

Précision des guides chirurgicaux utilisés dans le cadre de la chirurgie implantaire guidée.

Mots clés :

Précision
Implants dentaires
Chirurgie guidée
Stéréolithographie
Modèle chirurgical

Keywords:

Accuracy
Dental implants
Guided surgery
Stereolithography
Surgical template

The precision of surgical guides in CAD-CAM implant surgery.

THOMAS GOUTMAN.

Diplômé de la faculté de chirurgie dentaire de l'université Paris-VII – CES Technologie des matériaux utilisés en art dentaire Paris-VII. DU Clinique implantologie chirurgicale et prothétique Paris-VII.

RÉSUMÉ

BUT

Cet article a pour but d'analyser les études cliniques afin de déterminer la précision des guides stéréolithographiques dans leurs différentes configurations et dans les différentes situations cliniques.

MÉTHODE

Une recherche des articles en anglais dans la base de données Pubmed a été effectuée de juin 2005 à juin 2012 selon les critères : « guided surgery and computed-assisted surgery », « stereolithographic surgical template ».

RÉSULTATS

Vingt six articles ont été identifiés comme pertinents par rapport au sujet traité. Dix études apportent des résultats quantitatifs.

Quatre études (Ozan et coll., 2009 ; Cassetta et coll., 2011 ; Arisan et coll., 2010 ; Ersoy et coll., 2008) comparent la précision de poses d'implants en fonction de la nature de l'appui du guide stéréolithographique utilisé. Pour Ozan et coll. et pour Cassetta et coll., les guides à appui dentaire sont plus précis que les autres guides. Selon Arisan et coll., ce sont les guides à appui muqueux qui sont plus précis que les autres guides, tandis que pour Ersoy et coll., il n'y a pas de différence de précision entre les différents guides.

Dans les six autres études, il n'y a qu'un seul type de guide qui est utilisé pour la mise en place des implants, mais ces études nous fournissent des résultats qualitatifs sur d'autres paramètres qui pourraient avoir une influence sur la précision du positionnement des implants : pour D'haese et coll., les implants placés en région maxillaire postérieure subiraient plus de déviation que ceux placés en région antérieure. De même que les implants longs par rapport aux implants courts. Pour ces mêmes auteurs ainsi que pour Vasak et coll., plus l'épaisseur de la muqueuse est importante (en relation ou non avec les habitudes tabagiques des patients), plus les déviations sont importantes. Par ailleurs, pour Pettersson et coll. (2010), le facteur mouvement du patient pendant les scanners préopératoires et/ou postopératoires pourrait également avoir une influence négative sur la précision des implants mis en place par chirurgie guidée.

CONCLUSION

Compte tenu du grand nombre d'étapes que requiert la chirurgie guidée, de la réalisation du projet prothétique au positionnement du guide stéréolithographique, auxquels s'ajoutent l'anatomie et les habitudes du patient ainsi que les impératifs de certains protocoles comme la mise en charge immédiate, de nombreuses sources d'imprécision peuvent survenir.

Le praticien désireux d'utiliser cette technique doit en connaître tous les tenants et aboutissants afin d'en limiter les effets négatifs sur le résultat final. Il doit, de plus, parfaitement maîtriser la planification informatique ainsi que la technique chirurgicale parfois différente des techniques conventionnelles. Une courbe d'apprentissage est souvent nécessaire.

SUMMARY

PURPOSE:

This article aims at analyzing clinical trials to determine the accuracy of stereolithographic surgical guides in their various configurations and in the various clinical situations.

METHOD:

A research for articles written in English in the database PUBMED has been conducted since June, 2005 until June, 2012 according to the following criteria: “guided surgery and computed-aided surgery”, “stereolithographic surgical template”.

OUTCOME:

Twenty six articles were identified as relevant with regard to the subject. Ten studies feature quantitative results.

Four studies (Ozan et al. 2009 ; Cassetta et al. 2011 ; Arisan et al. 2010 , Ersoy et al. 2008 compare the precision of implants placement according to the nature of the support of the chosen stereolithographic guide. To Ozan et al. and to Cassetta et al., tooth-supported guides are more accurate than the other guides. According to Arisan et al., mucosa-supported guides are more precise than the other guides while to Ersoy et al., there are no accuracy differences among the various guides.

In the six other studies, only one type of guide is used to place the implants but these studies provide us qualitative results on other parameters which could have an influence on the precision of the positioning of implants: to D’Haese et al. (2012), implants placed in the posterior maxillary region seem to deviate more than those placed in the anterior region. Same thing about long implants compared with short implants.

To the same authors as well as to Vasak et al. (2011), the thicker the mucosa is (in relation or not with the patients’ smoking habits), the greater the deviations are. Besides, to Pettersson et al. (2010), the patient’s movements during the preoperative and/or post-operative scanners could also have a negative influence on the precision of implants placed by guided surgery.

CONCLUSION:

Considering the large number of stages required by the guided surgery, from the making of the prosthetic project to the positioning of the stereo lithographic guide, as well as the patient’s anatomy and habits and the requirements of certain protocols such as the immediate loading, a great number of unclear elements may arise.

The practitioner who would like to use this technique has to know all the ins and outs in order to limit the negative effects on the final result. He must also perfectly master the IT planning as well as the surgical technique that is sometimes different from conventional techniques. A learning curve is often necessary.

Introduction

Le placement précis des implants dans les trois dimensions de l’espace est une étape essentielle pour optimiser les aspects prothétiques, fonctionnels et esthétiques, ainsi que les contraintes masticatoires d’une réhabilitation implanto-portée.

Il est établi que la chirurgie implantaire est assujettie à la prothèse, qu’il s’agisse d’un édentement unitaire, plural ou complet.

À cet effet, l’utilisation de systèmes de chirurgie guidée a été reconnue comme un outil fondamental pour contrôler la position idéale des implants, particulièrement pour les cas complexes (Horwitz et coll., ; Schneider et coll., 2009). Cette technique fait appel à la planification informatique issue des données tomodensitométriques. De plus, la chirurgie guidée permet d’aboutir à des protocoles très sophistiqués, notamment dans le cadre de la mise en charge immédiate, grâce à la possibilité d’élaborer en amont une prothèse fixe avant même d’avoir réalisé la chirurgie (Gillot et coll., 2010; Orentlicher et Aboud, 2011; Van Assche et coll., 2005). Le point critique réside dans le manque de précision concernant le transfert des données informatiques vers la réalisation chirurgicale (Frisardi et coll., 2011). Le processus global permettant la fabrication d’un guide

Introduction

The accurate placement of implants in the 3 dimensions of space is an essential stage to optimize the prosthetic, functional and aesthetic aspects as well as the masticatory constraints of an implant-borne rehabilitation.

It is established that the implant surgery is subjected to the prosthesis in all types of restorations: single, multiple or complete.

For that purpose, the use of guided surgery systems was recognized as a fundamental tool to check the ideal position of implants, particularly in complex cases (Horwitz et al., 2009; Schneider et al., 2009). This technique uses the IT planning based on tomodensitometry data.

Besides, guided surgery allows to carry out very sophisticated protocols, particularly concerning the immediate loading, thanks to the possibility of developing a fixed prosthesis even before performing surgery (Gillot et al, 2010; Orentlicher and Abboud, 2011; Van Steenberghe et al., 2005).

The crux of the matter lies in the lack of accuracy concerning the transfer of computing data to the surgical performance (Frisardi et al., 2011). The global process of the manufacturing of a surgical guide includes among

chirurgical comprend notamment l'acquisition des données anatomiques, la segmentation de ces données par le logiciel inhérent au scanner et la réalisation industrielle du guide chirurgical par stéréolithographie. Chacune de ces différentes étapes peut être à l'origine d'erreurs ou de distorsions.

Le but de cet article est d'essayer de mettre en évidence les facteurs à l'origine de ces erreurs de précision afin d'y remédier.

Définition de la chirurgie guidée

La chirurgie guidée consiste en un protocole présentant différentes étapes qui aboutissent à l'élaboration d'un guide chirurgical à partir d'une planification informatique. Ce guide permet la mise en place des implants dans la position idéale requise par la prothèse en ce qui concerne le point d'émergence, l'axe de forage et le forage lui-même (Behneke et coll., 2012).

La planification informatique est réalisée grâce à un logiciel dans lequel les données tomodensitométriques du patient sont récupérées sous forme de fichiers Dicom (Digital Imaging and Communications in Medicine).

Il existe aujourd'hui à la disposition du praticien un certain nombre de logiciels, appartenant à différentes sociétés commerciales, qui permettent d'effectuer cette étape.

Les prérequis de la planification informatique

Plusieurs étapes indispensables précèdent la planification informatique.

Réalisation d'un montage prothétique esthétique et fonctionnel ou d'une prothèse amovible correspondant au projet prothétique souhaité. Ce projet prothétique doit répondre à tous les principes fondamentaux de la prothèse conventionnelle, notamment en termes de stabilité, de rétention et de sustentation; il est donc essentiel d'avoir recours à des empreintes primaires et secondaires.

Réalisation d'un guide d'imagerie

Celui-ci est obtenu par duplicata du montage prothétique précédemment réalisé. Selon le système utilisé, il peut être réalisé soit en résine transparente, dans laquelle on ajoute des marqueurs sphériques radio-opaque, soit avec des dents en résine chargée de sulfate de baryum.

