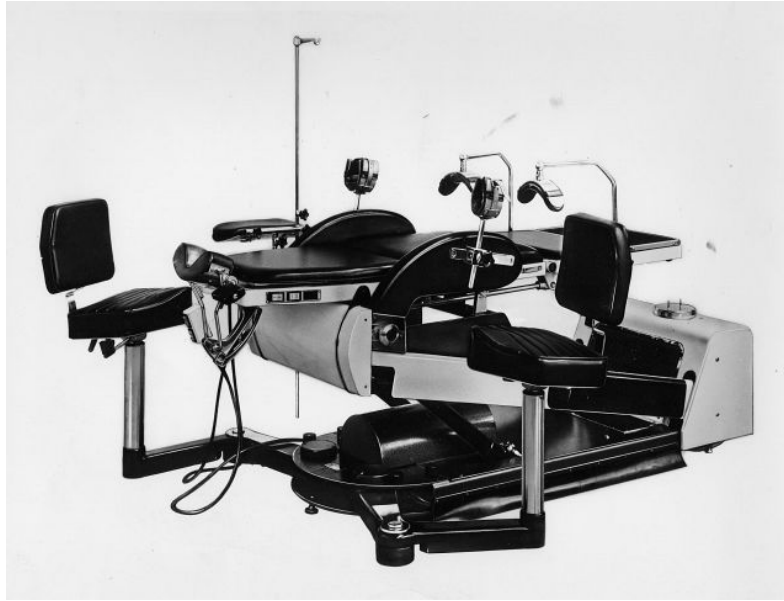


Fig. 13 : Le « Conformatic », patient totalement allongé, et tabourets fixés à un axe de rotation.

C'est dans les **années 60 que débute vraiment le travail du praticien assis.**

En 1971 le « Centric » de Comhaire (Fig. 14) permet de déplacer le fauteuil du patient autour d'un axe vertical, alors que le praticien est immobile [26]. Or la tête s'éloigne trop du praticien, le matériel est encombrant, et cela pose le problème du travail à 4 mains, car l'assistante ne peut pas se positionner correctement. Le concept fut abandonné.



Fig. 14 : Le « Centric » de Comhaire

Dans les années 60, aux états unis, John Anderson [27] [28] [29] cherche à améliorer le confort des patients, et s'associe à John Naughton fabriquant de fauteuils de relaxation pour commercialiser le « DentalEZ ® » (Fig. 15)



Fig. 15 : le premier fauteuil DentalEZ®

« Chayes dental instruments and co » propose un porte instruments qui se déploie au niveau du thorax du patient, c'est **le premier transthoracique** (Fig. 16)

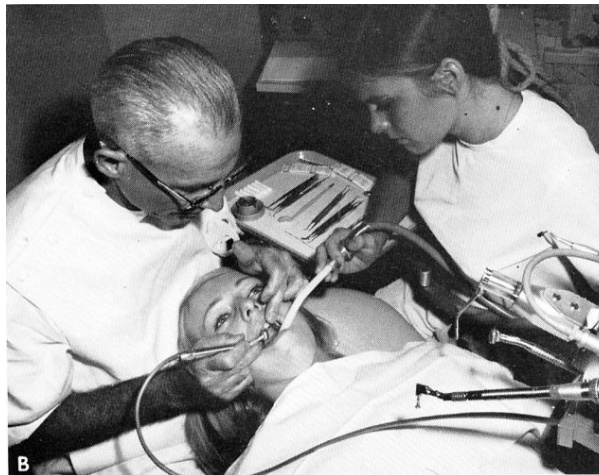


Fig. 16 : Le transthoracique de Chayes

« Pelton and crane » proposent des instruments dans un **meuble derrière le patient, à 12h.**
(Fig. 17)



Fig. 17 : Instruments à 12h, proposé par « Pelton and Crane »

Adec® réalise le **premier cart.** (Fig. 18)

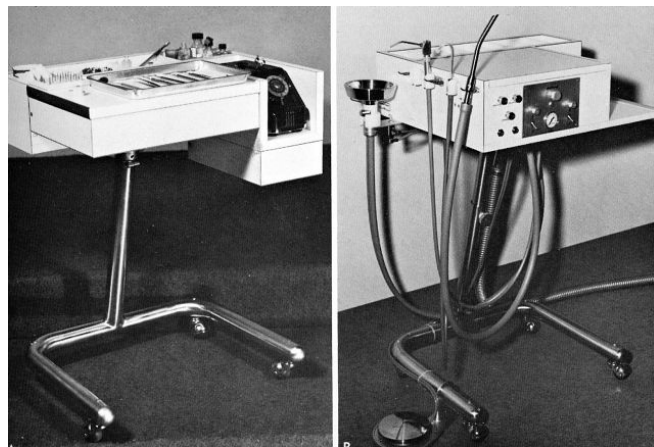


Fig. 18 : Premier cart d'Adec®

Et la « Sironette » de Siemens® (Fig. 19) reprend le principe du kart, mais résout le problème des câbles et tuyaux au sol.



Fig.19 : La « Sironette »

Daryl Beach un dentiste américain, à la fin des années 50, a cherché à développer un nouveau concept de travail. [30]

Il a trouvé une écoute attentive au Japon après la seconde guerre mondiale, de la part de la société Morita® qui a commercialisé son matériel.

Il a utilisé sa **proprioception** pour concevoir ce qu'il appelle le « **concept zéro** ». Il se positionne assis confortablement, met ses doigts à une distance de travail correspondant à la plus courte lui permettant de voir ses empreintes digitales par exemple, et détermine cela comme la position zéro. Il **positionne ensuite le patient et les instruments autour de lui**, aux emplacements qui lui paraissent les plus confortables, à l'aide de sa proprioception. Cela paraît correspondre à la définition donnée de l'ergonomie, ou le matériel s'adapte au praticien et non l'inverse.

Le fauteuil n'existe plus et est remplacé par une **table de traitement**. Le patient y est toujours allongé, sa tête est positionnée sur une tête dont l'axe de mouvement permet un **mouvement d'extension de la tête et non des cervicales**. (Fig. 20)

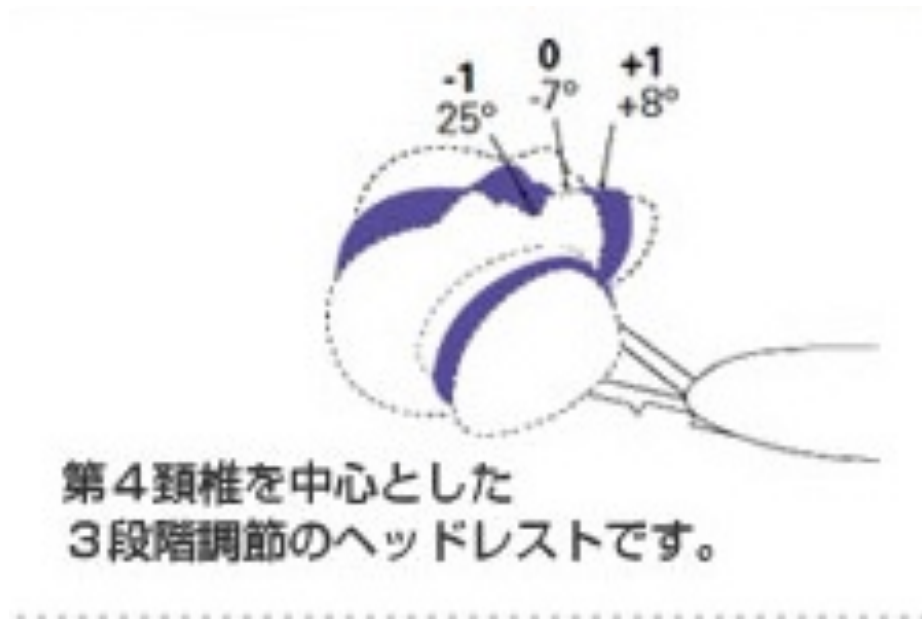


Fig. 20 : Mouvement de flexion extension occipitale, avec un **axe de mouvement se projetant sur l'articulation sous occipitale**, grâce à une tête adaptée.

Le praticien est sur un **siège opérateur** (Fig. 21) fixé au **sol à l'aplomb de l'axis** (la 2^e vertèbre cervicale). Cela correspond au centre de la bouche du patient, les examens radiologiques de l'axis se faisant d'ailleurs bouche ouverte pour observer une fracture de l'odontoïde (Fig. 22). Cet axe de mouvement permet d'osciller tout autour de la cavité buccale, et permettant le **travail de 1h jusqu'à 9h**.



Fig. 21 : Siège opérateur



Fig. 22 : Examen radio de C2, bouche ouverte

Les instruments rotatifs rentrent dans le dossier pour le rangement, ou sont placés pendant l'acte sous **une tablette au plus près du praticien sur sa droite**. (Fig. 23 et 24)



Fig. 23 : Emplacement des instruments au plus près de la main du praticien.



Fig. 24 : Emplacement du praticien, de l'assistante, et de la tablette.

Le travail à 4 mains est mis en avant, et l'utilisation de la **vision indirecte** indispensable.

L'éclairage est fixe, un scialytique éclaire le **maxillaire**, l'autre la **mandibule** (Fig. 25). La cavité buccale du patient étant toujours au même endroit pendant le travail, une fois l'orientation des scialytiques réglée cela ne pose pas de problème, et il n'y a plus de risque de contamination croisée avec la manipulation.



Fig. 25 : Scialytique double, fixe.

La cavité buccale est toujours placée au même endroit, la tête devient le point de référence. Le principe de la table de traitement **évite les réglages et l'adaptation selon la taille du patient.** (Fig. 26)

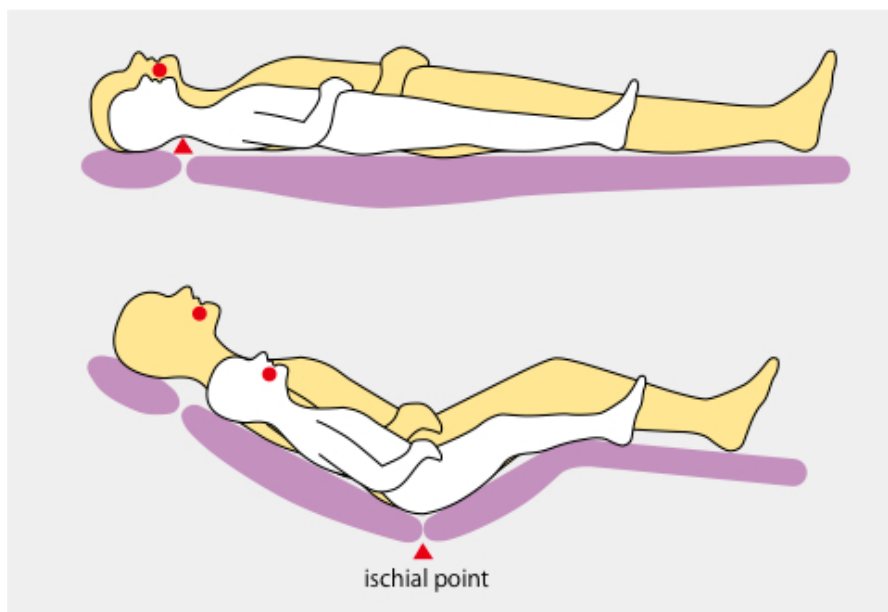


Fig. 26 : Différences d'adaptation à la taille d'un patient entre une table et un fauteuil. Si l'assise est prise comme référence pour positionner un patient, l'emplacement de la cavité buccale du patient varie en fonction de sa taille. L'opérateur a alors besoin d'adopter une posture traumatisante pour réussir à traiter le patient.

Il s'agit d'un concept global, allant de l'ergonomie de la position de travail, jusqu'à la conception du meuble de rangement, et demande un apprentissage à l'aide d'un langage syllabo-numérique permettant une compréhension pour des populations de langue différentes.

L'utilisation de la proprioception est subjective, et surtout praticien dépendante. En effet la qualité de la proprioception est variable selon les sujets, et est en cela critiquée par certains [31]. Le concept mis en place par Daryl Beach, s'il est favorable au praticien, devrait être validé à la fois par une **logique biomécanique**, mais aussi par des **mesures quantitatives** de l'astreinte physique. Ces deux points seront étudiés dans les paragraphes 6. et 7., et dans la 2^{ème} partie consacrée à l'étude expérimentale.

A la même époque **Harold Kilpatrick** [32] fait le choix d'utiliser le concept du transthoracique dont il cherche à compenser les manques en appliquant une **méthode d'organisation par le travail à 4 mains**. Il utilise le passage des instruments par l'assistante. Mais il **ne s'agit pas d'une ergonomie du matériel** à proprement parler.

Selon Claude ROUSSEAU ancien président de la SFHAD : « c'est grâce à la sédentarisation des dentistes, qu'à partir du XIXe siècle, l'aménagement opératoire peut commencer à se développer. Malgré que la France ait été le berceau de la dentisterie moderne au 18^e siècle, elle fit preuve au siècle suivant d'un essoufflement de l'esprit d'invention. Il est possible que le démarrage plus précoce de la révolution industrielle dans les pays Anglo-Saxons en soit une cause, mais aussi les conséquences des décrets de 1791 qui établissent la liberté totale d'exercice de l'Art dentaire et dans ceux de 1793 qui décrètent la fermeture de la Faculté de Médecine et du Collège Royal de Chirurgie. Une recrudescence du charlatanisme le plus éhonté et de l'empirisme le plus dangereux entraînera la profession dentaire dans l'anarchie la plus complète au sein de laquelle aucune preuve de savoir et d'habileté n'est désormais exigée. Il faudra attendre l'aube de la deuxième moitié du XXe siècle pour assister, grâce à Malençon et à Comhaire, ainsi qu'aux fabricants qui leur ont témoigné leur confiance, à la résurgence de l'esprit créateur européen. Cependant sans le succès escompté. L'école américaine des années 60 s'impose en Europe, et nous constatons que les principes de la grande mutation de cette époque sont toujours appliqués de nos jours. »

6. Anatomie et biomécanique du patient en position assise ou allongée.

Le patient est le plus souvent soit en position demi assise, soit totalement allongé.

6.1. Position demi assise

C'est la position la plus utilisée actuellement pour positionner le patient.

6.1.1. Conséquences de la position des hanches et des genoux

En position demi assise le corps humain est en flexion de hanche. Cet angle de flexion de hanche est inversement proportionnel à l'angle d'inclinaison du dossier. Plus l'angle d'inclinaison du fauteuil est faible, plus l'angle de flexion de hanche est important. Les muscles ischio-jambiers s'insèrent sur la tubérosité ischiatique de l'iliaque, et sur l'extrémité proximale de la fibula et du tibia, ils sont poly-articulaires en passant la hanche et le genou. Leur action est l'extension de la hanche et la flexion du genou. **En position assise**, si la flexion de genou est nulle, il y a une mise en tension des muscles ischio-jambiers (Fig. 27a et b). **Il est donc nécessaire d'avoir une légère flexion de genoux.** Cela explique la présence d'une angulation pour les genoux sur les fauteuils vendus actuellement.

