



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**INFLUÊNCIA DA MODIFICAÇÃO DA SUPERFÍCIE IMPLANTAR
NA OSTEINTEGRAÇÃO DOS IMPLANTES DENTÁRIOS**

Trabalho submetido por
Iñigo Gerona Baselga
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

fevereiro de 2017



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

INFLUÊNCIA DA MODIFICAÇÃO DA SUPERFÍCIE IMPLANTAR NA OSTEOINTEGRAÇÃO DOS IMPLANTES DENTÁRIOS

Trabalho submetido por
Iñigo Gerona Baselga
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Paulo Maia

e coorientado por

fevereiro de 2017

*A minha família, pais, por me darem a oportunidade de estudar Medicina Dentária ,
irmã , irmão , primos e tios por terem sempre acreditado em mim e pelo apoio que
sempre recebi, ao meu avô por ter acreditado sempre em mim mesmo que não tenha
conseguido ver-me terminar o curso.*

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao Prof. Doutor Paulo Maia, pela atenção que sempre me dispensou nos momentos necessários , sempre a ajudar e a animar, por me ter orientado a tese nesta situação, muito obrigado.

Gostaria agradecer aos meus amigos, mesmo tendo chegado aqui mais tarde e com o curso já iniciado, fizeram-me sentir como em minha casa, em especial a Noelia Molina , “mi compi” por ter estado lá sempre para mim seja a hora que for e por me ter ajudado e “orientado” ao longo do curso, por ter sido sempre um apoio sem o qual teria sido muito mais difícil passar pelo curso, muito obrigado.

Agradeço outra vez a toda a minha família , por ter acreditado em mim, me ter sempre apoiado ao longo do curso, ter puxado por mim nos momentos mais difíceis. Os meus avós por terem sempre acreditado em mim e terem sempre puxado por mim.

Á minha namorada, por me ter sempre apoiado, ter sido um apoio nos bons e maus momentos, por me ter ensinado a ver e fazer as coisas de uma forma melhor.

RESUMO

Desde os primeiros tempos da Medicina Dentária tem-se tentado melhorar a forma de substituição dos espaços edêntulos nos pacientes.

Com o surgir do conceito de osteointegração com Bränemark, aparece um novo conceito e um grande leque de possibilidades para a reabilitação oclusal de doentes desdentados com o recurso aos implantes.

A osteointegração dos implantes é influenciada por vários fatores, estando dependente o seu êxito de um leque variado de fatores.

Um dos fatores que vai influenciar a osteointegração, é sem dúvida, a superfície do implante, representa a zona que entra em contacto direto com o osso do doente e é a zona onde se vão estabelecer as ligações osso implante.

Pretende-se com este trabalho uma revisão bibliográfica, o mais atual possível, das diversas formas de tratamento das superfícies dos implantes, desenvolvidas para obter uma melhoria da osteointegração, assim como, ver a influência real deste fator na osteointegração.

O tratamento de superfícies tem sido um tema muito estudado nos últimos anos com a intenção de melhorar a relação do implante com o osso e, deste modo, facilitar a osteointegração.

Palavras chave : Osteointegração, superfícies de implantes, tratamento de superfícies

ABSTRACT

Since the beginnings of dentistry it had been tried to improve different ways of substitution of edentulous spaces in patients.

With the apparition of osteointegration with Brånemark appears a new concept and a great space of possibilities for using implants as a substitutive .

With implants we have the problem of osseointegration in patients which will be influenced by a lot of factors, and not only one, in its success.

One of the factors which will influence osseointegration of the implants is without doubt the surface of the implant that is actually the part of the implant which comes into contact with the bone and its going to be the area where it will have to create new bone.

The aim of this work, a literature review of the existing forms of surfaces treatment of implants that exist to achieve an improvement of osseointegration as well as to see the real influence of this factor in osseointegration

The treatment of surfaces has been a subject studied in recent years with the intent to improve the relationship of the implant with the bone and to be able to facilitate osseointegration

Key-words: osseointegration , implant surface , surface treatment ,

RESUMEN

Desde los inicios de la Odontología se ha tratado de mejorar la forma de sustitución de los espacios desdentados en los pacientes.

Con la aparición de la osteointegración con Bränemark llega un nuevo concepto y un gran abanico de posibilidades para la utilización de los implantes.

Con los implantes tenemos el problema de la osteointegración del mismo en el hueso de los pacientes que van a estar influenciado por un gran número de factores, y no sólo uno, en su éxito.

Uno de los factores que va a influenciar la osteointegración de los implantes es sin duda la superficie del implante que ya es parte del implante que entra en contacto con el hueso y la zona donde se tendrá que crear hueso nuevo.

El objetivo de este trabajo es una revisión bibliográfica de las formas existentes de tratamiento de las superficies de los implantes que existen para conseguir una mejora de la osteointegración, así como ver la verdadera influencia de este factor en la osteointegración

El tratamiento de las superficies ha sido un tema muy estudiado en los últimos años con la intención de mejorar la relación del implante al hueso y por lo tanto facilitar la osteointegración

Palabras llave : osseointegration / implant surface / surface treatment

INDICE GERAL

I.	INTRODUÇÃO	13
	1. Início da implantologia	13
II.	DESENVOLVIMENTO	16
	1. Osteointegração	16
	2. Metabolismo ósseo peri-implantar	19
	3. Estabilidade primária vs estabilidade secundária	21
	4. Superfície dos implantes	24
	5. Tratamento com hidroxiapatite.....	29
	6. Tratamento com ataque ácido.....	35
	7. Micro e nanoestruturas	42
	8. Tratamento com laser	47
	9. Tratamento por deposição anódica.....	53

III. CONCLUSÃO58

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Osteointegração dos implantes13

clnicadentaldentybell.com/img/tratamentos/osteointegracion.jpg

Índice de fotografías

Fotografía 1: imagem microscópica do COI18

<http://odontologiasalud.blogspot.com.es/2012/10/como-une-implante-dental-hueso.html>

Fotografía 2 : tratamento de superfície com HA33

<https://www.svmedical.es/odontologia-clinica-dental-madrid/implantes-clinica-dental-madrid/implantes-dentales-clinica-dental-madrid.html>

Fotografía 3 : superfície tratada com ácido37

<https://www.byb-implantes.es/generalidades-implantes/>

Lista de siglas

HA : Hidroxiapatite

COI : Contacto osso-implante

GNPs: Nano partículas de ouro

SBF: Estimulantes dos fluídos corporais

YSZ: Ytria estabilizada de zircônia

MPTMS: 3-mercaptopropyl trimethoxylane

DLIL: Litografia de interferência direta com laser

ADS: Deposição por faísca anódica

ADS-AK: Deposição por faísca anódica, mais acido alcalino

Glossário

Mg – Magnésio

Zn – Zinco

Sr – Estrôncio

H₂SO₄ - Acido sulfúrico

HCl – Acido clorídrico

HNO₃ - Acido nítrico

HF – Acido fluorídrico

Na₂S₂O₈ - persulfato sódico

NaOH – Hidróxido de sódio

Ca₃P₂ – fosfuro cálcico

TiOH – Hidróxido de titânio

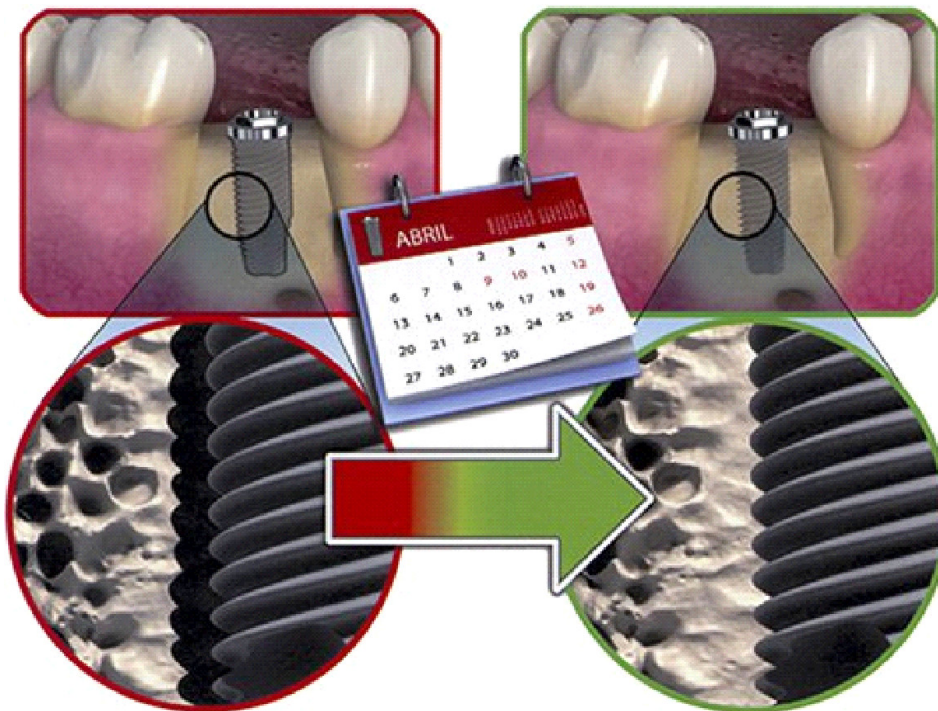
KOH – Hidróxido de potássio

1. O início da implantologia

Há mais de 2500 anos que o ser humano tem tentado substituir os dentes em falta através de diferentes técnicas e materiais. Um dos achados mais importantes é considerado o dos implantes maias, que demonstram a preocupação já existente naquela época, pela substituição dos dentes em falta. Podem referir-se outras intervenções antigas neste âmbito.

No séc. XX que dá-se início à implantologia moderna baseado em estudos científicos.

Depois de vários autores terem testado desenhos de implantes e diversos materiais podemos afirmar que a décadas de 50 e 60 representam o início da implantologia moderna com os estudos de Bränemark. Pela primeira vez vamos ouvir o termo osteointegração.



