



ELSEVIER

ARTICLE ORIGINAL

Implantodontie

Implants et dentisterie esthétique

www.elsevier.com/locate/implan

Adaptations fonctionnelles de la hauteur de l'os péri-implantaire après implantation de BOI dans la mandibule

S. Ihde

Zahnärztliche klinik Gommiswald, CH-8737 Gommiswald/SG, Suisse

MOTS CLÉS

Implantologie basale ;
Implants à
ostéointégration
basale (BOI) ;
Réversibilité de
l'atrophie
mandibulaire ;
Implantologie
fonctionnelle

Résumé Dans le cadre du rétablissement d'une fonction masticatrice normale après l'insertion de restaurations prothétiques fixées sur des systèmes d'implants endo-osseux ancrés dans les maxillaires, les patients présentent des adaptations considérables des paramètres essentiels de la mastication, de même que des modifications des tensions régnant entre les régions osseuses concernées. Les implants à ostéointégration basale (BOI) permettent la transmission intra-osseuse des contraintes de la mastication par les plaques de base (disques), sans qu'il y ait de transmission de la force masticatrice dans la partie verticale de l'implant. Par conséquent, le niveau de la crête alvéolaire peut se développer tout à fait librement, en fonction des contraintes de la mastication, de la répartition fonctionnelle des forces et de la tension dans l'os du maxillaire. Contrairement aux implants crestaux, les BOI ne subissent pas de résorption osseuse ou de formation de cratères s'installant progressivement dans le voisinage du corps implantaire. Le niveau osseux peut ainsi « flotter » librement dans la région de la tige porte-filet, en fonction des exigences fonctionnelles. En effet, les BOI admettent de telles adaptations morphologiques en raison de leur principe fondamental de construction. Force est toutefois de constater que du fait que la reconstruction prothétique représente le seul point fixe du système, il peut s'avérer nécessaire de procéder à des ajustements occlusaux à intervalles réguliers et rapprochés sur les bridges afin d'éviter le risque d'une surcharge de la prothèse due à la surélévation relative du disque de base par rapport au bord inférieur de la mandibule. L'importance du remodelage osseux vertical dans le maxillaire inférieur est tributaire du volume vertical osseux existant avant la pose des implants, de la différence entre les masses osseuses présentes des deux côtés de la mandibule et, au plan fonctionnel, de la présence d'un côté privilégié lors de la mastication.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Introduction

Du point de vue du principe de construction, la mandibule appartient aux os longs [1] ; elle présente la particularité d'une structure très dense dans les zones des courbures maximales, du menton et des intersections des trajectoires des deux côtés. De ce fait, ces régions sont exploitées de préférence par les implantologues en tant que posi-

tions sûres pour la pose d'implants. La forme du maxillaire inférieur est déterminée, d'une part par les influences de la fonction musculaire (muscles masticateurs et mimiques) et, d'autre part, par les zones d'os formé autour des dents durant la phase de croissance. Après l'extraction des dents, l'os alvéolaire subit une atrophie d'inactivité ; dès lors, la crête alvéolaire se résorbe progressivement, notamment dans la dimension verticale. L'insertion de prothèses non suffisamment étayées sur des piliers dentaires ou endo-osseux renforce cette

Adresse e-mail : dr.ihde@bluewin.ch (S. Ihde).

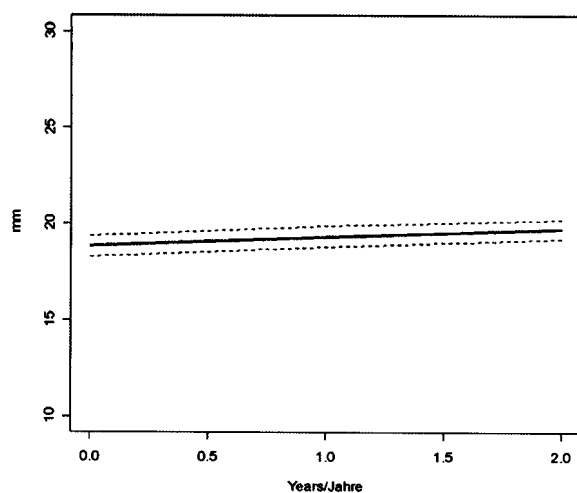


Figure 1 Modifications de la hauteur totale de l'os dans la région d'implantation (régions 36/37 ; 46/47).

atrophie [2,3], un processus qui se répercute finalement sur la dimension verticale d'occlusion et par conséquent sur la hauteur de l'étage moyen de la face [4].

La littérature fournit des sources très éparées indiquant que les systèmes de prothèses ancrées sur des BOI sont susceptibles non seulement d'interrompre la résorption osseuse due à la destruction parodontale, mais également d'initier *per se* une néoformation osseuse [5]. Lors de contrôles de suivi de patients ayant bénéficié de réhabilitations prothétiques sur des implants incorporés dans des régions à volume osseux très réduit dans les parties distales de la mandibule, l'auteur du présent travail a observé dans certains cas des néoformations considérables d'os, en dessous et en dessus des disques transmettant les forces des implants à ostéointégration basale (BOI) (Figs. 9 et 10). Afin de clarifier la question de savoir si ces phénomènes étaient fortuits ou s'il s'agit au contraire d'une réaction systématique de l'os mandibulaire, l'auteur a procédé à une revue et évaluation des hauteurs osseuses sur des clichés orthopantomographiques pré- et postopératoires, de même qu'après des durées de fonctionnement en bouche jusqu'à 28 mois sous charge masticatrice complète. Il est intéressant de noter que des expériences sur des animaux avaient également mis en évidence une augmentation précoce de la dimension osseuse verticale après la pose d'implants à mise en charge immédiate. Ces essais avaient démontré une croissance osseuse verticale dans le sens d'un remodelage à partir du périoste. Le remodelage dépassait le niveau osseux initial [6] clairement repérable dans les coupes histologiques. Des résultats thérapeutiques durables ne peuvent être obtenus qu'à condition d'intégrer l'aspect de la fonction dans le concept de traitement.

