

Ostéotomie par forage à basse vitesse sans irrigation *versus* forage à haute vitesse avec irrigation : une étude expérimentale



Osteotomia a Baixa Rotação sem Irrigação *Versus* Alta Rotação com Irrigação: Estudo Experimental

João GASPAR¹, Gonçalo BORRECHO², Pedro OLIVEIRA¹, Francisco SALVADO³, José MARTINS dos SANTOS¹
Acta Med Port 2013 mai-juin;26(3):231-236

RÉSUMÉ

Introduction : Une chirurgie extrêmement traumatisante peut affecter de manière négative la maturation du tissu osseux et, par conséquent, diminuer la prévisibilité de l'ostéointégration. Il convient donc de minimiser les dommages mécaniques et thermiques au cours de la procédure chirurgicale. La présente étude a pour objectif d'évaluer les altérations histologiques immédiates sur des tibias de lapin, produites par un forage à basse vitesse (50 trs/min) sans irrigation et par un forage conventionnel (800 trs/min) avec une irrigation abondante.

Matériels et méthodes : Trente-six ostéotomies implantaires ont été réalisées dans les tibias de 6 lapins blancs femelles. Le forage a commencé avec une fraise ronde de 1,5 mm, suivie de forets hélicoïdaux de 2,0 mm ; 2,5 mm et 3,5 mm. La corticale postérieure du tibia, évaluée en tant que témoin positif, a été préservée durant la procédure chirurgicale. Les foyers récepteurs ont été prélevés pour l'analyse histologique.

Résultats : Tous les défauts présentaient des bords réguliers. La coloration à l'hématoxyline-éosine (HE) des coupes a montré que les deux techniques préservaient la structure osseuse et la présence de cellules vivantes. Aucune différence histologique n'a été constatée entre les deux techniques de forage chirurgical.

Conclusions : Sur la base de nos résultats, nous pouvons conclure que les effets de la préparation du site implantaire sur l'os par un forage à basse vitesse (50 trs/min) sans irrigation et par un forage conventionnel (800 trs/min) avec une irrigation abondante sont similaires. Les deux techniques de forage chirurgical préservent la viabilité des cellules osseuses et le clinicien peut décider de la technique de forage à utiliser en fonction d'autres critères.

Mots clés : Ostéotomie ; Ostéointégration ; Lapins ; Irrigation thérapeutique ; Tibia ; Cicatrisation.

RESUMO

Introdução: A cirurgia traumática pode afetar a maturação do tecido ósseo e, diminuir a previsibilidade de osteointegração, pelo que a lesão mecânica e térmica deve ser minimizada. O objectivo deste estudo foi avaliar as alterações histológicas imediatas provocadas pela osteotomia a 50 rpm sem irrigação e a 800 rpm com irrigação, no osso do coelho.

Material e Métodos: Foram efectuadas 36 perfurações (18 com cada técnica) nas tíbias de seis coelhos adultos. A sequência de brocas utilizada foi: uma broca esférica com 1,5 mm de diâmetro, uma broca piloto com 2,0 mm de diâmetro, e uma broca com 3,5 mm de diâmetro. A cortical posterior das tíbias foi preservada, constituindo o osso de controlo. Procedeu-se à recolha das tíbias com os defeitos a analisar, para observação com microscópio óptico e análise qualitativa.

Resultados: Os defeitos ósseos apresentaram bordos regulares. Observou-se tecido ósseo viável, vascularizado e com presença de osteócitos junto aos defeitos. A estrutura haversiana e lamelar do tecido encontrou-se mantida, bem como a rede vascular. A matriz extracelular não apresentou alterações. Os resultados indicam não haver diferenças histológicas entre as osteotomias a 800 rpm com irrigação e a 50 rpm sem irrigação.

Conclusão: O nosso estudo sugere que as alterações no tecido ósseo provocadas pela osteotomia a 50 rpm sem irrigação e a 800 rpm com irrigação são semelhantes, e que ambas as técnicas mantêm o tecido ósseo viável para a colocação de implantes e respectiva osteointegração, cabendo ao clínico a escolha, em função de outras variáveis.

Palavras-chave: Coelhos; Irrigação Terapêutica; Osteointegração; Osteotomia; Tibia.

