

BIOMÉCANIQUE IMPLANTAIRE. DU MICROSCOPE À LA CLINIQUE.

Académie Nationale de Chirurgie Dentaire.

Bruno Dailey

La répartition des contraintes mécaniques en prothèse sur implant

- Les contraintes mécaniques au niveau osseux.
- Les contraintes mécaniques et les plans de traitement prothétiques.

Consolidation osseuse

Ostéointégration.

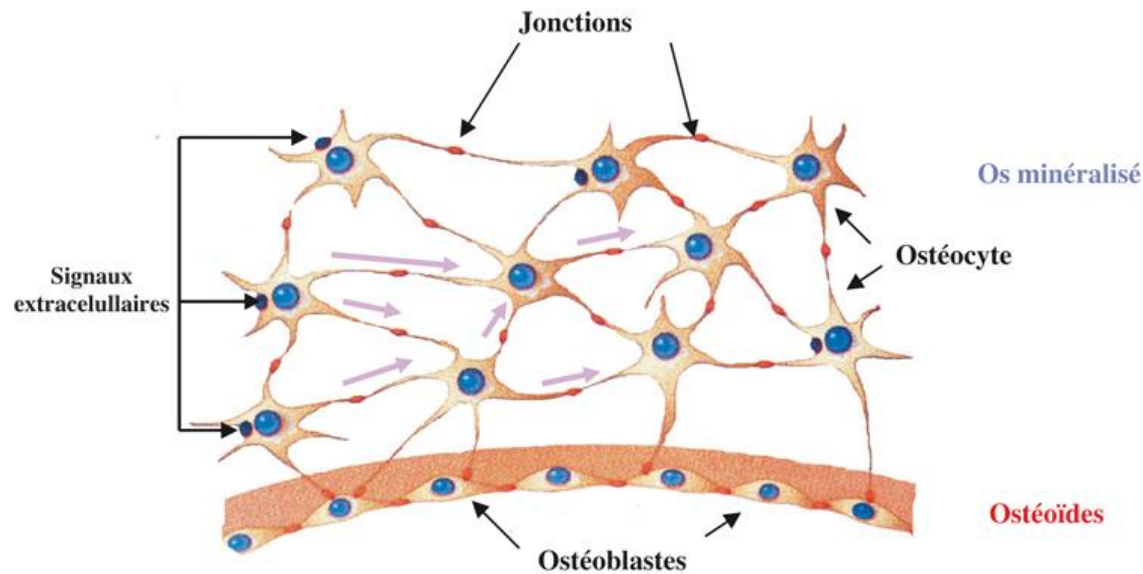
- Ostéoconduction.
- Formation osseuse
- Remodelage osseux.

Cicatrisation os fracturé.

- Inflammation.
- Prolifération (ossification).
- Remodelage osseux.

Mécano-transduction osseuse

- Loi de Wolff.1892. « Un os développe des structures qui lui sont le plus favorable pour résister aux forces qui s'exercent sur lui-même ».
- L'os se remodèle en réponse à la contrainte et perd de sa densité dans les régions non stimulées.