Legenda : Imagem da osteointegração

Figura obtida de : clnicadentaldentybell.com/img/tratamentos/osteointegracion.jpg

Foi em 1952, fruto de um mero acidente durante uma execução de provas, que o traumatólogo P.I. Bränemark descobriu no perónio de coelhos a anquilose do tecido ósseo com o titânio, após o contacto e um tempo de cicatrização normal.

Posteriormente a essa descoberta, a Universidade de Lundt começou a fazer estudos para observar a citotoxicidade e biocompatibilidade do mesmo material com o osso, com o objetivo de encontrar o material e a forma mais adequada para que os implantes funcionassem. (Alfredo P. 2009)

Temos neste processo de osteointegração muitos fatores que vão desempenhar uma influência significativa para atingir um bom resultado da mesma. Temos fatores de risco como hábitos pessoais (tabaco), tipologia do osso do paciente, quantidade de osso disponível e um fator muito importante que vai ser a superfície do implante, sendo esta a parte do mesmo que vai entrar em contato com o osso.

As propriedades das superfícies dos implantes interferem com a osteointegração para conseguir uma boa reabilitação do paciente. Os implantes de titânio polido sem qualquer tipo de tratamento de superfície são um dos materiais mais fiáveis no que se refere à reabilitação dos pacientes, apesar de exigirem um longo período de cicatrização para uma osteointegração eficaz. Os tratamentos de superfície dos implantes vão ser desenvolvidos de modo a aumentarem a área de contato entre o implante e o osso, tornando a ligação osso implante mais eficaz e levando a uma redução do período de cicatrização, facilitando uma melhoria na relação do contacto osso-implante (Thallita Pereira Queiroz et al. 2016)

A topografia do implante e as propriedades físico-químicas no início do processo de cicatrização vão ser muito importantes, pois determinam a boa ou má resposta biológica do osso ao implante. (Thallita Pereira Queiroz et al . 2016)

Os implantes têm um prazo de duração dependente de vários fatores que podem ser do próprio implante(material, superfície, desenho), do doente (hábitos para-funcionais, hábitos de higiene) e também clínicos dependentes da técnica cirúrgica e desenho da reabilitação.

Atualmente uma das variáveis que tem sido modificada e com o objetivo de melhorar a longevidade média dos implantes tem sido a superfície dos mesmos.

A superfície dos implantes podem ser tratadas de uma forma mecânica, física ou química com o objetivo de produzir um melhor contato com o osso, uma redução do tempo de cicatrização e uma melhoria do prognóstico nos tratamentos dos doentes.

Estas modificações que são dirigidas à topografia da superfície implantar vão supor uma melhoria nas etapas iniciais da criação e evolução do osso, melhorando assim a osteointegração e ajudando a reter o coágulo de sangue inicial, muito importante para a formação de osso.

Estudos têm demonstrado que a topografia da superfície do implante vai ter influência na formação e desenvolvimento do osso e no fenótipo de crescimento ósseo.

(R. Zahran^{1,2}, J. I. Rosales Leal^{1,2,3} et al, 2016)

1. Osteointegração

A osteointegração é definida como a conexão direta e funcional do osso vivo com a superfície de um implante que é submetido a uma carga funcional. Em 1965 foi realizado o primeiro implante segundo os princípios da osteointegração, sendo posteriormente aplicadas modificações e em 1980 ficou definido o sistema de implantes com osteointegração por Brånemark. (Xiaona Wang, 2016)

O mecanismo de osteointegração com o implante é muito parecido ao processo de reparação óssea do osso.

(Agnes Aruna John¹, Saravana Kumar Jaganathan, et al 2016)

Há numerosos estudos que afirmam que um paciente desdentado, sem uma boa reabilitação oral, diminui não só a função oral, contribuindo também para a perda de massa óssea, para além da componente estética e da autoconfiança do paciente.

No início da implantologia moderna, são desenvolvidos e aplicados protocolos rígidos para se conseguir taxas de sucesso elevadas que na altura eram de 90-95% de êxito (Alfredo P. 2009)

Temos estudos que demonstram que não há uma diferença significativa entre os diferentes tipos de osso quando falamos da capacidade de osteointegração do implante, interfere sim com o timing correto de carga. O fator que podemos alterar e com resultado direto na osteointegração é o tratamento da superfície do implante.

(Santiago Junior JF, Verri FR et al 2016)

Inicialmente supunha-se que o processo correto de cicatrização osso implante implicava o aparecimento de um tecido fibroso ao redor do implante à semelhança do que ocorre no caso dente osso, a este fenómeno denomina-se de fibrointegração. Com os novos protocolos ficou claro que a fibrointegração representava uma situação indesejável e o objetivo é o aparecimento de uma ligação íntima entre osso e implante sem aposição de qualquer tecido fibroso, aquilo a que se passou a designar por osteointegração. (Godara A 2007).

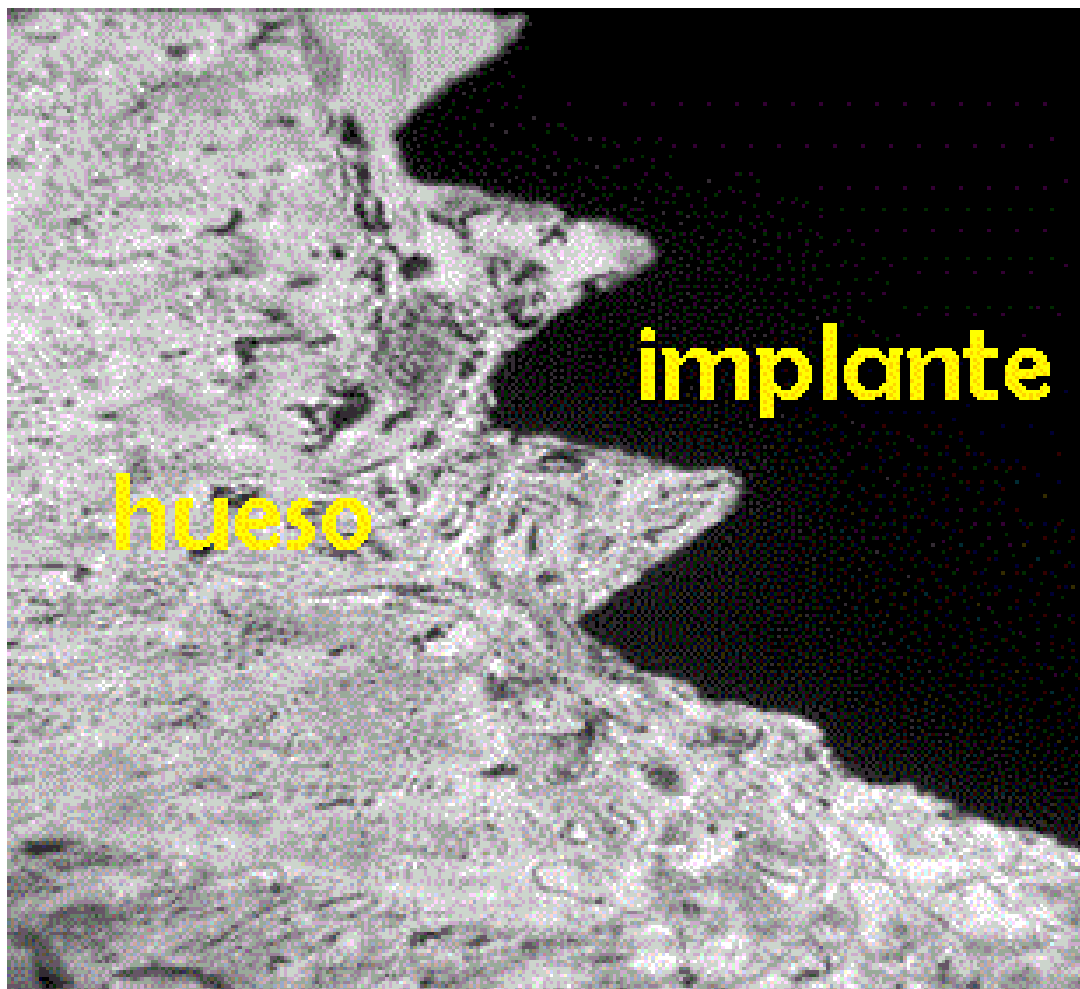
A osteointegração é o contacto íntimo do implante com o osso do paciente de uma forma direta, sem nenhum método ou material para a adaptação do implante com o osso. Há alguns fatores que temos que controlar como a biocompatibilidade do material, a forma, tipo de superfície, o próprio osso do paciente e também a técnica que o médico dentista utiliza. Um erro num destes fatores pode provocar o fracasso do implante com o surgir de tecido fibroso peri-implantário. (Elias CN, 2010)

Para um bom sucesso da osteointegração vamos ter que manter a maior quantidade possível de osso em toda a área do implante bem como preservar os tecidos moles, a perda de osso ou tecidos moles na crista pode influenciar o tratamento.

(Roodabeh Koodaryan and Ali Hafezeqoran, 2016)

Alguns estudos afirmam que o êxito do implante também pode ser influenciado por outros fatores do próprio implante, como podem ser a configuração do rosqueado, o número de implantes que são colocados na boca, o seu tamanho, a distribuição e a ferulização da carga imediata.

Num estudo observou-se que a relação do osso implante tem uma redução nos primeiros 30 dias, começando a aumentar de seguida. Depois dos 90 dias, chega aos valores iniciais da colocação dos implantes.(Balshi S et al, 2005).



Legenda: União implante dente.