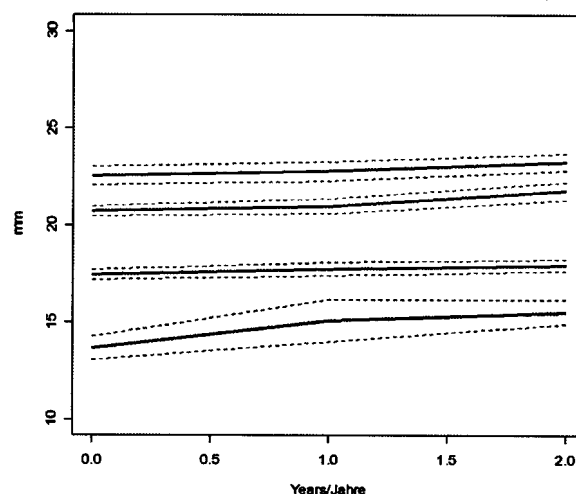


Figure 2 Modifications de la hauteur totale de l'os dans la région d'implantation en tenant compte de la hauteur osseuse initiale. Pour cette analyse, les hauteurs osseuses initiales ont été réparties en quatre groupes : 10-16 mm (ligne bleue ; $n = 20$), 16,1-19 mm (ligne rouge ; $n = 28$), 19,1-23 mm (ligne bleue ; $n = 36$), et > 23 mm (ligne brune ; $n = 36$).

Matériel et méthodes

La présente étude rétrospective a évalué le niveau vertical de la crête alvéolaire à proximité d'implants BOI insérés dans les régions 36-37, respectivement 46-47. Ces implants avaient été posés et réhabilités par des bridges fixes dans notre clinique entre le 01/12/1999 et le 01/06/2001. Les régions d'insertion pour l'implantation des BOI variaient légèrement dans le plan sagittal, en fonction de la situation clinique ; toutes se situaient cependant dans la région respective de la fin du trajet de la ligne oblique externe de la mandibule, telle qu'elle était définie sur les radiographies.

Il n'a toutefois pas été possible d'inclure dans cette analyse les implants pour lesquels les clichés OPG préopératoires n'avaient pas été réalisés sur notre installation de radiologie numérique (14 implants). En effet, pour les patients ayant fourni des clichés initiaux réalisés par d'autres cabinets ou cliniques, nous avons renoncé à effectuer des radiographies de départ en technique numérique. De même, cette étude n'inclut pas non plus les implants posés pour le seul remplacement de la première molaire inférieure dans une situation d'édentation intercalée (4 implants). Durant la période d'observation, trois implants ont été remplacés [7]. Dans les cas dans lesquels le disque transmettant les forces du premier implant était encore présent dans l'os lors de l'analyse rétrospective, même si l'implant avait été remplacé par un autre, ce premier disque était utilisé en tant que point de référence pour la mesure. Pour l'un des implants, la néoformation osseuse était tellement importante



Figure 3 Insertion d'un BOI dans la région de la 47 : lors de l'implantation basale, les disques de base sont insérés dans des zones larges à la base de la mandibule ; le cas échéant, les tiges porte-filet sont positionnées latéralement par rapport à d'éventuelles zones effilées des crêtes alvéolaires résiduelles. De tels faîtes osseux constituent des trajectoires de transmission des forces qu'il convient d'interrompre mésialement au lieu d'implantation (ligne pointillée bleue claire), afin d'améliorer les chances de guérison de l'ostéotomie effectuée lors de l'implantation.

qu'il a été nécessaire de réduire le volume de l'os nouvellement formé par une ostéotomie de réduction. Cette région péri-implantaire n'a pas été prise en considération pour l'évaluation. Après ces exclusions, 120 implants BOI au total ont pu être utilisés pour la présente étude rétrospective.

Cinquante-sept implants avaient été posés du côté droit et 63 du côté gauche chez un nombre total de 81 patients (29 hommes et 52 femmes). L'âge moyen au moment de l'implantation était de 61,5 ans (19 à 80 ans).

La période choisie pour cette analyse de suivi correspondait aux premiers 18 mois après la mise en service de l'installation de radiographie numérique dans notre clinique ; en effet, seuls les clichés numériques permettent des analyses comparatives des images avec une précision et à une vitesse suffisantes. Entre la première et la dernière documentation radiologique utilisée pour les mesures du présent travail, tous les implants inclus dans l'évaluation avaient été en fonction pour des durées entre 325 jours (0,89 an) au minimum et 1050 jours au maximum (moyenne : 674 jours).

Les clichés radiographiques ont été réalisés à l'aide d'un appareil de radiologie panoramique Orthoslice 1000 (Trophy GmbH, Kehl, Allemagne) ; les traitements des images et les mesures ont été effectuées par le logiciel 4.1K fourni avec l'installation. Les différentes étapes de traitement et d'analyse des images ont été effectuées sur un écran plat (Dell Inspiron 8200), du fait qu'il s'était

avéré que les résultats des mesures établies sur un écran conventionnel à tube cathodique variaient considérablement en raison des différences de l'angle d'incidence de la vision. Toutes les mesures ont été réalisées par la même personne en déterminant les ponts de référence par des clics de souris.

Les points de mesure ont été les suivants (Figs. 7 et 8) :

- le point de mesure supérieur a été fixé au niveau de la zone la plus élevée repérable de la crête alvéolaire dans la région du centre de la tige porte-filet ;
- le point de mesure intermédiaire se situait dans la région de transition entre la partie horizontale et le filet, en d'autres termes, à la hauteur du disque de base ;
- dans les cas dans lesquels les BOI n'avaient pas été posés dans la zone du diamètre vertical le plus faible de la mandibule, ces zones étaient mesurées à part, quant à leur dimension verticale ;
- dans les cas dans lesquels le côté controlatéral par rapport aux implants présentait des dents naturelles, le point de mesure supérieur a été fixé au niveau de l'intersection de la racine mésiale de la deuxième molaire, respectivement de la racine distale de la première molaire, par rapport au procès alvéolaire. Cette mesure servait à la détermination comparative de la hauteur de l'os dans la région correspondante du côté controlatéral. Pour ces points de mesure également, la distance verticale par rapport au bord inférieur de la mandibule a été mesurée ;
- tous les BOI pris en considération pour les mesures étaient de type mono-disk.

Le volume osseux total au stade préopératoire dans la région d'implantation était de 19,3 mm du côté droit (minimum 9,9 mm, maximum 30,2 mm) et de 18 mm du côté gauche (minimum 8,9 mm, maximum 30,0 mm). Tous les clichés radiographiques ont été pris lors de contrôles de routine. Dès lors, pour aucun patient des clichés supplémentaires n'ont été réalisés pour les besoins de la présente étude.