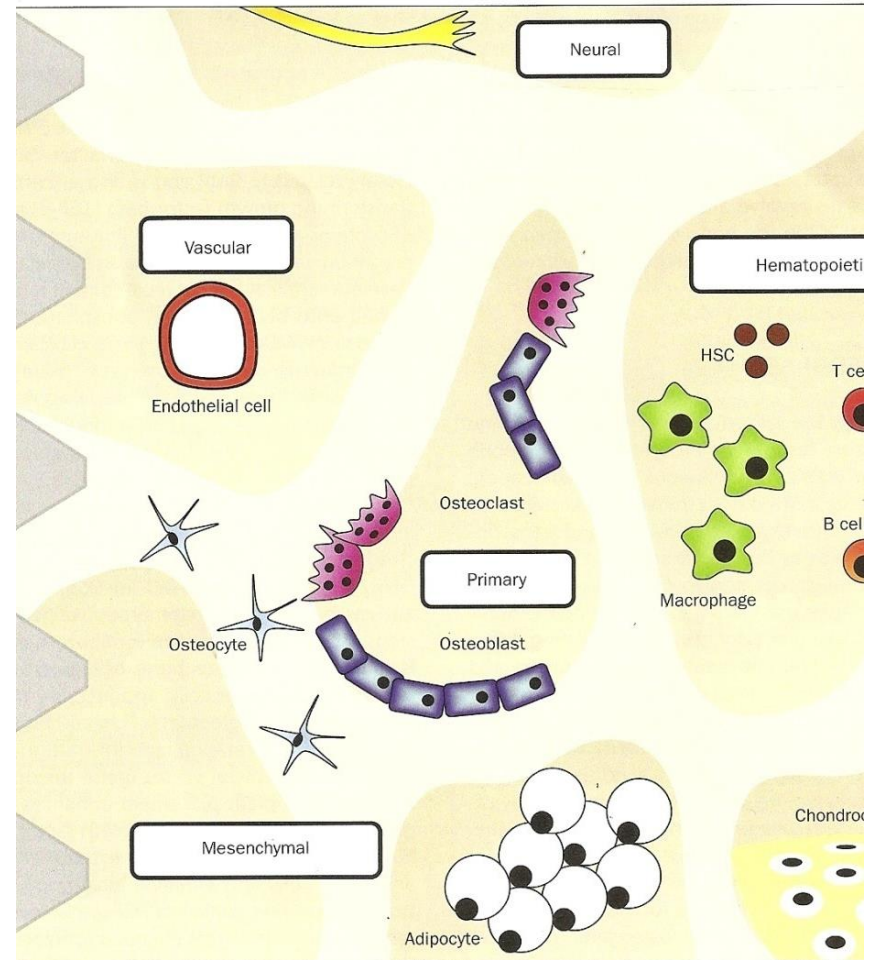
Signaux extracellulaires :

- * hormones
- * contraintes mécaniques
- * mouvements des fluides
- * champs électromagnétiques