Vérification en bouche de la parfaite adaptation du guide radiologique.

Réalisation d'un scanner pour l'obtention des données tomographiques du patient.

La réalisation du scanner est effectuée avec le guide

other elements the acquisition of the anatomical data, the segmentation of these data by the software inherent to the scanner and the industrial manufacturing of the surgical guide with stereolithography. Each of these different stages may be the cause of errors or distortions.

This article will try to highlight the factors at the origin of these accuracy mistakes in order to find solutions.

Definition of the guided surgery

The guided surgery consists in a protocol presenting various stages leading to the elaboration of a surgical guide from an IT planning. This guide allows to place the implants in the ideal position required by the prosthesis in regard with the emergence point, the drill axis, and the drilling in itself (Behneke et al., 2012).

The IT planning is carried out with a software in which the patient's tomodensitometry data are recorded in DICOM files (Digital Imaging and Communications in Medicine).

Nowadays, the practitioner can choose amongst a certain number of softwares by various commercial companies, which allow to carry out this stage.

The prerequisites for IT planning

Several essential stages must be carried out before the IT planning:

- The making of an aesthetic and functional prosthetic appliance or a removable prosthesis suitable with the prosthetic project. This prosthetic project has to meet all the fundamental principles of the conventional prosthesis (in particular in terms of stability, retention and support); it is thus necessary to make primary and secondary imprints.

- Making an imaging guide

This guide is made with a duplicate of the prosthetic appliance previously manufactured. Depending on the system that is used, it can be made either of transparent resin in which spherical radiopaque markers are added, or with teeth in resin loaded with barium sulfate.

- Check in mouth of the perfect adequacy of the radiological guide.

- A scanner to collect the patient's tomographic data. The scanner is performed with the radiological guide. According to the chosen system, a scanner of the

radiologique. Selon le système utilisé, il peut être demandé, en plus, la réalisation d'un scanner du guide radiologique seul (technique du double scan).

Importation des données Dicom dans le logiciel informatique et préparation/optimisation de celles-ci.

Planification informatique.

Celle-ci permet de placer virtuellement les implants en parfaite adéquation (en termes de longueur, largeur, diamètre, inclinaison, émergence) avec l'anatomie du patient et le projet prothétique.

Validation de la planification informatique, puis fabrication du guide chirurgical.

Fabrication industrielle du guide chirurgical

Il existe deux techniques principales qui permettent d'obtenir un guide chirurgical (Rosenfeld et coll., 2006) :

radiological guide alone may also be needed (double scan technique).

- Transfer of the DICOM data into the IT software and preparation/optimization of these data.

- IT planning.

This stage allows to virtually place implants in perfect adequacy (in terms of length, width, diameter, slope, emergence) with the patient's anatomy and the prosthetic project.

- Validation of the IT planning and manufacturing of the surgical guide.

Industrial manufacturing of the surgical guide

There are two main techniques to make a surgical guide (Rosenfeld et al., 2006):

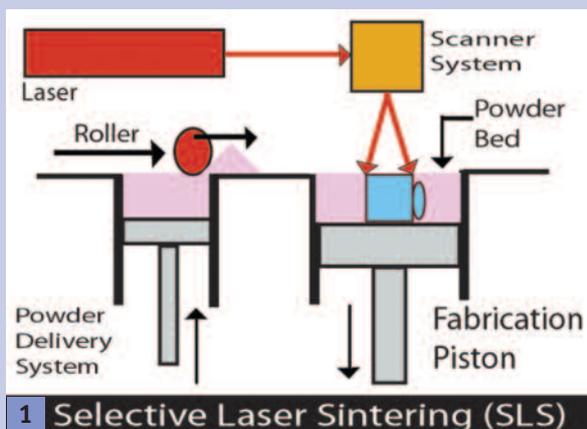


Fig. 1. Principe du procédé SLS.
Principle of the SLS process.

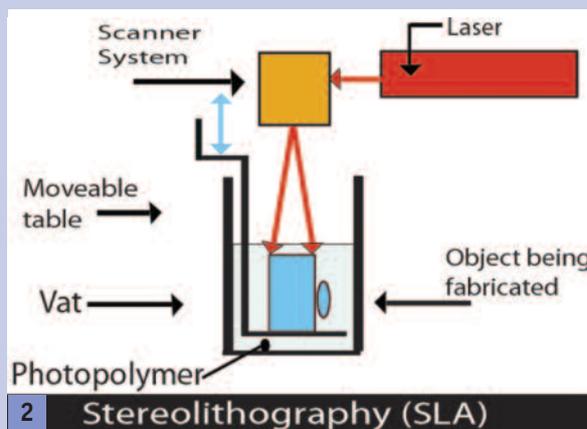


Fig. 2. Principe de la stéréolithographie.
Principle of stereolithography.

1. Le procédé SLS (Selective Laser Sintering) (Fig. 1) est une technique de prototypage rapide par frittage laser sélectif sans phase liquide (Di Giacomo et coll., 2011; Ibrahim et coll., 2009; Silva et coll., 2008). Il est utilisé pour créer des objets 3D, couche par couche, à partir de poudres qui sont frittées ou fusionnées grâce à l'énergie d'un laser de forte puissance, comme un laser CO₂ ou un laser infrarouge. Grâce à la variété des matériaux pouvant être utilisés par ce procédé, une large gamme d'applications est possible. La précision dimensionnelle de cette technique est de 0,25 mm.

Les guides et modèles issus de ce procédé sont opaques.

1. The SLS process (Selective Laser Sintering) (fig. 1) is a technique of rapid prototyping using selective laser sintering with no liquid phase (Di Giacomo et al., 2011; Ibrahim et al., 2009; Silva et al., 2008). It is used to create 3D objects, layer by layer, from powders that are sintered or merged with the energy of a high power laser, such as a CO₂ laser or an infrared laser.

Thanks to the variety of materials which can be used in this process, a wide range of applications is possible. The dimensional accuracy of this technique is 0,25 mm.

Guides and models created by this process are opaque.

2. La stéréolithographie (SLA) (Fig. 2) est également une technique de prototypage rapide, qui permet de fabriquer des objets solides à partir d'un modèle numérique. L'objet est obtenu par superposition de tranches fines de matière. Elle utilise un laser ultraviolet. Le procédé est le suivant : la stéréolithographie se compose d'une cuve contenant une résine acrylique liquide photosensible juste au-dessus de laquelle est monté un laser. Celui-ci se déplace par incréments séquentiels transversaux de 1 mm, correspondant aux tranches d'intervalles spécifiés au cours de la procédure de mise en forme tomographique.

Le laser polymérise la couche de surface de la résine en contact. Une fois la première tranche terminée, une table mécanique située immédiatement au-dessous de la surface se déplace de 1 mm vers le bas, emportant avec elle la couche de résine précédemment polymérisée du modèle. Le laser polymérise ensuite la couche suivante adjacente à la couche précédemment polymérisée. De cette manière, un modèle complet de la mâchoire du sujet et/ou un guide chirurgical ont été créés.

Les guides et modèles issus de ce procédé sont translucides. En chirurgie implantaire guidée, la technique la plus fréquemment utilisée est la stéréolithographie.

Les différents types de guide

Les guides chirurgicaux utilisés en chirurgie implantaire guidée peuvent être à appui osseux, à appui muqueux ou à appui dentaire (Tableau 1).

2. Stereolithography (SLA) (fig. 2) is also a technique of rapid prototyping allowing to make solid objects from a digital model. The object is obtained by superimposing fine layers of material. An ultraviolet laser is used here.

Description of the process: stereolithography employs a vat containing a photosensitive liquid acrylic resin above which a laser is placed. This laser moves by sequential transverse increments of 1 mm, matching the interval ranges which were specified during the process of tomographic shaping.

The laser polymerizes the surface layer of the resin in contact. Once the first range completed, a mechanical table situated right below the surface moves 1 mm downward, taking the resin layer of the model, previously polymerized. The laser then polymerizes the next layer, adjacent to the layer previously polymerized.

With this method, a complete model of the patient's jaw and/or a surgical guide can be created.

Guides and models created by this process are translucent. In guided implant surgery, the most widespread technique is the stereolithography.

The different types of guides

The surgical guides used in guided implant surgery can be bone-supported, mucosa-supported or tooth-supported (Board 1).