Afin d'être en mesure de déterminer la reproductibilité des clichés radiologiques chez dix patients, des tiges de référence verticale, de longueur connue, ont été placées du côté vestibulaire des arcades dentaires, à plusieurs reprises durant la procédure radiologique. Ces tiges permettaient ainsi de déterminer les différences entre la longueur réelle et la longueur mesurée sur le cliché, ainsi que la reproductibilité des résultats. La probabilité d'erreur établie par le *t*-test s'est avérée être non significative pour 90 % des mesures.

Résultats

Dans la région en dessus du disque de l'implant *du côté droit*, une néoformation osseuse verticale de 0,7 mm en moyenne (entre +2,8 et +0,1 mm ; Fig. 10 : zones A + C, Fig. 4) a été observée ; dans la région en dessous du disque (donc en direction du rebord inférieur de la mandibule), l'augmentation a été de 0,9 mm en moyenne (entre +4,3 mm et +0,1 mm ; Fig. 10 : zone B).

Dans la région en dessus du disque de l'implant *du côté gauche*, une néoformation osseuse verticale de 0,7 mm en moyenne (entre +5,4 et +0,1 mm ; Fig. 10 : zones A + C, Fig. 4) a été observée ; dans la région en dessous du disque (donc en direction du rebord inférieur de la mandibule), l'augmentation a été de 0,7 mm en moyenne (entre +4,5 et +0,1 mm ; Fig. 10 : zone B).

Ainsi, dans tous les cas, une apposition osseuse verticale avait eu lieu durant la période d'observation dans les régions d'implantation. L'augmentation de la hauteur osseuse a été de 1,9 mm en moyenne (entre +6,2 et +0,2 mm) (Fig. 1).



Figure 4 BOI double servant d'ancrage à deux couronnes solidarisées. L'ancienne ligne d'os compact est bien reconnaissable ; néoformation d'os fibreux du côté linguale. Le tissu conjonctif dans la région du fût s'étend jusqu'à la couronne ; à noter l'absence de prolifération épithéliale en direction apicale. Les tissus mous autour du BOI ne semblent pas présenter de structure par couches (largeur biologique), telle qu'elle a été décrite pour les implants crestaux. La surface de cet implant a été lissée par microbillage pour assurer une meilleure homogénéité.

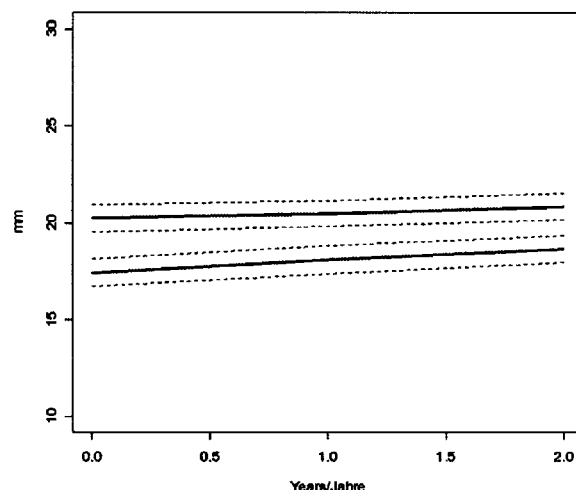


Figure 5 Chez les patients ayant porté des prothèses amovibles avant la réhabilitation par BOI (ligne rouge ; $n = 36$), le gain de hauteur osseuse est plus important que chez les patients qui n'avaient pas porté auparavant de prothèses dans la région d'implantation (ligne bleue ; $n = 45$).

La mise en relation de la modification du niveau osseux vertical dans la zone d'implantation par rapport au volume osseux présent initialement fait ressortir certaines différences. L'apposition la plus importante a été observée dans les cas d'un volume initial très restreint dans la région d'implantation et de la présence simultanée d'un volume osseux très important du côté controlatéral dans les parties distales de la mandibule (Fig. 2).

En revanche, deux patientes se distinguaient par des résultats diamétralement opposés par rapport

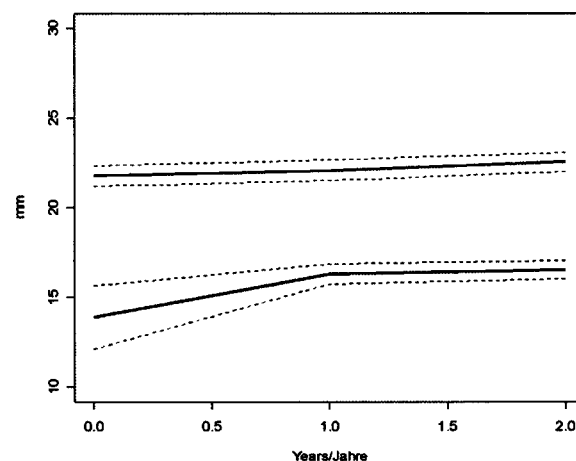


Figure 6 Dans les cas d'une faible hauteur initiale de l'os dans la région d'implantation (10-19 mm) et de la présence simultanée d'un volume osseux très important (> 22 mm) du côté controlatéral de la mandibule, l'apposition osseuse verticale est plus importante (ligne bleue ; $n = 7$). Dans les situations caractérisées par des niveaux verticaux relativement équilibrés de la crête alvéolaire du côté de l'implantation et du côté controlatéral dans les régions distales de la mandibule (> 20 mm des deux côtés), le gain de hauteur osseuse est moins grand (ligne rouge ; $n = 62$).

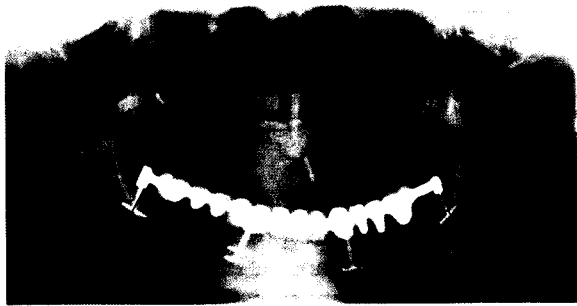


Figure 7 Radiographie panoramique après réhabilitation de la mandibule par un bridge scellé sur des implants BOI. Auparavant, cette patiente avait porté une prothèse totale inférieure qui n'était ancrée que sur trois boutons-pressure du côté droit. L'atrophie dans la partie postérieure de la mandibule était due à la compression par la prothèse amovible.

à ce qui précède : à la fin de la période d'observation, elles présentaient une apposition osseuse verticale plus importante du côté de la mandibule qui s'était caractérisé par un diamètre vertical déjà plus grand à l'état préopératoire.