—→ Mouvements des fluides dans les canalicules

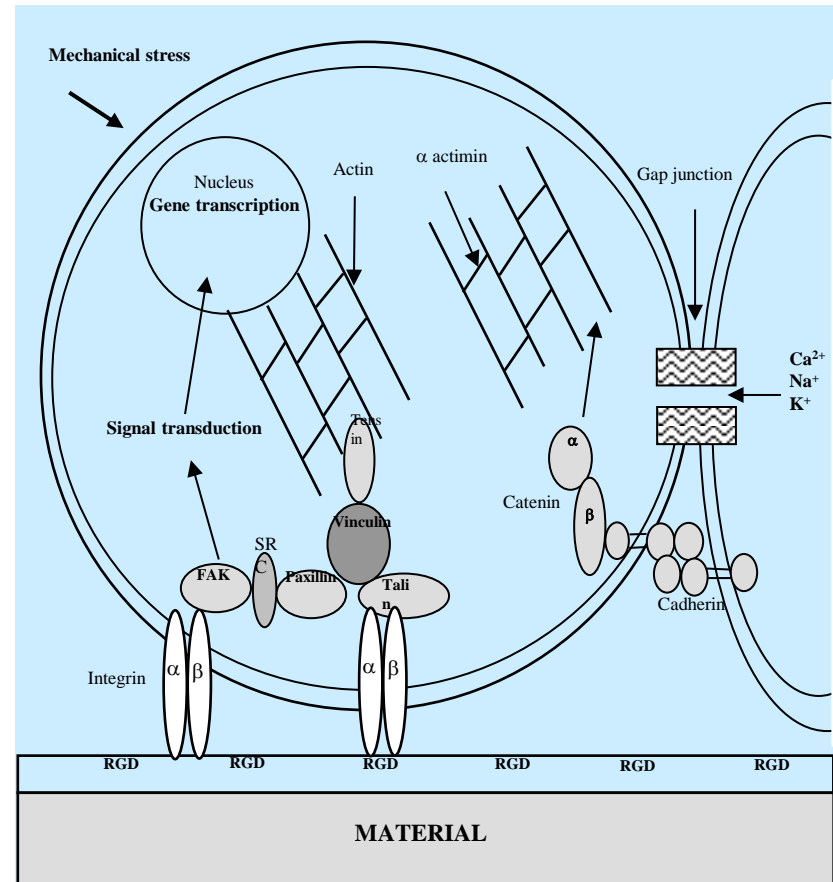
Cicatrisation osseuse

- **Inflammation.**
- **Prolifération.** Si la fracture n'est pas stable, les cellules mésenchymateuses se transforment en chondrocytes qui sécrètent du collagène pour servir de bridge temporaire au tissu cartilagineux. Qui sera remplacé au fur et à mesure par un os primaire.
- **Remodelage .** Les ostéoclastes dégradent la matrice et forment des cavités de forme et de taille caractéristiques, appelées lacune de Howship. Lorsque la cavité atteint une profondeur d'environ 60 à 100 microns , la résorption cesse.



Le cytosquelette inter-cellulaire

- La stimulation mécanique de l'os entraîne des contraintes de cisaillement des fluides, de la compression hydrostatique. Le développement de tension interne avec l'actine et la myosine joue un rôle central dans le signal de transduction.
- Il est observé un changement de potentiel sur la membrane avec le stimuli mécanique.



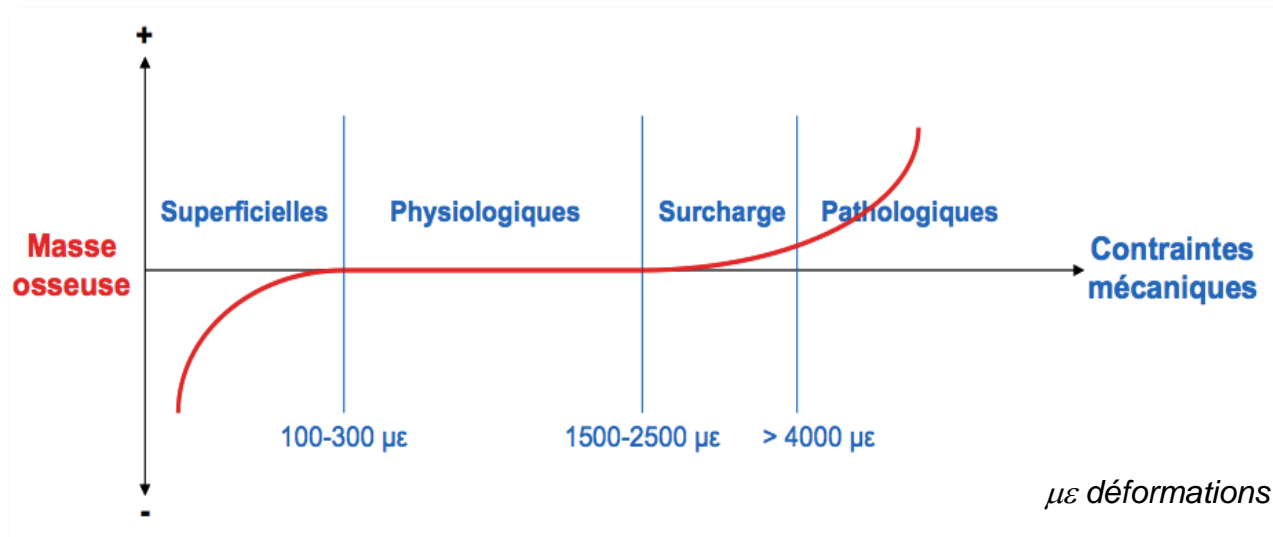
« Sensibilité à la contrainte » des cellules

- Ostéocytes: Les forces appliquées durant le mouvement induisent un changement de pression hydrostatique, une déformation directe des cellules, le débit de fluide induit une contrainte de cisaillement et un champ électrique comme résultat du débit de fluide La déformation des ostéocytes induit un signal calcium qui va être transféré à l'ostéoblaste voisin.
- *Barros et al. J. Periodontol 2009;80:499-504*
- Ostéoblastes: Les contraintes de cisaillement pulsatile stimulent la prolifération in vitro des ostéoblastes tandis qu'une contrainte statique ne stimule pas les signaux de transduction ni de prolifération.
- *Hoffman et al. Biomaterials Science. 2004*

- La réparation osseuse nécessite une certaine stimulation mécanique.
- En l'absence de toute stimulation mécanique, la capacité ostéogénique du site à réparer est réduite. Lorsque cette stimulation est trop importante, la différenciation des cellules mésenchymateuses arrivant sur le site à réparer est alors détournée de la voie ostéoblastique pour emprunter la voie fibroblastique.