Imagem obtida de: <http://odontologiasalud.blogspot.com.es/2012/10/como-une-implante-dental-hueso.html>

2. Metabolismo ósseo peri-implantar

A estabilidade primária do implante vai ocorrer no primeiro momento em que decorre a paragem mecânica do implante que estamos a colocar no osso. A lesão do tecido ósseo é feita para a preparação da cavidade, onde vai ficar o implante, que pode ter mais de um componente. Como fatores desencadeantes podemos considerar: o aquecimento pela broca com que é realizado o preparo, e a compressão pela fricção do próprio implante. Uma vez finalizada esta cirurgia, vai dar início ao procedimento biológico que se conhece pelo nome de estabilidade secundária, assistindo-se à remodelação dos tecidos em redor do implante. (Alfredo P. 2009)

Uma vez concluída a cirurgia, os monócitos migrarão dos vasos para a zona do implante ativando os osteoclastos que desenvolvem a sua tarefa de retirar o osso necrótico originado pela cirurgia. Este mesmo osso que é reabsorvido vai induzir a aparição dos osteoblastos que vão começar com a sua função de síntese de matriz óssea formando tecido osteóide após 15 dias. Esta matriz osteóide formada pelos osteoblastos vai-se reorganizar em osso laminar que tem fibras de colagénio e de proteoglicanos,. (Alfredo P. 2009)

É de grande importância que após a primeira cirurgia, haja uma imobilidade do implante uma vez que, quando não há movimento, se produz um aumento dos vasos sanguíneos em redor do implante, o que vai aumentar o oxigénio e produzir uma maior ossificação por meio do endóstio e perióstio. Para este processo temos uma grande diferença entre o osso medular e o osso cortical, o que vai produzir uma ossificação mais rápida por parte do osso medular que é muito mais vascularizado do que o cortical. Deste modo, o osso medular vai responder pela estabilidade secundária enquanto o cortical vai ser o responsável pela estabilidade primária. O processo normal de remodelação óssea num adulto é em média de um 3-5% no cortical e 20% no osso medular (Alfredo P. 2009)

A morfologia e o componente da superfície do implante também vão influenciar na estabilidade do implante já que pode interagir na ativação das proteínas de adesão do osso. O tipo de superfície que temos no implante vai criar uma conexão com o osso para formar uma união com o coágulo de fibrina. Para esta função ser realizada de maneira correta e normal, as superfícies rugosas são mais favoráveis do que as mecanizadas.

Esta superfície vai favorecer a migração e a adesão do osso numa fase inicial ao implante. Isto ocorre numa fase inicial, nos 3 primeiros dias depois da cirurgia. Após 2-6 semanas, sensivelmente, o coágulo de fibrina vai sofrer uma contração que é provocada pelos fibroblastos e forças de tensão das células preosteogénicas. Assim, quanto maior for a retenção do coágulo de fibrina à superfície do implante, menor é a contração da fibrina, o que vai originar um período mais longo de retenção da estrutura osteocondutora.

(Shemtov-Yona K 2014)

Depois de termos a fase de inflamação, vamos ter no processo o recobrimento do implante pelo coágulo e proteínas que vão fazer a função de atração e adesão celular ao implante. Depois desta fase, vamos ter a proliferação e diferenciação das próprias células onde vamos ter a união dos osteoblastos que vai ser influenciada pela rugosidade e pelos materiais da superfície dos implantes. São estes osteoblastos que podem estar unidos em diferentes formas ao implante que estão em contacto com a superfície do implante, os quais vão produzir proteínas tais como osteocalcina, fosfatasa alcalina, TGF- B e prostaglandina.

(Shemtov-Yona K 2014)

O efeito que vai ter o stress biomecânico nos osteócitos, que pode ser volumétrico, não vai ser de tipo morfológico nas células, mas vai sim provocar o exsudato do líquido intracelular e vai modificar o volume da própria célula, as forças que são de compressão vão produzir uma deformação morfológica da célula devido à aplicação de forças tangenciais. Estas forças compressivas vão induzir uma modificação morfológica, o que vai provocar a diferenciação das células anteriores em tecido fibroso e de cartilagem enquanto as forças de volume vão produzir a própria aceleração de células dos osteoblastos.

(Shemtov-Yona K 2014)

3. Estabilidade primária versus estabilidade secundária

A estabilidade primária é conhecida como a ausência de movimento do implante no ato de inserção e quando termina a cirurgia. Esta definição tem uma valoração mecânica que é a união física entre o implante e o osso, com contacto direto. Esta estabilidade tem alguns fatores para se poder realizar da forma correta: o tipo de osso, a técnica cirúrgica e o macro desenho do implante. (Meredith N, 1997, Friberg B, 2003)

Com o tipo de osso temos a diferenciação do osso medular ao trabecular que vai influenciar o tempo de cicatrização e que vai influenciar também a escolha da técnica cirúrgica. A importância da estabilidade primária de um implante é essencial, pois se há algum tipo de micro movimento na hora da colocação do implante, isto vai provocar o encapsulamento do implante num tecido fibroso, resultando em dor ao pressionar. Este implante vai posteriormente apresentar mobilidade não permitindo ser reabilitado. Este tipo de união ao implante é conhecido como fibrointegração e vai levar posteriormente à perda do implante. (Ostman PO, 2005)

Em alguns estudos tem-se demonstrado que micro movimentos superiores a 100µm são suficientes para pôr em risco a correta cicatrização do implante (Alfredo P, 2009)

A estabilidade secundária é também denominada como o processo em que ocorre a formação e a remodelação do osso que está fixado na interface osso-implante e a maturação do tecido mole no período de cicatrização após a intervenção cirúrgica. Isto quer dizer que é um parâmetro mecânico que vai ser a união do osso com o implante, uma união bioquímica da superfície do implante com o osso. (Brunski JB, 1999)

A estabilidade secundária vai ocorrer quando temos no tempo de cicatrização formação de osso secundário laminar, que vem do osso laminar formado na estabilidade primária. Ou seja, quando há diminuição da estabilidade primária, no pós-cirúrgico no período de cicatrização, temos um aumento da estabilidade secundária. (Brunski JB, 1999)

Estes dois conceitos vão ser muito importantes e estão relacionados com a possibilidade de pôr uma carga imediata, e não ter assim que esperar os tempos que inicialmente foram definidos por Bränemark.

Sendo assim podemos definir os seguintes conceitos:

Restauração imediata: até 48 horas depois de ter sido feita a colocação do implante, sem ocluir com o dente antagonista

- Carga imediata: realizada até 48 horas depois da intervenção cirúrgica e com oclusão com o dente antagonista
- Carga convencional: a prótese é colocada depois de um período de cicatrização de 3-6 meses
- Carga precoce: a prótese é colocada depois das 48 horas mas antes dos 3 meses
- Carga tardia: prótese é colocada depois dos 6 meses de cicatrização (Alfredo P, 2009)

A estabilidade secundária é o resultado da remodelação óssea na superfície do implante. Durante a cicatrização, o osso imaturo é transformado em osso laminar que fica à volta do implante, e o contacto com o osso secundário vai aumentar, na medida em que este osso laminar inicial diminui. Com isto, os implantes que são tratados vão ter mais estabilidade secundária que os que não são tratados.

Há estudos realizados nos quais se conseguiu comprovar que o torque de desinserção, para os implantes nos quais as superfícies foram tratadas com os métodos da nanotecnologia, em comparação com os que foram tratados mecanicamente, é muito maior, depois de 10 semanas de cicatrização (Friberg B, 2003), assim como há outro estudo no qual os implantes que foram jateados com ácido e os que não o foram; o torque foi o dobro, depois de 8 semanas de cicatrização e foi o triplo, após 12 semanas. (Alfredo P, 2009)

Sabemos que o contacto com o osso por parte do implante nunca vai chegar a ser de 100 % e vai variar sempre dependendo da superfície do implante e a densidade do osso.

A estabilidade do implante na prática clínica avalia-se por meio da ausência de movimento do próprio implante. A valoração da estabilidade primária na prática clínica assim como a secundária baseia-se em critérios que são mecânicos e não, em critérios histológicos, pelo que, segundo estes critérios, a valoração da estabilidade poderia ser

mais objetiva obtendo assim os valores de osteointegração e a possibilidade da carga funcional.

Porém, o diagnóstico na clínica da osteointegração não tem a sensibilidade que poderíamos ter com os valores anteriores, segue valores mais ou menos subjetivos como são: ausência de mobilidade, dor na percussão, som surdo. Por estes motivo, na prática clínica, na medição desta estabilidade, os valores que obtemos são menos rigorosos sendo o valor preditivo pior. (Xiaona Wang, 2016)

4. Superfície dos implantes

Mesmo que existam vários materiais utilizados para os implantes, o titânio é o mais estudado hoje em dia, pois tem sido observado que o mesmo permite ao recetor a formação duma capa intermédia na superfície do material. Também oferece uma baixa corrosão, um baixo módulo de elasticidade, uma boa osteointegração e é um material muito biocompatível. É o material mais utilizado para a fabricação dos implantes. Tem duas formas de apresentação que são as mais comuns: titânio puro (Ti CP) e a liga de titânio (Ti-Al6-V4).

Davies Je, no seu estudo dos mecanismos de integração endo-ósseos, define que a osteogênese (crescimento do osso no implante) vai ter 3 processos de integração no implante. O primeiro é conhecido como osteocondução que é o processo onde acontecem as diferenciações das células e a sua migração até ao implante com um tecido conjuntivo provisório, no qual o seu êxito também está relacionado com a superfície do implante. Devido à própria forma da superfície, esta fase pode ter melhores ou piores resultados. (Alfredo P, 2009)

A segunda fase é chamada de neoformação que é o resultado da mineralização da matriz que as células anteriores vão começar a produzir. Neste caso, a superfície do implante também vai ter um papel muito importante, já que pode condicionar o contacto que precisa para este processo do implante com a própria matriz. (Alfredo P, 2009)

A última fase do processo é conhecida como remodelação óssea onde acontece a criação de zonas de contacto osso-implante e a compressão da criação de novo osso, pelo que, nestas fases, a superfície do implante tem um papel muito importante podendo com a mesma cirurgia dar uns resultados diferentes, se tivermos superfícies distintas. (Alfredo P, 2009)

O implante não tratado na fase inicial da osteointegração, depois de 3-6 meses vai ter aproximadamente 50% de contacto com o osso. (Xiaona Wang, 2016)

No implante de titânio inicial podem ser feitos alguns tratamentos físico-químicos para tentar conseguir uma melhoria desta percentagem de contacto osso-implante.