INTRODUCTION

La réhabilitation orale sur implants endo-osseux représente une option de traitement sûre et viable avec des taux de réussite élevés ; cependant, elle dépend de l'ostéointégration¹⁻³. De nombreux paramètres doivent être pris en compte lors de la préparation du site implantaire, qui doit être aussi atraumatique que possible, pour assurer l'ostéointégration.^{1,4-7} Une chirurgie extrêmement traumatisante peut affecter de manière négative la maturation du tissu osseux et, par conséquent, diminuer la prédictibilité de l'ostéointégration.⁸ Il convient donc de minimiser les dommages mécaniques et thermiques au cours de la procédure chirurgicale.^{7,9} La viabilité du tissu osseux dépend de plusieurs facteurs : vitesse de rotation^{6,10-12} ; irrigation^{7,13-15} ; type d'ostéotomie (continue ou intermittente)⁸ ; température¹⁶ ; pression appliquée lors du forage¹⁷ ; forme, taille et tranchant des forets¹⁸ ; durée de l'échauffement de l'os et densité de l'os^{7,8,19}.

L'implantologie et ses techniques chirurgicales sont en constante évolution. La plupart des systèmes d'implants préconisent des protocoles de forage similaires (de 800 à 1500 trs/min), avec une irrigation abondante afin d'éviter la surchauffe provoquée par le foret. Récemment, un nouveau concept de forage à basse vitesse (50 trs/min) sans irrigation a été proposé comme alternative à la procédure classique avec irrigation.²⁰ Cette technique peut présenter certains avantages, notamment le prélèvement osseux autologue²¹ sans autre intervention chirurgicale.²² Il est possible de récupérer directement l'os coupé par les forets, sans contamination par la salive, et de l'utiliser pour une autogreffe.²⁰

1. Centre de recherche interdisciplinaire Egas Moniz (CiEIM). Institut supérieur des sciences de la santé Egas Moniz. Monte de Caparica. Portugal.

2. Département d'anatomie pathologique. Hôpital Santa Maria. Lisbonne. Portugal.

3. Département d'anatomie pathologique. Faculté de médecine de l'Université de Lisbonne Portugal.

Reçu le : 30 novembre 2012 - Accepté le : 03 mars 2013 | Copyright © Ordre des médecins, 2013

Le forage à basse vitesse peut également fournir à l'opérateur des informations plus précises sur la trajectoire du foret afin de la corriger si nécessaire. Ainsi, en forant à vitesse réduite, il est possible de mieux maîtriser l'ostéotomie.²¹

La présente étude a pour objectif d'évaluer les altérations histologiques immédiates sur des tibias de lapin, produites par un forage à basse vitesse (50 trs/min) sans irrigation et par un forage conventionnel (800 trs/min) avec une irrigation abondante.

MOYENS ET MÉTHODOLOGIE

Échantillon

Cette étude a été menée sur 6 lapins adultes blancs femelles (*Orycto-lagus cuniculus*, New Zealand White) pesant $4,0 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$. Les animaux ont été acquis auprès d'un éleveur de lapins local.

Les animaux ont été placés dans des cages individuelles adaptées à cette espèce dans le service des animaux de l'Institut supérieur des sciences de la santé Egas Moniz. Ils ont reçu une ration standard de nourriture et ont eu libre accès à l'eau du réseau municipal. Les animaux ont été traités conformément à la directive de l'Union européenne relative au bien-être des animaux utilisés à des fins scientifiques et expérimentales (86/609/CE) et à la transposition de cette directive dans la législation portugaise (décret-loi 197/96).

Matériel

Le système de forage pour implants IDI (IDI®, France) a été utilisé pour cette étude. Les forets sont en acier inoxydable (Sandvik 4C27A, ASTM 420F), très résistants à l'usure, avec une capacité de coupe très élevée.

Un moteur électrique (W.H. Implantmed®) relié à un contre-angle réducteur 20:1 a été utilisé pour réaliser les ostéotomies.

Procédure chirurgicale

Les animaux ont été anesthésiés par administration intramusculaire d'une combinaison de $0,12 \text{ mg/kg}$ de chlorhydrate de médétomidine et de 20 mg/kg de kétamine. Le rythme cardiaque et respiratoire a été surveillé pendant toute la durée de l'anesthésie.

Après exposition de la peau, une incision a été pratiquée sur la partie médiane des tibias droit et gauche de chaque lapin, suivie d'un détachement du périoste afin de réaliser les ostéotomies.

Six ostéotomies ont été réalisées sur chaque animal : trois à 800 trs/min avec irrigation saline (tibia droit) et trois à 50 trs/min sans irrigation (tibia gauche) (Fig. 1 et 2). Une distance d'environ 6 mm a été respectée entre les défauts.

La séquence de forage utilisée était la suivante : une fraise ronde de 1,5 mm, suivie de forets hélicoïdaux de 2,0 mm ; 2,5 mm et 3,5 mm.

