

Intérêts du procédé T.B.S. dans la détermination de la qualité de l'os en odontologie

RÉSUMÉ



Samuel BANAYAN

UFR d'Odontologie,
Université Victor-Segalen Bordeaux 2,
16-20, cours de la Marne,
33076 Bordeaux cedex.

Bruno ELLA

UFR d'Odontologie, Université Bordeaux 2.

Patrick ROUAS

UFR d'Odontologie, Université Bordeaux 2.

Jean-Christophe COUTANT

UFR d'Odontologie, Université Bordeaux 2.

Laurent POTHUAUD[†]

Med-Imaps SA
Plateforme technologique
d'innovation biomédicale
Hôpital Xavier Arnoz, Pessac.

Jean-François LASSERRE

UFR d'Odontologie, Université Bordeaux 2.

Philippe CAIX

UFR d'Odontologie, Université Bordeaux 2.

Laurent HAURET

UFR d'Odontologie, Université Bordeaux 2.

Jean-Christophe FRICAIN

UFR d'Odontologie, Université Bordeaux 2.

André ROUAS

UFR d'Odontologie, Université Bordeaux 2.



Le taux de succès des implants dentaires est, entre autres, déterminé par la bonne évaluation préalable du volume et de la qualité de l'os environnant. Si le volume osseux se définit aisément par la quantité d'os (hauteur et largeur de la crête osseuse) disponible au niveau du site implantaire, la définition de la qualité de l'os est plus vague car elle comporte plusieurs aspects de la physiologie osseuse comme le degré de minéralisation ou l'architecture osseuse.

De la classification subjective de Lekholm et Zarb à celles plus récentes utilisant l'échelle Hounsfield, l'évaluation de la qualité de l'os n'a cessé de faire l'objet de controverses notamment de par le manque d'importance accordée à la qualité du réseau trabéculaire de l'os spongieux.

T.B.S. (*Trabecular Bone Score*) est une nouvelle mesure de microarchitecture osseuse obtenue par réanalyse des niveaux de gris des images d'ostéodensitométrie. Ce procédé, actuellement utilisé en rhumatologie pour le diagnostic de l'ostéoporose, est couplé à la mesure de la densité minérale osseuse (D.M.O.) afin de caractériser la microarchitecture osseuse.

Le procédé T.B.S.[®] appliqué à la radiographie panoramique trouverait de multiples indications en chirurgie orale et notamment en implantologie en complément des examens radiologiques actuellement utilisés.

Mots clés

- T.B.S.
- qualité de l'os spongieux
- architecture osseuse
- implant dentaire

AOS 2010;252:325-337
DOI: 10.1051/aos/2010404
© AEOS / EDP Sciences

Introduction

> Depuis l'introduction du concept d'ostéointégration en 1985 par Branemark, l'évaluation précise de la morphologie osseuse ainsi que celle de la qualité de l'os environnant sont considérées comme des facteurs décisifs dans la réussite des traitements implantaires.

Si l'évaluation du volume osseux disponible est à l'heure actuelle facile grâce aux examens tels que le scanner ou le cone beam, celle de la qualité osseuse est plus complexe, notamment de par la pluralité des aspects de la physiologie osseuse. Bien que la qualité du réseau trabéculaire constitue un facteur clé de la stabilité implantaire, les classifications actuelles

n'accordent que peu d'importance à l'architecture de l'os spongieux.

T.B.S. (*Trabecular Bone Score*) est une nouvelle mesure de microarchitecture osseuse obtenue par ré-analyse des niveaux de gris des images d'ostéodensitométrie. Ce procédé, actuellement utilisé en rhumatologie pour le diagnostic et le suivi du traitement de l'ostéoporose, est couplé à la mesure de la densité minérale osseuse (D.M.O.) afin de caractériser la microarchitecture osseuse.

L'objet de notre travail est d'étudier l'apport du procédé T.B.S.[®] en odontologie et plus particulièrement en implantologie orale.

Le paramètre T.B.S.

Définition de base et principe de la mesures

Le procédé T.B.S. repose sur une analyse des niveaux de gris d'une image 2D de projection telle qu'une image radiographique (scans DXA dans le cadre du diagnostic de l'ostéoporose). L'os est entre autres composé d'une partie compacte (os cortical) et d'une partie spongieuse (os trabéculaire). Contrairement à la D.M.O. qui caractérise la partie solide minéralisée de l'os (os compact), la mesure T.B.S. caractérise les « trous » du tissu osseux trabéculaire [1].

Le procédé consiste à appliquer un traitement informatique basé sur la quantification des niveaux de gris à l'image 2D de projection. Cette quantification est exprimée par le paramètre T.B.S. qui est calculé comme étant la pente à l'origine du variogramme (espérance

mathématique caractérisant la porosité du tissu osseux) expérimental des niveaux de gris (fig. 1 et 2).

Méthodologie du diagnostic de l'ostéoporose intégrant le procédé T.B.S.

Le principe de diagnostic de l'ostéoporose intégrant le procédé T.B.S. est illustré par la figure 3. Il s'agit pour le praticien de réaliser selon la méthode habituelle l'examen DXA et d'appliquer le procédé T.B.S. sur l'image obtenue afin de récupérer l'information sur la microarchitecture osseuse. Ainsi, à partir d'un seul examen, le praticien dispose à la fois de l'information sur la D.M.O. (examen DXA) mais aussi des données sur l'état de la microarchitecture osseuse (fig. 3 et 4).