Mécano-transduction osseuse

L'absence de micromouvement est un facteur déterminant pour la cicatrisation. Il est suggéré qu'un léger mouvement de $50\mu\text{m}$ est généralement toléré et peut aller jusqu'à $100\mu\text{m}$.



- Brunski et al. *Int J Oral Maxillofac Implants*.2000;15(1):15-46.
- De Oliviera et al. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007;22:63-71

Adaptation osseuse aux stimulations mécaniques

- -L'adaptation de l'os est conduite par la contrainte dynamique plutôt que par la contrainte statique.
- Une contrainte mécanique de courte durée est suffisante pour initier le processus d'adaptation.
- Les cellules s'accommodent à un environnement de contraintes mécaniques habituelles.

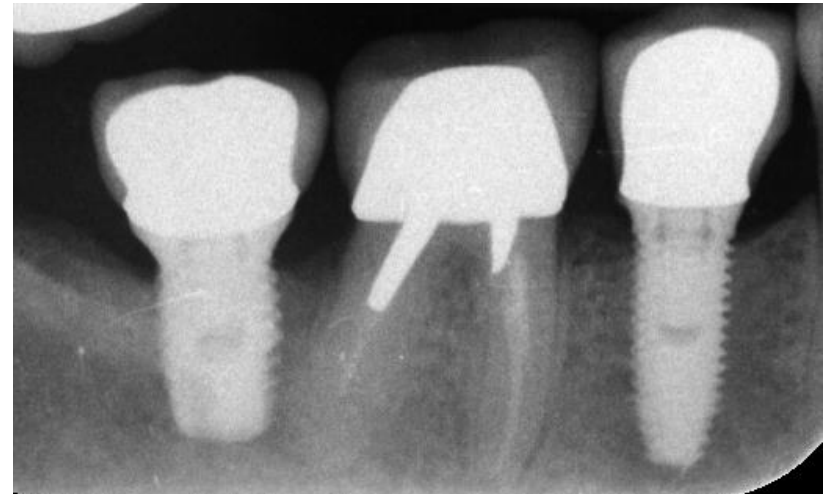
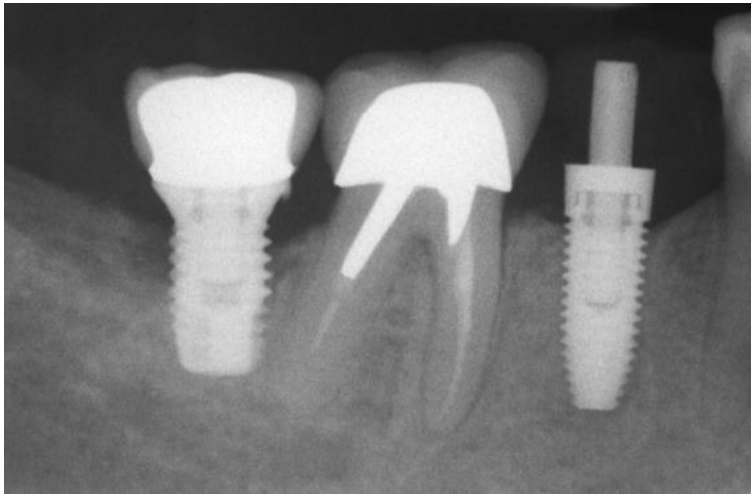
Lin et al. journal of the Mechanical of Biomedical Materials.2009;22:410-432.

• -----
Impact of dynamic and static load on bone around implants: An experimental study in a rat model. Yagihara et al. Int J Maxillofac Implants 2016;31:e49-e56.

- Applying dynamic and static loads to osseointegrated implants increased the amplification of new bone. The attachment strength was significantly improved when dynamic load was used for 4 weeks, compared with when static load was used.