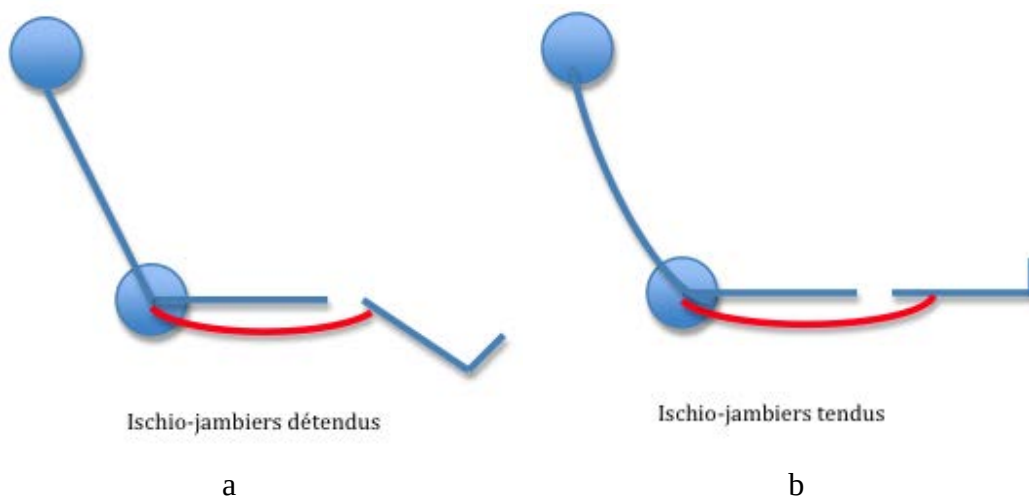


Fig. 27 : (a) Hanche et genoux sont fléchis, les ischio-jambiers sont détendus. (b) Mise en tension des muscles ischio-jambiers en position demi assise, lorsque les genoux sont en extension.

6.1.2. Orientation de la cavité buccale

Dans cette position la cavité buccale du patient « regarde » en avant, voire en haut et en avant s'il est demi assis. Les dents mandibulaires sont alors visibles en vision directe, mais **le travail sur les dents maxillaires oblige le praticien à se pencher en avant dans des amplitudes articulaires extrêmes.** (Fig. 28)

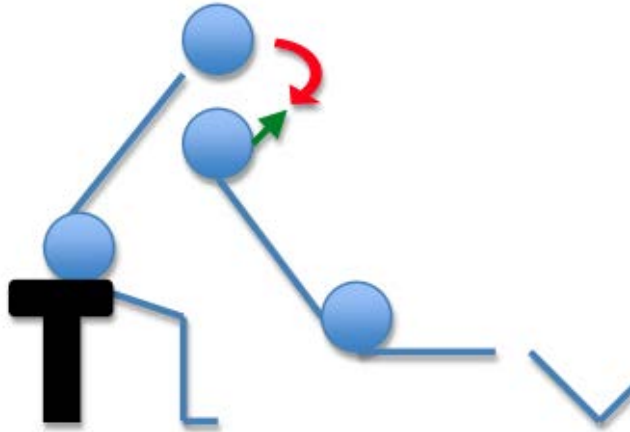


Fig. 28 : Opposition entre l'orientation de la cavité buccale et les yeux du praticien, lorsque le patient est en position demi assise.

6.1.3. Inadaptation du support du patient en fonction de sa taille

S'il s'agit d'un enfant ou d'un adulte, la zone de l'assise est toujours la même. La conséquence est que la position de la tête est plus ou moins haute, et la position des genoux plus ou moins en avant ou en arrière par rapport à l'angulation du fauteuil. **Les dimensions des fauteuils** sont conçus à partir de dimensions anthropométriques moyennes, et **ne peuvent donc pas s'adapter aux différents gabarits.** Ces moyennes anthropométriques sont différentes selon l'âge du patient (enfant ou adulte), et selon le pays d'origine. En pédodontie et en Orthodontie il existe des variations importantes de taille d'un patient à l'autre selon son âge, et le fauteuil dentaire n'est alors plus adapté à leur morphologie. (Fig. 26)

Si le patient est de petite taille, les courbures du fauteuil ne correspondent plus à sa morphologie, le **soutien lombaire n'est plus sous les lombaires**, et les **genoux sont dans le vide.**

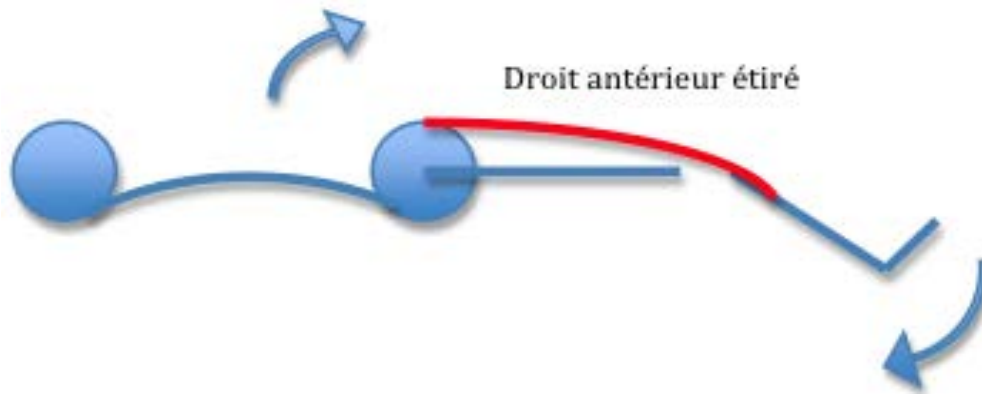
6.2. La position allongée

Même si elle est moins utilisée, la proportion de praticiens qui l'utilisent augmente. Elle fait partie des **recommandations** de l'European Society of Dental Ergonomics (ESDE), en dehors des patients présentant des pathologies cardio pulmonaires importantes [33].

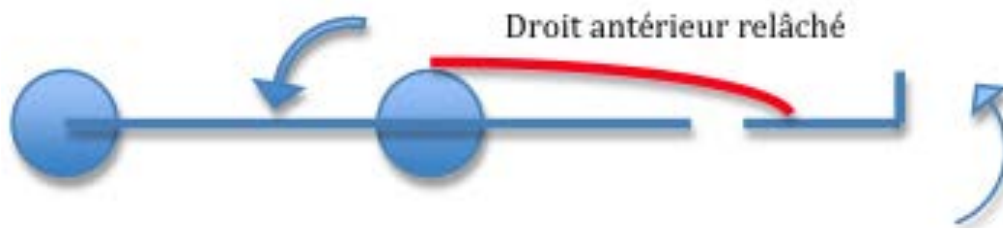
C'est une position habituelle pour le patient, qui correspond à celle dans laquelle il dort. C'est aussi une position de soins utilisée dans d'autres professions de santé tels que la chirurgie en général ou la médecine manuelle et la kinésithérapie.

6.2.1. Conséquences de la position des hanches et des genoux

Sur les fauteuils actuels, même en position allongée, il y a toujours une flexion des genoux due à la forme de l'assise. **Cette flexion de genoux** qui est bénéfique en position assise comme vu dans le paragraphe 6.1.1., **pose problème lorsque le patient est allongé**. Cela provoque une mise en tension des muscles droits antérieurs. Ces muscles sont insérés sur l'épine iliaque antéro-supérieure et sur la tubérosité tibiale antérieure, ils sont donc polyarticulaires de la hanche et du genou. Ils sont fléchisseurs de la hanche et extenseurs du genou. L'étirement de ce muscle provoque une antéversion du bassin et donc une **hyperlordose lombaire** (Fig. 29). Les patients âgés ayant perdu leur souplesse de cette région, peuvent se plaindre alors de **douleur lombaire lorsqu'on essaye de les allonger**.



a



b

Fig. 29 : (a) **Mise en tension du droit antérieur**, par flexion du genou et extension de hanche, et conséquence sur la lordose lombaire. (b) diminution de la lordose lombaire lors de l'absence de flexion de genou.

Tant que les fabricants de fauteuils dentaires continueront à concevoir des fauteuils avec une angulation pour les genoux, qui est faite pour le travail sur patient assis, les praticiens ne pourront pas allonger leurs patients. Ces derniers trouveront cela inconfortable au niveau lombaire.

6.2.2. Orientation de la cavité buccale, manipulation du rachis cervical du patient, et usage de la tête.

Lorsque le patient est totalement allongé, sa cavité buccale est alors orientée vers le haut (Fig. 30), le praticien a un accès direct à toutes les dents quelque soit l'endroit où il se positionne autour du patient (à 12h ou à 9h).

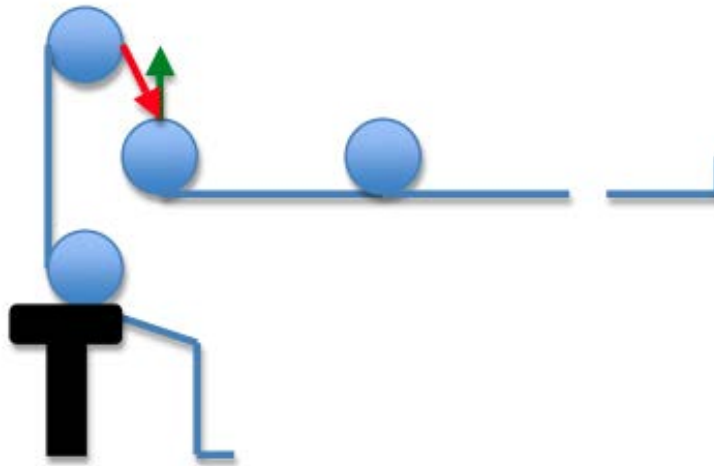


Fig. 30 : Orientation de la cavité buccale du patient, correspondant à la direction du regard du praticien.

De plus la tête peut être orientée en avant ou en arrière mais dépend de la mobilité du rachis cervical.

On dissocie le **rachis cervical sous occipital** et le **rachis cervical inférieur**. Ce dernier va de la 2^e cervicale à la 1^{ère} dorsale et permet en moyenne une amplitude totale d'extension et de flexion, de 76 à 120° selon les auteurs [34] [35] [36]. Ces chiffres varient, mais il y a une certaine similitude tout de même [37] [38] [39]. Ils varient en fonction de l'âge [40], et l'écart type est d'ailleurs d'autant plus grand que l'on avance en âge [41]. La diminution d'amplitude avec l'âge est plus précoce au rachis cervical inférieur [42]. Il est donc **important de ne pas solliciter le rachis cervical inférieur lors de la mise en extension de la tête du patient**, d'autant plus pour les populations âgées qui constituent une part importante des patients en chirurgie dentaire.

Le patient âgé présente souvent une cyphose dorsale, ce qui l'oblige debout à redresser la tête pour avoir le regard horizontal. Il peut alors parfois utiliser pour cela jusqu'à la totalité de son amplitude d'extension cervicale inférieure disponible.

La biomécanique du rachis cervical sous occipital est très différente, due à l'anatomie des vertèbres qui le composent. C1 effectue autour de C2 principalement de la rotation, et l'occiput sur C1 principalement de la flexion extension. Les valeurs moyennes selon les auteurs pour l'amplitude de flexion/extension du rachis cervical supérieur sont de 40° [34] [35] [36] [43] [44].

Une extension de 20° de l'occiput est donc disponible, et permet d'orienter le crâne, donc le plan d'occlusion maxillaire vers l'arrière.

Si **la tête est articulée en regard de la charnière occiput/C1**, le praticien pourra réaliser une extension de cette zone du rachis, sans mobiliser le rachis cervical inférieur. Les dents maxillaires étant alors orientées vers le haut, le praticien aura un meilleur angle de vue que ce soit en vision directe ou indirecte. Cela se rapproche du principe de Popesco de 1947 [22], l'axe de l'ATM qu'il proposait se trouvant proche de l'axe occiput/C1. Par contre si **la tête est articulée en regard du rachis cervical bas, voire de la charnière cervico-dorsale**, le praticien ne pourra donc pas orienter la tête des patients en arrière lorsqu'ils sont allongés.

6.2.3. Adaptation du support du patient en fonction de sa taille

Un patient allongé, quelque soit sa taille, a toujours sa tête placée sur la tête. Donc sa cavité buccale est toujours au même endroit par rapport au praticien. C'est alors le reste du corps qui se positionne plus ou moins loin selon sa taille (Fig. 26).

Il existe d'ailleurs des tables de traitement adaptées à la pédodontie (Fig. 31), pour lesquelles il n'y a plus d'articulation pour le dossier. L'enfant monte alors sur la table, et s'installe de lui même en position allongée.



Fig. 31 : Publicité pour une table de traitement pédodontique.

7. Anatomie et biomécanique des gestes et des postures du chirurgien dentiste

7.1. Au niveau musculaire:

La position de travail du chirurgien dentiste est le plus souvent assise. Cette posture nécessite pour son maintien, l'activité de muscles anti gravifiques tels que les muscles profonds du rachis. Lorsque le praticien se penche en avant, il sollicite ses muscles paravertébraux de façon bilatérale. A chaque inclinaison il sollicite les muscles paravertébraux controlatéraux.

Les membres supérieurs du praticien sont en suspension s'il n'y a pas d'appui antérieur. Cela sollicite les muscles trapèzes supérieurs moyens et inférieurs, les fixateurs de la scapula, et les muscles de la coiffe des rotateurs de l'épaule. Le rôle principal des trapèzes supérieurs est l'élévation du moignon de l'épaule. Ils sont d'autant plus sollicités que les épaules sont en abduction ou en flexion, c'est à dire lorsque les coudes sont écartés du corps ou avancés.

7.2. Au niveau articulaire

Selon la mécanique vertébrale, lorsqu'une flexion est associée à une inclinaison, il y a toujours rotation vertébrale. [45]. De plus lorsque le praticien effectue une inclinaison du rachis, il est obligé de tourner la tête du côté opposé, afin de voir la zone de travail.

7.3. La notion de bras de leviers

Lorsque le praticien cherche à diminuer sa distance œil tache, ou lorsqu'il recherche la vision directe au maxillaire, il va effectuer une **flexion du rachis** plus ou moins prononcée. Plus elle est importante plus **le bras de levier entre le centre de gravité du corps et le point d'appui articulaire augmente**. Cette flexion du tronc augmente donc l'appui au niveau discal, qui est **majoré par la contraction des paravertébraux** pour tenir le tronc.

Nachemson [46] a effectué des mesures de la pression intradiscale lombaire. Il a montré que en position assise, l'inclinaison vers l'avant par flexion du tronc de 20 degrés provoque une pression intra-dscale accrue et une **charge accrue sur les disques**. La moyenne de **l'augmentation est de 30%**. Des valeurs entre 13 et 18 kg/cm² ont été enregistrées, ce qui signifie que le 3ème ou 4ème disque lombaire doit porter un poids de 180 à 230 kg dans cette position.

Il paraît donc évidemment **qu'il faut éviter de se pencher en avant pour travailler par exemple en vision directe sur les dents maxillaires**.

Ce principe de bras de levier se retrouve aussi au niveau du coude. Lorsque les coudes sont fléchis à 90° avec les avant-bras horizontaux, le bras de levier entre le centre de masse de l'avant bras et le coude est maximal. Si le praticien effectue une légère flexion de l'épaule, et une légère flexion des coudes, le bras de levier diminue, et la hauteur des mains augmente. **Le patient peut alors être positionné plus haut et plus proche des yeux du praticien**, sans provoquer d'élévation des épaules, puisque le mouvement est fait par la flexion combinée du coude et de la scapulo humérale.

Le **bras de levier est aussi augmenté** de toute la longueur du membre supérieur, lorsque le praticien travaille à 12h et qu'il **saisit un instrument devant lui sur un transthoracique**. La répercussion se fait bien sûr au niveau de l'épaule, mais aussi au niveau du rachis lombaire.