Podem-se classificar os tratamentos para a superfície do implante em dois grupos : tratamentos de superfície por adição e tratamentos de superfície por subtração. Nos processos de adição, a capa que é criada pode ser rugosa, com poros ou ambas em simultâneo, mas quando são feitas pelos procedimentos de subtração possui sempre poros. (Xiaona Wang, 2016)

Estes poros apresentam umas irregularidades que vão ter uma profundidade média de 150-300 um, sendo que, nas superfícies rugosas que podem ser formadas nos processos de adição, vão ter uma profundidade média de 10-40 um para o titânio e de 50-70 um para a hidroxiapatite.(Xiaona Wang, 2016)

Os processos de adição mais utilizados são a pulverização térmica com plasma de titânio ou hidroxiapatita .

Os processos de adição na atualidade são pouco utilizados, mesmo apresentando resultados muito bons clinicamente. Têm apresentado problemas de união à superfície, numa visão a longo prazo. (Xiaona Wang, 2016)

Nos processos de subtração, as mais utilizadas vão ser: jateamento de partículas , ataque ácido, combinação do jateamento e do ataque ácido e a subtração pelo laser . (Xiaona Wang, 2016)

Quando falamos dos processos de subtração na superfície do implante, podemos afirmar que os que são tratados com ácidos vão ter uma rugosidade muito mais contínua/homogênea que os que são tratados só com o jateado. Isto vai levar a um aumento da superfície no implante que vai entrar em contacto direto com o osso, o que vai favorecer e melhorar a bioadesão do implante.(Gehrke SA, 2016)

Quando é feita a subtração com o jateado aparecem umas micro cavidades que são maiores do que com o ácido, mas é também criada uma película que vai formar tensão residual, o que pode interferir no procedimento da osteointegração de uma forma negativa. (Gehrke SA, 2016)

Esta tensão que é gerada vai também depender de fatores, como a dureza e a distribuição das partículas que são utilizadas. Quanto maior for a distribuição destas partículas, maior e mais heterogênea é a tensão criada. (Gehrke SA, 2016)

A formação dos átomos na capa mais superficial do implante é diferente à que tem no interior do próprio. Isto faz com que o nível de energia da superfície do implante seja mais alta, o que diretamente vai favorecer a união de outros átomos com o próprio implante. (Gehrke SA, 2016)

O titânio é um material que, depois de ter sido mecanizado, apresenta uma elevada energia de superfície, o que vai formar óxido de titânio por meio da captação do oxigênio que há no ambiente. Isto vai ser muito favorável para a osteointegração, já que o contacto com o osso vai-se produzir com o óxido de titânio. Pode dizer-se que a capacidade de osteointegração do implante se deve à película de óxido que vai formar depois de ser mecanizado o titânio. Isto é devido à película de óxido, já que é a que entra em contacto com os glóbulos vermelhos e as plaquetas, dando ao titânio as propriedades de biocompatibilidade, como tem sido demonstrado em muitos estudos "in vitro" e "in vivo". (Gehrke SA, 2016)

Temos que ter em atenção as características que os tratamentos de superfície vão induzir no implante, algumas deles, como é a criação duma superfície mais rugosa, vão ser um fator de aumento da adesão para as bactérias e não só para as células que nós pretendemos que adiram por meio deste tratamento. Por isso temos que ter também tratamentos que estejam dirigidos a reduzir esta toxicidade criada por alguns dos tratamentos da superfície.

(Ferreira Ribeiro C, Cogo-Müller K 2016)

Os implantes com alta energia de superfície têm uma película mais larga de proteínas do que os que têm a energia de superfície mais baixa, o que demonstra que a atividade peri-implantar tem relação com a energia de superfície. (Gehrke SA, 2016)

Estudos "in vivo" mostram que nos implantes com uma energia de superfície baixa, as células que têm contacto com o osso ficam com a forma glomerular, arredondada e por isso têm uma capacidade de adesão mais baixa. As maioria destas células são fibroblastos, que têm um crescimento celular baixo. (Gehrke SA, 2016)

Como temos visto, é a película de óxido que dá maioritariamente a função de biocompatibilidade e, com o objetivo de aumentar esta propriedade, submetem-se os implantes ao processo de oxidação anódica. Para este fim, vamos pôr o implante numa solução eletro química e aplicar uma corrente elétrica. Este campo elétrico vai

transportar a oxidação da superfície, o que vai criar o crescimento da película de óxido e vai nos dar a função pretendida. Todas as propriedades da película de óxido, tais como, a espessura, a microtextura, ou a própria composição da estrutura, vão ser influenciadas em conjunto pela composição da solução eletrolítica, o potencial anódico da corrente da temperatura e da geometria do eletrodo. (Hall J, 2000;1:9-14)

O tratamento de superfície também nos vai ajudar á retenção das próteses cimentadas nos implantes, segundo estudos que têm sido recentemente realizados pelo que para além da osteointegração pode melhorar a estabilidade da restauração por meio da rugosidade criada.

(S.M.Elsharkawy, M.A.Shakal,et al 2016)

É importante tratar também os implantes para num longo prazo evitar a fadiga dos materiais e da ligação osso implante, já que esta vai surgir sempre na superfície do implante.

(K.Shemtov-Yona, D.Rittel 2016)

As superfícies dos implantes que são tratadas quimicamente com soluções alcalinas, vão conseguir uma estabilidade secundária mais rápida do que as superfícies que são tratadas mecanicamente, já que as superfícies bioativas que apresentam um maior número do grupo hidroxilo têm o carácter hidrofílico com um ângulo de humectação pequeno e com a energia de superfície mais elevada.

(Alfredo P 2009)

Sempre que tratamos uma superfície de um implante, vamos ter uma zona de contacto direta com o osso maior, quando comparado com as superfícies não tratadas. O princípio base, é de que quando temos um aumento da área superficial do implante vai também aumentar a área de contato entre as células e o implante, o que vai facilitar o crescimento ósseo e também aumentar a estabilidade mecânica do próprio implante. Os fibroblastos são células que têm mais prioridade para se fixar a superfícies mais lisas, acontecendo o contrário com os osteoblastos e as células epiteliais, que têm a sua prioridade e são mais atraídas pelas superfícies com mais rugosidade, micro rugosidade e mesmo pelas que têm nanorugosidade.

(Meirelles L et al. 2008;23:641-7)

Outra das grandes vantagens que vai nos oferecer o tratamento da superfície, na hora de conseguir uma estabilidade primaria maior é a de fazer implantes com cargas imediatas.

(Babak Bahrami, Shirin ShahrbaF 2016)

5. Tratamento com hidroxiapatite

O polyetheretherketone (PEEK) é um novo polímero termoplástico que tem um módulo de elasticidade similar ao osso esponjoso e ao osso cortical que vai favorecer uma melhor osteointegração.

Isto cria uma redução da incompatibilidade mecânica com o osso em comparação com os materiais metálicos dos implantes, pode reduzir o stress, tornando o PEEK num material muito favorável para diferentes aplicações clínicas.

Este material também tem uma estrutura interna e uma alta resistência ao calor que o torna num material resistente a diferentes técnicas de esterilização.

As propriedades químicas do PEEK não promovem a aposição do osso uma vez implantado, mas a sua associação com o revestimento de fosfato cálcico como a hidroxiapatite (HA) está a ser aplicado nos implantes para um aumento da ligação osso implante com resultados muitos prometedores.

Para a aplicação da forma cristalina de HA nos implantes vamos ter de aplicar uma temperatura muito elevada o que pode danificar o PEEK durante o processo de revestimento, mesmo considerando a alta tolerância que o mesmo tem para as temperaturas elevada como falado anteriormente.

Há muitos estudos para a modificação da superfície do PEEK e assim melhorar a bioactividade do mesmo, conseguindo três alterações principais:

- 1- Tratamentos físicos e químicos da superfície como podem ser: exposição de plasma, funcionalidade de superfície ou sulfonação.
- 2- Materiais de compósito HA/PEEK
- 3- Métodos alternativos de revestimentos como: sping-coating, deposição por aerossol ou revestimento em frio.

Estudos recentes têm relatado a deposição de duas camadas bioactivas na superfície do PEEK, utilizando a técnica de deposição assistida por feixe de íons (IBAD). Este tratamento tem provado uma melhoria na adesão do revestimento, que vai consistir no yttria-estabilizada de zircônia (YSZ) com uma função de proteção para o calor do tratamento, associado à deposição de mais uma camada de HA na superfície para uma melhoria também na bioactividade da superfície.

Assim temos que após o tratamento de calor mais o processo de esterilização dos implantes os resultados vão ser que a HA fica num estado cristalização sem danificar a superfície do PEEK.

O tratamento YSZ vai ser utilizado como camada de proteção nos tratamento que precisem de um tratamento de calor com temperaturas muito elevadas, pela sua estrutura vai ter uma adesão muito forte à superfície do PEEK como demonstrado em estudos recentes, pelo que tem uma indicação positiva para tratamento de superfície dos implantes com um prognostico muito favorável.

Em estudos in vitro tem-se demonstrado resultados muito prometedores em substâncias PEEK que foram submetidas a este tratamento e posteriormente a um processo com calor.

(John W. Durham III, Sergio A. Montelongo et al 2016)

Nesta área também podemos falar do tratamento com laser para a adição de HA aos implantes de titânio. Este tratamento vai ser flexível e controlável e vai promover a moldabilidade do implante.

Este tratamento vai nos oferecer uma maior dureza no implante e uma maior resistência à corrosão.

Porem a irradiação com o feixe vai produzir uma superfície com uma pureza muito elevada e vai criar uma rugosidade que vai promover a criação de osso.

Uma variação da HA pode ser o revestimento da superfície do implante com cerâmica de Ca_3P_2 . O Ca_3P_2 vai estar na superfície o que vai aumentar a saturação do fluido corporal e tem como resultado a precipitação da apatita na superfície do implante.

Esta camada deve conter proteínas endógenas que vão atuar como uma matriz para a integração e crescimento de células osteogênicas.