Avant la pose des implants, 36 patients étaient porteurs de prothèses amovibles, dont une partie étaient à appui muqueux. Quarante-cinq patients n'avaient pas eu de traitement prothétique dans la région d'implantation où l'insertion des implants était réalisée extemporanément dans le cadre des extractions. Comme on pouvait s'y attendre, le groupe de patients non porteurs de prothèses présentait initialement une hauteur totale d'os alvéolaire plus importante dans la région d'implantation. En revanche, l'augmentation osseuse verticale était plus importante chez les patients porteurs de prothèses (Fig. 5).

En tenant compte de la différence entre le côté implanté et le côté controlatéral du maxillaire inférieur, le gain de hauteur osseuse a été plus important chez les patients ayant présenté un volume d'os significativement plus important dans la région controlatérale à la région correspondante du côté implanté, par rapport aux patients qui s'étaient caractérisés par des niveaux verticaux relativement équilibrés de la crête alvéolaire des deux côtés distaux de la mandibule (Fig. 6). On peut dès lors déduire qu'il y a une certaine équilibration des masses osseuses entre les deux moitiés du maxillaire inférieur.

Chez 12 patients, les zones sous les éléments intermédiaires des bridges étaient situées dans des régions mandibulaires dont la hauteur osseuse était inférieure à celle des zones d'implantation elles-mêmes. Il est intéressant de noter que ces régions sous les éléments intermédiaires bénéficiaient d'une apposition osseuse nettement plus importante que les régions à proximité des implants

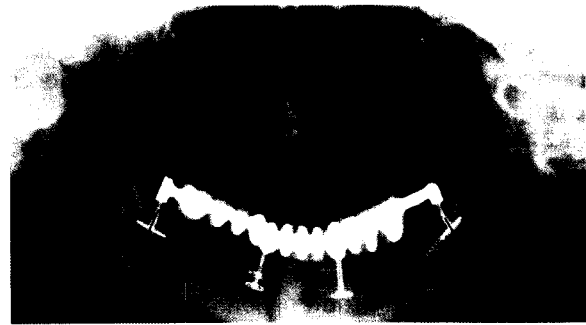


Figure 8 Le cliché panoramique montre la même patiente que dans la Fig. 7, environ 18 mois plus tard. À noter l'équilibration des masses osseuses entre le côté droit et gauche survenue entre-temps, qui comprenait, du côté gauche, la néoformation osseuse de quelque 2 mm en direction verticale. Les contours surélevés des alvéoles après les extractions, encore reconnaissables dans la Fig. 7, se sont également aplanis. La distance entre le sommet de la crête alvéolaire et les éléments intermédiaires du bridge s'est considérablement réduite.

elles-mêmes. Le gain de hauteur de la crête sous les intermédiaires était de 6,1 mm en moyenne (Fig. 9).

Discussion

Les implants à ostéointégration basale sont utilisés avec succès pour la création de points d'ancrage endo-osseux servant de piliers pour des suprastructures prothétiques fixes. Force est de constater que les BOI ont considérablement élargi l'éventail des possibilités thérapeutiques dans le domaine de la prothèse conjointe, du fait qu'il est possible d'insérer ce type d'implants même dans des crêtes alvéolaires résiduelles d'un diamètre vertical réduit au minimum ; dans de telles situations, il est alors nécessaire d'exploiter au minimum la largeur complète de l'os disponible.

Les BOI peuvent être combinés avec des piliers dentaires ou avec d'autres types d'implants. Il est cependant également possible de stabiliser réciproquement plusieurs BOI par des bridges fixes.

Dans la partie verticale (tige porte-filet), les BOI ne présentent pas de structure destinée à l'augmentation de la surface. La force de mastication est transmise exclusivement par les disques de base à ancrage bi-cortical, dont la surface est dans la plupart des cas traitée par sablage afin de créer une augmentation de surface (design hybride). Alors que pour les implants crestaux, une résorption verticale continue durant la phase de mise en charge a été décrite [8], les implants à lame ont quant à eux tendance à s'enfoncer dans la mandibule, à moins qu'ils ne soient étayés par la corticale du côté lingual. Pour l'instant, des données correspondantes pour les BOI font encore défaut.

Deux mécanismes principaux peuvent être à l'origine d'une résorption osseuse dans la région de la tige porte-filet des BOI : soit une infection détruisant le tissu osseux pénétrant en direction du disque basal, soit une modification morphologique de la forme de la mandibule en raison d'une atrophie. Dans notre groupe de patients au bénéfice de contrôles de suivi, nous n'avons observé aucune infection destructrice de l'os alvéolaire. Dans deux cas seulement la prolifération de l'os en direction verticale était tellement importante que des parties non négligeables de la tige porte-filet, initialement enfouie dans la crête, puis de la couronne, ont finalement été recouvertes par de l'os néoformée et par la muqueuse. De ce fait, ces régions n'étaient plus accessibles au nettoyage, ce qui a entraîné des infections récidivantes qui ont finalement nécessité une nouvelle implantation. Dans les deux cas, la situation lors de la première implantation présentait la particularité que le diamètre d'os alvéolaire à l'endroit optimal d'implantation (région 37, respectivement 47) était nettement insuffisant, puisque la couche osseuse en dessus du nerf alvéolaire était d'une épaisseur inférieure à 2 mm. Par conséquent, l'opérateur avait été obligé de poser les implants dans des régions plus distales, près de la branche montante. Après un délai d'environ 15 mois, il avait alors été possible d'insérer les implants dans une zone plus mésiale, dans la région des deuxième molaires, du fait qu'un volume suffisant d'os s'était formé en direction verticale, autorisant dès lors un ancrage solide dans la région crestale par rapport au canal du nerf alvéolaire.

Deux patients chez lesquels des implants symétriques avaient été posés du côté droit et gauche se sont distingués par une croissance osseuse verticale à prédominance unilatérale, et de surcroît du côté de la mandibule qui avait présenté un diamètre vertical plus important avant l'implantation. Par rapport aux autres patients suivis dans le groupe de l'étude, ces deux situations se sont ainsi caractérisées par un mode d'apposition osseuse diamétralement opposé.

Les examens cliniques des schémas de mastication, en accord avec les réponses subjectives lors des interrogatoires de ces deux patients, ont démontré un mode de mastication exclusivement orienté d'un seul côté. Ces schémas unilatéraux étaient dus au fait que la fonction de l'ATM du côté opposé était pratiquement bloquée. La néoformation osseuse en direction verticale était nettement plus importante du côté non fonctionnel, tandis que la quantité était plus faible du côté de la mastication.