7.4. La distance œil-tâche.

On a vu au paragraphe 2.2. que le **punctum proximum est de 25cm pour un œil normal, permettant une vision sans fatigue excessive**. C'est donc la distance minimale à laquelle la bouche du patient doit se trouver par rapport aux yeux du praticien afin qu'il la voit distinctement. En dessous de 25cm cela demande un effort d'accommodation et de convergence des yeux, **au delà il y a une diminution du pouvoir séparateur linéique**, et donc de la précision de la vision.

Cette perte de précision pourrait être compensée par des loupes, mais la hauteur de la bouche du patient va influencer la flexion rachidienne du praticien (Fig. 30).

7.5. Angle de vision et hauteur du patient

Afin de voir la bouche du patient, le praticien doit **orienter son regard vers le bas**. Plusieurs stratégies s'offrent à lui : soit fléchir les cervicales, soit fléchir le rachis dorso-lombaire, soit fléchir les articulations coxo fémorales, soit orienter les yeux vers le bas. Il se produit en général une combinaison de toutes ces stratégies, mais **la flexion des cervicales et la rotation des globes oculaires sont plus sollicitées** que l'inclinaison du tronc. [47]. Les changements de positions du corps servent à compléter la position des yeux pour améliorer la vision de la tâche. Le praticien peut décider de compenser avec l'orientation des globes oculaires, mais cela demande un effort musculaire inconfortable pour les orienter vers le bas.

En effet, en 1983 la Eastman Kodak Company, Human Factor Section [48] estime que l'angle préféré de rotation des yeux vers le bas pour le travail assis était de 40°. Une fatigue musculaire posturale et une diminution du temps de vision continue apparaît lorsque cet angle atteint 45° ou plus.

Des études de Kroemer et Hill [49] [50] montrent elles que l'angle préféré de vision vers le bas est de 29° par rapport à l'horizontale lorsque le dos et la tête sont droits.

Ce sont donc les cervicales, via une flexion accrue, qui vont compenser le besoin d'orienter le regard vers le bas.

Plus le patient est bas, plus le praticien va devoir solliciter ses yeux et ses cervicales, et donc atteindre des valeurs importantes.

Plus le patient est haut, en respectant la distance minimale de vision distincte, plus le praticien va relever la tête, et donc moins il aura besoin de faire de la flexion du rachis et de baisser les yeux. (Fig.32)

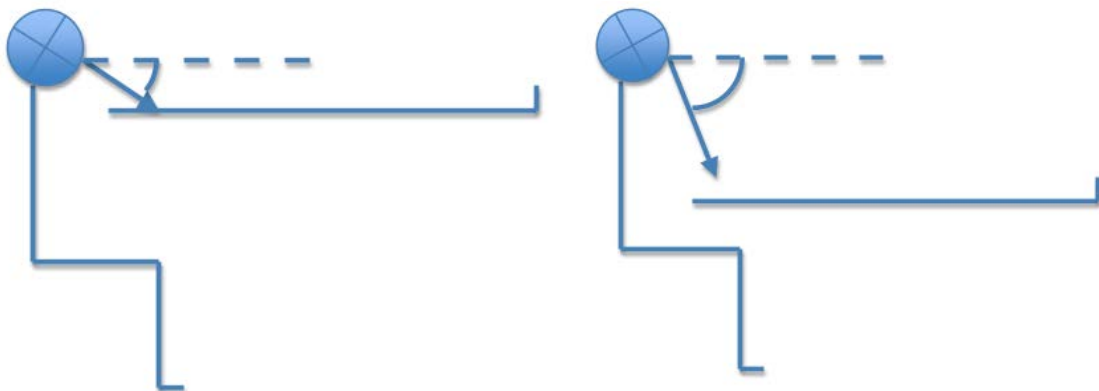


Fig. 32 : Plus le patient est bas, plus l'angle entre l'horizontale et l'axe de vision est grand, donc plus la compensation rachidienne et oculaire est importante.

Le microscope a l'avantage de s'affranchir de la distance de travail, et surtout son angulation permet de réduire la flexion du rachis, et permet de conserver une position des yeux confortable.

7.6. Les mouvements du coude

Les deux mouvements du coude sont la flexion extension, et la prono-supination. Ces deux degrés de liberté se regroupent pour donner deux types d'orientation fonctionnelle [51] [52] [53] : Le coude de force et le coude de finesse.

Le coude de force résulte de l'association coude-épaule, et se dispense de l'activité de la main. Il s'agit de la flexion-supination, et extension-pronation. Il se manifeste lors de la poussée et la traction, et cela correspond au mouvement nécessaire pour attraper des instruments sur un transthoracique ou sur une tablette haute et loin devant soi, lors du travail à 12h. Le coude de force est aussi utilisé dans les arts martiaux pour le coup de poing. L'utilisation de ce schéma fonctionnel de force ne correspond pas avec la nécessité de la tâche à effectuer.

Le **coude de finesse** résulte de **l'association coude-main**, répartie en deux mouvements : tendre un objet (extension supination) et le ramener à soi (flexion-pronation) [54] [55]. Ce sont les mouvements effectués lorsqu'on prend par exemple un stylo dans la poche intérieure de sa veste, et qu'on le donne à quelqu'un. Idem pour une carte à jouer. On peut très facilement extrapoler ce mouvement fonctionnel de finesse, au **travail avec un instrument rotatif en bouche alors que le coude est en flexion pronation, et à sa repose en extension supination**.

La position des instruments doit pouvoir être étudiée afin de se trouver dans ce schéma fonctionnel. Le cart et le concept de Beach paraissent répondre à cette ergonomie.

7.7. L'effet ténodèse

Le poignet et les doigts sont un cas particulier, les muscles polyarticulaires de l'avant bras répondent à **l'effet ténodèse**. Il se crée une extension des doigts lors de la flexion du poignet, et inversement (Fig. 33).

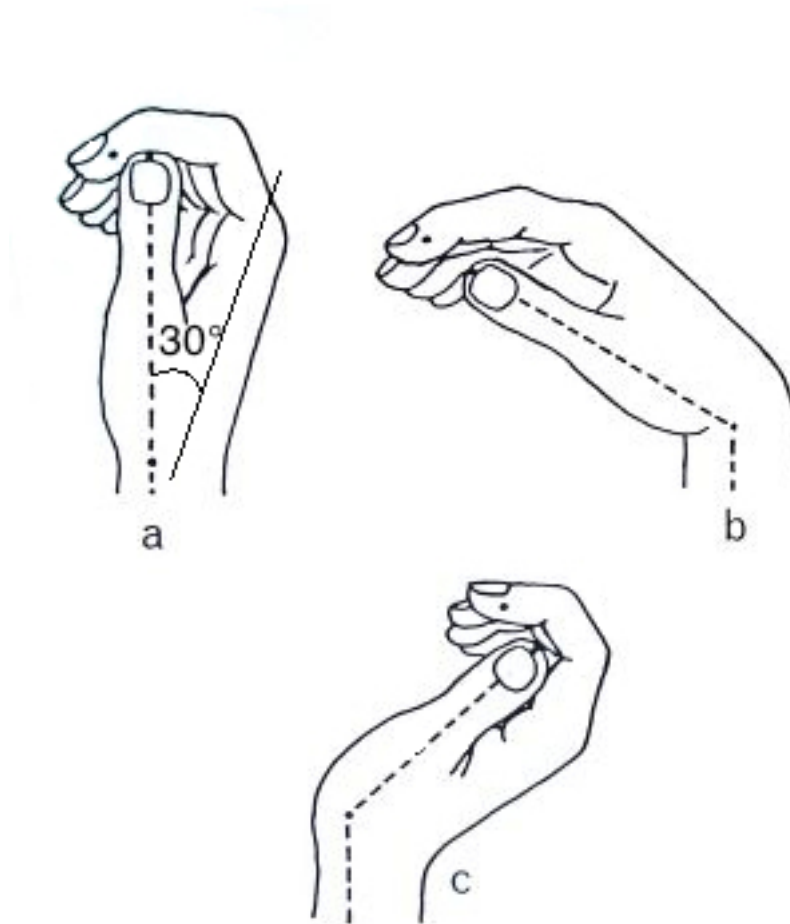


Fig. 33 : (a) poignet à 30° d'extension, le pouce se retrouve dans l'axe de l'avant bras (b) La flexion du poignet provoque une extension des doigts. (c) L'extension du poignet provoque une flexion des doigts. Dessins : Daryl Beach.

Lorsque le poignet est en flexion, cet effet ténodèse du à la tension des extenseurs des doigts, gêne la flexion de ceux ci. Cela demande alors un effort plus important des muscles fléchisseurs superficiels et profonds des doigts. **Le serrage des doigts est optimal à 30° d'extension du poignet** [56]. C'est ce qui permet aux tendons polyarticulaires antagonistes de conserver une longueur moyenne et donc d'offrir les meilleures garanties de stabilité au cours des mouvements en course moyenne [57]. **Lors de la tenue des instruments, si le poignet est en flexion, cela crée une difficulté à tenir l'instrument et demande des efforts plus importants des muscles fléchisseurs des doigts.** Si le poignet est en position neutre, seuls les doigts peuvent se déplacer en évitant cet effet ténodèse. (Fig. 34) Il s'agit donc d'un facteur de risque de pathologies rhumatismales de l'avant bras, du poignet et de la main.

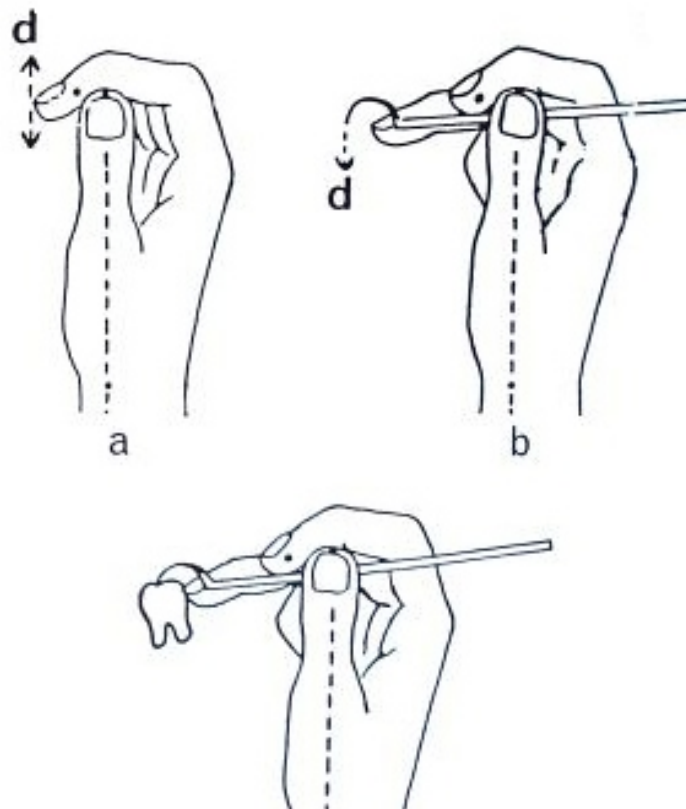


Fig. 34: Le mouvement des doigts permet le sondage d'une dent, sans mobilisation du poignet vers des amplitudes extrêmes. Dessins : Daryl Beach.

8. Physiologie articulaire et la notion de course articulaire

Les mouvements engendrés par les articulations humaines sont essentiellement de type angulaire (rotation autour d'un axe). **La course articulaire** totale se divise en trois tiers. Selon que les deux segments osseux sont en position rapprochée, intermédiaire ou éloignée, on parle de course interne, moyenne ou externe [58]. C'est en course moyenne qu'il y a le moins de tension ligamentaire et capsulaire de part et d'autre de l'articulation.

Il faut donc que les articulations passent le plus de temps possible en course moyenne et donc hors des courses extrêmes lors de l'activité professionnelle.

Afin de déterminer les limites à ne pas dépasser pendant l'activité, nous allons prendre en compte les valeurs maximales des amplitudes articulaires concernées (Tab. 1). Il s'agit d'amplitudes moyennes publiées par Kapandji [35] [59], les laxités individuelles variant autour de ces valeurs.

Tab. 1 : Amplitudes articulaires maximales et courses moyennes, des articulations concernées par le poste de travail du chirurgien dentiste. (NB : l'inclinaison est chiffrée unilatéralement)

	Amplitude maximale	Course moyenne
Flexion cervicale	60°	20° de flexion
Inclinaison cervicale	35°	11° à 12° d'inclinaison
Flexion lombaire	40°	Entre 6° d'extension et 17° de flexion
Extension	30°	
Inclinaison lombaire	30°	10° d'inclinaison
Abduction scapulo-humérale	90°	Entre 10° et 50° d'abduction
Adduction	30°	
Flexion scapulo-humérale	90°	Entre 0 et 45° de flexion
Extension	45°	
Rotation latérale d'épaule	90°	Entre 23° de rotation latérale et 43° de rotation médiale.
Rotation médiale	110°	
Flexion du coude	165°	Entre 55° et 110° de flexion
Pronation de l'avant bras	85°	Entre 28° de pronation et 30° de supination
Supination	90°	
Flexion du poignet	85°	28° de flexion à 28° d'extension.
Extension	85°	
Inclinaison radiale du poignet	15°	Entre 5° et 25° d'inclinaison ulnaire
Inclinaison ulnaire	45°	

Pour la flexion et l'abduction d'épaule, on ne considère que l'articulation scapulo-humérale. Les autres articulations du complexe articulaire de l'épaule sont sollicitées lorsque la scapulo-humérale a déjà une abduction ou une flexion d'au moins 30° [60] [61], et au delà de 90° le risque de conflit sous acromial, avec inflammation du tendon du muscle sus épineux est majoré.

Dans le cas du **travail à 9h**, le praticien est sur le côté du patient, la **vision directe au maxillaire** l'oblige à effectuer une **inclinaison** droite et **rotation** gauche du rachis cervical, ou lombaire, ou des 2 à la fois. Or, Nadeau et coll [62] montrent que la **hernie discale d'origine professionnelle**, située au site postéro-latéral, est le **résultat de sollicitations combinées (flexion couplée à une inclinaison latérale ou couplée à une torsion du rachis)**.

Pour diminuer le facteur de risque articulaire, il suffirait de positionner le patient et les instruments de travail dans des secteurs accessibles sans dépasser les valeurs de course moyenne. Daryl Beach a cherché cela en utilisant sa proprioception, mais comme on l'a vu précédemment, on peut se poser la question des limites de cette technique. Les positions de travail pourraient être optimisées en utilisant les connaissances de l'anatomie, de la physiologie, et de la biomécanique humaine.

9. Physiologie musculaire

Les muscles sont composés d'un ensemble de fibres musculaires.

Il existe plusieurs types de fibres, et leur répartition dans le muscle est différente selon la fonction du muscle [63] [64]. Il existe notamment:

- **les fibres lentes, rouges, de type I** (adaptées aux contractions statiques ou isométriques) au métabolisme aérobie, riche en triglycérides et en mitochondries, dont les motoneurones ont un seuil d'activation bas. Elles sont utilisées dans les **contractions soutenues dans le temps**, mais peu puissantes. On les retrouve majoritairement dans les **muscles posturaux** tels que les abdominaux, les muscles paravertébraux profonds, les soléaires.

- **les fibres rapides, blanches, de type IIb** (adaptées aux contractions dynamiques) utilisant la glycolyse anaérobie, avec beaucoup de réserves en glycogène et peu de mitochondries. Elles donnent une réponse rapide, une tension élevée, mais **sont fatigables**. Elles sont retrouvées en grande proportion dans des muscles comme le quadriceps fémoral, le biceps brachial, ou le **trapèze** qui nous intéresse ici. Leur physiologie est le travail dynamique, ou isotonique. **Le trapèze résiste alors peu à une contraction statique**, et il correspond à la localisation régulière des plaintes cervico-scapulaires chez le chirurgien dentiste.