Temos estudos que demonstram que os implantes que estão submetidos a este tratamento de revestimento vão induzir a formação de osso e cicatrizar num período de tempo mais curto do que os implantes que não são tratados com estas camadas de revestimento.

Para estes métodos têm se realizado variados estudos como podem ser para revestimento com HA com aerossol , deposição aero gel , deposição biomimética etc.

O método de deposição de HA mais difundido na literatura é a pulverização de plasma, nos quais se tem demonstrado um aumento na superfície que vai entrar em contato com o osso comparativamente com os implantes que não têm camada de revestimento.

Este método tem a desvantagem que com o tratamento de calor este pode danificar a estrutura da HA e influenciar negativamente a adesão da camada ao próprio implante.

Recentemente descobriu-se que a deposição biomimética origina uma melhoria na adesão da camada de apatita ao implante e ao osso. Este novo método é muito promissor para a produção de biomateriais já que no tratamento vai imitar o processo biológico do osso pela utilização de uma solução que tem uma composição, pH e uma temperatura muito similar à do plasma sanguíneo (SBF).

Este método vai permitir que em qualquer tipo de substrato pode ser adicionado uma camada de apatita e ainda vai permitir o controle da caracterização do revestimento.

(Thallita Pereira Queiroz, Rafael Scaf de Molon, 2016)

Noutro estudo comparativo com ratos em que se investigou possíveis benefícios para a osteoporose, os implantes foram tratados com jato de alumínio antes de ser jateados com HA que foi aplicada eletroquimicamente. Conclui-se que a HA tem mais benefícios para doentes com osteoporose e uma topografia manométrica muito favorável para a osteointegração, portanto uma osteointegração melhor do que os implantes controle

(Tao ZS , Zhou WS et al, 2015).

Assim temos que a irradiação do feixe no implante vai melhorar o revestimento pelo método biomimético melhorando o enlace físico-químico da camada ao implante. Isto vai ser possível pela formação de óxido de titânio que é produzida na irradiação.

Para estes métodos temos um estudo de investigação com 75 implantes e com cinco superfícies diferentes nas quais três das superfícies vão ser superfícies experimentais. Os grupos de estudo são divididos em superfície tratada com laser (LS), superfície

tratada com irradiação e revestimento de HA sem tratamento térmico (HAB) e tratamento com irradiação e revestimento de HA mais tratamento térmico (HABT).

O procedimento deste tratamento vai passar pela irradiação com o feixe de laser, depois os implantes vão ser imersos em 50 ml de NaOH no forno por um tempo de 24 horas a uma temperatura de 60°C para a ativação da superfície e depois disto são imersos por mais 3 h para a assimilação da superfície.

Cada um dos implantes foi imerso de forma vertical na solução SBF por um período de 4 dias numa temperatura de 37°C para obter assim o revestimento da camada de HA.

O SBF é mudado cada 24 h para assim reter a quantidade de íons na solução. Depois deste tratamento, metade dos implantes foram submetidos ao tratamento térmico por 1h numa temperatura de 600 °C.

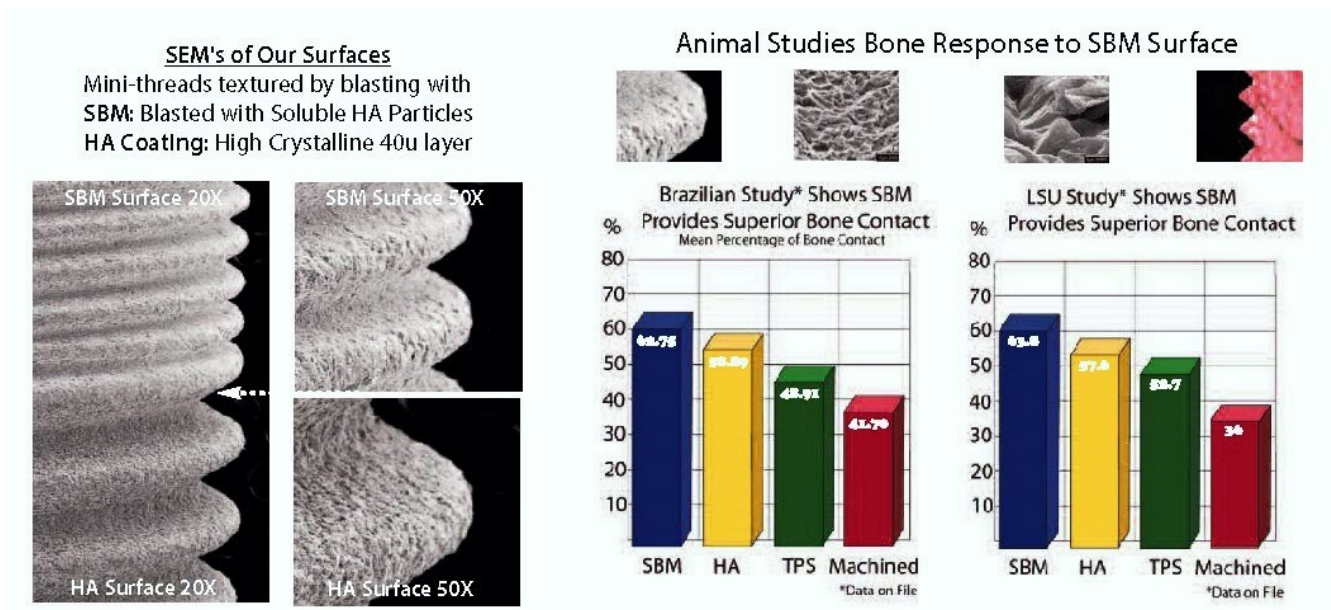
Para esta experiência vamos obter que os implantes que foram tratados com laser e com o revestimento de HA criar uma superfície rugosa e homogênea com uma morfologia regular assim como partículas que nos vão sugerir a presença de nanoestruturas.

As análises mostraram não existir contaminação na superfície do implante para o tratamento com laser e a única diferença com os tratamentos HAB e HABT foram uns picos nos resultados que são devidos ao cálcio e o fosforo.

Vamos ter uma diferença micro topográfica nos tratamentos HAB e HABT em que este ultimo vai ter uma rugosidade maior.

Quando falamos do contato do osso com o implante (COI) vamos ter que os implantes com valor COI mais elevado vão ser os HABT com um contato de 79 %, seguido dos HAB com um contato de 75% e depois os implantes que foram tratados com laser com um COI médio de 70 %.

(Thallita Pereira Queiroz, Rafael Scaf de Molon et al 2016)



Legenda imagem: superfície de implante tratada com HA

Imagem obtida de: <https://www.svmedical.es/odontologia-clinica-dental-madrid/implantes-clinica-dental-madrid/implantes-dentales-clinica-dental-madrid.html>

No campo do tratamento com HA, nos últimos anos tem sido investigado a possível aceleração do processo de cura nos implantes, o que nos leva a estudos de investigação nos quais se vai adicionar à camada de HA alguns oligoelementos essenciais.

Zinco (Zn) é um Oligoelemento essencial no corpo humano e vai ter um efeito positivo no metabolismo do osso favorecendo a formação e mineralização do mesmo. Ao mesmo tempo vai também reduzir a reabsorção óssea.

O magnésio (Mg) é um oligoelemento que está presente no osso mineral e tem um papel muito importante no osso e dentes. Uma deficiência do Mg pode ter efeitos muito adversos no crescimento do osso, causando uma paragem no crescimento do mesmo um decréscimo na produção e na atividade de osteoblastos e osteoclastos, o que pode causar um osso mais frágil, assim como uma cortical mais comprida e um torque de remoção menor (o que vai significar uma menor adesão do implante ao osso).

O estrôncio (Sr) pode atuar duma maneira similar ao cálcio no corpo humano, o que lhe vai dar umas propriedades ósseas muito fortes.

O Sr pode reduzir a reabsorção óssea pela inibição da atividade osteoclástica o que vai favorecer a um aumento de forma indireta do crescimento ósseo e assim o COI.

Temos alguns estudos de investigação para a adição destes três elementos aos implantes de titânio que têm demonstrado resultados positivos.

O processo do tratamento do implante neste método vai passar pelo polimento do implante, depois é imerso numa solução composta por Ácido clorídrico e cloreto de cálcio, vão ser limpos por via ultrassónica em acetona, uma vez que são imersos na acetona vão ser lavados com água desionizada para finalmente e eletroquimicamente serem aderidas as camadas de HA com 10% dos elementos falados anteriormente.

Para a comprovação dos implantes com a adição dos oligoelementos vamos ver a força de extração que temos que exercer para a explantação dos implantes do fêmur de ratos.

Para os grupos experimentais com Zn, Mg e Sr a força de extração vai ser de 1.34 , 1.38 e 1.84 respetivamente, muito maior quando comparado com os implantes sem oligoelementos que vai ser menor de 0.05.

Histologicamente também vamos encontrar diferenças entre os quatro grupos já que depois de doze semanas vai haver formação de osso em redor da superfície do implante.

Nos implantes com os oligoelementos vamos ter um maior numero de osteoblastos o que nos sugere um maior nível de formação óssea, e também vamos ter uma maior quantidade de tecido ósseo já formado em redor da superfície do implante.

Este estudo tem demonstrado assim que o revestimento de HA com oligoelementos como o Zn o Mg e o Sr vai incrementar o crescimento ósseo e melhorar a micro estrutura trabecular do osso, ajudando a melhorar a fixação do implante ao osso.

(Tao ZS, Zhou WS et al 2015)

6. Tratamento com ataque ácido

Para os tratamentos de superfície hoje em dia uma das técnicas mais amplamente abordada vai ser o tratamento com ácido fluorídrico, ácido clorídrico ou ácido sulfúrico, isto é feito com o fim de criar uma rugosidade na superfície que nos vai dar uma melhoria na ligação e na proliferação celular na superfície implantar o que vai levar a uma melhoria na osteointegração e assim no sucesso do processo.