La pression exercée sur l'os lors du forage n'a pas été mesurée. Cependant, toutes les ostéotomies ont été réalisées par le même opérateur avec une faible pression et de façon intermittente, de manière à standardiser l'ensemble de la procédure. La corticale postérieure du tibia, évaluée en tant que témoin positif, a été préservée durant la procédure chirurgicale. Au terme de la procédure chirurgicale, les animaux ont été sacrifiés par administration d'une dose létale de thiopental sodique par voie intrapéritonéale. Les tibias ont été prélevés et les défauts ont été fixés dans une solution de formaldéhyde à 10 %.

Les échantillons ont ensuite été traités, coupés transversalement et colorés à l'hématoxyline et à l'éosine pour observation au microscope optique, photographie et analyse qualitative. Deux coupes histologiques ont été réalisées pour chacun des 36 défauts, soit un total de 72 coupes.

RÉSULTATS

L'analyse histologique des 36 ostéotomies a été réalisée par observation au microscope optique. Tous les défauts présentaient des bords réguliers. Comme prévu, la corticale postérieure du tibia a été préservée dans tous les cas.

Toutes les coupes histologiques ont montré une ligne de coupe plus nette dans l'os compact que dans l'os spongieux.

Au niveau de l'os spongieux, on a observé une plus grande destruction osseuse dans les défauts produits à 800 trs/min avec irrigation, avec la présence d'échardes, de saignements et d'une rupture de la moelle osseuse (Fig. 3).

En revanche, lors d'un forage à 50 trs/min sans irrigation, l'os spongieux était mieux préservé et plus « propre » (Fig. 3).

Au niveau de l'os cortical, aucune différence n'a été constatée entre l'os ostéotomisé et la corticale postérieure (témoin), avec les deux techniques de forage (Fig. 4).

L'examen au microscope a montré que les deux techniques préservaient la structure osseuse. Les systèmes lamellaire et haversien ont été conservés ainsi que le réseau vasculaire.

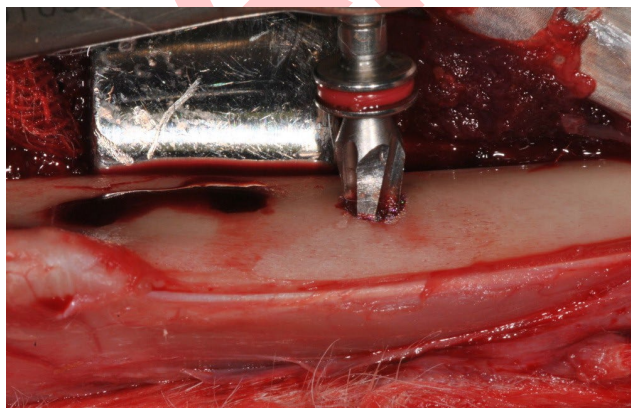


Figure 1 – Ostéotomie à 50 trs/min sans irrigation.

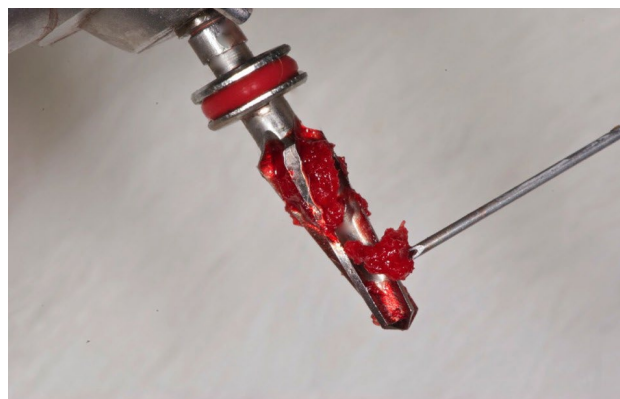


Figure 2 – Prélèvement osseux lors d'un forage à basse vitesse (50 trs/min) sans irrigation.