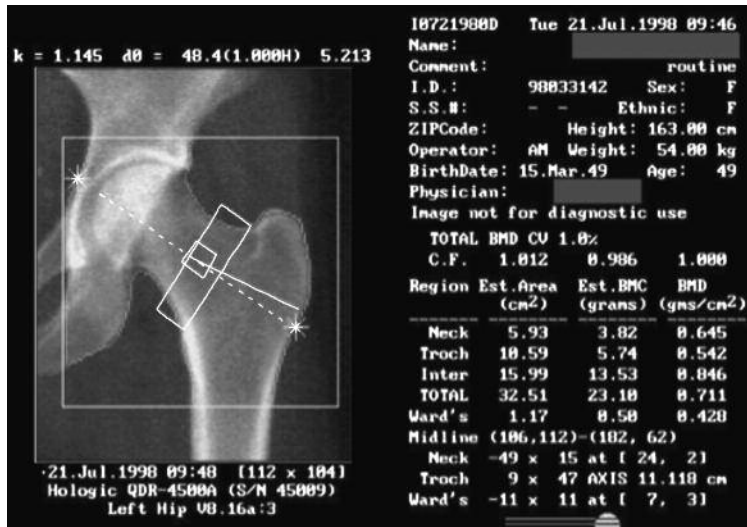


Fig. 1 Mesure de la D.M.O. au niveau du fémur par examen DXA.

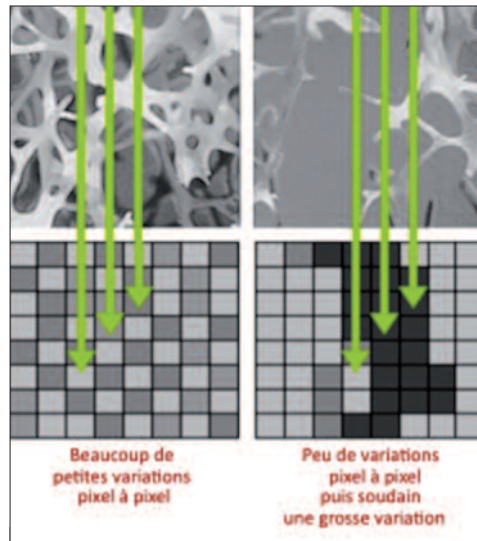


Fig. 2 Corrélation entre microarchitecture osseuse et niveaux de gris.

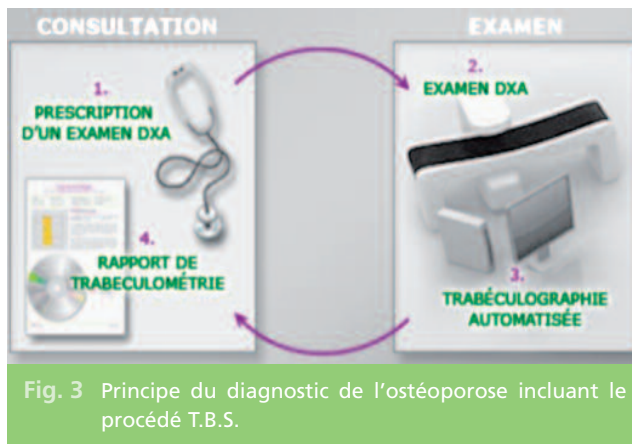


Fig. 3 Principe du diagnostic de l'ostéoporose incluant le procédé T.B.S.

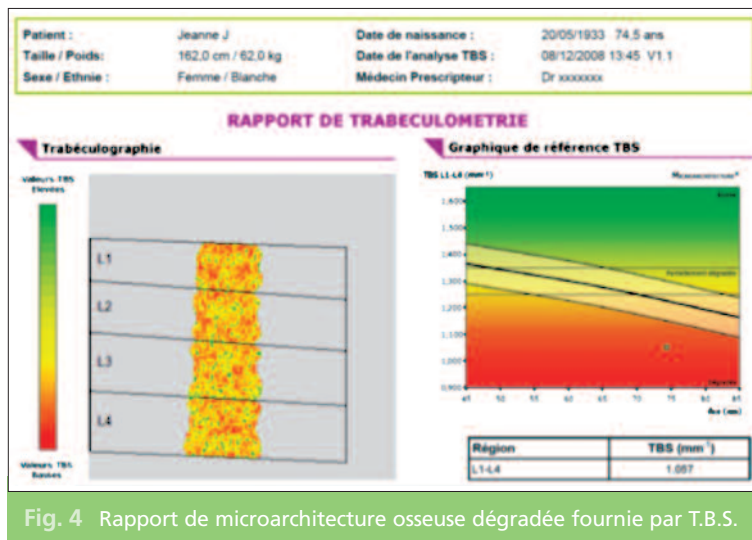


Fig. 4 Rapport de microarchitecture osseuse dégradée fournie par T.B.S.

(Images de cette page tirées de la documentation de la société Med-Imaps après l'autorisation du Dr L. Pothuaudt.)

Méthodologie du diagnostic de l'ostéoporose intégrant le procédé T.B.S. (fig. 5 et 6)