Com o tratamento com ácido fluorídrico tem se verificado que melhora a adesão celular por meio da expressão do RNA do osso e uma melhoria na diferenciação dos osteoblastos por meio de um aumento da expressão do próprio gene.

Com este tratamento também vamos conseguir a incorporação de fluoreto na superfície dos implantes com a camada de óxido do titânio

(R. Zahran, J. I. Rosales Leal et al, 2016)

As partículas de alumina vão ser expulsas com muita força na superfície do implante com uma grande pressão. Este tipo de tratamento das superfícies foi proposto como resposta, para o facto de não deixar resíduos como o jateado, para modificar também a superfície do implante, para que o tratamento da superfície seja o mais uniforme possível e para que deste modo, o corpo do implante não tenha perda de substâncias metálicas.(Carl E. Misch 2009)

Este tratamento também tem como objetivo criar uma superfície que seja mais adesiva e com compostos que não estejam a fazer uma influência negativa na adesão e por conseguinte na osteointegração já que nos implantes comuns como são Ti-6Al-4V os compostos Al e V são citotóxicos pelo que vão prejudicar de uma forma direta a osteointegração do implante. O tratamento com este método vai eliminar estes fatores negativos dando condições implantares muito mais favoráveis.

(Hsueh-Chuan Hsu, Shih-Ching Wu et al, 2016)

Para este tratamento podem se utilizar diferentes ácidos como o ácido nítrico (HNO_3 (10– 30 vol%)) e o ácido fluorídrico (HF (1–3 vol%)). No qual o implante vai ser submetido como pré tratamento ao ácido, em água destilada, vamos ter estudos para

provar a eficácia de descontaminação dos ácidos e assim obter um ácido que seja o mais potente para as bactérias e deixe o implante o mais limpo possível. Os exemplos mais estudados vão ser o sulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$), H_2SO_4 e o ácido clorídrico (HCl).

Destes três compostos, o que vai ter uma maior eficácia na hora da descontaminação é o ácido clorídrico.

O tratamento ácido vai resultar finalmente na formação de uma camada de oxigênio na superfície do implante com uma espessura de 10 nm. Esta camada vai ter uma composição maioritária de óxido de titânio e também alguma porção do composto do tratamento.

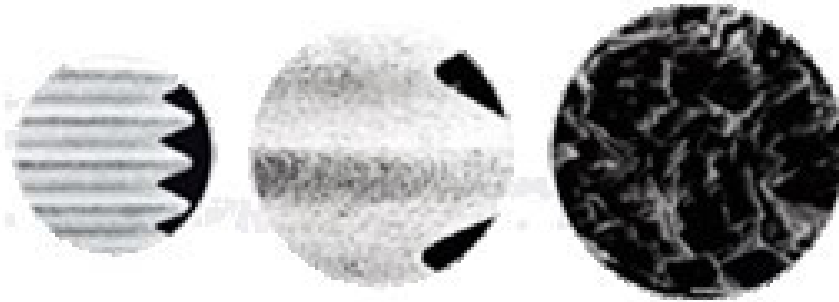
Num estudo vamos ter uma superfície que é tratada com ácido hidrófluorídrico com o objetivo de fazer uma melhoria nas propriedades da superfície do implante.

A caracterização do implante foi feita antes e depois do tratamento, os resultados dos raios X vão mostrar uma diminuição na concentração do hidrocarbono o que vai favorecer a um aumento da energia de superfície que nos vai oferecer uma maior biocompatibilidade.

Vamos encontrar que geralmente o tratamento ácido vai ser combinado com mais algum tratamento para combinar as melhorias na superfície do implante e assim melhorar a osteointegração.

Num outro estudo comparativo vamos ter um implante que é tratado com ácido e fresagem e um implante que foi tratado com ácido hidrófluorídrico. Os resultados vão mostrar um contacto maior do implante tratado com o ácido hidrófluorídrico do que o implante tratado com ácido e fresagem, além disso, o contacto que é criado entre o osso vai ser mais forte no implante tratado com o ácido hidrófluorídrico. Também podemos observar neste estudo que o implante tratado só com o ácido vai aumentar também em maior quantidade a rugosidade da superfície do mesmo e vai haver uma diminuição da citotoxicidade o que vai nos ajudar a melhorar consideravelmente a osteointegração do implante no osso.

(Agnes Aruna John¹, Saravana Kumar Jaganathan et al, 2016)



**Superfície del Implante a diferentes aumentos
(microscopio electrónico)**

Legenda imagem: superfície implantar tratada com gravado ácido com diferentes aumentos no microscópio

Imagem obtida de: <https://www.byb-implantes.es/generalidades-implantes/>

Num estudo com 264 implantes, realizado no Brasil; vamos ver que os implantes de tratamento ácido em combinação com outros tratamento como o jateado de partículas apresentam resultados muito melhores que o grupo de implantes sem estes tratamentos quando falamos de COI. Pelo que pode se dizer que mesmo a variar o tipo de ácido utilizado, os tratamentos com ácido vão aumentar a osteointegração do implante.

(Pedro Mesquita, Antonio Felino et al , 2016)

No grupo dos tratamentos com ácido podemos ter muitas variantes na hora de o fazer, pode ser só o uso de ácido ou podemos sempre combinar o tratamento do ácido com outro qualquer para o benefício da osteointegração e o contacto ósseo do implante.

Temos um estudo que vai estudar a combinação de nano estruturas com tratamento ácido mais tratamento de calor.

As nano estruturas estão a ser muito estudadas já que temos estudos muito recentes que vão nos indicar que o simples facto de ter uma nano estrutura vai melhorar a adesão e a proliferação dos odontoblastos.

Para este estudo vamos ter três superfícies de implantes que vão ser diferentes : a primeira vai ser uma superfície de implante sem tratamento , a segunda vai ser uma superfície tratada com acido (H_2SO_4) e a ultima superfície tratada com acido mais tratamento de calor.

O tratamento destas superfícies vai começar pela inserção em agua destilada e posterior secagem. Depois disto vão passar à parte do tratamento acido no qual vão ser novamente inseridos numa solução aquosa de 0,05 M H_2SO_4 numa temperatura de 40°C por um período de 24h. Depois disto vão ser lavados em agua destilada outra vez.

Alguns dos implantes foram tratados depois a uma temperatura de 650° num forno elétrico e mantidos nesta temperatura por um tempo de 3h, depois vão ser arrefecidos de forma natural ate conseguir ficar na temperatura ambiente.

A rugosidade das amostras, escolhendo duas amostras de cada uma das três superfícies, foi estudada, realizaram-se três medidas para cada exemplo para assim determinar uma rugosidade media em cada tratamento de superfície.

No mesmo estudo vamos ter outra comparação, depois de passar pelo tratamento de calor o exemplar vai ser inserido em 30 ml de solução SBF numa temperatura de 37° para observar num estudo in vitro se espontaneamente se forma uma camada de apatita na superfície implantar. Também foram submetidos a este tratamento exemplares que não tinham sido tratados com o acido para comparação.

Estes exemplares foram estudados também em diferentes tempos pela imersão dos mesmos em períodos de 3, 7 e 14 dias.

Como resultados para este estudo vamos ter que a superfície mais rugosa vai ser a dos implantes que são tratados com o acido mais o tratamento de calor, assim como a que maior formação de osso em redor do implante vai apresentar.

Quando falamos da capa de oxido de titânio que vai ser procurada na segunda experiência, só vamos encontrar resultados positivos para os implantes que são tratados

com o ácido mais o tratamento de calor, os implantes que são só tratados com ácido não vão formar esta camada de óxido de titânio depois do tratamento na solução de SBF.

A formação de apatita foi descoberta nos implantes que foram tratados com ácido mais o calor depois de 3 dias de imersão.

Depois de 7 dias de imersão foi observada deposição e uma distribuição melhor da apatita na superfície implantar.

Depois de 14 dias de imersão pode-se observar a nível das nanoestruturas uma distribuição total da apatita formada ao longo da superfície do implante.

(Hsueh-Chuan Hsu, Shih-Ching Wu et al, 2016)

Para poder melhorar este tratamento e executá-lo da forma mais eficaz é preciso conhecer o comportamento cinético celular que vai ocorrer nos implantes quando aplicamos o ácido à superfície do implante. Existem estudos com investigações para as alterações topográficas que vão aparecer na superfície implantar quando aplicamos o processo de tratamento de superfície com ácido. Num estudo com ácido em soluções muito baixas (0,2% v/v) vamos poder comprovar que é um tipo de tratamento em que as modificações vão ter uma relação direta com o aumento da biocompatibilidade, dependendo do tempo em que os implantes são imersos na solução.

Neste estudo comprovou-se um maior crescimento no processo de modificação na rugosidade da superfície entre os períodos de tempo de imersão dos 90-120 s e ainda um aumento maior na rugosidade do segundo 120 ao segundo 150.

Normalmente vamos ter que para a adesão celular a superfície do implante vai ter que ser hidrofílica.

Para este estudo vamos ter que os implantes foram divididos em grupos para a comparação do tratamento ácido com uma concentração do 10% com diferentes tempos de imersão, assim vamos ter:

- 0 min de imersão
- 2 min de imersão
- 3 min de imersão
- 5 min de imersão

- 7 min de imersão
- 10 min de imersão

Os implantes foram imersos na solução de ácido fluorídrico sobre agitação magnética com a posição da superfície implantar no ângulo correto. Depois da imersão no ácido os implantes foram lavados com água destilada e passados por ácido nítrico (30%) por um período de 3 min e outra vez foram lavadas com água destilada por 10 min, depois foram submetidas a um banho de ultra som de etanol (50%) e para finalizar o processo foram levados a uma fase de secagem a uma temperatura de 37° com uma duração de 1h.

Todos os exemplares foram pesados antes e depois do processo para calcular a massa perdida no processo.

Os implantes que são tratados com o ácido vão obter sempre uma maior rugosidade do que os que não são tratados, mas dentro dos grupos tratados com ácido vamos ter diferenças segundo o tempo de imersão no ácido.