	AVANTAGES ADVANTAGES	INCONVÉNIENTS DRAWBACKS
GUIDES À APPUI OSSEUX BONE-SUPPORTED GUIDES	<p>Stabilité importante du guide par effet de friction sur la surface osseuse. Important stability of the guide by friction effect on the osseous surface.</p> <p>Possibilité de ROG. Possibility of a GBR.</p> <p>Possibilité de chirurgie muco-gingivale. Possibility of muco-gingival surgery.</p> <p>Possibilité de voir le site en cas d'extraction Possibility to see the site in case of an extraction.</p>	<p>Risque de fracture peropératoire du guide. Risk of per-operating fracture of the guide.</p> <p>Nécessité de faire un lambeau assez large. Necessity to lift a wide enough flap.</p> <p>Nécessité de savoir manipuler les tissus mous. Necessity to know how to manipulate soft tissues.</p>
GUIDES À APPUI MUQUEUX MUCOSA-SUPPORTED GUIDES	<p>Moins de douleurs, œdèmes, hématomes ou inconfort postopératoires. Fewer post-operative pains, oedema, bruise or discomfort.</p> <p>Temps chirurgical et prothétique plus courts. Shorter surgical and prosthetic times.</p> <p>Absence de points de suture. No sutures.</p>	<p>Manque de visibilité et de sensation tactile durant la chirurgie. Lack of visibility and tactile sensation during surgery.</p> <p>Une ouverture de bouche réduite peut compromettre les procédures chirurgicales. A reduced opening of the mouth can compromise the surgical procedures.</p> <p>Pas de possibilité de modifications osseuses ou muqueuses pendant la chirurgie. No possibility of bone or mucosa modifications during surgery.</p>

Ils peuvent être utilisés pour la réalisation des ostéotomies et également pour la mise en place des implants.

Par ailleurs, selon le système utilisé, les guides peuvent être unitaires ou multiples.

Le guide unitaire est un guide unique pour toutes les ostéotomies. Il est alors associé à un jeu de réducteurs amovibles de diamètres de forets. Il permet le passage des différents forets nécessaires à la réalisation du site implantaire en fonction du choix de l'implant, quel que soit le nombre d'implants à mettre en place chez le patient. Dans certains systèmes, ces réducteurs peuvent également se matérialiser sous forme de gaines à mettre en place directement sur chaque foret.

Le guide multiple est un ensemble de plusieurs guides. Chaque guide possède plusieurs tubes en métal correspondant au diamètre spécifique du foret à passer pour réaliser l'ostéotomie. Chaque diamètre des forets à utiliser nécessite la fabrication d'un guide différent.

Le diamètre des tubes en métal est supérieur de 0,2 mm par rapport au diamètre des forets.

Nous pouvons également citer un système qui, bien ne comportant pas de guide chirurgical fixe, fait partie du concept de chirurgie guidée. Il s'agit en fait d'un système de chirurgie implantaire sans lambeau assistée par navigation passive système Robodent® (Armand et coll., 2009).

Les guides à appui osseux

Ils sont réalisés de façon à épouser parfaitement et précisément l'os édenté du patient (Fig. 3).

Ils nécessitent la réalisation d'un lambeau et doivent

They can be used to perform an osteotomy and also to place implants.

Besides, according to the chosen system, guides can be single or multiple:

The single guide is a unique guide for all the osteotomies. It is then associated with a set of removable reducers for diameters of drills.

It allows to use the different drills that are necessary to prepare the implant site according to the choice of the implant, whatever the number of implants. In some systems, these reducers can also be sheaths that must be placed directly on every drill.

The multiple guide is a set of several guides. Every guide features several metallic tubes matching the specific diameter of the drill to use in order to perform the osteotomy. Every diameter of drills to be used requires the manufacturing of a specific guide.

The diameter of metallic tubes is 0,2 mm bigger than the diameter of drills.

We can also mention a system that, although it does not feature a fixed surgical guide, is part of the concept of guided surgery. It is actually a flapless implant surgery method aided by a passive navigation Robodent system® (Armand et al., 2009).

Bone-supported guides

They are made to match perfectly and accurately the patient's edentulous bone (fig. 3).

They require the creation of a flap and must feature a

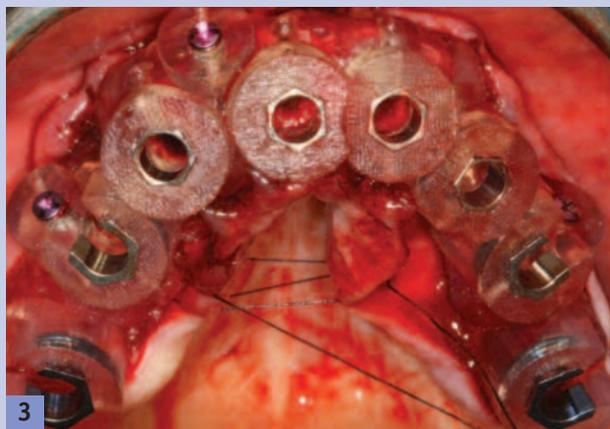


Fig. 3. Guide à appui osseux (Surgiguide Materialise®) (cas personnel).

Bone-supported guide (Surgiguide Materialise®) (personal case).

présenter une surface mésio-distale d'au moins 30 mm pour avoir une bonne stabilité. Ces guides tiennent parfaitement par friction, mais en général on utilise des vis d'ostéosynthèse pour assurer une parfaite fixation.

mesio-distal surface of at least 30 mm in order to provide a proper stability. These guides can perfectly be held by friction although we generally use osteosynthesis screws to guarantee a perfect binding.

Ils sont surtout utilisés dans les édentements complets, lorsque la surface de contact osseuse est importante, mais ils peuvent cependant être utilisés pour les édentements partiels.

Dans ce cas, leur conception requiert un design particulier ou l'association combinée d'un appui dentaire afin d'assurer la stabilité du guide.

Les guides à appui osseux présentent de nombreux avantages :

- ils présentent une stabilité importante par effet de friction sur la surface osseuse;
- ils permettent de réaliser un curetage ainsi qu'un comblement éventuel en cas d'extraction avec implantation immédiate;
- ils permettent de réaliser des corrections osseuses et des réajustements muqueux.

L'inconvénient majeur est qu'il est impératif de réaliser un lambeau suffisant pour permettre la mise en place complète du guide sans interférence. Le décollement des tissus ainsi que les sutures peuvent prendre du temps.

Les signes postopératoires tels qu'œdèmes ou douleurs sont souvent présents.

Le SurgiGuide® de la société Materialise est un exemple de guide à appui osseux.

Les guides à appui muqueux

Les guides à appui muqueux sont conçus pour s'adapter intimement à la surface des tissus mous du patient totalement édenté (**Fig. 4 et 5**).

They are especially used in fully edentulous cases, when the osseous contact area is important, but they may also be used in partial edentulous cases.

In this case, their conception requires a specific design or the combined association with a dental support to guarantee the stability of the guide.

Bone-supported guides feature a great number of advantages:

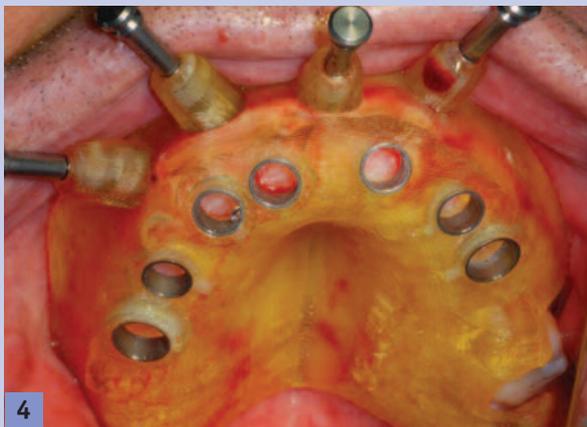
- they provide great stability by friction effect on the osseous surface;
- they allow to perform a curettage as well as a possible filling in case of extraction with immediate implantation.
- they allow to perform osseous corrections and mucosal adjustments.

The major inconvenience is that it is absolutely necessary to lift a flap big enough to allow the complete placement of the guide without any interference. The detachment of tissues as well as the sutures can take a certain amount of time. Post-operative signs such as oedemas or pains are often recorded.

SurgiGuide® by Materialise is an example of bone-supported guide.

Mucosa-supported guides

Mucosa-supported guides are made to closely fit the surface of soft tissues in the fully edentulous patient (**fig. 4 and 5**).



4



5

Fig. 4 et 5. Guide à appui muqueux (Nobelguide®) (cas personnel).
Mucosa-supported guide (Nobelguide) (personal case).

La mise en place de ce type de guide s'effectue par pression manuelle ou par morsure du patient sur une clé en silicone préalablement réalisée au laboratoire de prothèse. Cette étape est essentielle pour assurer la

The placement of this type of guide is made by manual pressure or the patient may be asked to bite a silicone key made before the consultation in a prosthetic laboratory. This stage is essential to guarantee an accurate positioning

précision du positionnement du guide et donc du transfert chirurgical de la planification informatique. Pendant la chirurgie, il est nécessaire de stabiliser le guide à l'aide de clavettes osseuses ou de vis d'ostéosynthèse.

L'avantage majeur du guide à appui muqueux est l'absence de lambeau, l'absence de points de suture, la réduction de la douleur et l'œdème postopératoire, et la diminution du temps opératoire.

Cependant, ces guides présentent des inconvénients comme notamment le manque de visibilité et de sensation tactile pendant la chirurgie, ainsi que la nécessité d'une grande ouverture buccale.

Le NobelGuide® de la société Nobel Biocare est un exemple de guide à appui muqueux.

Les guides à appui dentaire

Ils sont conçus pour s'adapter parfaitement aux structures dentaires résiduelles.

Ce type de guide est utilisé pour les patients partiellement édentés (Rosenfeld et coll., 2006).