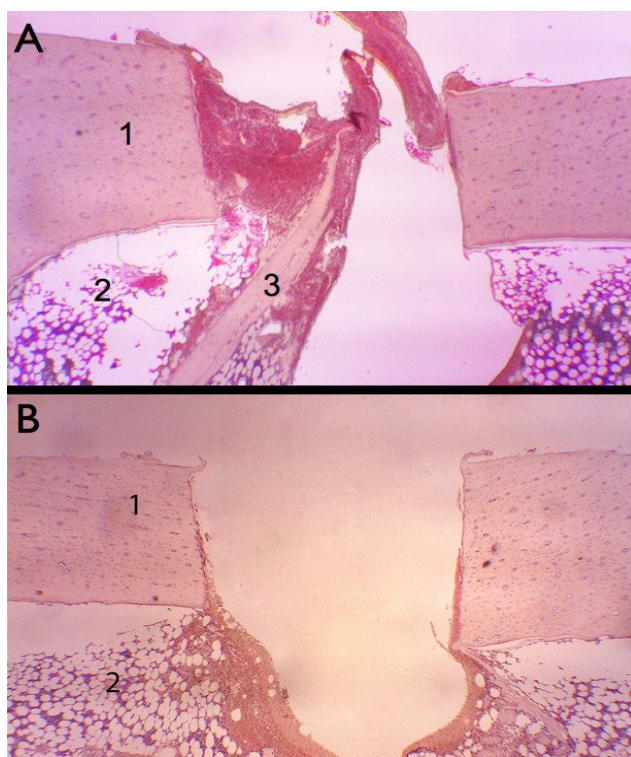


Figure 3 – A - Ostéotomie à 800 trs/min avec irrigation (H-E, 40x)

On observe une rupture de la moelle osseuse (2) et une écharde (3).

1 : os cortical ; 2 : os spongieux ; 3 : écharde

B - Ostéotomie à 50 trs/min sans irrigation (H-E, 40x)

On observe une préservation de l'os spongieux.

1 : os cortical ; 2 : os spongieux.

La matrice extracellulaire n'a pas subi de changements (Fig. 5). À proximité des défauts, les ostéocytes n'ont montré aucune altération morphologique.

En résumé, les résultats actuels indiquent qu'aucune différence histologique n'a été constatée entre les deux techniques de forage chirurgical (Fig. 6).

ANALYSE

En implantologie, une chirurgie traumatique peut entraîner la formation de tissu conjonctif autour de l'implant, ce qui entrave son ancrage dans l'os.²³ Le forage implantaire génère toujours de la chaleur.⁶ Une augmentation significative de la température peut causer des dégâts considérables dans le tissu osseux. Outre les lésions thermiques, l'ostéotomie peut également causer des lésions mécaniques au niveau de l'os environnant.²¹ Par conséquent, afin de préserver la viabilité de l'os⁸ et d'éviter un dégagement excessif de chaleur lors de la préparation du site implantaire, il est essentiel d'avoir recours à une technique chirurgicale adaptée.⁶

Notre étude, ainsi que plusieurs études expérimentales similaires,^{1,8,11,23,24} a été menée sur des tibias de lapin. Le maxillaire et la mandibule sont des os d'origine intramembranaire, contrairement au tibia qui est d'origine endochondrale. Cependant, chez l'adulte, la structure du tissu osseux formé par les deux mécanismes d'ossification est indiscernable²⁶ et les conclusions n'ont donc pas été affectées.

Sur le plan clinique, il n'existe aucun moyen de mesurer avec précision la pression appliquée sur la pièce à main durant l'ostéotomie.

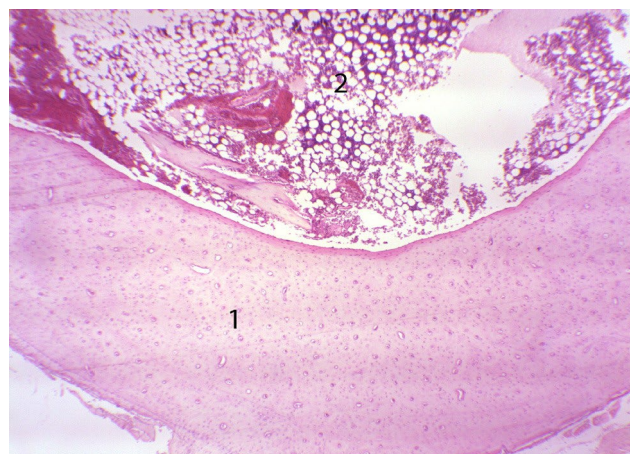


Figure 4 – Corticale postérieure préservée (témoin) (H-E, 40x)

1 : os cortical, 2 : os spongieux.

Par conséquent, en maintenant une vitesse de rotation constante, il est probable que l'opérateur applique plus de pression lors du forage de l'os cortical, produisant ainsi plus de chaleur par friction et une augmentation de la température du tissu osseux.¹ Lors de cette étude, les ostéotomies ont été réalisées dans de l'os cortical dense (type I),⁸ apparemment viable dans l'immédiat, dans les deux techniques de forage. Ainsi, dans un os moins dense, on s'attend à ce que les résultats soient au moins similaires, en raison d'une production plus faible de chaleur par friction.