- Si la contrainte mécanique peut stimuler l'os en augmentant la production de tissu minéralisé, elle peut également être d'un impact négatif de part **les contraintes de séparations entre l'os et la prothèse métallique.**
- Cette contrainte de séparation est causée par la différence d'élasticité entre l'os et l'endo-prothèse. Durant la fonction, l'os se plie plus que la prothèse qui lui est plus dure. Ainsi, ce crée une zone de tissu non stimulée qui amène à son atrophie.
- **L'implant dans son dessin, sa surface et sa structure ne doit pas induire de pics de contrainte au niveau osseux.**

Micro-mouvements interface os-implant



Lésion osseuse /Lésion prothétique

- Les forces développées se concentrent sur la crête osseuse marginale près du col de l'implant.
- Contrainte de séparation créées par la différence de Module d'élasticité du titane et de l'os.(MisMatch).
- Les forces axiales sont mieux absorbées par les implants que les non axiales.

- Pas de lésion osseuse $<100\mu\text{m}$
- Epaisseur du ciment de scellement CCM sur implant = $50\mu\text{m}$ et $70\mu\text{m}$



Pérennité des implants et prothèses

- Prothèses fixes partielles ou complètes à 5 ans:
 - Taux de survie des implants: 96.3%
 - Taux de survie des prothèses: 85.4%
- Causes principales: fractures des matériaux prothétiques ou des composants implantaires.
 - *Will.E .Chung and al. Int J Oral Maxillofac implants 2009;24:927-935*

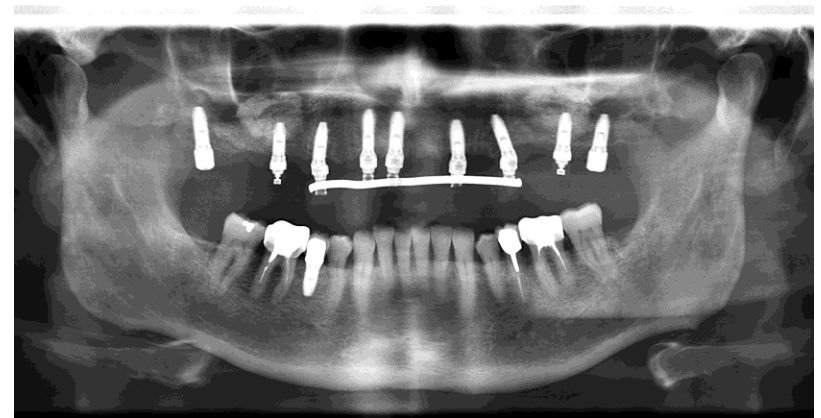
Les conséquences cliniques

- Prothèse trans-vissée ou scellée.
- Nombres des implants.
- Solidarisation des implants.
- Connexion externe/ interne.