- **les fibres IIa, qui ont des propriétés intermédiaires.**

La **contraction statique** est d'une part mal adaptée à certains muscles dont ce n'est pas leur physiologie, et d'autre part elle crée une **compression des capillaires** sanguins qui mène à **l'hypoxie cellulaire** et à la douleur. [65] [66] [67].

Une autre théorie explique les douleurs des trapèzes à la suite de contractions permanentes de faible intensité. Il s'agit de la **théorie des fibres de Cendrillon**. Elle a été proposée par G.Hagg [68] pour expliquer les plaintes musculaires du trapèze lors d'un travail statique à faible intensité. Selon lui il y a des preuves épidémiologiques indéniables, mais la physiologie musculaire ne peut expliquer ces plaintes, l'EMG ne montre pas de signe de fatigue, et la faible intensité de contraction ne permet pas d'évoquer des phénomènes de perfusion. Hagg propose un phénomène alternatif basé sur **l'ordre de recrutement des unités motrices** et les observations de biopsies musculaires.

- les unités motrices (UM) sont recrutées selon un ordre établi. **Les UM à faible seuil (fibres musculaires de type I) sont recrutées en premier et le restent jusqu'au relâchement total du muscle.**

-les biopsies des trapèzes présentant des myalgies en relation avec un travail musculaire statique montrent que seules certaines fibres musculaires de type I semblent endommagées, les "ragged red fibres" (fibres rouges loqueteuses) ou les "moth eaten fibres" (fibres musculaires mitées).

Il en conclut que les fibres de la base de la pyramide sont atteintes en premier du fait d'une trop longue activation et d'un temps de récupération trop faible expliquant pourquoi **l'atteinte est indépendante de la FMV**. Ces fibres sont les premières levées et les dernières couchées, d'où le nom de fibres de Cendrillon.

Ces fibres de cendrillon ont été identifiées dans différentes études [69] [70] [71] [72] [73].

10. Les facteurs de risque des TMS

Certains facteurs de risque principaux sont retrouvés dans la littérature. Une **activité musculaire statique de faible intensité, des contractions et des mouvements répétitifs, durée de contraction, insuffisance de repos musculaire et de période de récupération, postures extrêmes, composition du travail, et facteurs psychosociaux tels que le stress**, sont suggérés pour influencer les TMS [74] [75] [76] [77] [78].

Il faut donc **éviter les postures figées, les contractions musculaires de forte intensité, ou de faible intensité maintenue longtemps, passer le plus de temps en course moyenne, la zone de travail doit être regroupée pour éviter les amplitudes extrêmes**. Il faut rester dans un espace de préhension limité, les zones éloignées peuvent être utilisées si elles ne le sont pas fréquemment. Il faut **prévoir des phases de repos** ou de récupération, et organiser le travail de façon à **diminuer le stress psychologique**.

11. Les concepts actuels de poste de travail les plus répandus

Afin d'analyser les différences entre les concepts, il faut dissocier :

- **Le type de support du patient** : fauteuil ou table.
- **L'emplacement des instruments rotatifs et de la tablette**
- **Le mode de distribution des instruments** : cordons pendants ou à fouets.
- **L'emplacement du praticien** : travail à midi ou à 9h.
- **L'aide opératoire**

Tout ceci influence la posture et les mouvements du dentiste.

Concernant le matériel, il ressort 3 concepts les plus diffusés depuis les années 60 : Le fauteuil équipé d'un cart ou d'un transthoracique, et la table du concept de Beach.

Dans le **concept du fauteuil dentaire**, le patient est demi assis, et la plus part du travail est effectué en vision directe. Cette option du fauteuil a été choisie depuis des années par recherche du confort du patient, et probablement par l'héritage du barbier chirurgien. Comme vu sur la Fig. 27, le problème est que **l'orientation de la cavité buccale est à l'opposé des yeux du praticien**. Cela provoque une flexion importante du rachis pour répondre à l'impératif de la distance œil tâche.

Le **concept du cart** (Fig. 35a) consiste en un petit poste de distribution des instruments sur roulettes, ajouté sur le côté du fauteuil dentaire, afin d'avoir les instruments au plus proche de la main du praticien. Il se tient en général à 11h par rapport à la tête du patient.

Le **concept du transthoracique** (Fig. 35b) comporte un plateau suspendu au dessus du thorax du patient, afin d'apporter les instruments près de la bouche du patient. La distribution des instruments se fait par cordons à fouets. Le dentiste est principalement assis à 9h. Le problème est que cela demande au praticien une flexion importante de l'épaule pour prendre les instruments quand l'opérateur est à 12h, et une rotation latérale d'épaule importante quand il est à 9h. Par contre les praticiens apprécient la compensation du poids des instruments, ce qui évite l'effet de « rappel » des cordons comme c'est le cas pour le kart.

Dans le **concept de la table de travail** (ou concept de Beach) (Fig. 35c) le patient est complètement allongé sur la table, le travail est effectué en vision directe à la mandibule, et indirecte au maxillaire. Le praticien se positionne à de 1h à 9h, mais est le plus souvent à 12h. Les instruments sont aussi près que possible de la main dominante du praticien et de la tête du patient.

Le rôle de l'aide opératoire est l'aspiration, le nettoyage du miroir, et le passage des instruments au praticien.

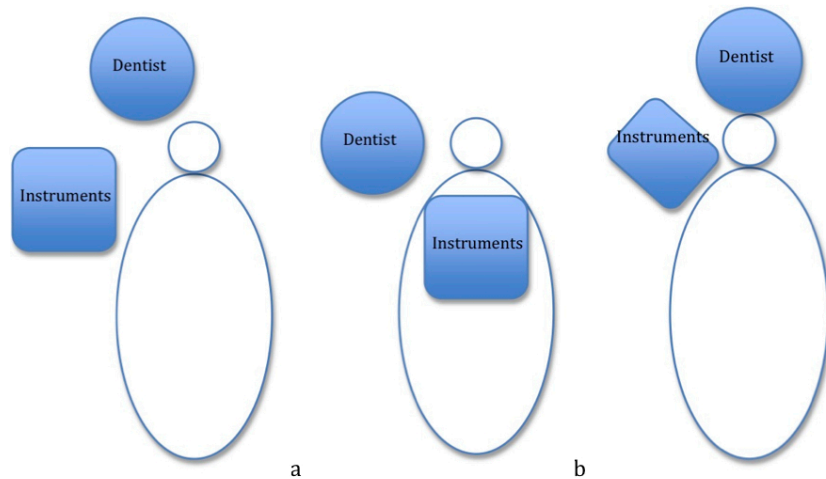


Fig. 35 : Situation du dentiste et des instruments autour de la bouche du patient, dans 3 différents concepts. (a) Fauteuil dentaire avec un cart, (b) Fauteuil dentaire avec un transthoracique, (c) Table dentaire correspondant au concept de Beach.

Biomécaniquement le **concept de Beach devrait provoquer une astreinte plus faible**, ce qui a été affirmé dans certains articles :

Une étude de Chaikumarn [79] portant sur 12 dentistes qui se sont formés au concept de Beach, a montré qu'après 8 à 36 mois, 7 l'ont appliqué immédiatement et conservé, rapportant une amélioration de leur performances de travail, et une réduction de la charge musculosquelettique. 5 mettent en place parfois ces recommandations, et 2 ont trouvé cela trop difficile et complexe.

Une autre étude [80] a porté sur 10 dentistes travaillant avec des concepts conventionnels, et 8 dentistes travaillant avec la méthode « Proprioception derived » du concept de Beach. Les résultats montrent que ces derniers ont des positions de travail moins contraignantes, avec des scores RULA (ANNEXE 2) plus faibles (3,5 en moyenne contre 5,6)

S'il existe des différences dans l'astreinte du chirurgien-dentiste en fonction du poste de travail utilisé, des mesures objectives pourraient être utilisées pour les comparer, et pour confirmer ou pas l'hypothèse.

Dans ce but et dans le cadre de cette thèse, une étude ergonomique comparative a été réalisée.

**2è partie – Etude électromyographique et goniométrique
comparative**

1. Matériels et méthodes

1.1. Sélection des sujets

Huit sessions d'enregistrement ont été effectuées avec six sujets (5 hommes et une femme). Les 5 hommes étaient tous des praticiens diplômés et expérimentés. La femme était étudiante en chirurgie dentaire, elle avait 2 ans d'expérience d'activités de soins à la clinique de la faculté. Leur âge était variable, de 22 à 65 ans. 8 sessions d'enregistrements ont été effectuées, nommées sessions 1 à 8.

Session 1 : Fauteuil dentaire + cart sans assistante ; Session 2 : L'étudiante avec Fauteuil dentaire + cart sans assistante ; Session 3 : Concept de Beach + assistante; Session 4 : Concept de Beach + assistante ; Session 5 : L'étudiante avec le concept de Beach + assistante ; Session 6 : L'étudiante avec un fauteuil dentaire + transthoracique sans assistante ; Session 7 : Fauteuil dentaire + transthoracique sans assistante ; Session 8 : Fauteuil dentaire + transthoracique sans assistante.

Le choix de l'utilisation d'une aide opératoire dans le concept de Beach, est dû au fait que cela fait partie des recommandations de ce concept. Le choix de l'absence d'aide opératoire pour les fauteuils dentaires est dû au fait que cela correspond à une situation répandue dans la profession.

Les critères d'inclusions étaient que les praticiens devaient être tous droitiers.

Dans leur pratique quotidienne ils utilisent des unités de travail basées sur différents concepts (cart, transthoracique, et concept de Beach). Ils avaient une sensibilisation à l'ergonomie différente.

Les sujets aligues, pouvant restreindre leurs mouvements habituels, ont été exclus de l'étude.

Tous les sujets ont accepté de participer à l'étude, et ont autorisé l'usage des résultats pour l'analyse scientifique. Tous les outils d'analyse étaient non invasifs.

1.2. La tâche étudiée

Le **détartrage par ultrasons** suivi d'un polissage par brosse montée sur contre angle et pâte abrasive a été choisi. Cela a permis de travailler sur la totalité de la surface de chaque face de chaque dent. Le détartrage a été effectué sur des patients qui n'avaient pas bénéficié de détartrage depuis 1 an.

Huit sessions d'enregistrement ont été effectuées. 2 sessions utilisant un unit Sirona® équipé d'un cart sans assistante (Fig. 34a), 3 sessions utilisant un unit Adec® avec

instruments en transthoracique sans assistante (Fig. 36b), et 3 sessions avec un unit Morita® HPO selon le concept de Beach avec assistante (Fig. 36c). Un des praticiens a effectué un détartrage en utilisant chacun des concepts (sessions 2, 5, 6). Ce praticien est l'étudiante.

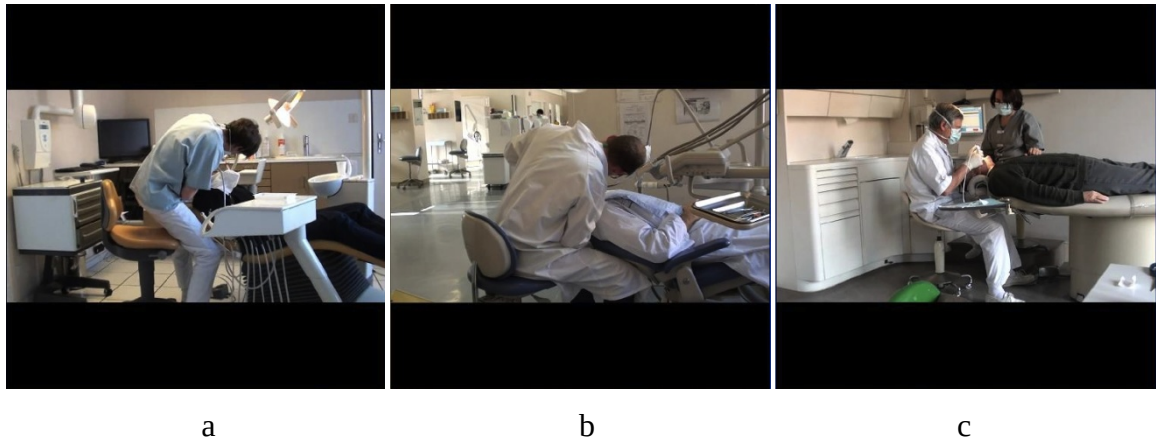


Fig. 36 : Positions de travail pendant les enregistrements. (a) Fauteuil dentaire avec un cart, (b) Fauteuil dentaire avec un transthoracique, (c) Table de travail + assistante correspondant au concept de Beach.

Le siège opérateur est traditionnel, seule a changé la hauteur d'assise. Dans le concept de Beach l'assise était un peu plus basse, avec une flexion de hanche proche de 90°. Pour les autres fauteuils, les dentistes ont positionné leur siège un peu plus haut.

1.3. Electromyographie

La position des électrodes et des capteurs est représentée Fig. 37a. Des électrodes bipolaires de surface ont été utilisées, afin d'enregistrer **l'activité électrique des trapèzes supérieurs et des spinaux lombaires**. Les électrodes utilisées étaient de marque Thought Technology® type T3404, diamètre : 1cm, espacées de 3cm entre leurs 2 centres, autocollantes. Les électrodes des trapèzes supérieurs ont été positionnées de façon équidistante entre l'acromion et l'apophyse épineuse de C7. L'électrode de référence a été positionnée sur une zone non pourvue de fibres musculaires (la face supérieure de la clavicule) afin de ne capter aucune activité électrique. Les électrodes des spinaux lombaires ont été positionnées de part et d'autre de la ligne des apophyses épineuses, en regard de L3, au niveau du sommet du corps musculaire. Les capteurs utilisés (T-sens sEMG) étaient sans fils (Fig. 37a), (poids 20g, dimensions 52mmx25mmx14mm). Ils

étaient fixés aux électrodes par bouton pression et fixés à la peau par adhésif. Ils ont transmis les mesures à un enregistreur : le module Datalogger.

L'activité électrique a été mesurée en microvolts, d'échantillonnage 2048 Hz, avec un calcul RMS de 128Hz. Les données ont été transférées vers le logiciel Captiv L-7000 de la société TEAERGO (Vandoeuvre-lès-Nancy, France), développé en collaboration avec l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), et fonctionnant sous Windows®.

Avant d'effectuer le détartrage, la mesure de la force maximale volontaire (FMV) de chaque muscle a été effectuée. Chaque muscle a été positionné en course moyenne, et une contraction statique maximale contre résistance manuelle a été demandée au sujet. Pour les trapèzes supérieurs le sujet était debout bras le long du corps, il devait élever uniquement l'épaule en gardant le bras tendu, poing fermé, pendant que l'opérateur fixait son poing (Fig. 37b). Pour les spinaux lombaires le sujet était à plat ventre, il soulevait les pieds et la tête contre la résistance manuelle de l'opérateur (Fig. 37c).

Une contraction maximale était demandée au sujet, motivée oralement, et répétée 3 fois. Le meilleur score a été conservé.

Les valeurs absolues des mesures en microvolts ont été relativisées par rapport à la FMV, et interprétées par un pourcentage de FMV.



Fig. 37 : Préparation des enregistrements goniométriques et electromyographiques. (a) Positions des capteurs et électrodes (b) Enregistrement de la Force Maximale Volontaire (FMV) du trapèze supérieur gauche, (c) Enregistrement de la FMV des muscles spinaux lombaires.