Dans la littérature, il ne semble pas exister de consensus sur la méthode d'irrigation la plus recommandée. Certains auteurs^{14,26} ont rapporté les avantages de l'utilisation de l'irrigation interne. En outre, selon Benington et al.,⁷ il ne semble pas y avoir de différences significatives entre les deux méthodes. Dans la présente étude, l'irrigation externe a été utilisée (dans le cas des ostéotomies à 800 trs/min). Les ostéotomies ont été réalisées à basse pression et de manière intermittente, afin d'éviter toute interférence entre la sortie des fragments osseux et l'admission du liquide de refroidissement ; l'irrigation pouvait ainsi atteindre le lit de l'implant et la pointe du foret, afin de réduire la friction causée par ce dernier. Dans le cadre d'ostéotomies profondes, des forages continus peuvent produire des températures potentiellement préjudiciables au tissu osseux.²⁷ Selon Sharawy et al.,⁶ il peut être bénéfique de prévoir une période d'attente entre chaque séquence de forage lors d'une ostéotomie, afin de refroidir l'os et d'éviter ainsi une production excessive de chaleur. L'interaction entre l'implant et la technique de forage chirurgical qui offre de faibles niveaux de contrainte compressive immédiatement après la pose, les degrés élevés de stabilité primaire de l'implant et de faibles degrés de micromouvements ont été considérés comme de potentiels avantages dans la recherche de la stabilité atemporelle de l'implant aux premiers stades de l'ostéointégration.²⁸ Par conséquent, les différences constatées au niveau de l'os spongieux entre les deux techniques de forage peuvent ne pas être pertinentes puisque la stabilité primaire de l'implant est essentiellement assurée par l'ancrage dans l'os cortical.

L'usure des forets causée par une utilisation répétée peut entraîner une augmentation de la production de chaleur¹⁸ et d'autres lésions du tissu osseux, ce qui affecte le processus d'ostéointégration des implants.⁸ Dans notre étude, nous avons utilisé deux nouvelles séquences de forage : chaque séquence a permis de réaliser 18 ostéotomies.

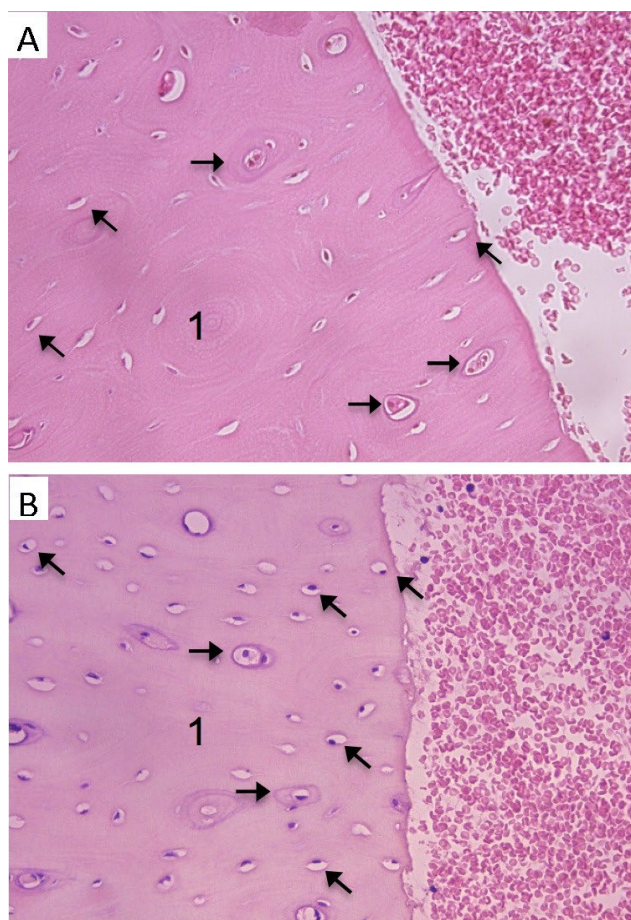


Figure 5 – A – Ostéotomie à 800 trs/min avec irrigation (H-E, 400x)
Os cortical à proximité du défaut chirurgical. On observe un tissu osseux normal.

1 : os cortical ; flèches obliques : lacunes remplies d'ostéocytes ;
flèches horizontales : canaux haversiens

B - Ostéotomie à 50 trs/min sans irrigation (H-E, 400x)

Os cortical à proximité du défaut chirurgical. On observe un tissu osseux normal.