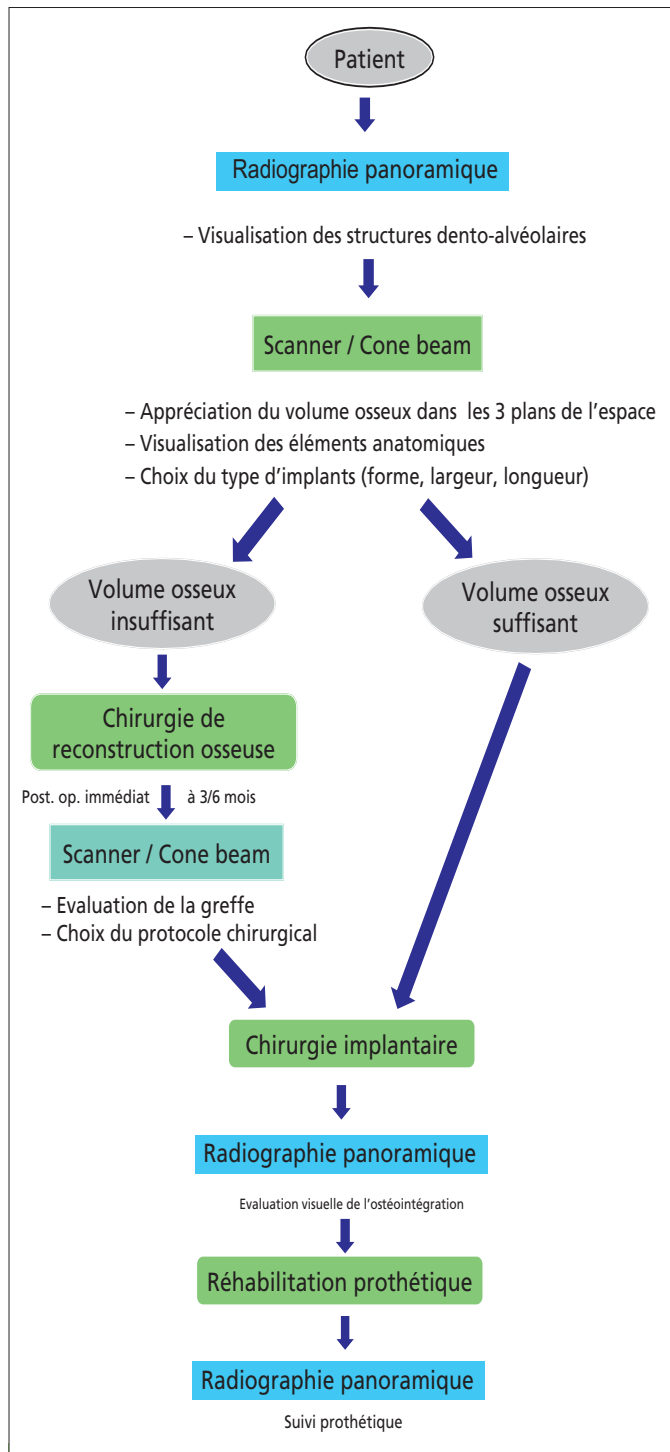


Fig. 5 Modèle de plan de traitement de réhabilitation orale classique (S.B. & B.E.).

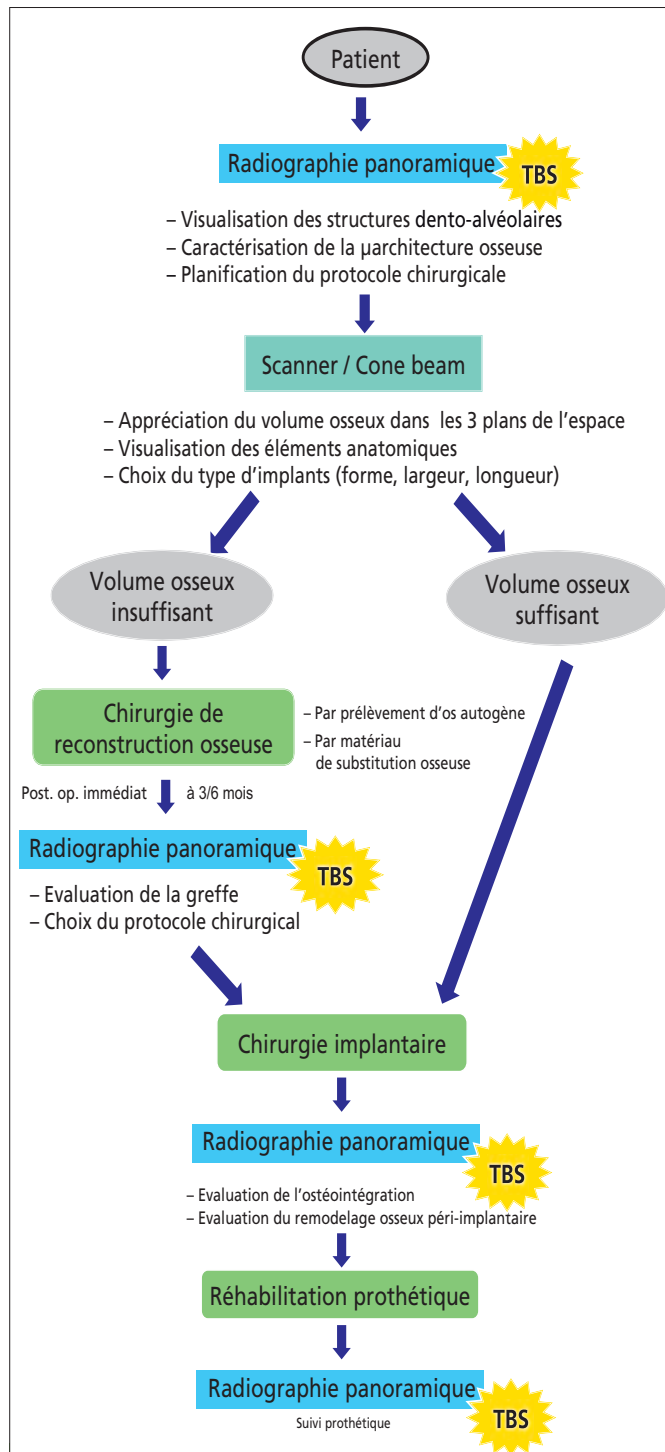


Fig. 6 Modèle de plan de traitement de réhabilitation qui inclurait l'usage du procédé T.B.S (S.B. & B.E.).

Discussion

Ambiguïté dans les termes qualité/densité osseuse

Dans la littérature scientifique relative à cette thématique, de nombreux auteurs définissent la qualité osseuse comme l'équivalent de la densité osseuse. Cette définition semble être réductrice quand on sait que beaucoup d'autres facteurs sont à considérer lorsqu'on s'intéresse à la qualité de l'os dans son ensemble. Ainsi, le métabolisme, le turnover des cellules, le degré de minéralisation, de maturation, de vascularisation mais aussi l'architecture et la microarchitecture osseuse constituent des propriétés à prendre en compte dans la définition, de par leur influence, par exemple, sur l'ostéointégration des implants [2, 4].

Il est également important de relever le paradoxe qui naît de la classification de Lekholm et Zarb. En effet, selon eux, un os de type 4, qui contient une forte proportion d'os cortical avec un os spongieux de faible densité est un os de « pauvre qualité » [5]. Or, cette classification, élaborée à partir d'un jugement clinique, fut fondée sur le fait qu'un taux de succès dans ce type d'os était relativement limité à cette époque. Si l'on considère l'aspect purement biologique de l'os, ses capacités de remodelage ou encore sa vascularisation, cet os de type 4 est plutôt un os de « bonne qualité » [6].