Bien que la conception du plan de traitement varie peu de celui utilisé pour le guide à appui osseux, quelques points importants sont à considérer :

Tout d'abord, des artefacts d'imagerie peuvent être créés par des prothèses métalliques portées par le patient et nuire à la lisibilité de la tomographie et à la capacité de réaliser un guide stable.

Par ailleurs, une empreinte de grande qualité et un modèle en plâtre dur de l'arcade scannée doivent être réalisés. Puis ce modèle en plâtre est scanné à son tour et les données tomographiques sont superposées avec celles issues de la planification informatique, ceci afin de vérifier la parfaite adaptation et stabilité du guide chirurgical.

La denture naturelle du patient partiellement édenté est nécessaire pour la stabilisation du guide. Cette méthode permet également une chirurgie sans lambeau, avec peu de surface muqueuse pour soutenir le guide.

Méthode

Une recherche bibliographique sur les articles en anglais publiés depuis juin 2005 jusqu'en juin 2012 a été réalisée sur la base de données Pubmed avec les mots clés suivants, seuls ou en association : *guided surgery, computered-assisted surgery, dental implants, drilling templates, surgical template, accuracy implant placement, stereolithographic surgical template, flapless surgery, rapid prototyping*.

Vingt-six articles ont été retenus en fonction de leur pertinence par rapport au sujet traité. Dix ont permis

of the guide and thus an accurate surgical transfer of the IT planning.

During surgery, it is necessary to stabilize the guide with osseous anchor pins or osteosynthesis screws.

The major advantage of the mucosa-supported guide is the absence of flap and sutures, the reduction of pain and post-operative oedema, as well as the reduction of operating time.

However, these guides feature drawbacks such as the lack of visibility and tactile sensation during surgery as well as the necessity for the patient to open widely his/her mouth.

NobelGuide® by Nobel Biocare is an example of mucosal-supported guide.

Tooth-supported guides

They are designed to perfectly fit residual dental structures.

This type of guide is used in partially edentulous patients (Rosenfeld et al., 2006).

Although the treatment plan does not differ much from the one carried out with the bone-supported guide, some important points need to be mentioned:

First of all, imaging artefacts can be induced by metallic prostheses worn by the patient, thus altering the tomography readability and the capacity to create a stable guide.

Besides, a high-quality imprint and a model in hard plaster of the scanned arch must be made. Then this plaster model is scanned and the tomographic data are superimposed with those coming from the IT planning in order to check the perfect adequation and the stability of the surgical guide.

The natural teeth of the partially edentulous patient are necessary to stabilize the guide. This method also allows a flapless surgery with a small mucous surface to support the guide.

Method

A bibliographical research for articles written in English and published since June, 2005 until June, 2012 was carried out in PUBMED data base with the following keywords, separate or combined:

Guided surgery, computer-assisted surgery, dental implants, drilling templates, surgical template, accuracy implant placement, stereolithographic surgical template, flapless surgery, rapid prototyping.

Twenty six articles were kept according to their relevance with the discussed topic. Ten allowed to obtain quantitative

d'obtenir des résultats quantitatifs quant à la précision des guides stéréolithographiques.

Il s'agit d'études prospectives, rétrospectives, de revues de littérature ou simplement de report de cas cliniques.

Résultats

(Tableau 2)

results concerning the accuracy of stereolithographic guides.

There are prospective and retrospective studies, reviews of literature or simply reports of clinical cases.

Outcome

(Board 2)

Tableau récapitulatif des différents articles - Summary Table of the different articles

Études Studies	Type d'étude Kind of study	Nombre d'implants Nombre de patients Number of implants Number of patients	Type de guides utilisés Type of guide	Déviations au plateau Deviation at the neck	Déviations à l'apex Deviation at the apex	Déviations angulaires Angular deviation	Conclusions Conclusions
Ozan et coll., 2009 Ozan et al., 2009	Étude de cas Case study	110	Appui dentaire Tooth-supported Appui osseux Bone-supported Appui muqueux Mucosa-supported	0,87 ± 0,4 mm 1,28 ± 0,9 mm 1,06 ± 0,6 mm	0,95 ± 0,6 mm 1,57 ± 0,9 mm 1,6 ± 1 mm	2,91° ± 1,3° 4,63° ± 2,6° 4,51° ± 2,1°	Précision ++ Guides à appui dentaire Precision ++ Tooth-supported guides
Casseta et coll., 2011 Casseta et al., 2011	Rétrospective Retrospective	227 20	Appui dentaire Tooth-supported Appui osseux Bone-supported Appui muqueux Mucosa-supported				Précision ++ Guides à appui dentaire Precision ++ Tooth-supported guides
Arisan et coll., 2010 Arisan et al., 2010	Étude de cas Case study	279 53	Appui dentaire Tooth-supported Appui osseux Bone-supported Appui muqueux Mucosa-supported	1,31 ± 0,59 mm 1,70 ± 0,52 mm 0,7 ± 0,13 mm	1,62 ± 0,54 mm 1,99 ± 0,64 mm 0,76 ± 0,15 mm	3,5° ± 1,38° 5,0° ± 1,66° 2,9° ± 0,39°	Précision ++ Guides à appui dentaire Precision ++ Tooth-supported guides
Ersoy et coll., 2008 Ersoy et al., 2008	Étude de cas Case study	94 21	Appui dentaire Tooth-supported Appui osseux Bone-supported Appui muqueux Mucosa-supported	1,42 ± 1,05 mm (m) 1,04 ± 0,56 mm (M)	1,14 ± 1,03 mm (m) 1,57 ± 0,97 mm (M)	4,44° ± 0,31° (m) 5,31° ± 0,36° (M)	Pas de différence de précision entre les guides Same accuracy for all the guides
D'haese et coll., 2012 D'haese et al., 2012	Prospective Prospective	77 13	Appui muqueux Mucosa-supported	0,91 mm (min. 0,29 max. 2,45)	1,13 mm (min. 0,32 max. 3,01)	2,60° (min. 0,16° max. 8,86°)	La déviation augmente avec la longueur des implants ainsi qu'en région postérieure Deviation increases according to the implant length as well as in the posterior region
D'haese et coll., 2011 D'haese et al., 2011	Prospective Prospective	77 13	Appui muqueux Mucosa-supported	1,04 mm (min. 0,29 max. 2,45) (F) 0,8 mm (min. 0,29 max. 1,57) (NF)	1,26 mm (min. 0,39 max. 3,01) (F) 1,02 mm (min. 0,32 max. 2,59) (NF)	2,64° (min. 0,41° max. 6,81°) (F) 2,57° (min. 0,18° max. 8,86°) (NF)	La déviation augmente avec l'épaisseur de la muqueuse Deviation increases with mucosa thickness
Platzter et coll., 2011 Platzter et al., 2011	Étude de cas Case study	15 5	Appui dentaire Tooth-supported				Pas de conclusion significative No significant conclusion
Vasak et coll., 2011 Vasak et al., 2011	Étude de cas Case study	86 18	Appui muqueux Mucosa-supported				La déviation augmente avec l'épaisseur de la muqueuse Deviation increases with mucosa thickness
Van Assche et coll., 2010 Van Assche et al., 2010	Étude de cas Case study	21 8	Appui dentaire Tooth-supported	0,7 mm (min. 0,1 max. 1,4)	1,0 mm (min. 0,2 max. 3,0)	2,7° (min. 0,4° max. 8°)	Pas de conclusion significative No significant conclusion
Petterson et coll., 2010 Petterson et al., 2010	Étude de cas Case study	139 25	Appui muqueux Mucosa-supported	0,80 mm	1,09 mm	2,26°	La déviation augmente avec le mouvement du patient pendant le scanner Deviation increases with patient's movements during scanner

Il s'agit de comparer la position tridimensionnelle des implants placés à l'aide des différents guides stéréolithographique par rapport à la planification informatique afin d'en apprécier leur précision.

We must now compare the three-dimensional position of implants placed with the various stereolithographic guides in relation to the IT planning to assess their accuracy.

Pour cela, les auteurs ont réalisé, pour tous les patients implantés, un scanner postopératoire. Puis les données de ce scanner ont été fusionnées et comparées aux données de la planification informatique grâce à un logiciel particulier.

Les auteurs ont ensuite effectué plusieurs points de mesure :

- l'angulation entre les implants planifiés et placés ;
- la distance, au plateau, entre le centre des implants planifiés et placés ;
- la distance, à l'apex, entre le centre des implants planifiés et placés.

Plusieurs tests statistiques ont été utilisés selon les auteurs et une différence est admise comme statistiquement significative lorsque $P < 0,05$.

Les études en faveur des guides à appui dentaire

Ozan et coll. (2009) ont comparé les variations tridimensionnelles de 110 implants mis en place à l'aide de trois types différents de guides stéréolithographiques. 30 implants ont été mis en place avec des guides à appui dentaire, 50 avec des guides à appui osseux et 30 avec des guides à appui muqueux.

Les déviations angulaires sont respectivement de $2,91^\circ \pm 1,3^\circ$, $4,63^\circ \pm 2,6^\circ$ et $4,51^\circ \pm 2,1^\circ$ pour les guides à appui dentaire, osseux et muqueux.