1 : os cortical ; flèches obliques : lacunes remplies d'ostéocytes ;
flèches horizontales : canaux haversiens

La présente étude avait pour objectif d'évaluer les altérations histologiques (immédiatement) causées par deux types d'ostéotomie : à 800 trs/min avec irrigation, couramment utilisée par de nombreux cliniciens et lors d'études antérieures^{29,30} et à 50 trs/min sans irrigation, une alternative plus récente aux procédures conventionnelles, qui peut offrir certains avantages.^{20,21} Giro et al.³¹ ont évalué l'effet de la technique chirurgicale sur l'intégration de l'implant, en pratiquant des ostéotomies à 50 trs/min sans irrigation et à 900 trs/min avec irrigation. Les auteurs ont conclu que les deux techniques donnaient des résultats similaires et n'affectaient pas l'intégration des implants.³¹

Kim et al.²¹ ont mesuré le changement de température pendant la préparation du site implantaire, en forant à 50 trs/min sans irrigation avec trois systèmes de forage différents, et n'ont constaté aucune production de chaleur excessive dans les trois cas. L'irrigation peut avoir un effet négatif en éliminant et en dissolvant les protéines de signalisation ostéoinductrices et d'autres biomolécules présentes dans la matrice extracellulaire de l'os, qui jouent un rôle important dans le remodelage osseux.²⁰

Le concept de forage à basse vitesse sans irrigation présente notamment l'avantage de faciliter la maîtrise de la trajectoire de forage. Cependant, cette procédure a l'inconvénient de prendre plus de temps. Lors d'un forage classique à grande vitesse, il peut y avoir une déviation involontaire de la trajectoire de forage. Le forage à basse vitesse peut indiquer plus précisément à l'opérateur si la trajectoire du foret a changé afin de la corriger si nécessaire.²¹ De plus, cette technique minimise le risque potentiel d'endommager le nerf alvéolaire inférieur ou de pénétrer dans des structures vitales telles que le sinus maxillaire³².

La récupération de l'os autologue à travers les filtres d'aspiration (dans la procédure de forage classique avec irrigation) est plus difficile ; en outre, la présence de micro-organismes est généralement assez élevée, en raison de la présence de salive,²¹ avec le risque de complications associées à l'infection des particules osseuses collectées. Par conséquent, des méthodes de décontamination (à l'aide de chlorhexidine ou de clindamycine) des particules osseuses prélevées via les filtres d'aspiration doivent être envisagées afin de réduire le risque d'échec de la greffe dû à la contamination bactérienne.³³ Le forage à basse vitesse sans irrigation est particulièrement recommandé lorsqu'une autogreffe est indiquée, car il permet de prélever l'os directement à partir du foret, réduisant ainsi la contamination par la salive. Les particules osseuses prélevées selon cette méthode sont plus grosses et viables, puisque les ostéocytes et l'architecture osseuse sont conservés.²⁰

Cette étude portait uniquement sur l'évaluation des altérations histologiques du tissu osseux dans la période immédiate : on a pu observer un tissu osseux aux bords réguliers, conservant la structure lamellaire caractéristique avec des ostéocytes apparemment normaux dans les deux techniques. Nos observations n'ont pas révélé d'altérations de l'architecture du tissu osseux susceptibles de déterminer des altérations anatomiques graves du site concerné. Il n'a pas été possible de déterminer s'il existait une nécrose osseuse dans les deux cas car le délai entre la chirurgie et l'évaluation histologique était trop court.

Il serait intéressant de poursuivre l'étude des modifications du tissu osseux avec une évaluation à un stade ultérieur (pour évaluer si les modifications seraient également superposables), ou avec la pose d'un implant et l'évaluation de son intégration.

CONCLUSION

Sur la base de nos résultats, nous pouvons conclure que les effets de la préparation du site implantaire sur l'os par un forage à basse vitesse (50 trs/min) sans irrigation et par un forage conventionnel (800 trs/min) avec une irrigation abondante sont similaires. Les deux techniques de forage chirurgical préservent la viabilité des cellules osseuses et le clinicien peut décider de la technique de forage à utiliser en fonction d'autres critères.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Odete Guimarães et Eduarda Silva pour leurs observations minutieuses et leurs descriptions anatomiques et pathologiques.