Ce phénomène particulier du mode d'apposition avait déjà été décrit par Hylander [9] : selon son

hypothèse, il serait dû au fait que les contraintes du côté non fonctionnel lors de la mastication provoquent des forces de compression au niveau du rebord inférieur de la mandibule, tandis que dans la partie supérieure de la crête alvéolaire les forces de traction prédominent. Ces résultats de Hylander, issus d'essais sur des mandibules de singes, avaient par la suite été précisés et confirmés par Koriath et al. [10] dans des expériences sur des modèles humains et par des analyses FEM (*Finite Element Method*, méthode à éléments finis).

L'apposition osseuse en direction verticale n'est bien entendu pas le seul mécanisme pour la compensation des forces masticatrices plus importantes ; en effet, la mandibule peut subir des néoformations en direction latérale ou médiane. Toutefois, dans le cadre du présent travail, il n'a pas été possible de suivre plus en détail ces modifications dimensionnelles.

De même, l'os peut s'adapter aux changements fonctionnels par des modifications du degré de minéralisation. La recherche dans le domaine des implants crestaux, fixée essentiellement sur l'obtention d'une « ostéointégration », ne tient pas compte du fait que dans une région osseuse soumise à la flexion naturelle, il n'est pas possible qu'un corps solide allongé, possédant des propriétés de flexion différentes, soit ostéointégré sur toute sa longueur ou que le degré de minéralisation soit homogène le long de toute l'interface.

Le corps humain manque de points de repère fixes. Même les implants BOI ancrés dans l'os (ostéointégrés), lorsqu'ils sont soumis aux adaptations de la morphologie osseuse dues à la fonction, sont susceptibles de changer de position relative dans l'os par rapport aux limites radiologiquement définies du maxillaire. Il paraît que les disques basaux des BOI implantés dans les parties distales de la mandibule ont tendance à s'élever en direction coronaire par rapport au rebord inférieur de la mandibule. Théoriquement, la force de mastication s'oppose à cette surélévation relative, du fait qu'elle exerce sur le disque une pression en direction apicale. Il semblerait toutefois que la force constante du remodelage le long de la trajectoire évoquée dépasse l'effet ponctuel des forces masticatrices.

Pour ces raisons, il faut se poser la question de savoir s'il n'est pas préférable, chez les patients présentant une atrophie marquée et des points d'ancrage antérieurs préservés, de ne réaliser la réhabilitation prothétique qu'à un moment différé dans le temps par rapport à des implantations distales. Cette manière de faire permettrait ainsi d'attendre la surélévation relative de l'implant et la néoformation d'os en direction verticale. Comme

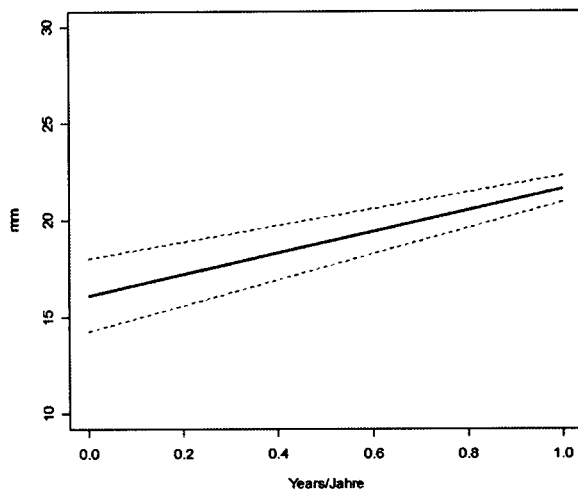


Figure 9 Modifications de la hauteur totale de l'os dans les régions les plus minces (zones des éléments intermédiaires) des mandibules traitées ($n = 12$).

évoqué précédemment, le volume d'os apposé serait plus important lorsque les forces de mastication ne s'opposent pas à la néoformation. De plus, il se pourrait que de cette manière, la nécessité de procéder à des réductions occlusales subséquentes s'en trouverait nettement réduite. Cette hypothèse est cependant invalidée par le fait que le rétablissement de surfaces occlusales distales (au centre des forces de mastication) est un élément indispensable au rétablissement d'une situation « normale » de fonctionnement. Et il faut s'attendre encore une fois à des influences considérables de remodelage osseux dans le cadre de la récupération progressive d'une fonction masticatrice correcte.

Lorsque la situation préopératoire se caractérise par la présence d'une crête alvéolaire résiduelle très haute mais étroite, il est possible de poser la tige porte-filet dans une position latérale par rapport au sommet de la crête. Les relations spatiales ainsi créées sont à peu près similaires à celles qui existent lorsque la croissance de la crête alvéolaire en direction coronaire ne débute qu'après l'implantation (Fig. 3). Dans ces cas, nous procédons à une ostéotomie verticale supplémentaire à l'aide d'une fraise en tungstène. Cette ostéotomie n'est pas en rapport avec l'implant, puisqu'elle est effectuée mésialement au lieu d'implantation, et elle est destinée à interrompre les trajectoires de la crête alvéolaire résiduelle entre le sommet de la crête alvéolaire et le rebord inférieur de la mandibule. De ce fait, elle augmente le stress fonctionnel au niveau de l'ostéotomie d'implantation, ce qui, à notre avis, contribue à accélérer la guérison de la plaie osseuse et augmente ainsi la chance d'une intégration sans problèmes de l'implant. Lorsque cette ostéotomie supplémentaire n'est pas réali-

sée, le risque de troubles d'intégration des implants est plus important. La raison en serait l'absence de stimulation fonctionnelle de l'os qui assure la fermeture de l'ostéotomie latérale d'implantation.

La possibilité d'une apposition verticale d'os alvéolaire due à la fonction a également été décrite pour les implants transmandibulaires (TMI) [11]. Il semblerait que la condition préalable à cette apposition soit la présence de forces masticatrices plus importantes agissant à l'intérieur de l'os suite au rétablissement de la fonction masticatrice, ainsi que l'absence de lésions osseuses délétères (dus à une infection) dans les régions de la pénétration des implants à travers la muqueuse. Par conséquent, les parties verticales des implants traversant la muqueuse ne doivent pas transmettre des forces masticatrices et elles doivent posséder une surface à poli spéculaire. Sur le fond, les TMI utilisent le même principe de transmission des forces, mais en comparaison, la manipulation des BOI est plus simple.