1.4. Goniométrie électronique

Des **capteurs de mesure angulaire** de marque Biometrics Ltd® ont été reliés à un émetteur amplificateur sans fil (T-sens Gonio).

Ils possédaient **2 voies (Flexion/Extension, et Inclinaison droite/gauche)** et étaient reliés au module « Datalogger » vers le logiciel « Captiv L-7000 ». La mesure s'est faite en degrés, le 0° fut étalonné sur table. La plage de mesure était $\pm 180^\circ$, la fréquence de 32Hz par voie, et la précision de 2° .

Ces capteurs ont été positionnés de manière à ce que la tige inter capteurs soit située entre les apophyses épineuses de C6 et T2 pour la région cervicale, et entre L2 et le sacrum pour la région lombaire (Fig. 35a). Cette distance étant variable selon les sujets, les pièces du « T-sens Gonio » ont été positionnées grâce à un repérage anatomique manuel par palpation.

1.5. Vidéo

Un enregistrement vidéo a été effectué pendant toute la durée du détartrage, le sujet a été cadré de la tête jusqu'aux pieds, et de profil (Fig. 34). Le fichier vidéo a été synchronisé avec l'enregistrement EMG et Goniométrie, afin d'apparaître dans le logiciel Captiv L-7000.

1.6. Enregistrement des sessions et analyse

Au début de chaque session, le sujet a été placé debout en position anatomique de référence afin d'étalonner le 0° Goniométrie.

Il a été demandé aux praticiens d'effectuer le détartrage comme ils ont l'habitude de le faire. Pour la session sur table de travail, l'étudiante a reçu quelques recommandations sommaires afin de l'aider à respecter les principes du concept de Beach.

L'activité électrique des muscles trapèze supérieur droit et gauche, des muscles spinaux lombaires droit et gauche a été enregistrée en microvolts. Les amplitudes des régions lombaires et cervicales ont été enregistrées en degrés, dans le plan sagittal et frontal. (Fig. 38)

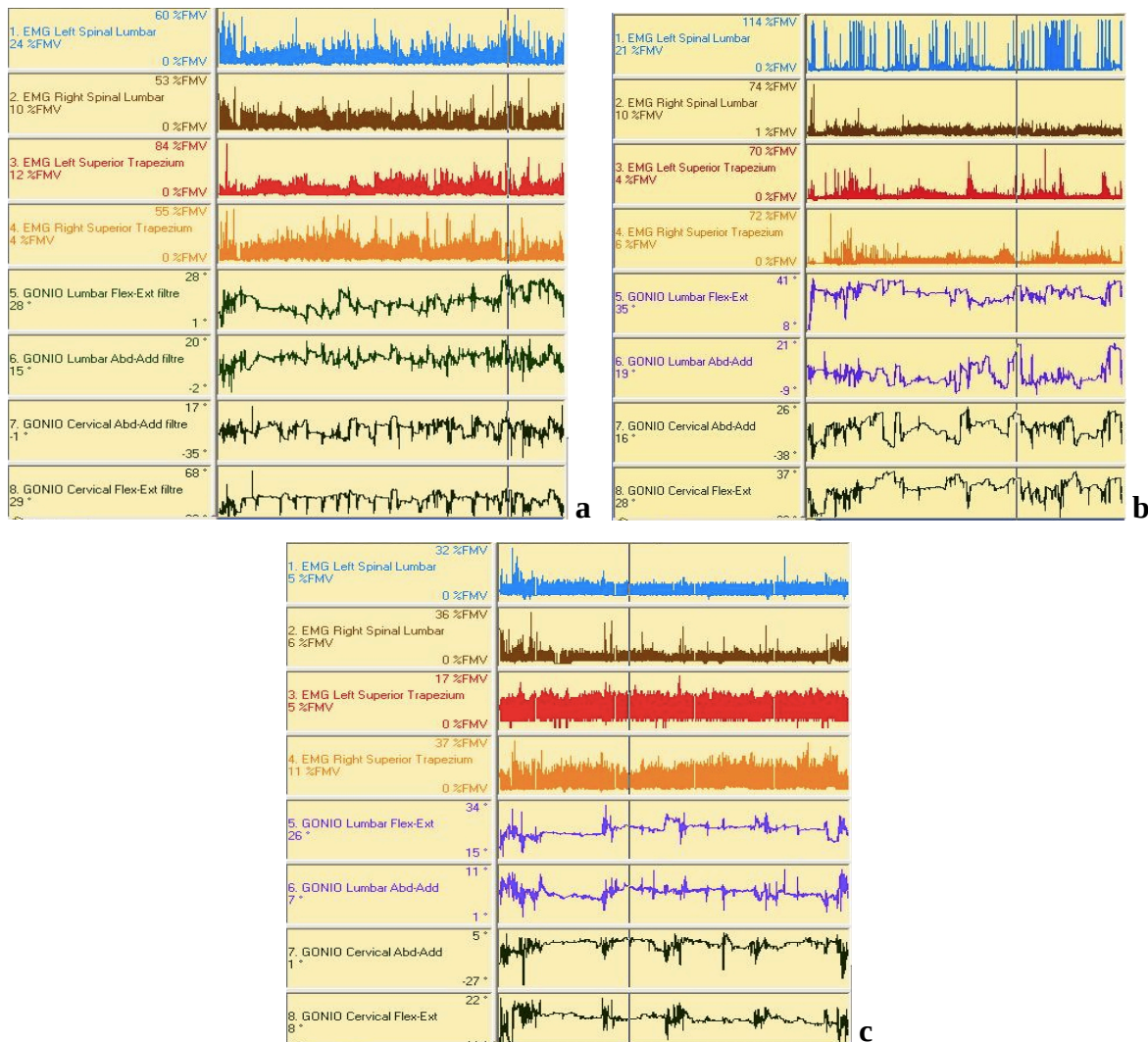


Fig. 38 : Enregistrements electromyographiques et goniométriques. (a) Fauteuil dentaire avec un cart, (b) Fauteuil dentaire avec un transthoracique, (c) Table dentaire correspondant au concept de Beach. Pour chaque item mesuré, la valeur instantanée est inscrite sous le nom de l'item. Cela correspond à la ligne verticale sur le graphique, et à l'image sur la Fig. 1. Pour les électromyographies, les chiffres supérieurs et inférieurs de la case sont respectivement les maximums et minimums enregistrés lors de la session. Toutes les valeurs sont exprimées en pourcentage de la Force Maximale Volontaire (FMV). La taille du graphique est à l'échelle de la plus grande valeur enregistrée, par ex : ligne 3 dans les Fig. 38a, 38b, 38c.

Les lignes 5 et 8 montrent une flexion cervicale et lombaire instantanée en degrés sous le nom de l'item, la flexion minimale et maximale sur le côté droit du nom de l'item.

Les lignes 6 et 7 montrent les inclinaisons instantanées du rachis en degrés. Les valeurs positives correspondent à l'inclinaison droite, et les négatives à gauche. Les inclinaisons maximales droite et gauche sont à droite du nom de l'item.

Les durées des détartrages ont varié selon les habitudes de travail des praticiens et la quantité de tartre des patients. Les mesures ont donc été converties grâce au logiciel Excel®, en **pourcentage du temps de travail au delà d'un seuil**. Il y avait 2 raisons pour cela : cela permet d'obtenir des valeurs comparables, et cela permet de tester ce qui est le plus nocif pour le muscle. Les contractions musculaires statiques créant une hypoxie cellulaire, même à faible intensité, ce qui est caractéristique du travail dentaire ; une faible intensité, mais maintenue longtemps.

Le logiciel Captiv L-2100 a procuré des durées d'activités électriques au delà d'un seuil, ainsi que des moyennes d'amplitudes articulaires.

Les **amplitudes de confort articulaire ont été déterminées par la méthode RULA** décrite par Mac Atamney et Corlett (1993) [81] basée sur les études de Chaffin [82] et Kilbom [83] [84] pour les cervicales, et Drury [85], Grandjean [86] [87] pour le tronc. Un score (Fig. 39) est obtenu en fonction des amplitudes mesurées.

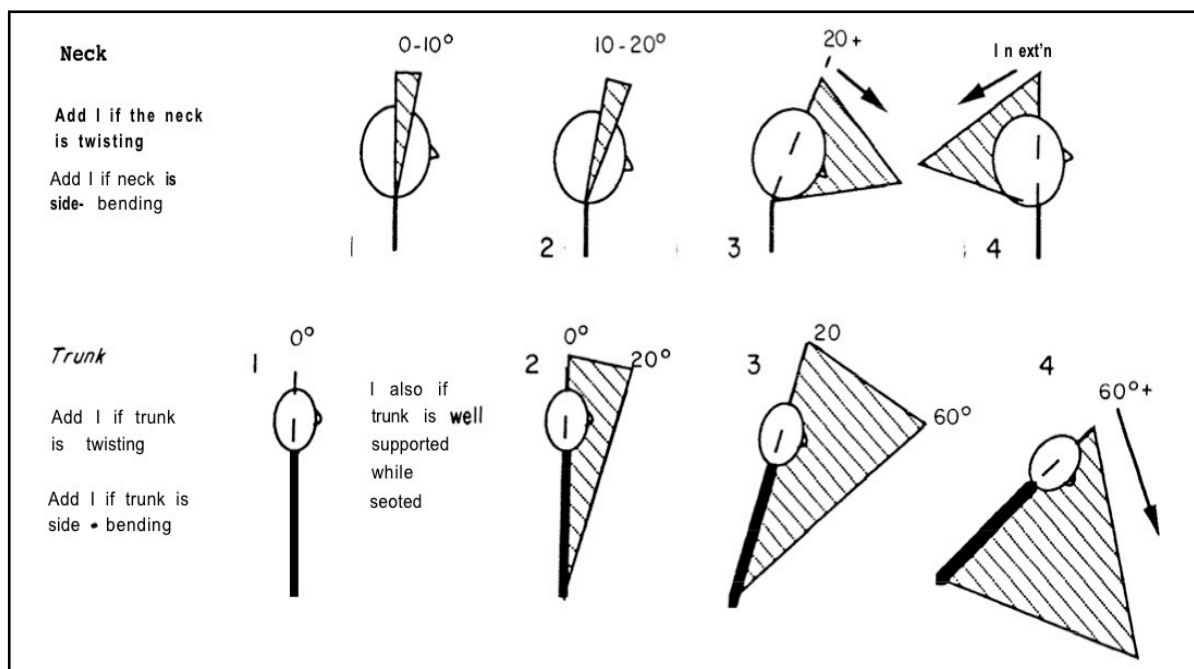


Fig. 39 : Score RULA, en fonction des amplitudes articulaires cervicales et lombaires.

Pour la région cervicale : 1 pour 0/10° de flexion cervicale, 2 pour 10/20°, 3 pour 20° ou plus, et 4 si en extension. Ces valeurs ont été utilisées comme seuil de calcul pour la figure 40.

Pour la région du tronc : (1 quand le sujet est assis sans flexion du tronc, 2 pour 0/20° de flexion du tronc, 3 pour 20/60°, 4 pour 60° ou plus), on ajoute 1 si le tronc est en rotation et encore 1 s'il est incliné.

Pour **l'évaluation du temps passé dans des positions inclinées, le seuil est placé à 10°** d'inclinaison droite ou gauche, pour le rachis cervical et lombaire. La présence de rotation associée est appréciée par la vidéo.

Les amplitudes articulaires maximales citées par Kapandji [35] sont en moyenne de 40° de flexion lombaire et 30° d'extension, selon les travaux de David et Allbrook [88]. Les amplitudes articulaires de confort sont considérées comme étant la course moyenne, soit entre 6° d'extension et 17° de flexion.

Le **seuil des EMG** a été fixé de façon arbitraire à **10% de FMV** pour tous les sujets, afin de rendre les valeurs comparables. Des pourcentages de temps passé au dessus de 10% de la FMV ont été comparés. Pour évaluer l'astreinte musculosquelettique, le temps passé au-delà d'une certaine limite est plus représentatif que la valeur maximale. D'une part, parce que la valeur maximale est un cas isolé, et d'autre part, parce que la contraction musculaire statique est plus nocive que de la contraction dynamique, provoquant une hypoxie cellulaire. **Des douleurs musculaires peuvent se produire avec de faibles intensités de contraction si elles durent pendant une longue période [70]. Ceci est caractéristique du travail dentaire.**

Le calcul de la **moyenne** et de **l'écart type** (σ) pour chaque item mesuré, permet d'évaluer dans les tableaux 2 et 3, l'importance de la différence d'astreinte entre les praticiens.

Les valeurs moyennes de 2 concepts sont comparées dans le tableau 4 ; Concept de Beach + assistante versus Fauteuil dentaire sans assistante. Un **ratio** a été calculé pour chaque paire de valeurs, afin de souligner l'importance de la différence entre les concepts. Une analyse de la variance (ANOVA) à un facteur, avec **mesure de la significativité (p-value < 0,05)**, a été réalisée en ligne grâce au site de l'unité de recherche INSERM-UPMC U707. Les mesures enregistrées sur le sujet qui a utilisé chaque concept sont représentées dans le Tableau 5.

23 items ont été comparés, mais seulement 21 peuvent être considérés comme représentatifs d'une astreinte musculosquelettique péjorative. Le temps passé entre 0° et 20°, étant plutôt un critère de faible astreinte.

2. Résultats

2.1. Comparaison entre chaque praticien

Au niveau lombaire :

Le tableau 2 montre que l'astreinte lombaire du chirurgien dentiste est très **variable** selon le praticien. Les différences sont marquées, au niveau du **temps passé penché à droite** (de 0 à 80% du temps, $\sigma = 33,1$), au niveau du **temps passé au delà de 17° de flexion** (18 à 100% du temps, $\sigma = 35,55$), et au niveau de **l'activité électrique des spinaux** (EMGmax gauche 24 à 90% de la FMV, $\sigma = 27,92$ et 0 à 21% du temps au delà de 10% FMV, $\sigma = 9$). Les différences sont plus faibles au niveau du temps passé en inclinaison gauche ($\sigma = 3,81$), et de la durée de contraction des spinaux droits ($\sigma = 5,58$).

Tab. 2

Mesures EMG et goniométriques lombaires pour chaque praticien. L'écart type montre une **dispersion importante entre les valeurs**. « Temps passé » correspond au pourcentage de durée de la session de détartrage. Pour chaque item mesuré, les valeurs les plus basses sont en vert, et les plus élevées sont en rouge.

	Praticien								Moyenne	Ecart type σ
	1	2	3	4	5	6	7	8		
EMGmax lombaire gauche (en % FMV)	58	79	24	27	30	39	87	90	54,25	27,92
EMGmax lombaire droit (en % FMV)	53	85	37	36	31	38	80	41	50,13	20,99
EMG lombaire gauche : temps passé au delà de 10% FMV	21	8	0	2	0	9	21	17	9,75	8,94
EMG lombaire droit : temps passé au delà de 10% FMV	17	4	3	1	0	4	0	7	4,5	5,58
Flexion lombaire moyenne (en degrés)	13	28	29	25	27	21	13	32	23,5	7,21
Flexion lombaire max (en degrés)	28	45	32	34	40	40	35	40	36,75	5,47
Temps passé au delà de 17° de flexion lombaire	18	71	100	100	100	83	20	100	74	35,55
Temps passé en inclinaison lombaire >10° G	0	1	0	0	2	11	0	0	1,75	3,81
D	82	4	0	0	0	0	63	9	19,75	33,10
Temps total passé en inclinaison lombaire >10°	82	5	0	0	2	11	63	9	21,5	32,13

Au niveau cervical :

Le tableau 3 montre que **l'astreinte cervico-scapulaire** du chirurgien dentiste est aussi **très variable selon les praticiens**.