Limites des déterminations actuelles de la qualité de l'os

En ce qui concerne les moyens radiologiques dont dispose le chirurgien-dentiste, une éva-

luation précise de l'architecture osseuse semble être difficile avec les moyens actuels. En effet, les images en deux dimensions obtenues par radiographies rétroalvéolaires ou panoramiques, si elles sont faiblement irradiantes [7], ne répondent pas à ces attentes [8, 9]. À cela, il faut rajouter pour la radiographie panoramique des problèmes d'interprétation liés à la superposition des structures anatomiques tels que la colonne vertébrale sur la zone située entre les trous mentonniers droit et gauche ou encore des problèmes de distorsion [10].

Le cone beam est la plus avancée des techniques d'imagerie actuelle en ce qui concerne l'implantologie [9]. Il permet, à partir des images obtenues en 2D ou en 3D, l'appréciation quantitative du volume osseux dans les trois dimensions.

Cependant, il faut noter que l'appréciation de la qualité de l'os à partir de tomographies par CBCT présente des limites. D'une part, la résolution spatiale des cone beams disponibles sur le marché constitue un frein quant à l'appréciation de la microarchitecture osseuse. En effet, pour ce qui est des appareils actuels, le voxel a une résolution de l'ordre de 110 à 300 μm^3 [11] tandis que la taille moyenne des trabécules de l'os spongieux se situe autour de 100 μm [12]. Par ailleurs, la validité de la mesure par unité Hounsfield est remise en question par de nombreux auteurs [13-15] ayant noté des résultats inattendus lors de leurs études réalisées à partir de ces mesures. De plus, la présence d'artefacts produits par les implants rend son intérêt réduit à néant en ce qui concerne l'évaluation de l'ostéointégration des implants [8, 15].

Enfin, le CBCT, bien que moins irradiant que le scanner, a une dose efficace qui reste tout de même 4 à 42 fois plus élevée que celle d'une radiographie panoramique [16]. Si l'on tient compte du souci d'optimisation et de justification des examens selon le principe ALARA, son utilisation est peu envisageable dans le cadre du suivi régulier postopératoire. Ces restrictions sont également valables pour le scanner qui, bien que beaucoup plus coûteux et irradiant que le cone beam, reste largement utilisé par les praticiens.

Concernant les méthodes utilisées en recherche scientifique, les paramètres histomorphométriques nécessitant des techniques trop invasives comme le prélèvement histologique ou l'usage du microscanner, celles-ci ne sont bien évidemment pas utilisables en pratique clinique [17].

Au vu de ces constatations, il semble qu'il manque à l'heure actuelle un outil capable de caractériser de manière précise et non invasive la microarchitecture osseuse avant, pendant et après la réhabilitation.

Le cahier des charges d'un indicateur de microarchitecture osseuse comporte plusieurs contraintes :

- non invasif (sans biopsie) ;
- peu ou pas irradiant (irradiation inférieure ou égale à celle reçue lors d'un examen par radiographie panoramique : DE : 6 μ Sv) ;
- précis (résolution inférieure à 100 μ m), reproductible, fiable ;
- d'utilisation simple et pratique pour le patient et l'investigateur, si possible directement utilisable au cabinet dentaire ;
- peu coûteux et accessible facilement à de grandes populations (par exemple : CHU) [18].

Nouveau concept : rôle de l'os trabéculaire

La qualité du réseau trabéculaire apparaît comme un facteur important pour le succès de l'ostéointégration car celui-ci est responsable de la réponse biologique de l'os mais aussi du support mécanique de l'implant [19-21].

De nombreux auteurs discutent aussi de l'éventuel rôle du réseau trabéculaire et donc de sa microarchitecture sur la stabilité primaire de l'implant lors de la chirurgie.

En effet, après analyse histomorphométrique du réseau trabéculaire de sections de mandibules édentées, Ulm [22] souligne que, statistiquement, si l'os cortical est présent en plus grande quantité à la mandibule qu'au maxillaire, le réseau trabéculaire y est également plus dense.

De même, selon Nkenke [23] l'étude histomorphométrique du réseau trabéculaire de l'os spongieux peut être utilisée afin de prédire la stabilité implantaire.

Enfin, selon Akça [24], à partir du moment où l'implant n'est pas forcément engagé dans la corticale osseuse lors de sa mise en place, notamment avec les implants rugueux, il est en grande partie entouré d'os spongieux. Dans son étude, il obtient un taux de corrélation important entre les mesures histomorphométriques de l'os spongieux obtenues par microscanner, et le couple de serrage obtenu lors de la mise en place des implants.

La figure 7a représente la répartition de l'os spongieux par rapport à l'os cortical au niveau d'une section transversale de la symphyse mentonnière. On se trouve théoriquement dans un os de type 1 selon la classification de Lekholm et Zarb.

Or, sur la figure 7b, on s'aperçoit que lorsque l'on met en place un implant de faible dia-

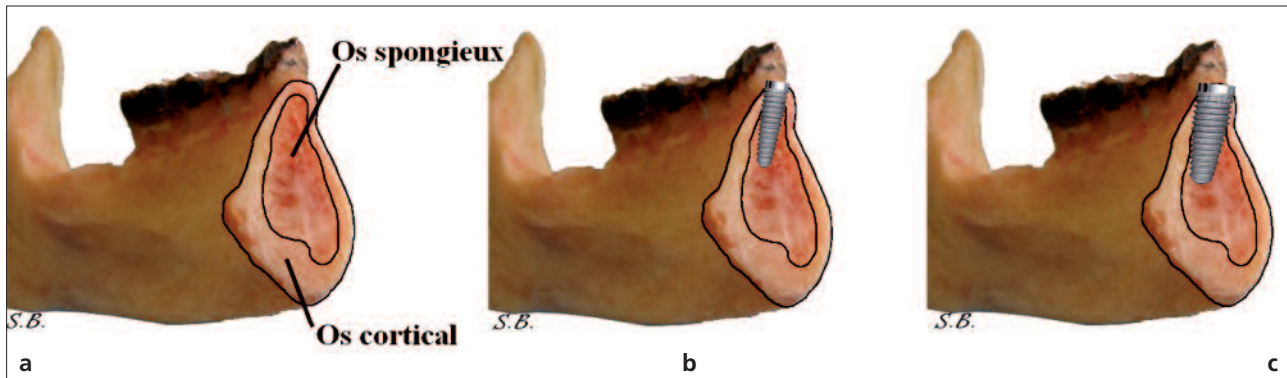


Fig. 7 a à c Répartition de l'os spongieux par rapport à l'os cortical sur une section transversale de la symphyse mentonnière. La mise en place d'implants de faible diamètre (fig. 7 b) et de gros diamètre (fig.7 c) à été simulée.