Nos resultados vamos ter que a rugosidade média aritmética assim como a rugosidade média vai sempre crescer em relação direta com o tempo de exposição ao ácido, a maior tempo de imersão, maior rugosidade.

(R. Zahran J. I. Rosales Leal et al, 2016)

Os valores para a altura média da superfície vão aumentando até aos 3 min de imersão, deste valor até aos 10 min de imersão no ácido este valor vai se manter.

A profundidade média da superfície também vai aumentar quando a imersão é maior, obtendo uns valores muito similares para os implantes com 5 e 7 min de imersão e mostrando uma profundidade maior para os implantes que foram expostos ao ácido por 10 min.

Estes valores da rugosidade e a profundidade associado à incorporação do fluoreto na camada de oxigênio vai nos dar resultados muito favoráveis para uma maior adesão do implante ao osso.

Podemos então dizer que o tratamento com ácido vai influenciar de uma maneira positiva a adesão das células à superfície do implante, mas a adesão celular é reduzida nos tratamentos com 10 min de imersão no ácido pelo que o tratamento ótimo vai ser os implantes que são tratados com 5-7 min de imersão.

(R. Zahran J. I. Rosales Leal et al, 2016)

7. Superfícies com nanoestrutura

Os implantes de titânio são um material muito utilizado para os implantes mas mesmo assim não conseguem uma boa adesão celular, pelo que surgem modificações ao nível da estrutura da superfície do implante. Para além dos tratamentos já abordados anteriormente, hoje em dia esta a ser muito estudada a topografia mimética da superfície implantar.

Uma microestrutura vai promover uma secreção de matriz extracelular e uma posterior mineralização da mesma, o que vai nos dar um crescimento melhor e mais rápido.

(Rui Zhang, Yi Wan , Xing AI et al, 2016)

Em tratamentos como este com o objetivo de criar uma estrutura nanométrica, quando o conseguimos, vai aumentar a rugosidade e as características hidrofílicas, os implantes vão ser muito mais efetivos melhorando a bioactividade e a osteointegração, melhorando a adesão de osteoblastos, a sua diferenciação e proliferação.

(Seo-Young kim, Yu-Kyoung Kim et al 2016)

A nanoestrutura também vai ter uma influência positiva no comportamento dos osteoblastos que vão imitar um envolvimento e crescimento igual ao do osso normal o que promove a adesão, proliferação e diferenciação dos mesmos.

Num estudo que vai investigar o procedimento para criar uma nanoestrutura nos implantes e investigar também os efeitos apresentados; pela observação da formação da HA, a morfologia e a adesão celular.

Os implantes utilizados vão passar primeiro por um procedimento de polimento e depois de estarem bem polidos vão ser lavados com acetona e água.

Estes implantes que foram estudados são fabricados por uma máquina laser que lhes vai dar uma microestrutura mas nos micro forams vão ficar os elementos que se têm demonstrado que são prejudiciais para a biocompatibilidade pelo que têm de ser limpos da superfície.

Desta forma foram utilizados tratamentos de ataque ácido para a eliminação das partículas contaminantes, primeiro foram imersos numa solução 0,09 mol/L HNO₃ e 0,11 mol/L HF por um período de tempo de 10 min, depois de passar por estes ácidos vai ser novamente tratado com outra solução que esta composta por 4,5 mol/L H₂SO₄ e 2,9 mol/L HCL por um período de 25 min com temperatura de 80°, depois a seguir vão ser lavados com água.

Os implantes vão passar uma última vez por uma mistura de H₂SO₄ ao 98% e H₂O₂ a 30% em temperatura ambiente por uma duração de 70 min, finalmente os implantes são lavados com água destilada.

Assim temos que os contaminantes estão removidos e conseguimos por meio dos tratamentos com ácido uma micro-nanoestrutura.

Os implantes para este estudo foram divididos em 3 grupos :

- Implantes com polimento
- Microestrutura
- Micro-nanoestrutura

Os implantes foram também imersos em tubos com SBF (simulated body fluid), os três grupos foram imersos num tubo de Eppendorf com 30 ml com um pH modificado a 7,4 e uma temperatura de 37°.

Os exemplares foram lavados com água destilada e secos depois de ficar imersos no SBF por um período de 15 dias.

Os três grupos obtiveram formação de uma camada de HA em redor da superfície do implante, com a diferença da quantidade que nos implantes polidos foi uma quantidade não muito grande, nas superfícies com microestrutura foi ligeiramente maior e com uma camada considerável nos implantes com a micro-nanoestrutura.

Nos implantes com micro-nanoestrutura vamos ter que a distribuição da HA na superfície do implante não vai ser uniforme. Nos forâmenes criados pela micro-nanoestrutura a camada de HA vai ser grossa e densa e na zona envolvente dos micro forâmenes a camada vai ser mais fina e menos densa o que nos vai indicar que a zona dos micro forâmenes é melhor para a formação da HA. O mais provável é que os íons

ficam acumulados nos micro forâmenes e estes micro forâmenes tem como resultado uma fácil nucleação pelo que é mais fácil de formar a HA.

Nos três grupos de implantes tivemos uma boa distribuição e proliferação dos osteoblastos na superfície dos implantes, mas os osteoblastos estão mais aderentes à superfície com micro-nanoestrutura onde tiveram uma maior secreção de matriz extracelular que vai favorecer a formação de osso. As superfícies com nanoestrutura, além disto, aumentaram a superfície que vai entrar em contato com o osso, pelo que podemos dizer que as superfícies com nanoestrutura vão ter uma influência positiva no comportamento dos osteoblastos para assim ter um benefício na osteointegração.

O numero de células aderidas à superfície do implante vai ser estudado.

Assim temos que os resultados de adesão foram de 92,28% nos implantes com micro-nanoestrutura, 72,2% nos implantes com microestrutura e de um 62,23% de adesão nos implantes que só foram polidos.

Deste estudo pode se observar que as superfícies com nanoestrutura vão ter uma clara vantagem na hora de formação de HA na adesão celular e na proliferação das células comparativamente com as superfícies que não são tratadas.

(Rui Zhang, Yi Wan , Xing AI et al, 2016)

Nos tratamentos de superfície o avanço da nanotecnologia representa um grande avanço, uma vez que não só vai ser utilizada para conferir uma superfície com mais porosidade e maior área de contato implante osso como vai servir para a incorporação de nano materiais com o objetivo de um processo de osteointegração melhor e mais rápido.

Os tratamentos que estão a ser utilizados nas superfícies com nanotecnologia são muitos:

Podem ser tratamentos físicos- jato de areia e compactação de nano partículas

Podem ser tratamentos químicos- tratamentos com anodos ou ataque acido

As nano partículas de ouro (GNPs) têm sido muito utilizadas numa vasta gama de aplicações médicas, isto deve-se a que estas partículas vão ter propriedades ópticas, elétricas, químicas e estruturais que são únicas.

Por exemplo na engenharia óssea tem-se demonstrado que as GNPs são muito boas para serem utilizados como agentes osteogênicos para conseguir uma regeneração óssea.

Temos estudos que têm demonstrado as características das GNPs como agentes osteogênicos devido á sua capacidade de influenciar de maneira positiva na diferenciação das células osteogênicas indutoras que vão ser as células que formam os osteoblastos pelo que vai ter uma influência por sua vez muito positiva na osteointegração.

Também temos que as GNPs quando são utilizadas incorporadas num hidro gel pode não só melhorar a osteointegração, como também pode induzir a formação de novo osso, comprovado em estudos animais para a regeneração óssea em defeitos em coelhos.

Com todos estes fatores positivo vamos encontrar as partículas GNPs muito interessantes como tratamento para a superfície dos implantes para assim melhorar a adesão ao osso, conseguir um maior COI e por sua vez uma osteointegração melhor.

Temos um estudo para a investigação destas partículas e os efeitos nos implantes em que vão ser utilizados implantes de titânio com GNPs aos quais vão ser adicionadas células humanas adultas derivadas do tecido adiposo, estas células podem diferenciar em muitas outras e uma das quais podem ser os osteoblastos.

Este tipo de células são comumente utilizadas no ambiente periodontal como regeneração óssea e regeneração do próprio tecido periodontal.

As partículas de ouro foram adicionadas aos implantes pelo método de salinização.

Os implantes utilizados para o estudo foram polidos e limpos por três produtos: acetona etanol e água desionizada por um período de 5 min em cada um dos líquidos. Uma vez limpos os implantes são imersos numa solução 2,5N de NaOH com uma temperatura de 80° e por um período de tempo de 24h, depois deste processo são novamente bem lavados com água desionizada. Depois deste processo os implantes TiOH vão ser imersos novamente numa solução de 3-mercaptopropyl trimethoxysilane (MPTMS) a 2% com uma temperatura de 60° e por um período de 24h; depois deste procedimento vão

ser lavados com tolueno etanol e água desionizada e passam por um processo de secagem.

Uma vez que todo este processo finalizado os implantes vão ser finalmente imersos num líquido com as partículas GNP com uma temperatura parecida à do corpo humano de 37° e por um período de 24h para finalmente ser lavado com enxague de água desionizada e com ultra sons com água desionizada.

Os implantes tratados com o NaOH vão criar uma camada de oxigênio que posteriormente vai se conjugar com o MPTMS e com as partículas GNP para criar fortes camadas ao redor da superfície do implante. A conjugação do implante-GNP tem uns resultados superiores quando falamos de crescimento celular na superfície e diferenciação em osteoblastos, além disso vamos conseguir com esta conjugação que os implantes tenham um maior grau de cito toxicidade o qual também vai influenciar de maneira positiva a osteointegração.

(Heo DN, Ko WK et al , 2016)

8. Tratamento com laser

O método de irradiação com laser nas superfícies dos implantes é utilizado em combinação com algum tratamento de revestimento da superfície.