L'observation selon laquelle les porteurs de prothèses bénéficient d'un gain osseux plus important que les patients présentant des édentations non traitées, peut s'expliquer par différentes raisons : d'une part, la situation initiale de ces patients est moins favorable, du fait que l'atrophie induite par la prothèse vient s'ajouter à l'atrophie d'inactivité au niveau de l'os du maxillaire édenté. Il semblerait toutefois que l'atrophie soit en partie réversible. D'un autre côté, les forces de mastication ont tendance à diminuer chez les patients porteurs de prothèses à appui muqueux, lesquels évitent ainsi les douleurs à la pression. Lorsque les porteurs de prothèses amovibles bénéficient d'une réhabilitation par la prothèse fixe, on peut dès lors s'attendre à une augmentation des forces masticatrices. En outre, l'absence d'appuis muqueux réduit les contraintes de compression sous les selles prothétiques qui dans le cas contraire provoquent une ischémie chronique sur les tissus muco-périostés sous-jacents de la crête [12]. L'irrigation sanguine par l'artère centrale de la mandibule est nettement entravée en cas d'atrophie avancée de la mandibule [13].

Atkinson et al. [14] ont montré que chez le porc, le chien et l'être humain, les densités osseuses de la mandibule sont différentes selon les régions. Après une extraction dentaire, ces chercheurs ont observé des modifications de la densité osseuse dans des régions qui dépassaient le territoire de l'alvéole proprement dite. Au début, la densité a diminué, un processus qui était associé à une porosité croissante. Les ostéons secondaires tunnelli-

seuse dans ce sens, même dans les régions du voisinage de l'alvéole. Après la guérison initiale, une résorption dans la région de l'alvéole résiduelle après l'extraction s'est installée. La pose d'implants crestaux dans la région de l'alvéole permettait de retarder la résorption et entraînait une densification de l'os ; il en pouvait même résulter une densité osseuse dépassant celle observée initialement. Toutefois, neuf mois après l'implantation, des processus de résorption sont apparus également dans la région péri-implantaire, des processus qui se sont répercutés de manière défavorable sur le maintien de l'os alvéolaire. En fin de compte, les essais réalisés par Atkinson et al. n'ont pas mis en évidence de modifications du côté lingual de la mandibule après l'insertion d'implants crestaux, un résultat qui corrobore en fait des observations faites auparavant sur des implants non mis en charge durant la phase de guérison dans des mandibules de chiens.

Tant l'extraction dentaire que l'insertion d'implants métalliques stimulent le remodelage de l'os. L'extraction dentaire entraîne une atrophie d'inactivité que l'implantation doit éviter autant que possible.

Après l'extraction de molaires dans le maxillaire inférieur, l'axe de transmission des forces dans la mandibule peut se déplacer en direction linguale, alors que cet axe se situait auparavant du côté vestibulaire des dents. De même, au lieu de reposer sur une base relativement large, la transmission des forces s'orientera davantage en direction coronaire. Chez le patient denté, les molaires entravent en réalité l'orientation optimale de l'axe de transmission des forces dans le sens mésio-distal. Chez les patients atteints d'une parodontite profonde dans la mandibule, les axes de transmission des forces se déplacent malgré la présence des dents, un mécanisme qui entraîne en fin de compte la perte ultérieure des dents.

En revanche, la structure fondamentale de la transmission des forces reste inchangée après l'extraction de prémolaires ou après l'insertion d'implants dans la région des prémolaires [15].

Dans la littérature, on trouve de nombreuses sources indiquant que le stress dû aux contraintes dans le maxillaire inférieur, par exemple celles exercées par des insertions musculaires ou d'autres mécanismes fonctionnels, influence la croissance osseuse. Ainsi, après l'ablation des muscles, la croissance diminue [16], tandis que l'ablation unilatérale entraîne une modification de la direction de la croissance [17]. L'éruption et la présence des dents influencent de manière intrinsèque le remodelage et par conséquent la structure de l'os alvéolaire [18].

Il est un fait que les fractures osseuses qui se reconstituent initialement dans une position courbée reprennent par la suite un axe droit au fil des ans sous contrainte ; ce phénomène est connu depuis fort longtemps [19,20]. À ce propos, Frost [21] a émis l'hypothèse que ce ne sont pas en premier lieu la compression et la traction qui entraînent les réactions osseuses, mais qu'elles résulteraient plutôt de la force agissant sur l'os qui a tendance à modifier l'incurvation de celui-ci. Dans sa « théorie de la neutralisation de la flexion », cet auteur résume son hypothèse de la manière suivante : une concavité croissante provoque une apposition osseuse, tandis qu'une convexité croissante entraîne une résorption du côté convexe. Cette théorie pourrait être l'une des raisons qui expliquent l'observation qu'après le remplacement des prothèses amovibles par des reconstructions fixes la dimension verticale de l'os subit un accroissement extrêmement important, voire un véritable bond, dans les régions distales de la mandibule.

En général, les mesures des niveaux osseux intéressant les implants crestaux sont réalisées en fixant des chablon de mesure standardisés, soit directement sur l'implant lui-même, soit sur la suprastructure prothétique. La documentation se fonde sur des clichés radiographiques pris à l'aide de films de petit format, en respectant des angles d'incidence et des paramètres d'exposition identiques. Dans le cadre de la présente étude rétrospective, il n'a pas été possible d'utiliser ce protocole, du fait que de tels clichés ne permettent pas de définir le rebord inférieur de la mandibule qui servait de point de référence. Une méthode plus précise que celle retenue pour nos évaluations, à envisager éventuellement, aurait consisté à analyser des clichés d'imagerie numérique (CT) des mandibules implantées. Or, cette méthode aurait nécessité la réalisation de quatre clichés CT par patient (préopératoire, postopératoire, plus deux contrôles à 6-9 mois respectivement), afin d'obtenir les données nécessaires. En outre, il aurait fallu que les coupes soient exactement superposables, une exigence qui aurait sans doute posé des problèmes considérables. Il ne faut pas oublier que même des dispositifs individuels de fixation du crâne ne permettraient pas de reproduire à plusieurs reprises la position exacte indispensable à la superposition des clichés, compte tenu notamment des modifications morphologiques considérables (augmentation de la dimension verticale d'occlusion, croissance verticale) intervenant entre deux documentations différées. En outre, l'exposition aux rayons ionisants, de même que les frais impliqués ne sauraient se justifier [22].