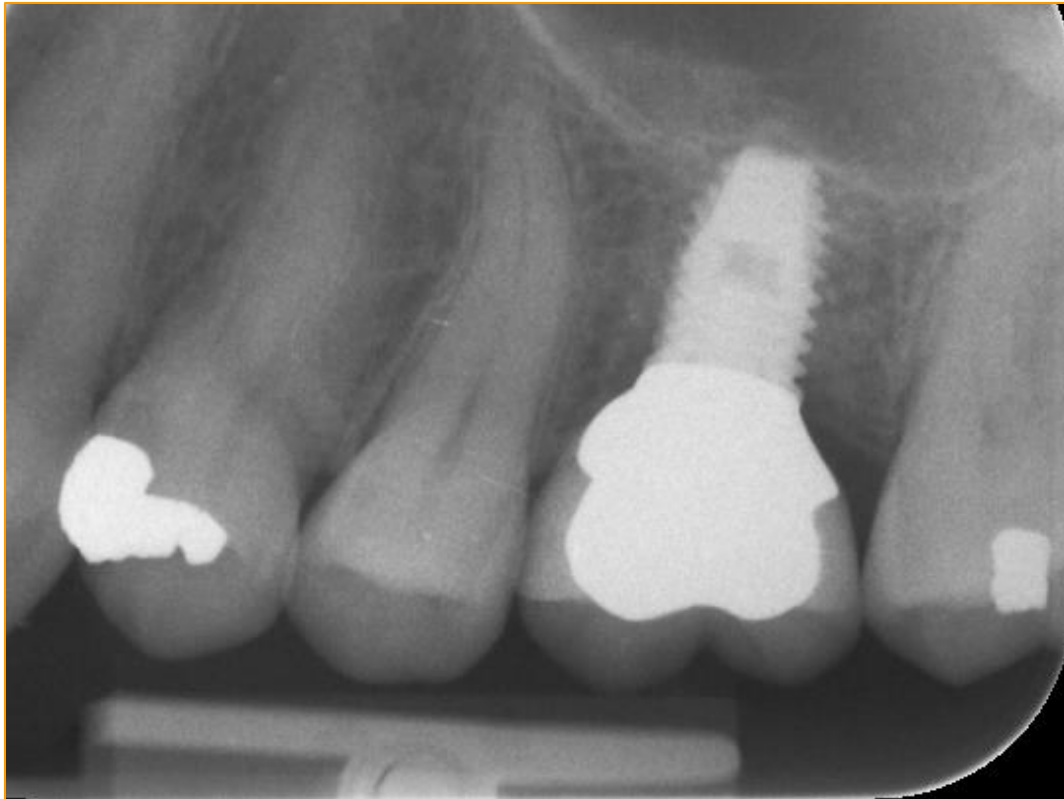
Prothèse scellée ou vissée ?

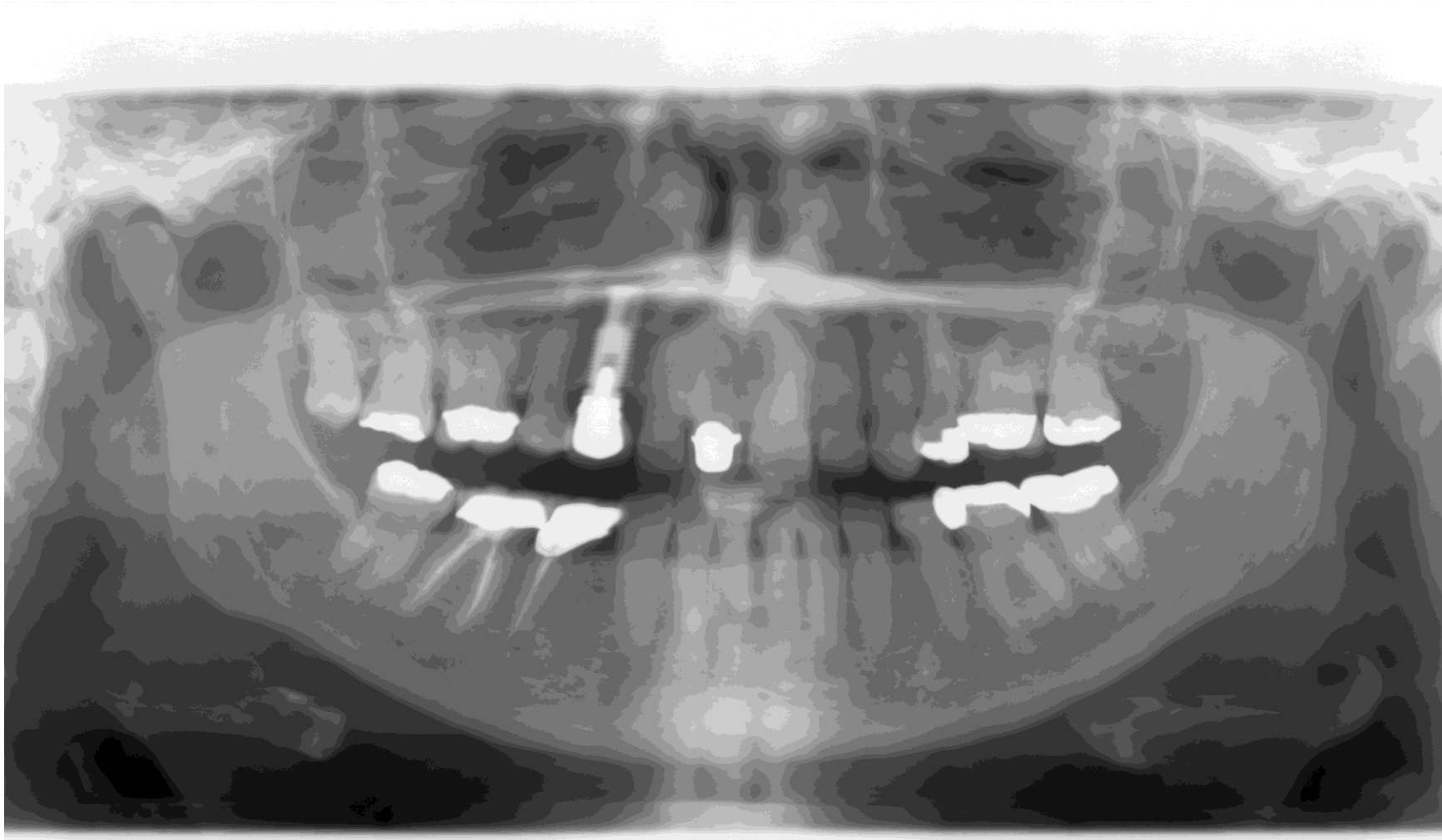
- *Annual Review : Journal of Prosthetic Dentistry. 2015; Danovan et al vol 114, Issue 6. p. 784*
Electronic databases were searched for publications between 1966 et 2007.
- Il n'existe pas de différence statistique significative entre les restaurations scellées ou vissées en terme d'implication clinique majeurs (survie des implants ou perte des restaurations) et en terme d'implication clinique mineurs (dévissage, descellement, fracture de céramique).