Les différences sont marquées au niveau de **l'activité électrique des trapèzes supérieurs**, et d'autant plus du côté **gauche** (EMGmax de 17 à 90% de la FMV, $\sigma = 23,78$, et 1 à 42% du temps au delà de 10% FMV, $\sigma = 16,74$), au niveau de la **flexion maximale cervicale** (22 à 68°, $\sigma = 14,29$), ou du **temps passé la tête penchée sur le côté** (0 à 44%, $\sigma = 16,76$). Les différences sont plus faibles au niveau de la flexion cervicale moyenne ($\sigma = 3,81$)

Tab. 3

Mesures EMG et goniométriques cervicales pour chaque praticien. L'écart type montre une **dispersion importante entre les valeurs**. « Temps passé » correspond au pourcentage de durée de la session de détartrage. Pour chaque item mesuré, les valeurs les plus basses sont en vert, et les plus élevées sont en rouge.

	Praticien								Moyenne	Ecart type σ
	1	2	3	4	5	6	7	8		
EMGmax du trapèze sup gauche (en % FMV)	63	90	67	17	35	66	80	70	26,4	23,78
EMGmax du trapèze sup droit (en % FMV)	52	39	41	37	35	49	87	72	51,5	18,65
EMG trapèze sup gauche : temps passé au delà de 10% FMV	40	15	27	1	1	42	32	8	20,75	16,74
EMG trapèze sup droit : temps passé au delà de 10% FMV	34	15	14	32	3	4	19	8	16,13	11,79
Flexion cervicale moyenne (en degrés)	20	20	16	9	15	12	18	16	15,75	3,81
Flexion cervicale max (en degrés)	68	40	24	22	32	39	44	37	38,25	14,29
Temps passé en inclinaison cervicale >10°	G	29	17	4	0	0	3	27	15	11,88
	D	1	26	7	0	0	9	3	20	8,25
Temps total passé en inclinaison cervicale >10°		30	44	11	0	0	12	31	35	20,38
									20,38	16,76

Au niveau de la répartition de la flexion cervicale, la figure 40 montre les différences en fonction du praticien. Les **praticiens 3, 4 et 5** utilisant le concept de Beach + assistante, **passent moins de temps dans des amplitudes supérieures à 20° de flexion cervicale, et moins de temps en extension.**

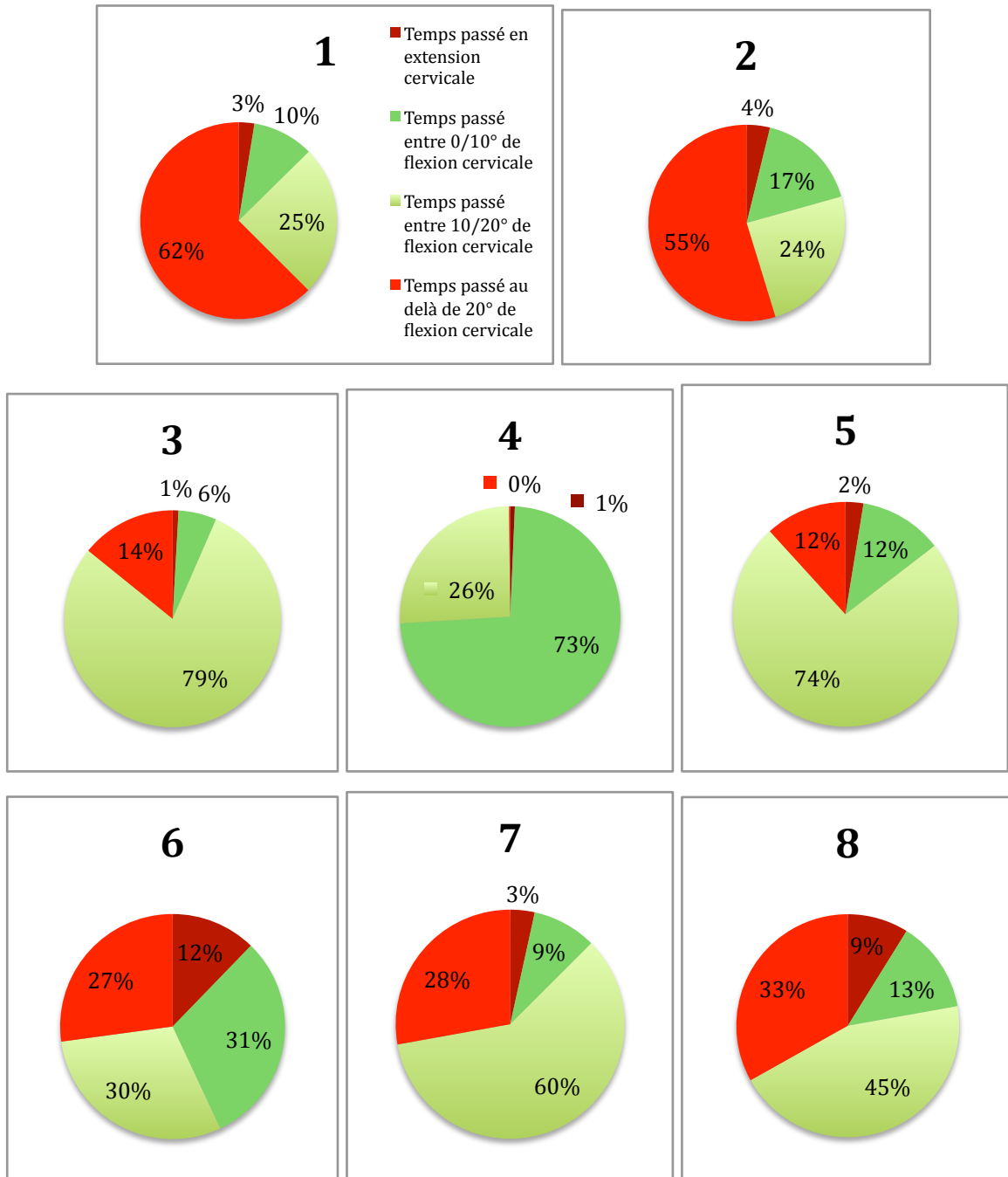


Fig. 40 : Répartition du temps passé dans différentes amplitudes cervicales, pour les 8 praticiens.

2.2. Comparaison entre 2 concepts : fauteuil dentaire sans assistante et concept de Beach avec assistante.

Les moyennes des mesures d'amplitudes articulaires et d'activité électrique musculaire, par concept de poste de travail, révèlent que les praticiens utilisant **le concept de Beach associé à l'aide opératoire, ont une astreinte plus faible pour 17 items sur 21.** (Tab. 4)

Pour la région lombaire :

Les valeurs moyennes des mesures obtenues avec le **concept de Beach + assistante**, sont plus faibles que celles obtenues avec le fauteuil dentaire sans assistante. La différence d'astreinte est **significative pour le temps passé au delà de 10% FMV des spinaux lombaires gauche**. La moyenne passe de 15% à 2% de la durée du détartrage ($p = 0,00703$). La **baisse de la valeur EMGmax lombaire gauche est aussi significative**, elle passe de 71% à 27% de la FMV ($p = 0,01517$).

Pour la région cervicale :

Les moyennes des mesures obtenues avec le **concept de Beach + assistante**, sont aussi plus faibles que celles obtenues avec le fauteuil dentaire sans assistante. Cependant la diminution de l'astreinte n'est alors significative que pour :

Le temps passé en inclinaison cervicale gauche > 10° (2% au lieu de 18%, $p = 0,03681$).

Le temps total passé en inclinaison cervicale (4% du temps au lieu de 30%, $p = 0,01158$).

Le temps passé au delà de 20° de flexion cervicale (9% au lieu de 40%, $p = 0,01927$).

La flexion maximale cervicale (elle ne dépasse pas 26° au lieu de 46°, $p = 0,04855$).

L'activité électrique maximale du trapèze supérieur gauche (elle ne dépasse pas 40% de la FMV, alors qu'elle atteint 74% en moyenne dans le cas du fauteuil sans assistante, $p = 0,03477$).

Les autres mesures montrent des différences importantes en faveur du concept de Beach + assistante, avec un ratio élevé (jusqu'à 34), mais qui sont non significatives.

Tab. 4

Résultats moyens de chaque item mesuré, montrant des **écarts entre le concept de Beach avec aide opératoire, et le fauteuil dentaire sans aide**. Ratio = Fauteuil dentaire sans assistante / Concept de Beach + assistante. « Temps passé » correspond au pourcentage de durée de la session de détartrage. A = Concept de Beach + assistante, B = Fauteuil dentaire sans assistante.

	A	B	p – value	RATIO
Items pour lesquels l’astreinte est plus faible avec concept de Beach + assistante				
Temps passé en inclinaison lombaire droite >10°	0	32	0.21332	-
Temps total passé en inclinaison lombaire >10°	1	34	0.17000	34
Temps passé en inclinaison cervicale gauche >10°	2	18	0.03681	9
Temps total passé en inclinaison cervicale >10°	4	30	0.01158	7.5
EMG lombaire gauche : temps passé au delà de 10% FMV	2	15	0.00703	7.5
EMG lombaire droit : temps passé au delà de 10% FMV	1	7	0.24005	7
Temps passé en extension cervicale	1	6	0.10687	6
Temps passé en inclinaison cervicale droite >10°	2	12	0.20678	6
Temps passé au delà de 20° de flexion cervicale	9	40	0.01927	4.4
EMG trapèze sup gauche : temps passé au delà de 10% FMV	9	28	0.15968	3.1
EMGmax lombaire gauche (en % FMV)	27	71	0.01517	2.6
Temps passé en inclinaison lombaire gauche >10°	1	2	0.57435	2
EMGmax du trapèze sup gauche (en % FMV)	40	74	0.03477	1.9
Flexion cervicale max (en degré)	26	46	0.04855	1.8
EMGmax lombaire droit (en % FMV)	35	60	0.10847	1,7
EMGmax du trapèze sup droit (en % FMV)	38	60	0.10532	1.6
Flexion cervicale moyenne (en degrés)	13	17	0.36308	1.3
Items pour lesquels les moyennes sont proches				
Flexion lombaire max (en degrés)	35	38	0.61009	1
EMG trapèze sup droit : temps passé au delà de 10% FMV	16	17	0.97254	1
Items pour lesquels l’astreinte paraît plus faible avec Fauteuil dentaire sans assistante				
Flexion lombaire moyenne (en degrés)	27	21	0.32363	0.8
Temps passé au delà de 17° de flexion lombaire	100	64	0.11155	0.6
Items favorables				
Temps passé entre 0°/10° flexion cervicale	31	16	0.42509	0.5
Temps passé entre 10°/20° de flexion cervicale	60	38	0.19110	0.6

2.3. Concernant le sujet qui a pratiqué sur chacun des concepts

Ce sujet a eut **des valeurs plus faibles avec le concept de Beach + assistante pour 16 items sur 21** (Tab. 5). Seules les flexions moyenne et maximale lombaires, et la flexion moyenne cervicale, ont été plus faibles avec le fauteuil + transthoracique sans assistante. Le temps passé au delà de 17° de flexion lombaire et le temps passé en inclinaison lombaire gauche ont été plus faibles avec le fauteuil + cart sans assistante.

Tab. 5

Résultats montrant une **plus faible astreinte avec le concept de Beach + assistante, pour le sujet qui a pratiqué sur les 3 concepts**. « Temps passé » correspond au pourcentage de temps de la session de détartrage. A = Concept de Beach + assistante, B = Fauteuil + cart sans assistante, C = Fauteuil + transthoracique sans assistante.

	A	B	C
Items pour lesquels l'astreinte est la plus faible avec le concept de Beach + assistante			
EMG lombaire gauche : temps passé au delà de 10% FMV	0	2	6
EMG lombaire droit : temps passé au delà de 10% FMV	0	4	4
Temps passé en inclinaison lombaire droite	0	4	0
Temps passé en inclinaison cervicale gauche	0	18	3
Temps passé en inclinaison cervicale droite	0	26	9
Temps total passé en inclinaison cervicale	0	44	12
EMG trapèze sup gauche : temps passé au delà de 10% FMV	1	15	42
EMG trapèze sup droit : temps passé au delà de 10% FMV	3	15	5
Temps passé en extension cervicale	3	4	12
Temps total passé en inclinaison lombaire	3	5	11
Temps passé au delà de 20° de flexion cervicale	12	55	19
EMGmax lombaire gauche (en % FMV)	30	79	39
EMGmax lombaire droit (en % FMV)	31	85	38
Flexion cervicale max (en degrés)	32	40	39
EMGmax du trapèze sup gauche (en % FMV)	35	90	66
EMGmax du trapèze sup droit (en % FMV)	35	39	49
Items pour lesquels l'astreinte est la plus faible avec le fauteuil + transthoracique sans assistante			
Flexion cervicale moyenne (en degrés)	15	20	12
Flexion lombaire moyenne (en degrés)	27	28	21
Flexion lombaire max (en degrés)	40	45	40
Items pour lesquels l'astreinte est la plus faible avec le fauteuil + cart sans assistante			
Temps passé au delà de 17° de flexion lombaire	100	71	83
Temps passé en inclinaison lombaire gauche	3	1	11
Items favorables			
Temps passé entre 0°/10° flexion cervicale	12	17	32
Temps passé entre 10°/20° de flexion cervicale	74	25	36

3. Discussion

L'objectif était de déterminer s'il existe des différences d'astreinte du chirurgien-dentiste en fonction des postes de travail dentaire. La grande variabilité de résultats entre les différents praticiens mesurés montre que tous les postes ne se valent pas, certains ont diminué l'astreinte, d'autre l'ont augmenté, mais pas de façon homogène sur les différentes régions anatomiques. On peut analyser alors quelques points.

Chez certains sujets (1 et 7), **une faible flexion lombaire a été compensée par une importante flexion cervicale.** On peut penser que cette compensation était due au besoin de **répondre à l'impératif de la distance œil tâche.** En effet, lorsque le sujet essaye de conserver la région lombaire droite, il oriente sa tête et ses yeux vers le bas pour voir la tâche à effectuer. Parfois, comme c'est le cas pour le sujet 8, il y a eu à la fois une flexion cervicale et lombaire importante.

Concernant la **flexion lombaire** moyenne, les valeurs qui paraissent plus élevées pour les praticiens 3, 4, 5, étaient probablement en rapport avec **la position plus basse de l'assise** du tabouret du praticien. En effet dans leur cas, l'activité électrique des lombaires est faible. Par contre les sujets 2 et 8 combinent une flexion importante et une activité musculaire élevée. Il est donc penché en avant, ce qui est un facteur de risque de TMS.

Dans certains cas, il y a des **compensations entre inclinaison lombaire et cervicale.** Le praticien 2 a peu incliné sa région lombaire, mais le temps passé en inclinaison cervicale était élevé pour compenser. Les sujets 1 et 7 ont passé plus de temps en inclinaison lombaire droite, ce qui leur a fait augmenter leur temps passé en inclinaison cervicale gauche. C'est une position inconfortable, qui provoque aussi une **contraction plus importante des spinaux lombaires gauche pour tenir la position.** Cette association de la flexion et de l'inclinaison crée une rotation qui est un facteur de risque des TMS.

Certaines différences sont par contre peu marquées entre les 8 praticiens. C'est le cas au niveau du temps passé en inclinaison lombaire gauche et en activité électrique des spinaux lombaires droit. Cela montre que les praticiens ont en commun le fait de passer peu de temps penché à gauche.