La méthode choisie pour notre analyse est utilisée de routine pour des mesures dans le cadre du

diagnostic pré-implantologique, en particulier dans les segments postérieurs des arcades dentaires, pour évaluer la distance par rapport au nerf alvéolaire inférieur. Force est toutefois de constater que les billes métalliques servant de repères n'enregistrent pas les distorsions de l'image. Bien que les résultats des mesures de la présente étude aient été enregistrés et représentés dans les graphiques par l'unité « millimètres », il faut tout de même tenir compte du fait que la projection radiologique est grevée d'un facteur d'agrandissement constant. De ce fait, les résultats présentent forcément des différences par rapport à la hauteur réelle. Cette erreur intrinsèque a toutefois été admise, puisque la vérification de la reproductibilité l'a reconnue comme étant systématique.

Les résultats de cette étude rétrospective mettent en exergue l'extrême importance que revêtent les soins de suivi pour les patients traités par des réhabilitations prothétiques ancrés sur des implants de type BOI. En effet, la surélévation relative du disque de base de ces implants est susceptible d'entraîner – notamment dans les deux premières années suivant l'intervention chirurgicale ou après toute modification, voire nouvelle construction prothétique – des contacts prématurés ou des interférences occlusales non négligeables. L'importance des mesures d'ajustements réducteurs par meulages dépasse de loin celle qu'il est habituellement nécessaire de porter aux reconstructions sur des piliers dentaires ou sur des implants crestaux. Elle risque par conséquent de dépasser les compétences du praticien non habitué au système BOI. Dans certaines situations, il se peut même qu'il soit inévitable de meuler jusqu'aux armatures métalliques. Lorsqu'au début du traitement le patient présente des anomalies des relations intermaxillaires ou de l'occlusion et qu'en cours de traitement on assiste à la disparition progressive des blocages fonctionnels, il est en général indispensable de procéder à plusieurs reconstructions des surfaces occlusales. Nous réalisons ces adaptations par la technique adhésive en composite qui adhère bien sur les surfaces en céramique.

D'autres études seront nécessaires pour évaluer les modifications et adaptations morphologiques que subit l'os du maxillaire supérieur en tant que conséquence de l'augmentation des stimulations fonctionnelles. L'expérience clinique montre toutefois que des meulages pour la réduction des parties basales d'éléments intermédiaires sont régulièrement nécessaires dans le maxillaire supérieur également. Les éléments intermédiaires agissent comme des leviers entre la muqueuse et l'os alvéolaires, ce qui risque de provoquer la perte des implants.

Lorsque les modifications des surfaces occlusales après des implantations dans le maxillaire inférieur ne sont pas effectuées à intervalles rapprochés, des lésions surviennent dans la mandibule des patients présentant une denture naturelle stable dans le maxillaire supérieur. En outre, lorsque le maxillaire supérieur présente une réhabilitation prothétique sur des implants BOI et simultanément un volume osseux réduit et une qualité osseuse défavorable, les lésions risquent de se manifester plutôt dans le maxillaire supérieur, essentiellement sous forme d'ostéolyses par surcharge ou de fractures implantaires.

Après un assainissement par des BOI, les patients ayant souffert d'une parodontite sévère et par conséquent de mobilités de la denture naturelle, montrent une tendance vers un accroissement progressif des forces masticatrices, de même que des modifications des rapports occlusaux et un processus important de remodelage osseux dans la mandibule. Pour ces raisons, ces patients doivent bénéficier de soins de suivi particulièrement rapprochés dans le temps et ont besoin de davantage d'ajustements occlusaux par des meulages.

Conclusions

La morphologie osseuse de la mandibule est susceptible de se modifier suite à l'insertion d'implants BOI. Ces adaptations se caractérisent par l'apposition d'os en direction verticale, tant en dessous qu'en dessus du disque transmettant les forces.

L'os formé dans la région supérieure au disque s'appose du côté lingual, suivant ainsi les trajectoires principales de la mandibule édentée. Par conséquent, la néoformation osseuse se manifeste du côté lingual de la tige porte-filet des implants.

L'os formé régulièrement dans la région inférieure au disque risque d'entraîner une surélévation relative de l'implant et de la reconstruction prothétique par rapport au plan d'occlusion. Il s'ensuit la nécessité de procéder à des contrôles et, le cas échéant, à des ajustements par meulages de l'occlusion à intervalles rapprochés, en particulier durant les deux premières années suivant l'implantation. À titre de mécanismes d'opposant à la surélévation de la reconstruction prothétique, il serait possible d'évoquer la décompression de l'articulation temporomandibulaire (par exemple lors de la cessation du port d'une prothèse amovible) ou une augmentation relative de la longueur de la branche montante de la mandibule.

Étant donné qu'il faut s'attendre à une apposition verticale d'os même dans les régions situées entre les implants, il faut réserver un espace adé-

quat sous les éléments intermédiaires. Néanmoins, si au cours du fonctionnement du bridge des contacts devaient se créer entre les éléments intermédiaires et la muqueuse sous-jacente, il est indispensable de réduire en conséquence l'intrados des intermédiaires et de surveiller l'évolution, du fait qu'il n'existe pas de point final défini de la croissance verticale de l'os du maxillaire.

Entre les observations sur l'être humain et les expériences sur des animaux il y a une bonne concordance : dans les deux cas, on assiste à une néoformation osseuse. Les expériences sur des animaux ont en outre permis de démontrer une apposition osseuse du côté lingual, un phénomène que l'on pourrait interpréter comme une conséquence de la déformation plastique de l'os mandibulaire suite à l'ostéotomie, et qui entraînerait un remodelage dans le sens de la théorie connue concernant la rectification des courbures et l'équilibration des masses osseuses.

Du fait qu'il faut s'attendre à des adaptations de la fonction masticatrice après toute modification de la reconstruction prothétique, il en résulte également des adaptations de la morphologie osseuse. Celles-ci peuvent à leur tour entraîner des conséquences pour la position des implants et les contraintes au niveau des BOI. Les systèmes de prothèses implanto-portées sur des BOI se stabilisent en l'espace de un à trois ans ; ce faisant, l'importance et le genre des adaptations dépendent en particulier de la différence entre la fonction pré- et postopératoire et de l'abandon du port de prothèses amovibles. Étant donné que les contraintes équilibrées et uniformes au niveau de la reconstruction prothétique – dans le sens d'une fonction masticatrice stable et symétrique – ont également des répercussions sur la néoformation d'os alvéolaire, on peut supposer que des modifications au niveau des prothèses ancrées sur des implants ostéointégrés exerceront également des in-

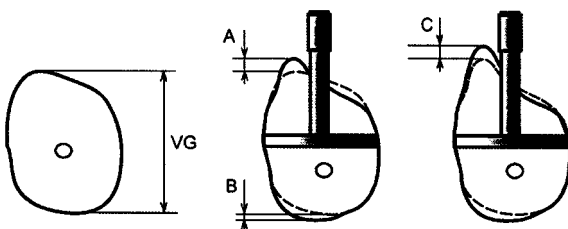


Figure 10 Modification de la morphologie des maxillaires inférieurs traités par des BOI ; coupes dans la région de l'implant distal. À gauche : situation initiale de la mandibule atrophiée ; au milieu : environ 12 mois après insertion du BOI ; à droite : 24 mois après insertion du BOI. Les lignes en pointillé représentent les contours de l'état précédent.