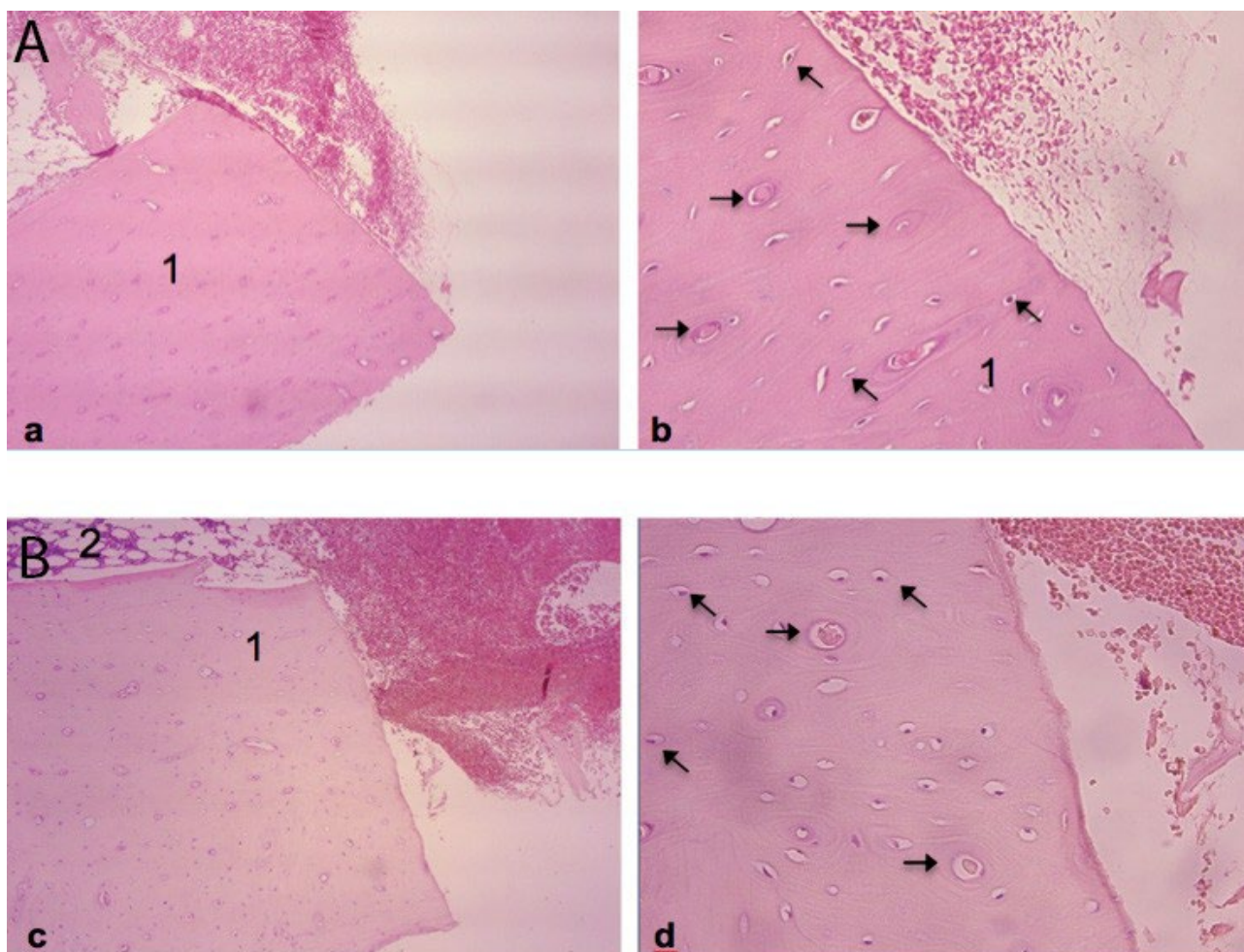


Figure 6 – A - Ostéotomie à 800 trs/min avec irrigation (H-E, a : 100x ; b : 400x)

Les bords du défaut sont réguliers, avec présence de tissu osseux viable. On observe des lacunes comblées par des ostéocytes (flèches obliques) et des systèmes lamellaire et haversien conservés (flèches horizontales).

1 : os cortical

B - Ostéotomie à 50 trs/min sans irrigation (H-E, c : 100x ; d : 400x)

Les bords du défaut sont réguliers, avec présence de tissu osseux viable. On observe des lacunes comblées par des ostéocytes (flèches obliques) et des systèmes lamellaire et haversien conservés (flèches horizontales).

1 : os cortical ;

2 : os spongieux préservé.

CONFLIT D'INTÉRÊTS

Aucune mention.

SOURCES DE FINANCEMENT

Aucune mention.

RÉFÉRENCES

- Queiroz TP, Souza FA, Okamoto R, Margonar R, Pereira-Filho VA, Garcia Júnior IR, et al. Evaluation of immediate bone-cell viability and of drill wear after implant osteotomies: immunohistochemistry and scanning electron microscopy analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66:1233-40.
- Coelho PG, Suzuki M, Guimaraes MV, Marin C, Granato R, Gil JN, et al. Early bone healing around different implant bulk designs and surgical techniques: A study in dogs. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2010;12:202-8.
- Warreth A, Polyzois I, Lee CT, Claffey N. Generation of microdamage around endosseous implants. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20:1300.
- Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1-132.
- Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand.* 1981;52:155-70.
- Sharawy M, Misch CE, Weller N, Tehemar S. Heat generation during implant drilling: the significance of motor speed. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002;60:1160-9.
- Benington IC, Biagioni PA, Briggs J, Sheridan S, Lamey PJ. Thermal changes observed at implant sites during internal and external irrigation. *Clin Oral Implants Res.* 2002;13:293-7.
- Carvalho AC, Queiroz TP, Okamoto R, Margonar R, Garcia IR Jr, Magro Filho O. Evaluation of bone heating, immediate bone cell viability, and wear of high-resistance drills after the creation of implant osteotomies in rabbit tibias. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26:1193-201.
- Lee J, Rabin Y, Ozdoganlar OB. A new thermal model for bone drilling with applications to orthopaedic surgery. *Med Eng Phys.* 2011;33:1234-44.
- Brisman DL. The effect of speed, pressure, and time on bone tempera-