Les distances moyennes, au plateau et à l'apex, entre le centre des implants planifiés et placés sont respectivement de $0,87 \pm 0,4$ mm et $0,95 \pm 0,6$ mm pour les guides à appui dentaire, de $1,28 \pm 0,9$ mm et $1,57 \pm 0,9$ mm pour les guides à appui osseux et de $1,06 \pm 0,6$ mm et $1,6 \pm 1$ mm pour les guides à appui muqueux. Les résultats de cette étude suggèrent que les guides à appui dentaire sont plus précis que les guides à appui osseux et muqueux. Par ailleurs, il existe une différence significative entre le maxillaire et la mandibule en termes de déviation angulaire et linéaire au plateau implantaire mais pas à l'apex des implants.

Dans une étude rétrospective, **Cassetta et coll. (2011)** ont comparé la position de 227 implants mis en place chez 20 patients.

Un premier groupe de 10 patients (A) a reçu 116 implants mis en place à l'aide de guides multiples non fixés à appui dentaire. Dans ce cas, seules les ostéotomies ont été guidées, pas le vissage des implants. Un second groupe de 10 patients (B) a reçu respectivement 57 implants mis en place à l'aide d'un guide unique fixé à appui muqueux (B1) et 54 implants mis en place à l'aide d'un guide unique non fixé à appui osseux. Dans ces deux cas, les ostéotomies et le vissage des implants ont été guidés.

With this aim in mind, the authors performed a post-operative scanner for all the implanted patients.

Then the data of this scanner were merged and compared with the data of the IT planning thanks to a specific software.

The authors then took several measurement points:

- The angulation between planned and placed implants
- The distance, at the implant neck, between the center of planned and placed implants
- The distance, at the apex, between the center of planned and placed implants

According to the authors, several statistical tests were used and a variation is admitted as statistically significant when $P < 0.05$.

Studies in favor of tooth-supported guides

In 2009, Ozan et al. compared the three-dimensional variations of 110 implants placed with 3 different types of stereolithographic guides. 30 implants were placed with tooth-supported guides, 50 with bone-supported guides and 30 with mucosa-supported guides.

Angular deviations were respectively $2.91^\circ \pm 1.3^\circ$, $4.63^\circ \pm 2.6^\circ$ and $4.51^\circ \pm 2.1^\circ$ for tooth-supported, bone-supported and mucosa-supported guides.

The average distance, at the neck and at the apex, between the center of planned and placed implants were respectively 0.87 ± 0.4 mm and 0.95 ± 0.6 mm for tooth-supported guides, 1.28 ± 0.9 mm and 1.57 ± 0.9 mm for bone-supported guides and 1.06 ± 0.6 mm and 1.6 ± 1 mm for mucosa-supported guides.

The results of this study suggest that tooth-supported guides are more accurate than bone and mucosa-supported guides. Besides, there is a significant difference between the maxillary and the mandible in terms of angular and linear deviation in the neck but not at the apex of implants.

In a retrospective study carried out in **2011, Cassetta et al.** compared the position of 227 implants placed in 20 patients.

A first group of 10 patients (A) received 116 implants put with tooth-supported non-fixed multiple guides. In this case, only the osteotomies were guided, not the implant screwing. A second group of 10 patients (B) respectively received 57 implants put with a single fixed mucosa-supported guide (B1) and 54 implants placed with a single non fixed bone-supported guide.

In these two cases, osteotomies and implant screwing were guided.

Les résultats de cette étude montrent une plus grande précision statistiquement significative des implants placés chez les patients du groupe A (guide à appui dentaire) par rapport aux implants placés chez les patients du groupe B1 (guide à appui muqueux) et du groupe B2 (guide à appui osseux). Par ailleurs, ils montrent également une plus grande précision des implants placés chez les patients du groupe B1 par rapport au groupe B2.

Les études en faveur des guides à appui muqueux

Arisan et coll. (2010) ont étudié la précision de positionnement de 279 implants, chez 53 patients, mis en place à l'aide de guides stéréolithographiques à appui osseux, dentaire et muqueux provenant de deux systèmes commerciaux.

Les guides à appui osseux utilisés dans cette étude sont des guides multiples et sans contrôle de profondeur de l'ostéotomie. Les guides à appui dentaire et muqueux sont des guides uniques avec contrôle de la profondeur.

Cette étude conclut que les implants qui présentent la plus grande déviation sont ceux mis en place à l'aide d'un guide à appui osseux ($5,0^\circ \pm 1,66^\circ$ pour la déviation angulaire, $1,70 \pm 0,52$ mm et $1,99 \pm 0,64$ mm pour la déviation linéaire au centre des plateaux et des apex, respectivement), alors que la plus petite déviation est observée pour les implants mis en place à l'aide d'un guide à appui muqueux ($2,9^\circ \pm 0,39^\circ$ pour la déviation angulaire, $0,7 \pm 0,13$ mm et $0,76 \pm 0,15$ mm pour la déviation linéaire au centre des plateaux et des apex, respectivement).

Pas de différences de précision entre les différents guides

Dans une étude menée sur 21 patients correspondant à la mise en place de 94 implants à l'aide de guides stéréolithographiques à appui dentaire, muqueux, osseux et dento-osseux, **Ersoy et coll. (2008)** ont comparé la position des implants planifiés et des implants placés.

Les implants placés montrent une déviation angulaire de $4,9^\circ \pm 2,36^\circ$, une déviation linéaire au plateau de $1,22 \pm 0,85$ mm et une déviation linéaire à l'apex de $1,51 \pm 1$ mm par rapport aux implants planifiés.

Aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée entre les implants placés au maxillaire et à la mandibule.

De même, aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée entre les différents types de guides.

The results of this study show a greater statistically significant accuracy of implants placed in the patients of group A (tooth-supported guide) compared with implants placed in the patients of group B1 (mucosa-supported guide) and of group B2 (bone-supported guide). Besides, they also show a greater accuracy of implants placed in the patients of group B1 compared with group B2.

Studies in favor of mucosa-supported guides

In 2010, Arisan et al. studied the positioning accuracy of 279 implants in 53 patients placed with bone, tooth- and mucosa-supported stereolithographic guides manufactured by two commercial systems.

Bone-supported guides used in this study were multiple guides with no control of the osteotomy depth. Tooth- and mucosa-supported guides were the single guides with depth control.

This study concluded that the implants with the biggest deviation were the ones placed by a bone-supported guide ($5.0^\circ \pm 1.66^\circ$ for the angular deviation, $1.70 \text{ mm} \pm 0.52 \text{ mm}$ and $1.99 \pm 0.64 \text{ mm}$ for the deviation, respectively in the center of neck and apexes), while the smallest deviation was observed in implants placed with a mucosa-supported guide ($2.9^\circ \pm 0.39^\circ$ for the angular deviation, $0.7 \text{ mm} \pm 0.13 \text{ mm}$ and $0.76 \pm 0.15 \text{ mm}$ for the linear deviation, respectively in the center of neck and apexes).

No differences of accuracy between the various guides

In 2008, Ersoy et al., in a study carried on in 21 patients concerning the placement of 94 implants with tooth, mucosa, bone and dento-osseous supported stereolithographic guides compared the position of planned implants and placed implants.

The placed implants showed an angular deviation of $4.9^\circ \pm 2.36^\circ$, a linear deviation at the neck of $1.22 \pm 0.85 \text{ mm}$ and a linear deviation at the apex of $1.51 \pm 1 \text{ mm}$ compared with planned implants.

No statistically significant difference was found between implants placed in the maxillary and in the mandible.

Also, no statistically significant difference was found between the various types of guides.

Un seul type de guide étudié

Dans une étude prospective, **D'Haese et coll. (2012)** ont analysé la localisation de 77 implants OsseoSpeed™ (Astra Tech AB) mis en place à l'aide de guides stéréolithographiques à appuis muqueux chez 13 patients édentés complets, dont 6 fumeurs (plus de 10 cig./j).

La distance moyenne, au plateau et à l'apex, entre le centre des implants planifiés et placés, est respectivement de 0,91 mm (min. 0,29 max. 2,45) et de 1,13 mm (min. 0,32 max. 3,01).

La déviation angulaire moyenne est de 2,60° (min. 0,16° max. 8,86°).

Cette étude montre qu'il n'existe pas de différence significative de déviation, au niveau du centre coronaire des implants, entre les différentes longueurs d'implants. En revanche, il existe une différence significative au centre apical des implants entre les différentes longueurs d'implants.

Par ailleurs, il existe, selon les auteurs, une légère tendance à avoir une plus grande déviation des centres apicaux des implants placés en région maxillaire postérieure qu'en région antérieure, bien qu'aucune différence significative soit observable.

De plus, le fait de connecter des piliers coniques immédiatement après la chirurgie, en cas de mise en charge immédiate, peut causer des déviations supplémentaires en raison du torque nécessaire à cette mise en place.

Dans une autre étude qui découle de la même cohorte de patients, **D'haese et coll. (2011)** se sont intéressés à l'influence des habitudes tabagiques sur la précision du placement des implants mis en place avec un guide stéréolithographique à appui muqueux.

Dans cette étude, les 13 patients ont été préalablement divisés en deux sous-groupes : patients fumeurs (au nombre de 6) et patients non fumeurs (au nombre de 7).