^a Dans tous les graphiques, les lignes en pointillé indiquent un intervalle de confiance de 85 %.

fluences considérables sur la morphologie osseuse. Pour cette raison, il est indispensable, en cas de confection de nouvelles prothèses ancrées sur des implants existants, de procéder à des contrôles méticuleux des patients à intervalles rapprochés au cours des deux premières années après une telle réhabilitation.

Lors de l'insertion d'implants BOI, il convient par principe de choisir les tiges porte-filets les plus longues possibles en fonction des dimensions interocclusales. De cette manière, il est possible d'éviter le risque d'enfouissement de la région marginale de la prothèse implanto-portée, même dans des situations d'apposition verticale importante d'os alvéolaire.

Dans les cas de volumes osseux très réduits dans la région des deuxième molaires, il est possible de poser dans un premier temps des implants dans la partie inférieure de la branche montante de la mandibule, afin de stimuler l'apposition osseuse fonctionnelle par la reconstruction prothétique fixe ancrée sur ceux-ci. L'implant distal peut ultérieurement être remplacé par un BOI posé plus mésialement ; ce faisant, il n'est pas nécessaire d'enlever le disque du premier implant.

Après l'insertion de BOI, il est possible de réaliser des réhabilitations par prothèse fixe même dans des cas d'atrophies extrêmes des maxillaires. Force est toutefois de constater que les mesures prothétiques nécessaires ont des répercussions considérables sur les paramètres biomécaniques du système stomato-gnathique qui entraînent des remaniements morphologiques importants de l'os des maxillaires. Un suivi rapproché et attentif de la situation prothétique est donc impératif.

Les systèmes de prothèses implanto-portées sur des BOI se distinguent des systèmes d'implants crestaux quant au genre et à l'importance de la prise en charge lors du suivi [23]. La bonne observance est une condition indispensable à l'obtention d'un résultat thérapeutique stable.

Références

- [1] Ashman RB, van Bushkirk WC. The Elastic properties of a Human Mandible. *Adv Dent Res* October 1987;1(1):64-7.
- [2] Nähri TO, Ettinger RL, Lam EW. Radiographic findings, Ridge Resorption and subjective complaints of complete denture patients. *The Int J of Prosthodontics* 1987; Vol 10(n° 2):183-9.
- [3] Jung F. Veränderungen des Prothesenlagers unter der Teilprothese *Deutsch Zahnärz. Z Suppl Prothetik und Werkstoffkunde* Jan 1959:105-7 Heft 1, 8. Jahrg.
- [4] Smith BH. Changes in occlusal face height with removal partial dentures. *J Prosth Dent* 1975;Vol 34(n° 3):278-85.
- [5] Scortecchi, Misch, Benner. *Implants and Restorative Dentistry*. London: Verlag Dunitz; 2001 S. 428, (ISBN 1-85317-703-2).

- [6] Ihde S, Aleksic Z. Propagation von Microcracks durch die Sofortbelastung von crestalen und basalen Implantaten.
- [7] Ihde S, Konstantinovic V, Cutilo B. Austausch eines BOI unter der festsitzenden Versorgung. *Dent Implantol* 2002; 6:358-61.
- [8] Schliephake H, Neukam FW. Lebenserwartung von Implantaten und Implantatlager. *Deutsch Zahnärztl* 2000;9:587-8 Z. 55.
- [9] Hylander WL. The functional Significance of the Primate Mandibular Form. *J. Morph* 1979;160:223-40 ainsi que : Patterns of Stress and Strain in the Macaque Mandible. *Ann Arbor* 1981 Chaps 3 et 4.
- [10] Koriath TWP, Hannam AG. Deformation of the Human Mandible During Simulated Tooth Clenching. *J Dent Res* Jan 1994;73(1):56-66.
- [11] Bosker H, Jordan RD, Powers MO, van Pelt AWJ. Bone induction and bone loss by use of the TMI. *Oral Surg Oral Diagn* 1991;2:18-28.
- [12] Mercier P, Vinet A. Factors involved in residual alveolar ridge atrophy of the mandible. *J Canad Dent AssN* 1983; n° 5:339-43.
- [13] Bradley CC. A radiological investigation into the age change of the inferior alveolar artery. *Br J Oral Surg* 1975;13:82.
- [14] Atkinson PJ, Woodhead C, Powell K. The Influence of Remodelling on Mandibular Bone Structure; S. 263-293.
- [15] Atkinson PJ, Powell K, Woodhead C. Cortical Structure of the Pig Mandible After The Insertion Of Metallic Implants Into Alveolar Bone. *Archs Oral Biol* 1977;Vol 22:383-91.
- [16] Moore WJ. An Experimental Study of the functional components of the growth in the rat mandible. *Acta Anat* 1973;85:378-85.
- [17] Schumaker GH, Dokladal M. Über unterschiedliche Sekundärveränderungen am Schädel als Folge von Kaumuskeldissektionen. *Acta Anat* 1968;69:378-92.
- [18] Zengo AN, Pawluk RJ, Bassett CAL. Stree induced bioelectric potentials in the dento-alveolar complex. *Am J Orthod* 1973;64:17-27.
- [19] Jansen M. On Bone Formation: Its relation to tension and pressure. London: Longmans; 1920.
- [20] Basset CAL. Electrical Effects in Bone. *Scientific American* 1965;213:18-25.
- [21] Frost HM. The laws of bone structure. Springfield: Thomas; 1964.
- [22] Al-Nawas B. Röntgenbilder in der klinischen Forschung - zukünftig ein Widerspruch? *Deutsch Zahnärztl Z* 57 2002;6: 327-9.
- [23] Besch KJ. Konsensus zu BOI. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1999;9.

Available online at www.sciencedirect.com