Concernant le tabouret de l'opérateur, dans une étude précédente de Verkindere (89), la contraction musculaire prolongée a été considérée comme un facteur positif pour protéger la colonne vertébrale. Cependant, **la plupart des articles considèrent qu'une faible**

activité électrique est moins nocive [10] [11] [12] [13] [14]. L'activité musculaire est essentielle pour maintenir la colonne vertébrale et pour protéger contre les troubles musculosquelettiques au cours d'activités physiques ponctuelles telles que le port de charge. Cependant l'activité dentaire nécessite un maintien postural prolongé et on peut se demander si une activité musculaire légère ne serait pas préférable à des contractions musculaires soutenues.

Lorsque l'on cherche à comparer des moyennes par concept de travail, certains résultats significatifs ($p < 0,05$) tendent à montrer que les praticiens ayant travaillé selon le concept de Beach + assistante, ont eu une astreinte musculaire et articulaire plus faible. La différence se situe surtout au niveau des muscles lombaires gauche, de l'inclinaison et flexion cervicale, et de l'activité électrique du trapèze gauche.

Pour d'autres valeurs le ratio entre les moyennes est élevé, mais la différence est non significative à cause de la faiblesse de l'échantillon. Il existe donc une tendance vers une astreinte plus faible, mais qu'il faudrait **confirmer par d'autres études**.

Les **limites** de cette étude sont principalement :

Le nombre restreint de sujets, ce qui diminue la significativité (p-value trop élevé).

Le fait que **tous les sujets ne sont pas mesurés sur chaque poste de travail**. Dans ce cas précis le paramètre de l'apprentissage, du temps d'adaptation, pourrait augmenter l'astreinte chez les praticiens qui n'ont pas l'habitude de travailler selon certains concepts (notamment la vision indirecte).

De futures études pourraient tenir compte du fait que pour isoler les éléments qui modifient l'astreinte, il faut standardiser le concept de poste de travail, et **modifier un seul paramètre à la fois** :

- changer l'angle de flexion de hanche en modifiant la hauteur du tabouret opérateur, pour déterminer les conséquences sur la flexion lombaire.
- modifier la distance œil-tâche, par la hauteur de la cavité buccale du patient.
- modifier l'inclinaison du dossier du fauteuil patient, ou utiliser une table de travail.
- l'utilisation de la vision directe ou indirecte.
- la présence ou l'absence d'une aide opératoire. Sur ce point l'aide d'une assistante améliorera en théorie les résultats, mais uniquement sur le membre supérieur gauche du praticien. On peut supposer qu'il y ait une absence de conséquence sur les amplitudes et sur l'activité musculaire rachidienne, mais l'hypothèse est à vérifier.

- le choix du mode de distribution des instruments, et son emplacement.
- l'emplacement du praticien, par exemple à 9h ou à midi.

Enfin il serait intéressant de mesurer l'efficacité du traitement effectué sur le patient, ainsi que d'évaluer son confort, afin d'éviter que la qualité du soin soit diminuée par la modification du poste de travail.

Tous ces éléments sont donc à prendre en compte, si on veut effectuer des études avec un niveau de preuve supérieur. L'objectif sera de déterminer quel concept provoque la plus faible astreinte, et donc lequel est susceptible de diminuer la prévalence des TMS.

CONCLUSION :

L'utilisation de l'EMG et de la goniométrie a montré que **l'astreinte musculosquelettique chez le chirurgien-dentiste est objectivable, comparable, et surtout très variable selon les postes de travail**. Les différents postes de travail ne sont donc pas égaux en terme de contrainte.

Cependant il se dégage une tendance vers une plus faible astreinte chez les praticiens utilisant **le concept de Beach associé à l'aide opératoire**. Il n'existe **pas de solution idéale**, mais **le meilleur compromis** doit être recherché. Il est certainement possible de **diminuer la prévalence des TMS**, grâce d'une part, à l'amélioration de **l'équipement**, et d'autre part, à **l'apprentissage** d'un positionnement ergonomique favorable au praticien et au patient.

La difficulté à changer leurs habitudes de travail peut paraître importante pour la plupart des praticiens. Une pression de temps apparaît, due à la modification des automatismes. En effet, il faut réapprendre à réaliser les actes habituels. Seule l'apparition de TMS les incite à faire ces efforts, et leur motivation est proportionnelle à leur douleur.

L'apprentissage des positions de travail à un stade précoce de la formation initiale, à une période où les habitudes ne sont pas encore acquises, est probablement une solution à envisager.

La **compréhension de la biomécanique humaine** appliquée au poste de travail dentaire, ainsi que les **résultats de l'« Evidence Based Dentistry »**, devraient permettre de **modifier les habitudes des professionnels** de soin dentaire, et des concepteurs de leur équipement. Ainsi ils **diminueraient objectivement leur astreinte physique, tout en améliorant le confort du patient**.

Le président du Jury :



Le directeur de thèse :


 O. Hamel - 15.5.13

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Hayes M, Cockrell D, Smith DR. A systematic review of musculoskeletal disorders among dental professionals. *International Journal of Dental Hygiene* 2009 Aug; **7(3)**: 159-65.
- [2] Finsen L, Christensen H, Bakke M. Musculoskeletal disorders among dentists and variation in dental work. *Applied Ergonomics* 1998 Apr; **29(2)**: 119-25.
- [3] Ginisty, J. Résultats de l'enquête relative aux maladies professionnelles des chirurgiens dentistes. *Bulletin de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire* 2002 ; 45-4
- [4] Horton SJ, Johnstone CL, Hutchinson CM, Taylor PA, Wade KJ. Clinical working postures of bachelor of oral health students. *New Zealand Dental Journal* 2011 Sep; **107(3)**: 74-8.
- [5] Takashi I, Morita J Corporation. Human-Centered Dental Treatment System formation. CGWORLD Editorial Office, ed. Structure of the Human Body. 2012.
- [6] Harris B, Lefebvre N, Amrouni D. Physique III: Ondes, Optique et Physique Moderne. Éditions du Renouveau pédagogique ; 1993.
- [7] Khurana A. K. Ophtalmology. New Age International ; 2005.
- [8] Balland B. Optique géométrique : imagerie et instruments. Collection des sciences appliquées de l'insa de lyon. PPUR presses polytechniques ; 2007.
- [9] Legagneux-Piquemal P. Optique ondulatoire - PC-PC* MP-MP* PSI-PSI* PT-PT*: ouvrage numérique PDF. Nathan ; 2007.
- [10] Akesson I, Balogh I, Hansson G-Ö. Physical workload in neck, shoulders and wrists/hands in dental hygienists during a work-day. *Applied Ergonomics* 2012 Jul; **43(4)**: 803-11.

- [11] Rolander B, Jonker D, Karsznia A, Oberg T. Evaluation of muscular activity, local muscular fatigue, and muscular rest patterns among dentists. *Acta Odontologica Scandinavica* 2005 Aug; **63(4)**: 189-95.
- [12] Oberg T, Karsznia A, Sandsjö L, Kadefors R. Work load, fatigue, and pause patterns in clinical dental hygiene. *Journal of Dental Hygiene* 1995 Sep-Oct; **69(5)**: 223-9.
- [13] Akesson I, Hansson GA, Balogh I, Moritz U, Skerfving S. Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 1997; **69(6)**: 461-74.
- [14] Milerad E, Ericson MO, Nisell R, Kilbom A. An electromyographic study of dental work. *Ergonomics* 1991 Jul; **34(7)**: 953-62.
- [15] Shaik AR, Rao SB, Husain A, D'sa J. Work-related musculoskeletal disorders among dental surgeons: A pilot study. *Contemporary Clinical Dentistry* 2011 Oct; **2(4)**: 308-12.
- [16] Dong H, Barr A, Loomer P, Rempel D. The effect of finger rest position on hand muscle load and pinch force in simulated dental hygiene work. *Journal of Dental Education* 2005; **69**: 453-460.
- [17] Smith CA, Sommerich CM, Mirka GA, George MC. An investigation of ergonomic interventions in dental hygiene work. *Applied Ergonomics* 2002 Mar; **33(2)**: 175-84.
- [18] Gandavadi, Amar. Working postures in dental practitioners and dental students: relationships between posture, seating, and muscle activity. - 617p, Ph D Thesis : Physiotherapy : Birmingham : 2008 ; n°216.
- [19] Fauchard P. Le chirurgien-dentiste. T. 1. 1746. p189-193
- [20] Leger-Dorez H. Traité de Prothèse dentaire. ASH. Paris ; 1920. p 19-23
- [21] Bonsack C. Le travail assis en Art dentaire. *Revue mensuelle suisse d'odontostomatologie*. Jan 1935; p 30- 38.

- [22] Popesco S. Notre agencement professionnel. *L'information dentaire* 1947 ; **38** : 1039-1046 et 1061-1083.
- [23] Malençon A. L'équipement du cabinet dentaire. Paris : Editions CdP; 1985.
- [24] Malençon A. Travaillons assis, *L'information dentaire*. 12 mars 1953.
- [25] Malençon A. Organisation et méthode de travail. P.O.S., 1968. p 687-693.
- [26] Comhaire E. Work simplification: presenting a new clinical working outfit for the dentist. *International journal* 1963; **13** : 715-720
- [27] Anderson J. Dental office design and layout. *Journal of American Dental Association* 1960; **60** : 344-353.
- [28] Anderson J. The efficient use of space to conserve time and energy. *Dental clinics of North America*. Mars 1961.
- [29] Anderson J. The selection and use of operator's stool and contour chair. *Dental clinics of North America*. 1965.
- [30] Neddermeyer W. : Le système Beach : Base physiologique des postures de travail. *Revue d'odonto-stomatologie*. 1980; N°4, tome 9.
- [31] ESDE congress. 2009; Cracow, Hokwerda O. Adopting good posture as a dentist.
- [32] Kilpatrick HC. Work simplification applied to dental practice : a progress report. *Dental Clinics of North America*. 1965 Jul; **19**: 269-79.

- [33] Hokwerda O., Wouters J. A. J., Ruijter R. A. G., Zijlstra-Shaw S. Ergonomic requirements for dental equipment.. Guidelines and recommendations for designing, constructing and selecting dental equipment. ESDE 2006. Available at : [http://www.esde.org/docs/ergonomic requirements for dental equipment may 2006.pdf](http://www.esde.org/docs/ergonomic_requirements_for_dental_equipment_may_2006.pdf). Accessed 03/2013.
- [34] Castaing J, Santini J-J. Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur. Tome 7 : Le rachis. Paris : Vigot ; 1960.
- [35] Kapandji IA. Physiologie articulaire. Tronc et rachis (5è édition). Paris : Maloine ; 1980.
- [36] Martinez C. Monographies de Bois-Larris. Paris : Masson ; 1982.
- [37] Christensen HW, Nilsson N. Natural variation of cervical range of motion : a one-way repeated-measures design. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 1998; **21 (6)**: 383-387
- [38] Mannion AF, Klein GN, Dvorak J, Lanz C. Range of global motion of the cervical spine: intraindividual reliability and the influence of measurement device. *European Spine Journal* 2000 Oct; **9(5)**: 379-85.
- [39] Descarreaux M, Blouin JS, Teasdale N. A non-invasive technique for measurement of cervical vertebral angle: report of a preliminary study. *European Spine Journal* 2003 Jun;12(3):314-9. Epub 2003 Feb 12.
- [40] Sforza C, Grassi G, Fragnito N, Turci M, Ferrario V. Three-dimensional analysis of active head and cervical spine range of motion: effect of age in healthy male subjects. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)* 2002 Oct; **17(8)**: 611-4.
- [41] Castro WH, Sautmann A, Schilgen M, Sautmann M. Noninvasive three-dimensional analysis of cervical spine motion in normal subjects in relation to age and sex. An experimental examination. *Spine* 2000 Feb 15; **25(4)**: 443-9.

- [42] Poisnel J-L. Épidémiologie des limitations d'amplitude du rachis cervical chez 230 sujets non consultants. *Annales de Kinésithérapie* 1981 ; **8** : 57-63.
- [43] Louis R. Chirurgie du rachis. Berlin : Springer Verlag ; 1982.
- [44] Bouisson L. Etude cinématique tridimensionnelle du rachis cervical. Comparaison entre sujets asymptomatiques et pathologiques. - 305p, Th. : Biomécanique : Lyon : 2008.
- [45] Fryette H.H. Principles of Osteopathic Technic. Carmel, CA: Academy of Applied Osteopathy; 1954.
- [46] Nachemson A. The effect of forward leaning on lumbar intradiscal pressure. *Acta Orthopédica Scandinavia* 1965; **35**: 314-28.
- [47] Maria Beatriz G. Villanueva , Midori Sotoyama, Hiroshi Jonai, Yasuhiro Takeuchi & Susmu Saito. Adjustments of posture and viewing parameters of the eye to changes in the screen height of the visual display terminal. *Ergonomics* 1996; **39**:7: 933-945
- [48] Eastman Kodak Company, Human Factors Section. Ergonomic Design for People at Work : Workplace, equipment and environmental design and information transfer. vol. 1, Belmont, CA : Lifetime Learning publication; 1983.
- [49] Kroemer KH, Hill SG. Preferred line of sight angle. *Ergonomics* 1986 Sep; **29**(9): 1129-34.
- [50] Hill SG, Kroemer KH. Preferred declination of the line of sight. *Human Factors* 1986 Apr; **28**(2): 127-34.
- [51] Peninou G, Dufour M. Les gestes fonctionnels du coude. *Annales de Kinésithérapie* 1986; **13**(5) : 225-228.
- [52] Samuel J, Peninou G. Anatomie et biomécanique du coude. Entretiens de Bichat - Médecine du sport; 1993 : 7-17.

- [53] Werner FW, An KN. Biomechanics of the elbow and forearm. *Hand Clinics* 1994; **10(3)** : 357-373.
- [54] François V, Reille E. Etude quantitative des activités EMG du “coude de force” et “coude de finesse”. *Annales de Kinésithérapie* 1991; **18(10)** : 526-527.
- [55] Galloway JC, Koshland GF. General coordination of shoulder elbow and wrist dynamics during multijoint arm movements. *Experimental Brain Research* 2002; **142(2)**: 163-180.
- [56] Neumann D.A. Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundations for Physical Rehabilitation. St Louis : Mosby; 2002.
- [57] Blackwell JR, Cole KJ. Wrist kinematics differ in expert and novice tennis players performing the backhand stroke: implications for tennis elbow. *Journal of Biomechanics* 1994 May; **27(5)**: 509-16.
- [58] Dufour M., Pillu M. Biomécanique fonctionnelle. Paris : Masson ; 2005.
- [59] Kapandji I.A. Physiologie articulaire, tome 1 : Membre supérieur, Paris : Maloine ; 2007.
- [60] Poppen NK, Walker PS. Normal and abnormal motion of the shoulder. *Journal of Bone Joint Surgery* 1976; **58(2)**: 195-201.
- [61] Talkani IS, Kelly CP. Scapulothoracic rythm in normal male volunteers. *Biomedical Sciences Instrumentation* 1997; **34**: 327-331.
- [62] Nadeau S, Bouzid H, Prud’homme D. Étude du mécanisme lésionnel de la hernie discale : modélisation du comportement élastique non linéaire. *Revue Internationale sur l’Ingénierie des Risques Industriels* 2008 ; **1 (1)** : 46-64.
- [63] Brooke MH, Kaiser KK. Muscle fiber types : how many and what kind ? *Archives of Neurology* 1970 ; **23(4)** : 369-379.