Puis les résultats précédents ont été affinés pour chaque sous-groupe :

- la distance moyenne, au plateau et à l'apex, entre le centre des implants planifiés et placés est respectivement de 1,04 mm (min. 0,29 max. 2,45) et de 1,26 mm (min. 0,39 max. 3,01) pour les fumeurs et de 0,8 mm (min. 0,29 max. 1,67) et de 1,02 mm (min. 0,32 max. 2,59) pour les non-fumeurs ;

- la déviation angulaire moyenne est de 2,64° (min. 0,41° max. 6,81°) pour les fumeurs et de 2,57° (min. 0,18° max. 8,86°) pour les non-fumeurs.

Les auteurs concluent qu'il existe une différence statistiquement significative entre les fumeurs et les non-fumeurs en ce qui concerne les valeurs de déviation au plateau des implants et à l'apex, mais pas en ce qui concerne la déviation angulaire.

A single type of studied guide

In 2012, D'Haese et al., carried out a perspective study analyzing the location of 77 implants OsseoSpeed™ (Astra Tech AB) placed with mucosa-supported stereolithographic guides in 13 fully edentulous patients among whom 6 smokers (more than 10 cigarettes per day).

The average distance, in the neck and at the apex, between the center of planned and placed implants were respectively 0,91 mm (min. 0,29 max. 2,45) and 1,13 mm (min. 0,32 max. 3,01).

The angular average deviation was 2,60° (min. 0,16° max. 8,86°).

This study shows that there is no significant difference of deviation, at the coronal core of the implants, between the various lengths of implants. There is however a significant difference at the apical core of the implants between the various lengths of implants.

Besides, according to the authors, there is a slight tendency to record a greater deviation of the apical cores of the implants placed in the posterior maxillary region than in the anterior region although no significant difference can be seen.

Besides, connecting conical abutments immediately after surgery, in case of an immediate loading, may cause additional deviations because of the torque necessary for this placement.

In another study conducted on the same group of patients, **D'Haese et al., in 2011**, worked on the influence of smoking habits on the accuracy of the placement of implants put with a mucosa-supported stereolithographic guide.

In this study, the 13 patients were divided into 2 sub-groups: the smoking patients (among 6) and the non-smoking patients (among 7).

The previous results were then closely studied for every sub-group:

- The average distance, at the neck and at the apex, between the center of planned and placed implants was respectively 1,04 mm (min. 0,29 max. 2,45) and 1,26 mm (min. 0,39 max. 3,01) for the smokers and 0,8 mm (min. 0,29 max. 1,67) and 1,02 mm (min. 0,32 max. 2,59) for the non-smokers.

- The angular average deviation was 2,64° (min. 0,41° max. 6,81°) for the smokers and 2,57° (min. 0,18° max. 8,86°) for the non-smokers.

The authors concluded that there was a statistically significant difference between the smokers and the non-smokers regarding the values of deviation at the implant neck and at the apex but not regarding the angular deviation.

Par ailleurs, des mesures ont été effectuées au niveau de 12 points de la muqueuse sur chaque patient afin d'évaluer l'épaisseur. Il en résulte que l'épaisseur moyenne de la muqueuse est de 3,19 mm (min. 2,39 max. 4,01) chez les patients fumeurs et de 2,43 mm (min. 1,44 max. 3,03) chez les non fumeurs. À ce titre, les auteurs ont émis l'hypothèse qu'une plus importante épaisseur de la muqueuse aurait une influence sur la précision de placement des implants en ce sens qu'elle autoriserait une plus grande liberté de mouvement du guide radiologique et/ou du guide chirurgical stéréolithographique.

Dans une étude clinique, **Platzer et coll. (2011)** ont évalué la position tridimensionnelle de 15 implants Osseotite™ (Biomet 3i) mis en place à la mandibule chez 5 patients à l'aide de guides stéréolithographiques à appui dentaire en technique flapless.

L'originalité de cette étude réside dans la méthode utilisée pour la comparaison entre les implants planifiés et les implants placés.

En effet, les auteurs ont comparé la position des répliques d'implants issus de deux modèles en plâtre : un modèle n° 1 obtenu par coulée dans l'intrados (de la zone concernée par la mise en place des implants) du guide stéréolithographique et un modèle n° 2 obtenu le jour de la chirurgie à la suite d'une empreinte réalisée après avoir placé des transferts d'empreinte en bouche. Puis ces deux modèles (pour chaque patient) sont scannés à l'aide d'un scanner optique et les données sont récupérées et comparées à l'aide d'un logiciel approprié. Les auteurs ont analysé les déviations dans les trois directions de l'espace (vestibulo-linguale (x), mésio-distale (y), et corono-apicale (z) ainsi qu'en termes de rotation suivant l'axe des implants.

Les résultats sont les suivants :

- dans le sens vestibulo-lingual (x), la déviation moyenne est de $0,27 \pm 0,19$ mm (compris entre 0,04 et 0,60 mm) ;
- dans le sens mésio-distal (y), la déviation moyenne est de $0,15 \pm 0,13$ mm (compris entre 0,0 et 0,34 mm) ;
- dans le sens corono-apical (z), la déviation moyenne est de $0,28 \pm 0,19$ mm (compris entre 0,02 et 0,59 mm) ;
- la déviation rotationnelle moyenne est de $14,04 \pm 11,6^\circ$ (compris entre 0,09 et $36,47^\circ$).

On pourra noter que, dans cette étude, il n'est pas possible de déterminer si les résultats émis ci-dessus doivent être imputés au protocole de chirurgie guidée proprement dit ou aux étapes qui ont permis l'élaboration des modèles en plâtres, et notamment les éventuelles imprécisions liées à l'empreinte suivant la chirurgie.

Dans une étude prospective, **Vasak et coll. (2011)** ont mesuré les déviations dans les trois directions de l'espace de 86 implants mis en place chez 18 patients à l'aide

Besides, measurements were made on 12 points of the mucous membrane in every patient to assess its thickness. The average thickness of the mucous membrane was 3,19 mm (min. 2,39 max. 4,01) in the smoking patients and 2,43 mm (min. 1,44 max. 3,03) in the non-smokers. The authors thus brought up the hypothesis that a thicker mucous membrane may have an influence on the accuracy of implant placement in the sense that it would allow a greater freedom of movement of the radiological guide and/or the surgical stereolithographic guide.

Platzer et al., in a clinical trial carried out in 2011, assessed the three-dimensional position of 15 implants Osseotite™ (Biomet 3i) placed in the mandible in 5 patients with tooth-supported stereolithographic guides according to the flapless technique.

The originality of this study lies in the method used to compare planned implants with placed implants.

Indeed, the authors compared the position of implant replicas made from 2 plaster models : a model n°1 obtained by casting in the intrados (of the zone concerned by the placement of implants) of the stereo lithographic guide and a model n°2 made on the day of the surgery following an imprint made after placing the imprint transfers in mouth. Then, these 2 models (for every patient) were scanned with an optical scanner, the data were collected and compared with the appropriate software.

The authors analyzed the deviations in the 3 directions of space vestibulo-lingual (x), mesio-distal (y), and coronal-apical (z) as well as in terms of rotation according to the implants axis.

The results were the following ones:

- In the vestibulo-lingual direction (x), the average deviation is $0,27 \pm 0,19$ mm (between 0,04 and 0,60 mm).
- In the mesio-distal direction (y), the average deviation is $0,15 \pm 0,13$ mm (between 0,0 and 0,34 mm).
- In the coronal-apical direction (z), the average deviation is $0,28 \pm 0,19$ mm (between 0,02 and 0,59 mm).
- The rotational average deviation is $14,04 \pm 11,6^\circ$ (between 0,09 and $36,47^\circ$).

We must note that, in this study, it is not possible to determine if the results should be imputed to the protocol of guided surgery itself or to the stages which allowed the making of the plaster models, and particularly the possible inaccuracies connected to the imprint following the surgery.

Vasak et al., in a prospective study carried out in 2011, measured the deviations in the 3 directions of space of 86 implants placed in 18 patients with a mucosa-supported

d'un guide à appui muqueux (NobelGuide®) par deux chirurgiens expérimentés. Les mesures réalisées sont analysées en fonction de différents critères : la mâchoire concernée (maxillaire ou mandibule), la région antérieure ou postérieure, le type d'édentement (partiel ou total).

Les déviations mesurées dans cette étude clinique sont en moyenne de 0,43 mm dans le sens vestibulo-lingual (x), de 0,46 mm dans le sens mésio-distal (y) et de 0,53 mm dans le sens corono-apical (z) au niveau du col des implants.

Ces déviations sont légèrement supérieures au niveau de l'apex des implants puisqu'elles sont de 0,7 mm dans le sens vestibulo-lingual (x), de 0,63 mm dans le sens mésio-distal (y) et de 0,52 mm dans le sens corono-apical (z).

Par ailleurs, les résultats montrent des déviations significativement inférieures pour les implants mis en place en région antérieure par rapport à la région postérieure ainsi qu'à la mandibule par rapport au maxillaire.

De même, cette étude nous apprend qu'une augmentation de 1 mm de l'épaisseur de la muqueuse entraînait une augmentation moyenne de déviation de 0,41 mm.