- ture during the drilling of implant sites. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1996;11:35-7.
11. Iyer S, Weiss C, Mehta A. Effects of drill speed on heat production and the rate and quality of bone formation in dental implant osteotomies. Part I: Relationship between drill speed and heat production. *Int J Prosthodont.* 1997;10:411-4.
 12. Isler SC, Cansiz E, Tanyel C, Soluk M, Selvi F, Cebi Z. The effect of irrigation temperature on bone healing. *Int J Med Sci.* 2011;8:704-8.
 13. Eriksson AR, Albrektsson T, Albrektsson B. Heat caused by drilling cortical bone: Temperature measured in vivo in patients and animals. *Acta Orthop Scand.* 1984;55:629-31.
 14. Lavelle C, Wedgwood D. Effect of internal irrigation on frictional heat generated from bone drilling. *J Oral Surg.* 1980;38:499-503.
 15. Yacker MJ, Klein M. The effect of irrigation on osteotomy depth and bur diameter. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1996;11:634-8.
 16. Eriksson RA, Adell R. Temperatures during drilling for the placement of implants using the osseointegration technique. *J Oral Maxillofac Surg.* 1986;44:4-7.
 17. Matthews LS, Hirsch C. Temperatures measured in human cortical bone when drilling. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54:297-308.
 18. Chacon GE, Bower DL, Larsen PE, McGlumphy EA, Beck FM. Heat production by 3 implant drill systems after repeated drilling and sterilization. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006;64:265-9.
 19. Watcher R, Stoll P. Increase of temperature during osteotomy. In vitro and in vivo investigations. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1991;20:245-49.
 20. Anitua E, Carda C, Andia I. A novel drilling procedure and subsequent bone autograft preparation: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007;22:138-45.
 21. Kim SJ, Yoo J, Kim YS, Shin SW. Temperature change in pig rib bone during implant site preparation by low-speed drilling. *J Appl Oral Sci.* 2010;18:522-7.
 22. Park SY, Shin SY, Yang SM, Kye SB. Effect of implant drill design on the particle size of the bone collected during osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010;39:1007-11.
 23. Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent.* 1983;50:101-7.
 24. Stadlinger B, Pourmand P, Locher MC, Schulz MC. Systematic review of animal models for the study of implant integration, assessing the influence of material, surface and design. *J Clin Periodontol.* 2012;39(Suppl. 12):28-36.
 25. Leite PH. Avaliação microscópica dos fragmentos ósseos obtidos por diferentes métodos de osteotomia e de irrigação em aloenxertos irradiados e congelados de coelho. Dissertação de Mestrado em Medicina Dentária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte: UFRGN; 2009.
 26. Harder S, Egert C, Wenz HJ, Jochens A, Kern M. Influence of the drill material and method of cooling on the development of intrabony temperature during preparation of the site of an implant. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2013;51:74-8.
 27. Ercoli C, Funkenbusch PD, Lee HJ, Moss ME, Graser GN. The influence of drill wear on cutting efficiency and heat production during osteotomy preparation for dental implants: a study of drill durability. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19:335-49.
 28. Campos FE, Gomes JB, Marin C, Teixeira HS, Suzuki M, Witek L, et al. Effect of drilling dimension on implant placement torque and early osseointegration stages: an experimental study in dogs. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70:e43-50.
 29. Coelho PG, Granato R, Marin C, Bonfante EA, Janal MN, Suzuki M. Biomechanical and bone histomorphologic evaluation of four surfaces on plateau root form implants: an experimental study in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109:e39-45.
 30. Allsobrook OF, Leichter J, Holbrow D, Swain M. Descriptive study of the longevity of dental implant surgery drills. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2011;13:244-54.
 31. Giro G, Marin C, Granato R, Bonfante EA, Suzuki M, Janal MN, et al. Effect of drilling technique on the early integration of plateau root form endosteal implants: an experimental study in dogs. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69:2158-63.
 32. Anitua E. New process for drilling, placing implants and obtaining autologous bone. *Implant Dialogue.* 2004;1:2-11.
 33. Tezulas E, Dilek OC. Decontamination of autogenous bone grafts collected from dental implant sites via osteotomy: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106:679-84.