mètre (ce qui est la plupart du temps le cas au niveau antérieur à la mandibule), l'implant est majoritairement en contact avec de l'os spongieux, il n'est engagé dans les corticales osseuses que dans sa partie la plus cervicale. Cela montre toute l'importance qu'il est nécessaire d'accorder à l'évaluation de la qualité de l'os spongieux.

La figure 7c présente le même cas mais avec un implant de plus gros diamètre. Celui-ci est alors fortement engagé dans les corticales vestibulaires et linguales.

Ainsi, pour le même type d'os, étant donné l'importance déjà démontrée de l'os cortical dans la stabilité primaire de l'implant, on n'a pas forcément le même ancrage primaire selon le diamètre de l'implant choisi. Si l'os spongieux en présence est de type 4, malgré une corticale de type 1, et que l'on met en place un implant qui ne sollicite pas les corticales osseuses, on n'est pas certain de la bonne stabilité initiale. Or si l'on restait conforme à l'indication selon la classification de Lekholm et Zarb, on s'attendrait à avoir systématiquement une bonne stabilité primaire dans cet os.

C'est pourquoi la caractérisation de la microarchitecture du réseau trabéculaire de l'os spon-

gieux semblerait utile afin de prédire les capacités de remodelage de l'os péri-implantaire mais aussi l'ancrage que l'on obtiendra lors de la mise en place des implants afin d'adapter non seulement le protocole chirurgical mais aussi toute la chronologie thérapeutique à cette évaluation de l'os.

Applications du procédé T.B.S. en odontologie

> *Caractérisation de la microarchitecture osseuse à partir de radiographies panoramiques*

On peut imaginer appliquer ce procédé à des radiographies panoramiques, en choisissant des régions d'intérêt (ROI) bien précises correspondant au site implantaire, afin d'obtenir soit une cartographie de valeurs locales du paramètre T.B.S. (trabéculographie) sur la globalité de la ROI, ou bien afin de calculer la valeur moyenne de T.B.S. (trabéculométrie) pour cette même ROI.

Le choix d'appliquer ce procédé à la radiographie panoramique plutôt qu'à un autre système d'acquisition radiologique se justifie par plusieurs arguments :

- le coût peu élevé du système ;
- la reproductibilité des images ;
- la visibilité de toutes les structures dento-alvéolaires en une seule exposition à faibles doses de radiation (dose efficace : 6 μ Sv) [7] ;
- la résolution spatiale (de l'ordre de 90 μ m) ;
- l'absence d'artefact en présence de métal, notamment d'implants en titane.

L'utilisation de la radiographie panoramique requiert un recalage entre l'image 2D et la représentation 3D de la mandibule. Cependant, contrairement aux radiographies classiques qui consistent en une simple projection orthogonale des rayons X, le capteur numérique des panoramiques tourne à 180° autour de la tête du patient. Il est donc nécessaire, au préalable, de modéliser la déformation à appliquer au panoramique dentaire afin de déterminer la position exacte du masque osseux sur le modèle 3D. L'utilisation de l'« algorithme de Morphing », qui permet de fournir la fonction de déformation utilisée par le panoramique dentaire consiste dans un premier temps à localiser des points caractéristiques de la mandibule, tels que les foramens mentonniers, sur le modèle 3D et à déformer peu à peu l'image 2D jusqu'à l'obtention d'un plaquage parfait de l'image sur le volume [25].

Quant au problème de la superposition des structures, notamment de la colonne vertébrale sur la région antérieure de la mandibule, il pourra être résolu par l'application de filtres d'exclusion.

L'usage du procédé T.B.S. appliqué aux radiographies panoramiques trouve son indication dans la caractérisation de la microarchitecture de l'os spongieux, que ce soit en pré-opératoire dans la planification chirurgicale, ou bien en postopératoire dans l'évaluation de l'ostéointégration des implants, la chronologie de mise en charge ainsi qu'en suivi prothétique.

> *Adaptation du plan de traitement en fonction de l'indice T.B.S.*

● En pré-opératoire

La stabilité initiale de l'implant au moment de la chirurgie est un critère majeur pour la pérennité à long terme de celui-ci [26]. Cette stabilité implantaire est liée à la technique chirurgicale, au design de l'implant, mais surtout à la quantité et à la qualité de l'os au niveau du site implantaire. C'est pourquoi l'utilisation du paramètre T.B.S. permettrait d'optimiser cette stabilité primaire en jouant sur l'anatomie de l'implant, l'état de surface de l'implant ou sur la séquence de forage [20, 27].

Une mise en charge immédiate des implants n'est possible que lorsqu'un bon ancrage primaire (supérieur à 35 Ncm) est obtenu [28]. Le choix d'une mise en charge immédiate ou différée ne serait donc réellement établi que lors de la chirurgie, en particulier lors de la mesure du couple de serrage de l'implant. Il paraît nécessaire d'anticiper cette mesure et l'indice T.B.S. pourrait être d'une utilité capitale pour la préciser.

● Lors de la cicatrisation osseuse et de la mise en charge

L'usage de radiographies panoramiques à intervalle de temps réguliers avec application du procédé T.B.S. permettrait d'évaluer en temps réel l'ostéointégration des implants et de choisir le moment idéal pour la mise en charge des implants en fonction du remodelage osseux.