Van Assche et coll. (en 2010) ont étudié la position de 21 implants Branemark placés en flapless à l'aide d'un guide à appui dentaire (NobelGuide®) chez 8 patients. Dans cette étude, la déviation angulaire moyenne des implants placés par rapport aux implants planifiés est de 2,7° (min. 0,4° max. 8°) et les déviations linéaires au centre des plateaux et des apex sont respectivement de 0,7 mm (min. 0,1 max. 1,4) et de 1,0 mm (min. 0,2 max. 3,0).

Dans une étude de **Pettersson et coll. (2010)**, la position de 139 implants Branemark System® Mk III TiUnite Regular Platform (RP) mis en place dans 25 mâchoires édentées (15 maxillaires et 10 mandibules) à l'aide d'un guide à appui muqueux (Nobel Guide®) a été étudiée par rapport à la position des implants planifiés. De plus, les auteurs ont pris en considération les éventuels mouvements du patient pendant les scanners préopératoires et postopératoires.

Quatre valeurs de déviations ont été analysées : la déviation horizontale à l'apex, la déviation horizontale au niveau de l'hexagone externe, la déviation de profondeur et la déviation angulaire au niveau du grand axe des implants.

La déviation moyenne est de 1,09 mm à l'apex, de 0,80 mm au niveau de l'hexagone, de 2,26° pour l'angulation et de - 0,15 mm pour la profondeur.

Des différences ont été observées entre les implants planifiés et les implants placés tant au maxillaire qu'à la mandibule.

Cependant, lorsque les quatre variables sont prises en considération, il n'existe pas de différences statistique-

guide (NobelGuide®) by 2 highly trained surgeons. The resulting measurements were analyzed according to various criteria : concerned jaw (maxillary or mandible), anterior or posterior region, type of edentulism (partial or total).

The deviations measured in this clinical trial were on average 0,43 mm in the vestibulo-lingual direction (x), 0,46 mm in the mesio-distal direction (y) and 0,53 mm in the coronal-apical direction (z) at the neck of the implants.

These deviations are slightly bigger at the apex of implants because they are 0,7 mm in the vestibulo-lingual direction (x), 0,63 mm in the mesio-distal direction (y) and 0,52 mm in the coronal-apical direction (z).

Besides, the results show deviations that are significantly lower for implants placed in the anterior region compared with the posterior region as well as in the mandible compared with the maxillary.

This study also shows that a one-millimeter increase in the thickness of the mucous membrane causes an average increase of 0,41 mm in the deviation.

In 2012, Van Assche et al. studied the position of 21 Branemark implants placed according to the flapless technique with a tooth-supported guide (NobelGuide®) in 8 patients.

In this study, the angular average deviation of the placed implants compared with the planned implants is 2.7° (min. 0.4° max. 8°) and the linear deviations in the center of trays and apexes are respectively 0.7 mm (min. 0.1 max. 1.4) and 1.0 mm (min. 0.2 max. 3.0).

In a study carried out **in 2010 by Pettersson et al.**, the position of 139 implants Branemark System® Mk III TiUnite Regular Platform (RP) placed in 25 edentulous jaws (15 maxillaries and 10 mandibles) with a mucosa-supported guide (Nobel Guides®) was studied with regard to the position of the planned implants.

Besides, the authors took in consideration the possible movements of the patients during the preoperative and post-operative scanners.

Four deviations values were analyzed: the horizontal deviation at the apex, the horizontal deviation at the external hexagon, the depth deviation and the angular deviation at the main axis of the implants.

The average deviation was 1,09 mm at the apex, 0,80 mm at the hexagon, 2,26° angulation-wise and 0,15 mm depth-wise.

Differences were observed between the planned implants and the placed implants whether in the maxillary or the mandible.

However, when the four variables were considered, no statistically significant difference was observed between

ment significatives observées entre le maxillaire et la mandibule. Lorsque le facteur « mouvement » du patient pendant le scanner préopératoire ou postopératoire a été pris en compte, les valeurs moyennes de déviation sont supérieures et statistiquement significatives en ce qui concerne la valeur de déviation angulaire.

Conclusion

Les déviations observées sur les implants mis en place à l'aide de guides stéréolithographiques dans le cadre de la chirurgie implantaire guidée sont la somme cumulée de toutes les erreurs provenant de chaque étape du protocole (D'haese et De Bruyn, 2011).

Ces erreurs peuvent provenir :

- de l'acquisition des données tomographique;
- de légers mouvements du patient ou imparfaite mise en place du guide radiologique pendant la réalisation du scanner;
- de la planification informatique;
- de la fabrication du guide chirurgical (Stumpel, 2010);
- de la mise en place et de la stabilisation (en termes de nombre de clavettes ou de vis) de ce guide en bouche au moment de la chirurgie;
- du degré de liberté du foret par rapport au diamètre interne du tube en métal du guide;
- de la forme conique ou cylindrique des implants;
- de l'utilisation de guides simplement pour la réalisation des ostéotomies ou également pour la mise en place des implants;
- de l'absence ou de la proximité de dents par rapport au site à implanter (Van Assche et coll., 2010);
- de la densité osseuse du site à implanter;
- de l'épaisseur de la muqueuse buccale;
- de la capacité d'ouverture buccale du patient;
- de la nécessité de connecter des piliers coniques en cas de mise en charge immédiate.

Une amélioration de chacun de ces facteurs contribuerait à réduire ces déviations.

La chirurgie guidée est une technique novatrice qui présente beaucoup d'avantages mais qui demande, contrairement au discours des sociétés commerciales, une grande expérience du praticien tant sur le plan informatique que sur le plan chirurgical.

Une maîtrise complète doit être acquise avant l'utilisation de ces techniques.

Cependant, pour l'omnipraticien pratiquant déjà l'implantologie et qui souhaite utiliser la chirurgie guidée, quelques perspectives cliniques sont à prendre en compte pour apprécier les avantages et les inconvénients du concept :

- aucune nécessité d'avoir à gérer le positionnement idéal des implants en peropératoire, celui-ci ayant été

the maxillary and the mandible. When the "movement" factor of the patient during the preoperative or postoperative scanner was taken into account, the average deviation values were superior and statistically significant as for the value of angular deviation.

Conclusions

Deviations observed on implants placed with stereolithographic guides in the framework of guided implant surgery are the cumulative sum of all the errors resulting from every stage of the protocol (D'Haese et al., 2012).

These errors may result from:

- the acquisition of the tomographic data;
- the slight movements of the patient or an imperfect placement of the radiological guide during the scanner;
- the IT planning;
- the manufacturing of the surgical guide (Stumpel 2010);
- the placement and the stabilization (in terms of number of anchor pins or screws) of this guide in mouth during surgery;
- the degree of looseness of the drill with regard to the internal diameter of the guide metallic tube;
- the conical or cylindrical shape of implants;
- the use of guides only for osteotomy or also for the placement of the implants;
- the absence or the closeness of teeth with regard to the implant site (Van Assche et al., 2007);
- the osseous density of the site to be implanted;
- the thickness of the oral mucous membrane;
- the size of the patient's mouth opening;
- the necessity to connect conical abutments in case of an immediate loading.

Improving each of these factors would contribute to reduce these deviations.

The guided surgery is an innovative technique featuring many advantages but which also requires, whatever the manufacturing companies may say, a solid experience of the practitioner, both in the IT field and the surgical field.

The practitioner has to make sure to fully master this technique before using it.

However, for the general practitioner who already performs implantology and wishes to use guided surgery, some clinical perspectives need to be taken into account to assess the advantages and drawbacks of the concept:

- No necessity to manage the ideal positioning of

déterminé lors de la planification informatique et n'est plus que simplement transféré grâce au guide stéréolithographique;

- l'anxiété et le stress préopératoires, très souvent observés chez les patients, sont largement réduits dans le cas de l'utilisation de guides à appui muqueux car ils comprennent parfaitement bien le caractère mini-invasif de l'intervention chirurgicale;

- la chirurgie guidée permet de réaliser une prothèse provisoire fixe sur implants, réalisée préalablement, qui peut être mise en place de façon simple immédiatement après la chirurgie. Cette possibilité permet aux patients un retour très rapide à leur vie sociale et professionnelle;

- le praticien doit parfaitement maîtriser l'anatomie et les techniques chirurgicales conventionnelles pour pouvoir déposer le guide stéréolithographique en cas de difficulté imprévue ou complication peropératoires. Il pourrait s'agir par exemple d'une impossibilité de gérer la stabilité primaire de l'implant, auquel cas le praticien serait amené à lever un lambeau et placer l'implant de façon non guidée;

- les trousse chirurgicales destinées à la chirurgie guidée contiennent le plus souvent un accastillage plus important par rapport aux trousse implantaire classiques avec lequel le praticien doit se familiariser avant de réaliser sa première intervention;

- la réalisation prothétique supra-implantaire issue de la chirurgie guidée présente quelques particularités qui ne sont pas toujours connues des prothésistes de laboratoire, quand bien même ceux-ci pratiquent déjà la prothèse sur implants depuis nombreuses années. Il est donc important de s'assurer de leur bonne compréhension des protocoles et de les former le cas échéant.

implants in per-operating; this one has been determined during the IT planning and is simply transferred thanks to the stereolithographic guide.