- [64] Poulain Ph, Pertuzon E. Etude comparative des effets de trois méthodes de musculation sur les propriétés contractiles et élastiques du muscle. *Annales de Kinésithérapie* 1998 ; **15(4)** : 167-177.
- [65] Rosendal L, Blangsted AK, Kristiansen J, Sogaard K, Langberg H, Sjogaard G, et al. Interstitial muscle lactate, pyruvate and potassium dynamics in the trapezius muscle during repetitive low-force arm movements, measured with microdialysis. *Acta Physiologica Scandinavica* 2004; **182**: 379-388.
- [66] Rosendal L, Larsson B, Kristiansen J, Peolsson M, Sogaard K, Kjaer M, et al. Increase in muscle nociceptive substances and anaerobic metabolism in patients with trapezius myalgia: microdialysis in rest and during exercise. *Pain* 2004; **112**: 324-334.
- [67] Sadamoto T, Bonde-Petersen F, & Suzuki Y. Skeletal muscle tension, flow, pressure, and EMG during sustained isometric contractions in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1983; **51**: 395-408.
- [68] Hägg GM (1991). Static work loads and occupational myalgia - a new explanation model. In: Andersen, P , Hobart, D , Danoff, J (eds). *Electromyographical Kinesiology*. Amsterdam : Elsevier, 1991. 141-4.
- [69] Søgaard K. Motor unit recruitment pattern during low-level static and dynamic contractions. *Muscle Nerve* 1995; **18**: 292-300.
- [70] Kadefors R, Forsman M, Zoéga B, & Herberts P. Recruitment of low threshold motor-units in the trapezius muscle in different static arm positions. *Ergonomics* 1999; **42**: 359-75.
- [71] Forsman M, Kadefors R, Zhang Q, Birch L, & Palmerud G. Motor-unit recruitment in the trapezius muscle during arm movements and in VDU precision work. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1999; **24**: 619-630.
- [72] Westgaard RH & De Luca CJ. Motor unit substitution in long-duration contractions of the human trapezius muscle. *Journal of Neurophysiology* 1999; **82**: 501-504.

- [73] Thorn S, Forsman M, Zhang Q, & Taoda K. Low-threshold motor unit activity during a 1-h static contraction in the trapezius muscle. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2002; **30**: 225-236.
- [74] Bongers PM, de Winter CR, Kompier MA, & Hildebrandt VH (1993). Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 1993; **19**: 297-312.
- [75] Kilbom s, Armstrong T, Buckle P, Fine L, Hagberg M, Haring-Sweeney M, et al. (1996). Musculoskeletal Disorders: Work-related Risk Factors and Prevention. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 1996; **2**: 239-246.
- [76] Malchaire JB, Roquelaure Y, Cock N, Piette A, Vergracht S, & Chiron H (2001). Musculoskeletal complaints, functional capacity, personality and psychosocial factors. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2001; **74**: 549-57.
- [77] National Research Council and the Institute of medicine. Musculoskeletal Disorders and the Workplace. Washington, D.C : National Academy Press; 2001.
- [78] Devereux JJ, Vlachonikolis IG, & Buckle PW (2002). Epidemiological study to investigate potential interaction between physical and psychosocial factors at work that may increase the risk of symptoms of musculoskeletal disorder of the neck and upper limb. *Occupational Environmental Medecine* 2002; **59**: 269-77.
- [79] Chaikumarn M. Working conditions and dentists' attitude towards proprioceptive derivation. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 2004; **10(2)**: 137-46.
- [80] Chaikumarn M. Differences in dentists' working postures when adopting proprioceptive derivation vs. conventional concept. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 2005; **11(4)**: 441-9.
- [81] MacAtamney L., Corlett E. N. RULA : a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 1993; **24**: 91-99.

- [82] Chaffin D. B. Localized muscle fatigue - definition and measurement. *Journal of Occupational Medecine* 1973; **15**: 346-354
- [83] Kilbom A, Persson I. and Jonsson B. G. 'Risk factors for work related disorders of the neck and shoulder - with special emphasis on working postures and movements' in Corlett, E N, Wilson, J R and Manenica, J (eds) *The ergonomics of working posture* London : Taylor & Francis, 1986: 44-53.
- [84] Kilbom A, Persson I. and Jonsson B. G. Disorders of the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1986; **1**: 37-47
- [85] Drury C. G. A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs. *Seminary of Occupational Medecine* 1987; **2(1)**: 41-47
- [86] Grandjean E. *Fitting the task to the man*. London : Taylor & Francis; 1988. p 24, 48, 51, 107
- [87] Grandjean E, Hunting W. and Piderman M. VDT workstation design: preferred settings and their effects. *Human Factors* 1983; **25**.
- [88] Allbrook D. Movements of the lumbar spinal column. *Journal of Bone Joint Surgery* 1957 ; **39-B** : 339-345.
- [89] Verkindere M. T., Lacombe C., Lodter, J. P. Electromyographic Study of the Dynamic Sitting Position suitable for Dentists. *L'Information Dentaire* 1998 ; **Jg. 80 Nr. 12**.

ANNEXES

ANNEXE 1

Statistiques CARCDSF de déclaration d'invalidité et d'inaptitude des chirurgiens dentistes
en 2009

INVALIDITÉ 2009	1er Trimestre	2ème Trimestre	3ème Trimestre	4ème Trimestre	TOTAL	TOTAL %	avec K individualisé	TOTAL % avec K individualisé
	C : CMR	C : VAC	C : CVC	E : RPD	C : 5	R : 30,2	C : 5	R : 30,2
	C : IDM	C : POC	G : KCR	N : PRI	E : 1	N : 19	E : 1	N : 17,5
	G : KCR	G : 2 KCR	N : ISM	N : KCE	G : 4	S : 12,7	K : 10	K : 15,9
	N : 2 PAR	N : NEP	N : LED	R : PSX	N : 12	C : 7,9	N : 11	S : 12,7
légende :	N : AVC	O : KGO	N : PAR	R : HDO	O : 1	V : 7,9	R : 19	C : 7,9
C : cardiologie	N : CMA	R : 2 FMY	N : CPL	R : ARR	Q : 3	G : 6,3	S : 8	V : 7,9
E : endocrinologie	N : TPL	R : NCB	Q : KSE	R : RAP	R : 19	Q : 4,8	T : 3	T : 4,8
G : gastroentérolo	Q : 2 KSE	S : 3 DEX	R : 2 ARR	R : RIZ	S : 8	T : 4,8	U : 1	U : 1,6
N : neurologie	R : NCB	S : 2 DEA	R : NCB	V : BAV	T : 3	U : 3,2	V : 6	E : 1,6
O : ORL	R : DRR	T : PRN	R : SQX		U : 2	E : 1,6		
Q : gynécologie	R : SQX	T : PLU	R : HDO		V : 5	O : 1,6		
R : rhumatologie	R : 2 ARR	R : KPR	S : DEX					
S : psychiatrie	R : RIZ		U : DIA					
T : traumatologie	S : 2 DES		V : CAT					
U : urologie	T : AGE		V : DGM					
V : ophtalmologie	V : ZCN							
	V : OVR							
	21	17	16	9	TOTAL 63	TOTAL 100 %	TOTAL 63	TOTAL 100 %
INAPTITUDE	1er Trimestre	2ème Trimestre	3ème Trimestre	4ème Trimestre				
	G : PAI	G : KFO	C : AIT	C : POC	C : 5	R : 26,5	C : 5	R : 26,5
	G : TRD	N : ALZ	C : AVC	C : DWA	G : 8	S : 20,4	G : 4	S : 20,4
	G : CHD	O : SUR	C : CMR	G : KCR	H : 6	N : 10,2	H : 2	K : 18,4
	G : HIA	P : 2 IRE	H : 2 KHN	H : KHN	N : 10	G : 8,2	K : 18	N : 10,2
	G : KAN	Q : KSE	H : WIL	N : AVC	O : 1	H : 6,1	N : 10	V : 6,1
	G : KPA	R : 2 RIZ	N : PAR	N : PAR	P : 6	P : 6,1	O : 1	C : 5,1
	H : MYF	R : SDC	N : DGS	N : ALZ	Q : 5	V : 6,1	P : 3	G : 4,1
	K : KHL	R : HDO	P : 2 KPO	N : MEN	R : 26	C : 5,1	R : 26	P : 3,1
	N : SEP	S : SCH	R : CGA	P : KPO	S : 20	Q : 5,1	S : 20	T : 3,1
	N : TRB	S : DES	R : ARE	P : IRE	T : 3	T : 3,1	T : 3	H : 2
	N : HPL	S : DEM	R : NEP	R : SQX	U : 2	U : 2	V : 6	O : 1
	Q : 3 KSE	S : TRS	R : SAA	R : ARR	V : 6	O : 1		
	Q : KDV	S : DEA	R : COO	R : SAA				
	R : ARE	T : FRD	R : PSX	R : DRR				
	R : ARX	T : PSO	R : ARX	R : TIX				
	R : FMY	U : KPR	R : COX	R : PRH				
	R : 2 PSO		S : 3 DER	S : 2 DER				
	R : 2 RIZ		S : DEM	S : DEA				
	R : NCB		S : DEX	S : 2 DEX				
	S : DES		S : SCH	T : FRV				
	S : DEB		V : DYC	V : UM				
	S : 2 DEM		V : GRC					
	U : KRE							
	V : DGM							
	V : GLA							
	V : TRV							
	31	18	26	23	TOTAL 98	TOTAL 100 %	TOTAL 98	TOTAL 100 %
INV+INAPT								
				C : 10	R : 28	C : 10	R : 28	
				E : 1	S : 17,4	E : 1	S : 17,4	
				G : 12	N : 13,7	G : 4	K : 17,4	
				H : 6	G : 7,5	H : 2	N : 13	
				N : 22	V : 6,8	K : 28	V : 6,8	
				O : 2	C : 6,2	N : 21	C : 6,2	
				P : 6	Q : 5	O : 1	T : 3,7	
				Q : 8	H : 3,7	P : 3	G : 2,5	
				R : 45	P : 3,7	R : 45	P : 1,9	
				S : 28	T : 3,7	S : 28	H : 1,2	
				T : 6	U : 2,5	T : 6	U : 0,6	
				U : 4	O : 1,2	U : 1	O : 0,6	
				V : 11	E : 0,6	V : 11	E : 0,6	
	52	35	42	32	TOTAL 161	TOTAL 100 %	TOTAL 161	TOTAL 100 %

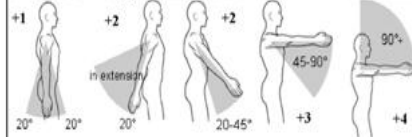
ANNEXE 2

SCORE RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

RULA Employee Assessment Worksheet

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:



Step 1a: Adjust...

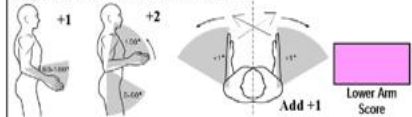
If shoulder is raised: +1

If upper arm is abducted: +1

If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:



Lower Arm Score

Step 2a: Adjust...

If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:



Wrist Score

Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1

If wrist is at or near end of range: +2

Wrist Twist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Posture Score A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score

Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Force/Load Score

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Wrist & Arm Score

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

Upper Arm	Lower Arm	Wrist			
		Twist	Twist	Twist	Twist
1	1	1	2	2	2
1	2	2	2	2	3
1	3	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
2	2	3	3	3	4
2	3	3	4	4	4
3	1	3	4	4	4
3	2	4	4	4	5
3	3	4	4	4	5
4	1	4	4	4	5
4	2	4	4	4	5
4	3	4	4	5	5
5	1	5	5	5	5
5	2	5	6	6	6
5	3	6	6	6	7
6	1	7	7	7	7
6	2	8	8	8	8
6	3	9	9	9	9

Table C: Neck, trunk and leg score

Wrist and Arm Score	Neck, trunk and leg score						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Scoring: (final score from Table C)

1 or 2 = acceptable posture

3 or 4 = further investigation, change may be needed

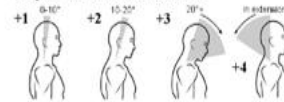
5 or 6 = further investigation, change soon

7 = investigate and implement change

Final Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:



Step 9a: Adjust...

If neck is twisted: +1

If neck is side bending: +1

Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...

If trunk is twisted: +1

If trunk is side bending: +1

Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1

If not: +2

Leg Score

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Legs					
	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4
2	2	3	2	3	4	5
3	3	3	3	4	5	5
4	5	5	5	6	6	7
5	7	7	7	7	8	8
6	8	8	8	8	8	9

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Posture Score B

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Force/Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk & Leg Score

BLANC David

2013 TOU3 3034

**ASTREINTE MUSCULOSQUELETTIQUE CHEZ LE CHIRURGIEN DENTISTE :
ETUDE ELECTROMYOGRAPHIQUE ET GONIOMETRIQUE**

RESUME : Les chirurgiens-dentistes sont fortement affectés par les troubles musculosquelettiques (TMS). Après analyse de la biomécanique de la position du praticien et du patient, une mesure de l'astreinte physique a été réalisée. Les postes de travail étant uniquement conçus selon des arguments anthropométriques ou subjectifs, le but de cette étude a été d'utiliser des mesures objectives pour comparer huit praticiens, et trois concepts différents : le fauteuil dentaire équipé d'un cart ou d'un transthoracique sans assistante, et le concept du Dr Daryl Beach avec assistante. Des enregistrements goniométriques et électromyographiques ont été réalisés durant un détartrage. L'activité électrique musculaire a été comparée, ainsi que les amplitudes de mouvement du rachis. Les résultats ont montré qu'il existe une grande variabilité selon le poste de travail. Cependant le concept de Beach a tendance à réduire l'astreinte sur certains paramètres : Diminution de la durée d'activité des spinaux lombaires gauche (de 15% à 2% du temps, et valeur max de 71% à 27% FMV), diminution du temps passé en inclinaison cervicale (de 30% à 4% du temps) et en flexion >20° (40% à 9%), diminution de l'activité du trapèze gauche (valeur max de 74% à 40% FMV). Les praticiens et étudiants, pourraient donc ajuster leur position de travail afin de réduire la prévalence des TMS.

TITRE EN ANGLAIS : MUSCULOSKELETAL STRESS IN DENTAL SURGERY : AN ELECTROMYOGRAPHIC AND GONIOMETRIC STUDY.

ABSTRACT : Dentists are strongly affected by musculoskeletal disorders (MSD). After biomechanical analysis of practitioner and patient's position, a musculoskeletal stress measurement was realized. As workstation concepts are supported only by subjective arguments, the aim of this study was to use objective measurements to compare eight subjects and three different concepts: the dental chair equipped with a cart or transthoracic tray without an assistant, and Dr Daryl Beach's concept with an assistant. Goniometric and electromyographic recordings were made during a scaling operation. The electrical activity of their muscles was compared, as were their spinal ranges of motion. The results showed that there is a wide variability depending on the workstation. However the Beach concept tends to reduce physical stress on certain parameters: Decreased duration of left lumbar muscles activity (from 15% to 2% of time, and max value of 71% to 27% MVC), less time spent in cervical inclination (from 30% to 4%), and flexion >20° (40% to 9%), and decreased activity of left trapezius (max value from 74% to 40% MVC). Practitioners and students should adjust their workstations to reduce the prevalence of MSD.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Santé publique

MOTS-CLES : Ergonomie, troubles musculosquelettiques, électromyographie, goniométrie, poste de travail dentaire.

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR :

Université Toulouse III – Paul Sabatier

Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des maraichers 31062 Toulouse Cedex

Directeur de thèse : Olivier HAMEL