● En suivi à long terme

Il a été prouvé que le réseau trabéculaire osseux péri-implantaire intervient dans le soutien de la pression occlusale [29]. Cela implique la nécessité d'un suivi à long terme afin d'anticiper d'éventuels échecs implantaires dus à des pressions occlusales excessives ou autres, par la réalisation de clichés panoramiques réguliers.

En effet, un défaut dans la structure du réseau trabéculaire péri-implantaire serait rapidement confondu par le procédé T.B.S.

> *Évaluation in vivo de la résorption d'un biomatériau de substitution osseuse*

La vitesse de résorption d'un substitut osseux, dans le cadre de greffes de reconstitution osseuse nécessaires à l'augmentation du volume osseux du site à réhabiliter, est dépendante de plusieurs facteurs. La composition chimique du milieu physiologique dans lequel baigne le substitut, l'étendue de l'interface substitut/milieu physiologique ou encore la nature chimique du substitut sont des éléments qui vont jouer sur la rapidité de la résorption [30]. Si celle-ci dure généralement entre trois et six mois, le délai avant la chirurgie implantaire est en pratique choisi arbitrairement par le chirurgien-dentiste [31]. Cependant, certaines études histologiques ayant montré que le processus de minéralisation d'une greffe au niveau du sinus maxillaire est souvent incomplet à 6 mois post-chirurgie, une évaluation précise de la qualité de la résorption du substitut osseux devrait être envisagée. Le procédé T.B.S., appliqué à la radiographie panoramique pourrait permettre une évaluation de la microarchitecture osseuse au niveau du site à réhabiliter. Cela permettrait de valider la possibilité d'implanter ou au contraire de retarder l'intervention en fonction des résultats obtenus.

> *Caractérisation de la microarchitecture d'un greffon osseux intra- ou extra-oral*

L'épaisseur de la corticale osseuse de l'os donneur dans le cadre de greffes osseuses préimplantaires joue un rôle primordial dans l'os-

téointégration, notamment sur la stabilité initiale de l'implant. La qualité de la microarchitecture de l'os spongieux constitue également un facteur important lorsque l'on choisit un site donneur car cela joue sur la réponse biologique de l'os et le support mécanique de l'implant [32]. C'est pourquoi, un examen préopératoire de la quantité mais aussi de la qualité du site donneur, qu'il soit intra-oral (symphyse mentonnière, ramus) ou extra-oral (os iliaque, tibia...) pourrait permettre au chirurgien d'orienter son choix. Le procédé T.B.S. appliqué à une radio panoramique voire à une radiographie simple d'un site de prélèvement serait en mesure de fournir des informations précises sur la microarchitecture de ces sites.

> *Intégration du procédé T.B.S. aux différents logiciels de planification implantaire*

Depuis quelques années, de multiples logiciels de navigation et de planification implantaire se sont développés. En effet, des logiciels tels que Nobel Guide® ou Simplant® permettent, à partir de scanners de simuler la chirurgie implantaire afin de la reproduire sur le patient par l'intermédiaire d'un guide chirurgical réalisé grâce au logiciel. Le choix de la longueur et du diamètre de l'implant peut se faire grâce au logiciel par la mesure du volume osseux. Quant à la qualité de l'os, elle peut être évaluée objectivement grâce à l'échelle Hounsfield, mais comme vu précédemment, cette valeur est controversée [14].

C'est pourquoi, l'intégration du procédé T.B.S. à ces logiciels semblerait être judicieuse. En effet, en combinant les informations obtenues sur la microarchitecture osseuse à celles obtenues avec les logiciels actuels, le choix de la longueur, du diamètre mais aussi de la forme et de l'état de surface de l'implant serait réalisé de manière fiable, automatisée et objective.

> *Évaluation du remodelage osseux induit par les biphosphonates*

Les biphosphonates sont utilisés dans l'ostéoporose depuis plus de vingt ans en raison de leur puissant effet inhibiteur sur les ostéoclastes résorbant l'os, et dans le traitement d'autres maladies métaboliques du calcium et de l'os (par exemple métastases squelettiques, hypercalcémie secondaire à des cancers ou maladie de Paget). L'ostéonécrose maxillaire est une complication rare, parfois grave d'un traitement par bisphosphonates [33]. C'est pourquoi un contrôle régulier du remodelage osseux peut être envisagé par l'intermédiaire du procédé T.B.S. appliqué aux radiographies panoramiques afin d'adapter le traitement en fonction des résultats obtenus.

Étude en cours

Le but est d'étudier la faisabilité de l'application du procédé T.B.S. aux radiographies panoramiques.

Cinq mandibules prélevées sur cadavres frais ont été radiographiées à l'aide de l'appareil Cranex 3 Ceph (Soredex).

Les niveaux de gris correspondant ont été sauvegardés et exploités pour l'évaluation de T.B.S.

Après hémisection, les 10 héli-mandibules ont été microscannées (μ CT eXplore Locus, GE HealthCare) et soumis aux paramètres microarchitecturaux de Parfitt afin de corréliser ces mesures avec l'indice T.B.S. obtenu. L'étude est en cours et les premiers résultats sont très encourageants.