- The anxiety and the preoperative stress very often observed in patients are widely reduced in the case of a surgery with mucosa-supported guides because patients perfectly understand that this type of surgery is mini-invasive.

- The guided surgery allows to make a fixed temporary prosthesis on implants, manufactured beforehand, which can be placed in a simple way immediately after surgery. This possibility allows the patients to go back very fast to their social and professional life.

- The practitioner has to perfectly master the anatomy and the conventional surgical techniques to be able to remove the stereolithographic guide in case of an unforeseen per-operating difficulty or complication.

It could be for example the impossibility of managing the primary stability of the implant.

In which case, the practitioner will have to lift a flap and place the implant without the guide.

- The surgical kits for guided surgery often contain a greater number of instruments compared with traditional implant kits; the practitioner has to get familiar with these kits before performing his/her first surgery.

- The supra-implant prosthetic stemming from guided surgery feature a few specificities which are not always known by laboratory prosthetists, even when they've been making prosthesis on implants for many years. It is thus important to make sure that they fully understand the protocols and train them if necessary.

Traduction : Marie Chabin

Demande de tirés-à-part :

Dr Thomas GOUTMAN, 9, boulevard du Général-de-Gaulle, 77400 Lagny-sur-Marne

ARISAN V., KARABUDA Z., ÖZDEMİR T.
Accuracy of Two Stereolithographic Guide Systems for Computer-Aided Implant Placement: A Computed Tomography-Based Clinical Comparative Study.
J Periodontol 2010;**81**(1):43-51. Cat 1

ARISAN V., KARABUDA Z., ÖZDEMİR T.
Implant surgery using bone- and mucosa-supported stereolithographic guides in totally edentulous jaws: surgical and post-operative outcomes of computer-aided vs. standard techniques.
Clin Oral Implants Res 2010;**21**:980-988. Cat 1

ARMAND S., LEGAC O., MIR J., ALAR Y.
Chirurgie implantaire sans lambeau, intérêts de la robotique passive système Robodent®.
Réalités cliniques 2009;**20**(4):277-290. Cat 1

BEHNEKE A., BURWINKEL M., BEHNEKE N.
Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT-derived template- based implant placement.
Clin Oral Implants Res 2012;**23**(4):416-423. Cat 1

CASSETTA M., GIANSAANTI M., DI MAMBRO A., CALASSO S., BARBATO E.
Accuracy of Two Stereolithographic Surgical Templates: A Retrospective Study.
Clin Implant Dent Relat Res 2013;**15**(3):448-459. Cat 1

D'HAESE J., DE BRUYN H.
Effect of Smoking Habits on Accuracy of Implant Placement Using Mucosally Supported Stereolithographic Surgical Guides.
Clin Implant Dent Relat Res 2013;**15**(3):402-411. Cat 1

D'HAESE J., VAN DE VELDE T., ELAUT L., DE BRUYN H.
A Prospective Study on the Accuracy of Mucosally Supported Stereolithographic Surgical Guides in Fully Edentulous Maxillae.
Clin Implant Dent Relat Res 2012;**14**(2):293-303. Cat 1

D'HAESE J., VAN DE VELDE T., KOMIYAMA A., HULTIN M., DE BRUYN H.
Accuracy and Complications Using Computer-Designed Stereolithographic Surgical Guides for Oral Rehabilitation by Means of Dental Implants: A review of the Literature.
Clin Implant Dent Relat Res 2012;**14**(3):321-335. Cat 1

DI GIACOMO G., DA SILVA J., DA SILVA A., PASCHOAL G., CURY P., SZARF G.
Accuracy and Complications of Computer-Designed Selective Laser Sintering Surgical Guides for Flapless Dental Implant Placement and Immediate Definitive Prosthesis Installation.
J Periodontol 2012;**83**(4):410-419. Cat 1

ERSOY A., TURKYILMAZ I., OZAN O., MCGLUMPHY E.
Reliability of Implant Placement With Stereolithographic Surgical Guides Generated From Computed Tomography: Clinical Data From 94 Implants.
J Periodontol 2008;**79**(8):1339-1345. Cat 1

FRISARDI G., CHESSA G., BARONE S., PAOLI A., RAZIONALE A., FRISARDI F.
Integration of 3D anatomical data obtained by CT imaging and 3D optical scanning for computer aided implant surgery.
BMC Med Imaging 2011;**21**(11):5. Cat 2

GILLOT L., NOHARET R., CANNAS B.
Guided Surgery and Presurgical Prosthesis: Preliminary Results of 33 Fully Edentulous Maxillae Treated in Accordance with the NobelGuide® Protocol.
Clin Implant Dent Relat Res 2010;**12** Suppl 1:104-113. Cat 1

HORWITZ J., ZUABI O., MACHTEI E.
Accuracy of a computerized tomography-guided template-assisted implant placement system: an in vitro study.
Clin Oral Implants Res 2009;**20**(10):1156-1162. Cat 2

IBRAHIM D., BROILO T., HEITZ C., DE OLIVEIRA M., DE OLIVEIRA H., NOBRE S., DOS SANTOS FILHO J., SILVA D.
Dimensional error of selective laser sintering, three-dimensional printing and PolyJet models in the reproduction of mandibular anatomy.
J Cranio-Maxillofac Surg 2009;**37**:167-173. Cat 2

ORENTLICHER G., ABOUOD M.
Guided Surgery for Implant Therapy.
Oral Maxillofac Surg Clin North Am 2011;**23**:239-256. Cat 1

OZAN O.,TURKYILMAZ I., ERSOY A, MCGLUMPHY E, ROSENSTIEL S
Clinical Accuracy of 3 Different Types of Computed Tomography-Derived Stereolithographic Surgical Guides in Implant Placement.
J Oral Maxillofac Surg 2009;**67**:394-401. Cat 1

PETTERSSON A., KOMIYAMA A., HULTIN M., NÄSSTRÖM K., KLINGE B.
Accuracy of Virtually Planned and Template Guided Implant Surgery on Edentate Patients.
Clin Implant Dent Relat Res 2012;**14**(4):527-537. Cat 1

PLATZER S., BERTHA G., HESCHL A., WEGSCHEIDER W., LORENZONI M.
Three-Dimensional Accuracy of Guided Implant Placement: Indirect Assessment of Clinical Outcomes.
Clin Implant Dent Relat Res 2011;**15**. Cat 1

ROSENFELD A., MANDELARIS G., TARDIEU P.
Prosthetically Directed Implant Placement Using Computer Software to Ensure Precise Placement and Predictable Prosthetic Outcomes. Part 2: Rapid-Prototype Medical Modeling and Stereolithographic Drilling Guides Requiring Bone Exposure.
Int J Periodontics Restorative Dent 2006;**26**(4):347-353. Cat 4

ROSENFELD A., MANDELARIS G., TARDIEU P.
Prosthetically Directed Implant Placement Using Computer Software to Ensure Precise Placement and Predictable Prosthetic Outcomes. Part 3: stereolithographic drilling guides that do not require bone exposure and the immediate delivery of teeth.
Int J Periodontics Restorative Dent 2006;**26**(5):493-499. Cat 4

SCHNEIDER D., MARQUARDT P., ZWAHLEN M., JUNG RE
A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer- guided template-based implant dentistry.
Clin Oral Implants Res 2009;**20** Suppl. 4:73-86. Cat 1

SILVA D., DE OLIVEIRA ., MEURER E., MEURER M., LOPES DA SILVA J.V., SANTA-BARBARA A.
Dimensional error in selective laser sintering and 3D-printing of models for craniomaxillary anatomy reconstruction.
J Cranio-Maxillofac Surg 2008;**36**:443-444. Cat 2

STUMPPEL L.J
Deformation of Stereolithographically Produced Surgical Guides: An Observational Case Series Report.
Clin Implant Dent Relat Res 2012;**14**(3):442-453. Cat 2

VAN ASSCHE N., VAN STEENBERG D., GUERRERO M.E., HIRSCH E., SCHUTYSER F., QUYRINEN M., JACOBS R.
Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone beam images: a pilot study.
J Clin Periodontol 2007;**34**:816-821. Cat 2

BIBLIOGRAPHIE

VAN ASSCHE N., VAN STEENBERG D.,
 QUYRINEN M., JACOBS R.
 Accuracy assessment of computer-assisted flapless implant
 placement in partial edentulism.
J Clin Periodontol 2010;**37**(4):398-403. Cat 1

VAN STEENBERGHE D., GLAUSER R., BLOMBÄCK
 U., ANDERSSON M., SCHUTYSER F., PETTERSSON A.,
 WENDELHAG I.
 A Computed Tomographic Scan-Derived Customized
 Surgical Template and Fixed prosthesis for Flapless Surgery
 and Immediate loading of Implants in Fully Edentulous
 Maxillae: A Prospective Multicenter Study. *Clin Implant
 Dent and Relat Res* 2005;**7** Suppl 1:S111-120. Cat 1

VASAK C., WATZAK G., GAHLEITNER A.,
 STRBAC G., SCHEMPER M., ZECHNER W.
 Computed tomography-based evaluation of template
 (NobelGuide®)-guided implant positions: a prospective
 radiological study.
Clin Oral Impl Res 2011;**22**:1157-1163. Cat 1