Nombre d'implants



Implant court / Implant long ?





Taux de survie des implants courts

- Attention aux études à long terme. Retrospectives; les prothèses sont supportées par un mélange d'implants courts et d'implants longs.

Sivolella et al. Splinted and unsplinted short implants in mandibles: A retrospective Evaluation with 5 to 16 years of follow up. J Periodontal. 2013; 84: 502-512

- La perte des implants courts survient dans un temps plus court comparée aux implants standards.

Monje et al. Review. Are short dental implant (< 10 mm) effective ? A meta- analysis on prospective clinical trials. J Periodontol. 2013;84:895-904).

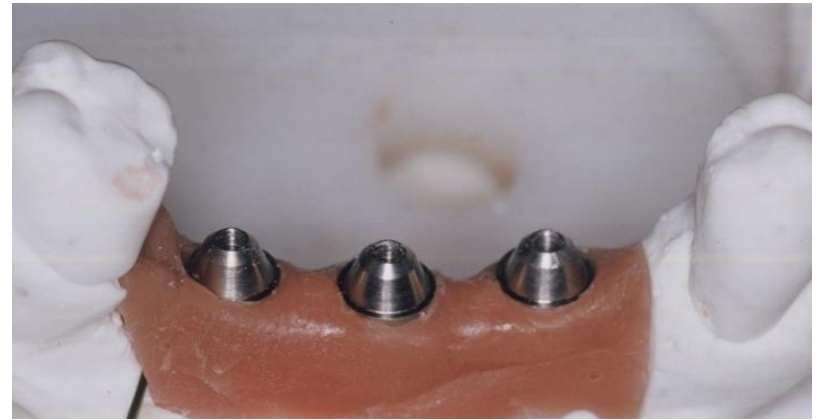
- La contrainte est supérieure chez les implants courts et larges / implants longs et de plus petits diamètres.

Rapport couronne/implant

- Le rapport couronne/implant n'a pas d'impact sur le taux de survie des implants ou sur la perte osseuse autour des implants.
- Par contre, un rapport couronne/implant ≥ 2 influence le pourcentage d'échec et de complications prothétiques.

Stanford C,M et al. Crown to Implant Ratio: What is the latest ? Int J Oral Maxillofac Implants. Vol 30, Number 2; 259-260, 2015

Solidarisation des prothèses ?