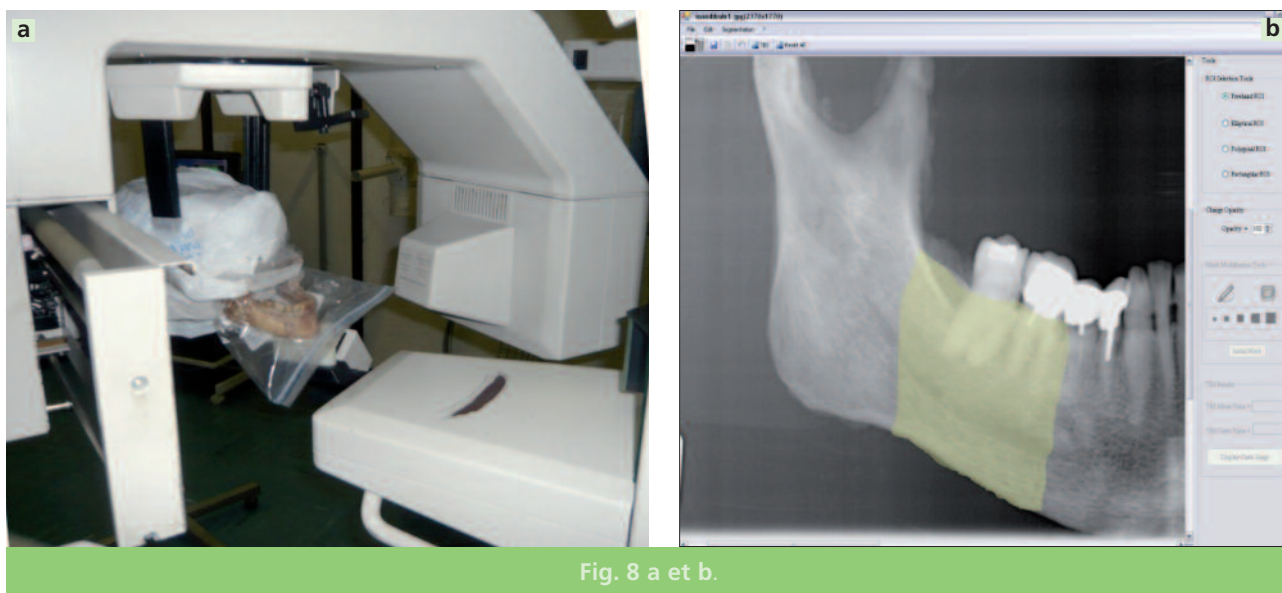


Fig. 8 a et b.

Conclusion

Le procédé T.B.S. appliqué aux radiographies panoramiques permettrait de combler les lacunes présentes dans les méthodes de déter-

mination de la qualité de l'os. Si le procédé T.B.S. permet de caractériser la microarchitecture des os maxillaires, il ne remplace en aucun

cas les images obtenues par scanner ou par cone beam. Il doit être considéré comme complémentaire de ces techniques. Cependant, il faudra attendre les résultats de l'étude qui a été initiée concernant la corrélation du para-

mètre T.B.S. à la microarchitecture osseuse des maxillaires mesurée par microscanner avant de valider ce procédé. Il s'en suivra une étude clinique qui s'inscrira dans un projet hospitalier de recherche clinique.

Bibliographie

- Pothuaud L, Barthe N, Krieg MA, Mehsen N, Carceller P, Hans D. **Evaluation of the potential use of trabecular bone score to complement bone mineral density in the diagnosis of osteoporosis: a preliminary spine BMD-matched, case-control study.** *J Clin Densitom* 2009 Apr-Jun;12(2):170-6.
- Seong WJ, Kim UK, Swift JQ, Hodges JS, Ko CC. **Correlations between physical properties of jawbone and dental implant initial stability.** *J Prosthet Dent* 2009 May;101(5):306-18.
- Cortet B, Marchandise X. **Microarchitecture et résistance mécanique osseuse.** *Revue de Rhumatologie (Edition Française)* 2001;68:584-94.
- Molly L. **Bone density and primary stability in implant therapy.** *Clin Oral Implants Res* 2006 Oct;17 Suppl 2:124-35.
- Lekholm U, Zarb G. **Patient selection and preparation.** In: Branemark, P-I, Zarb GA, Albrektsson T, editors. **Tissue integrated prostheses : osseointegration in clinical dentistry.** Chicago : Quintessence 1985:199-209.
- Davies JE. **Understanding peri-implant endosseous healing.** *J Dent Educ* 2003 Aug;67(8):932-49.
- Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. **Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit.** *Dentomaxillofac Radiol* 2003 Jul;32(4):229-34.
- Abdelkarim AA, Langlais RP. **Implantologie et tomographie volumique par faisceau conique (TVFC).** *Journal de l'Ordre des Dentistes du Québec* 2008;45:363-72.
- Seban A, Bonnaud P. **Le bilan préopératoire à visée implantaire.** Elsevier Masson, 2009 ; Chap. 7 : Examens radiologiques : 127-84.
- Gomez-Roman G, Lukas D, Beniashvili R, Schulte W. **Area-dependent enlargement ratios of panoramic tomography on orthograde patient positioning and its significance for implant dentistry.** *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999 Mar-Apr;14(2):248-57.
- De Vos W, Casselman J, Swennen GR. **Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature.** *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009 Jun;38(6):609-25.
- Todisco M, Trisi P. **Bone mineral density and bone histomorphometry are statistically related.** *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005 Nov-Dec;20(6):898-904.
- Swennen GR, Schutyser F. **Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006 Sep;130(3):410-6.
- Ait-Ameur A, Decat V, Treil J, Campan P, Teillet M, Le Gac O, *et al.* **[Dental implant news: from help to diagnosis to help to surgery].** *J Radiol* 2009 May;90(5 Pt 2): 624-33.
- Katsumata A, Hirukawa A, Noujeim M, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, *et al.* **Image artifact in dental cone-beam CT.**

- Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006 May;101(5):652-7.
16. HAS.
Tomographie volumique à faisceau conique de la face. Texte court du rapport d'évaluation technologique. 2009.
(http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-12/texte_court_cone_beam_2009-12-28_17-27-51_224.pdf).
 17. Roze J, Babu S, Saffarzadeh A, Gayet-Delacroix M, Hoornaert A, Layrolle P.
Correlating implant stability to bone structure. Clin Oral Implants Res 2009 Oct;20(10):1140-5.
 18. Benhamou CL, Pothuaud L, Lespessailles E.
Caractérisation de la microarchitecture trabéculaire osseuse par analyse de texture. ITBM-RBM Revue générale 2000;21:351-8.
 19. de Oliveira RC, Leles CR, Normanha LM, Lindh C, Ribeiro-Rotta RF.
Assessments of trabecular bone density at implant sites on CT images. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008 Feb;105(2):231-8.
 20. Misch CE, Qu Z, Bidez MW.
Mechanical properties of trabecular bone in the human mandible: implications for dental implant treatment planning and surgical placement. J Oral Maxillofac Surg 1999 Jun;57(6):700-6; discussion 6-8.
 21. Traini T, Degidi M, Lezzi G, Artese L, Piattelli A.
Comparative evaluation of the peri-implant bone tissue mineral density around unloaded titanium dental implants. J Dent 2007 Jan;35(1):84-92.
 22. Ulm C, Tepper G, Blahout R, Rausch-Fan X, Hienz S, Matejka M.
Characteristic features of trabecular bone in edentulous mandibles. Clin Oral Implants Res 2009 Jun;20(6):594-600.
 23. Nkenke E, Kloss F, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Radespiel-Troger M, Loos K, *et al.*
Histomorphometric and fluorescence microscopic analysis of bone remodelling after installation of implants using an osteotome technique. Clin Oral Implants Res 2002 Dec;13(6):595-602.
 24. Akca K, Chang TL, Tekdemir I, Fanuscu MI.
Biomechanical aspects of initial intraosseous stability and implant design: a quantitative micro-morphometric analysis. Clin Oral Implants Res 2006 Aug;17(4):465-72.
 25. Etoua V.
Etude de faisabilité sur l'application du procédé TBS aux images radiographiques panoramiques dentaires. Rapport de stage industriel. 2009.
 26. Meredith N.
Assessment of implant stability as a prognostic determinant. Int J Prosthodont 1998 Sep-Oct;11(5):491-501.
 27. Martinez H, Abou Ibrahim R.
Protocole implantaire: choix selon la qualité osseuse. In : Martinez H, Renault P, Les implants : chirurgie et prothèse. Choix thérapeutiques stratégiques. Editions CdP 2008:63-80.
 28. Martinez H, Davarpanah M.
Choix raisonné de la chronologie thérapeutique en implantologie. Implantodontie 2003;12(4):11-22.
 29. Ohashi T, Matsunaga S, Nakahara K, Abe S, Ide Y, Tamatsu Y, *et al.*
Biomechanical role of peri-implant trabecular structures during vertical loading. Clin Oral Investig 2009;Aug:18.
 30. ADF.
Les matériaux de substitution osseuse. Dossiers de l'ADF 2005.
 31. Nkenke E, Stelzle F.
Clinical outcomes of sinus floor augmentation for implant placement using autogenous bone or bone substitutes: a systematic review. Clin Oral Implants Res 2009 Sep;20 Suppl 4:124-33.
 32. Myoung H, Kim YY, Heo MS, Lee SS, Choi SC, Kim MJ.
Comparative radiologic study of bone density and cortical thickness of donor bone used in mandibular reconstruction. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001 Jul;92(1):23-9.
 33. Robertson A, Kraenzlin B, Zeilhofer H-F, Meir C.
Ostéonécrose maxillaire due aux biphosphonates. Forum médical Suisse 2007;7:408-12.

SUMMARY

Interest of the TBS® process in the determination of bone quality in odontology

Samuel BANAYAN,
Bruno ELLA,
Patrick ROUAS,
Jean-Christophe COUTANT,
Laurent POTHUAUD†,
Jean-François LASSERRE,
Philippe CAIX,
Laurent HAURET,
Jean-Christophe FRICAIN,
André ROUAS,

The success rate of dental implants is determined, among other factors, by a relevant preliminary evaluation of the volume and quality of the surrounding bone. Bone volume can easily be defined as the amount of bone available at the implant site (height and width of the edge of the bone) but the definition of bone quality is not as clear because it consists in several aspects of the osseous physiology such as the degree of mineralization and bone architecture.

From Lekholm and Zarb's subjective bone classification to the more recent ones using Hounsfield Units, the evaluation of bone quality has always been controversial, notably because of the lack of significance concerning the tridimensional structure of trabecular bone.

TBS® (Trabecular Bone Score) is a new way to measure trabecular bone microarchitecture, through a re-analysis of the grey levels of osteodensitometric images. This process, currently used in rheumatology for the diagnosis of osteoporosis, is coupled with the measure of bone mineral density (BMD) in order to characterize the bone microarchitecture.

The TBS® process, applied to panoramic X-ray, would find several indications in oral surgery and more precisely in implantology where it could be complementary to actual radiological means.

Keywords

- TBS
- quality of cancellous bone
- bone architecture
- dental implant



Expertise dentaire et maxillo-faciale Principe, conduite, indemnisation

ISBN : 978-2-7598-0487-0
420 pages - 45 € TTC
Octobre 2010

Alain Béry, Daniel Cantaloube, Laurent Delprat

Force est de constater que nous vivons dans une société intermédiaire. Toute personne ayant subi un préjudice corporel suite à un accident, une agression, une erreur médicale etc., souhaite en obtenir réparation. L'évaluation de cette indemnisation est obligatoirement faite dans le cadre d'une expertise, qui, pour déterminer le dommage, analysera les préjudices subis, le pronostic à court, moyen et long terme. Dans le cadre du dommage corporel, l'expertise médicale est un exercice médico-juridique encadré par la loi ayant pour objectif selon la procédure en cours, soit :

- l'évaluation du dommage d'une victime ;
- la recherche de preuves ;
- la qualification d'un délit ;
- la mise en évidence d'une faute professionnelle.

Tel est le cas en odontostomatologie et en chirurgie maxillo-faciale.

A renvoyer à :

Éditions SID - EDP Sciences
BP 112 - 91944 Les Ulis Cedex A



Nom / Prénom :
Adresse :
CP : Ville : Pays :
E-mail :

Titre	Prix unitaire	Quantité	Total
Expertise dentaire et maxillo-faciale	45 €	X	= €
FRAIS de PORT*	1 livre : 8 €, 2 à 3 livres : 11 €, au delà : 14 €. Hors U.E. : forfait de 8 € en plus des frais de port.	Frais de port	+ €
TOTAL GÉNÉRAL			= €

* Aucune commande ne pourra être expédiée sans ajout des frais de port.

Paiement : par chèque à l'ordre d'EDP Sciences (à joindre à la commande)
par carte bancaire : Visa Eurocard American Express
N° de carte : []
Date d'expiration : / /
CCV (3 derniers chiffres au dos de la carte) : [] [] []

Date : / /
Signature : _____