Solidarisation des prothèses implantaires.

Analyse par la Méthode des Elements Finis.
Naveau et al. Titane Vol.6. N°2, juin 2009.

La solidarisation des implants par la restauration prothétique :

- induit une diminution des contraintes en présence d'une force ponctuelle horizontale. Ce bénéfice est majoré en présence d'une arcade courbe.

- « Il semble mécaniquement judicieux de recourir à la solidarisation dans les secteurs antérieurs, ou dans les secteurs à risque de surcharges latérales ».

Solidarisation ?

- La répartition des contraintes est meilleure sur les prothèses solidarisiées quelques soit la direction des forces appliquées.
- Solidariser les implants courts permet une distribution des contraintes plus équilibrée.

Yilmaz and al. Comparaison of strains for splinted and Nonsplinted screw-retained protheses on short implants. Int J Oral Maxillofac Implants 2011;26:1176-1182.

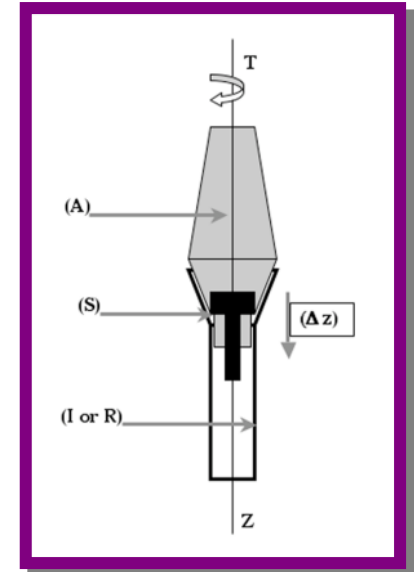
Connexion interne ou externe

- Il y a plus de perte osseuse avec la connexion externe.
- Répartition des contraintes est meilleur avec une connexion interne

Galindo-Moreno P et al, Influence of the Crown-Implant connection on the Preservation of Peri-Implant Bone: A Retrospective Multifactorial Analysis. Int J Maxillofac Implants 2015;30:384-390.

Connexion Interne ou externe

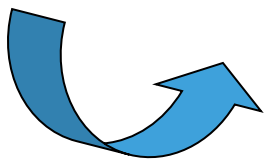
- Connexion interne.
- Pilier cône morse trans-vissé.
- Déplacement vertical du pilier dans l'implant et dans la réplique.
- Prothèse fixe sur piliers multiples. Empreinte directe sur les têtes des implants.
- **Objectif**. Le but de cette étude était de mesurer et de comparer le mouvement vertical d'un pilier prothétique cône morse trans-vissé dans son implant et dans sa réplique, en fonction du couple de serrage.



Conclusion

- Il existe un enfoncement constant du pilier prothétique cône morse transmis dans l'implant ou dans la réplique lorsque le couple de serrage appliqué varie de 0 à 45 Ncm.
- Couple de serrage entre 0 et 25 Ncm:
 - 50 μm d'enfoncement du pilier dans l'implant.
 - 62 μm d'enfoncement du pilier dans la réplique.
- Couple de serrage entre 0 et 45 Ncm:
 - 89 μm d'enfoncement du pilier dans l'implant.
 - 122 μm d'enfoncement du pilier dans la réplique.

Plus le couple de serrage augmente plus la différence d'enfoncement entre les 2 groupes augmente.



Les couples de serrage appliqués au laboratoire et en clinique doivent être pratiquement identiques.

- **Le déplacement est détectable en direction verticale et horizontale**

Displacement of screw-retained single crowns into implants with conical internal connections. Yilmaz et al. Int J Oral Maxillofac Implants 2013; 28: 803-806.

- **Re-torquer un pilier après 10 minutes d'intervalle entraîne un léger déplacement entre le pilier et l'implant cône morse.**

Displacement of implant abutments following initial and repeated torquening. B. Yilmaz et al. Int. J. Oral . Maxillofac Implants. 2015;30:1011-1018.

Implication clinique: ajuster l'occlusion et les points de contact après chaque torque appliqué au pilier prothétique.

Conclusion

Tolérance 100 μm