O processo das células de adesão vai implicar a absorção de proteínas, o contacto e união de células com uma proliferação das mesmas. A composição química e a tensão superficial da superfície dos implantes vão ser parâmetros muito importantes para a interação dos biomateriais com os implantes. (Thallita Pereira Queiroz et al. 2016)

O objetivo dos tratamentos com laser é conseguir uma topografia na superfície do implante que melhore a osteointegração e melhore também os prazos de cicatrização para assim conseguir que com uma primeira formação de osso ao redor da superfície do implante evitar possíveis problemas futuros de infecções que possam afetar os implantes. Os tratamentos vão conseguir criar uma camada de oxido de titânio maior o que vai favorecer a adesão de células para a melhoria da osteointegração. (Silvia Spriano, Sara Ferraris et al , 2016)

É de grande interesse para os tratamentos de superfície com o tratamento laser ter um duplo efeito sobre a superfície implantar para assim induzir a uma melhor mineralização ao mesmo tempo que produz uma maior ativação dos osteoblastos.

Num estudo temos que a proposta de tratamento feita é a imersão dos implantes em peróxido de hidrogênio combinado com a exposição à radiação UV para assim melhorar a ação do peróxido.

Com este tratamento vai se fomentar a formação de hydroxyl na superfície do implante o que nos vai favorecer a adesão e diferenciação celular. Alguns estudos in vitro têm demonstrado que o efeito que tem a formação de hydroxyl na superfície do implante é a diferenciação celular e um aumento na produção do fator de crescimento. Depois dos tratamentos com laser também tem sido demonstrado um aumento nos grupos de cálcio e fosfato depois de expor os implantes tratados ao SBF .

Está provado também que vai ser uma ajuda na produção do mineral de crescimento ósseo que é a hidroxiapatite.

Com estes métodos tenta-se eliminar a necessidade de cobrir a superfície do implante com uma camada de qualquer tipo de material para o benefício da osteointegração, devido a alguns fatores negativos que tem a adição de material como pode ser a HA , mesmo que hoje em dia esteja muito avançada e consiga evitar-se quase todos os efeitos negativos, com este tratamento tenta-se procurar o benefício para a osteointegração sem a necessidade de adição de material.

O processo de tratamento das superfície vai implicar a imersão dos implantes numa solução de peróxido de hidrogênio exposto a radiação UV por um período de tempo de 3-6 min com uma temperatura ambiente. Vamos ter neste estudo implantes controle para a comparação do método que está a ser investigado.

Os modelos controle foram todos polidos e alguns deles foram tratados com jato de areia. Assim para este estudo vai haver diferentes grupos de implantes :

- Implante comercial tratado com jato de areia
- Implantes com jato mais radiação H₂O₂ UV
- Implantes polidos
- Implantes polidos mais radiação H₂O₂ UV

Todos os exemplares foram imersos em SBF para assim melhorar a bioactividade dos implantes com uma temperatura de 37° por um período de tempo de 15 dias.

O liquido SBF foi composto segundo o regulamento e depois de ter passado por este processo todos os implantes foram lavados com agua destilada.

Neste estudo quando falamos de topografia vamos ter que os resultados variam segundo o tempo de imersão a que esteja submetido o implante.

Temos para todos os implantes submetidos ao peróxido de hidrogênio uma camada uniforme formada na superfície implantar, mas para os implantes que são submetidos a um tratamento de imersão de 3 min a camada que é formada vai ser mais fina do que a que é formada na superfície dos implantes que foram submetidos a uma imersão de 6 min.

Vamos também poder observar que as formas das superfícies nos implantes que são tratadas 3 min ou que são tratadas 6 min, mas sem a irradiação UV vão ser muito mais irregulares apresentando formas na superfície que não vão favorecer tanto como as outras superfícies que são tratadas 6 min e com radiação e que ficam com uma superfície rugosa, mas muito mais regular e mais favorável para a osteointegração.

Quando falamos de composição química, a superfície vai ser composta de óxido de titânio sem contaminação que possa ser causada pelo tratamento.

Os exemplos simples sem tratamento também foram analisados, temos uma superfície lisa sem rugosidade e sem micro forâmenes ou qualquer coisa que possa influenciar de forma positiva na adesão para uma melhor osteointegração.

A adesão celular foi estudada às 5h, às 24h e 5 dias depois. As amostras dos 5 dias mostram uma clara diferença quando falamos de número e da forma criada das células que estão aderidas à superfície do implante se compararmos os implantes tratados com irradiação por exemplo com os implantes que são planos que só têm o polimento feito.

(Silvia Spriano, Sara Ferraris et al , 2016)

Quando falamos de força de extração do implante pode se dizer que em superfícies que tenham sido tratadas com laser sabemos que segundo alguns estudos realizados podemos ter uma força de extração de até 18 vezes maior do que um implante com a superfície sem tratamento.

(Christoph Zwahr, Denise Günther et al 2017)

Nos tratamentos laser temos outros estudos que vão propor por meio do tratamento laser criar uma topografia hierárquica que seja o mais parecida possível à forma do osso do corpo humano obtendo os benefícios das nanoestruturas para assim facilitar a adesão celular à superfície do implante.

Temos resultados “*in vitro*” e “*in vivo*” que demonstram que uma estrutura hierárquica na superfície do implante vai supor uma melhoria na osteointegração do implante ao osso. Isto deve-se à micro e nanoestrutura que vai fomentar a criação e crescimento da hidroxiapatite na superfície do implante o qual vai beneficiar a osteointegração.

Estudos “in vivo” demonstram que a osteointegração nas estruturas hierárquicas vai ser mais rápido que nas superfícies com microestrutura, também sabemos que em estudos comparativos de múltiplas superfícies vai haver mais quantidade de cálcio e fosfato neste tipo de estruturas depois de 4 semanas. Isto deve-se à fixação celular à nanoestrutura de forma mecânica também devido à estrutura hierárquica.

Uma das ideias mais atrativas do tratamento com laser é que este pode ser realizado em zonas específicas do implante para tratar só aquela zona, o que supõe uma grande diferença quando comparado com outros tipos de tratamento de superfície como podem ser os tratamentos de ataque ácido ou o jateamento.

Em estudos do tratamento com laser já se demonstrou um aumento da zona de contato implante osso.

Temos estudos que demonstram que em implantes com tratamento laser a força de torque para a extração do implante vai aumentar podendo chegar em alguns casos 250%.

A força de torque de extração é o método utilizado em investigação na área de tratamentos de superfície de implante para comprovar a osteointegração do implante; em que quanto maior seja a força de extração, maior vai ser o nível de osteointegração.

Temos um estudo comparativo que vai investigar esta metodologia comparando implantes polidos e implantes que foram tratados com ácido.

O método utilizado para o tratamento laser vai ser o método de litografia de interferência direta com laser (DLIL) com o objetivo de criar estruturas hierárquicas com micro e sub microestruturas.

Para este estudo vamos ter três grupos de implantes:

- O primeiro grupo vão ser implantes polidos
- No segundo grupo: as superfícies de titânio dos implantes foram modificadas por “shot peening”, este é um tratamento frio que é muito bom para superfícies rugosas homogêneas e limites muito marcados. Vai também conferir á superfície do implante uma energia superficial maior o que vai influenciar positivamente na adesão celular e por conseguinte na osteointegração.

- O terceiro grupo vão ser os implantes com o tratamento DLIL que vai utilizar laser de alta energia e vai levar à formação de micro e nanoestruturas hierárquicas. O laser foi utilizado para a criação de uma superfície implantar contínua e estriada, que nos vai favorecer na adesão celular e por conseguinte na osteointegração.

Nos implantes recidivos pode-se observar contaminação e descontinuidade na superfície dos implantes, para evitar este facto os implantes foram tratados com ácido e polimento em combinação e observamos que depois do tratamento os implantes vão ter uma superfície muito diferente mostrando uma superfície com estruturas afiadas e curvas de uma forma descontínua ao longo do implante.

As superfícies dos implantes que foram tratadas só com o polimento vão apresentar uma estrutura lisa e sem nenhuma alteração.

O implante que foi tratado com laser vai apresentar de maneira clara uma estrutura que é contínua ao longo do implante com uma grande quantidade de sulcos que vão criar a estrutura hierárquica que estávamos á procura, quanto mais radiação damos ao implante maior aumento de sulcos até um valor acima do qual começam a aparecer rachaduras no implante e este facto não vai ser favorável para o mesmo pelo que podemos dizer com este estudo que com uma metodologia adequada e um numero de radiações adequadas este método vai criar uma superfície de implante muito fiável e sem a necessidade de adição de materiais pelo que também estaríamos a eliminar alguns dos fatores negativos destes processos .

Para ver a capacidade de produção de osso também foi estudada a capacidade de absorção de proteínas dos implantes tratados com laser.

Foram encontrados na camada da superfície formada elementos com o fosforo, oxigênio, nitrogênio o que vai captar com mais facilidade as proteínas conseguindo assim uma maior adesão das proteínas à camada, este facto é devido a que a superfície do implante vai ficar muito elevada depois do tratamento com o laser pelo que vai ter maior força de atração.

(Donata Kuczynska, Piotr Kwasniak et al, 2016_)

Outra alternativa é a utilização do laser com CO₂ já que tem se demonstrado que o CO₂ tem a capacidade de limpar o implante pelo facto de retirar da superfície tecido inflamatório e contaminado que podia ainda existir e sem causar uma modificação na superfície do implante.

(Shahin Kasraei1 & Parviz Torkzaban et al 2016)

9. Deposição de faísca anódica.

Este método inicialmente foi criado como um método para melhorar a adesão mecânica e para criar na superfície do implante uma camada que contenha fosforo e cálcio para melhorar a adesão conhecido como “anodic spark deposition” (ASD).

A anodização do titânio hoje em dia é uma técnica já estudada e consolidada que vai tratar os implantes com o objetivo de formação de uma camada de oxigênio em contato com a superfície, criando assim uma camada de dióxido de titânio e que a sua espessura vamos poder variar dependendo dos parâmetros do próprio tratamento.

(E.Marin, M.V.Diamanti et al 2016)

Vamos ter também a vantagem da formação de uma topografia na superfície do implante com micro e nano parâmetros o qual vai produzir efeitos positivos na osteointegração por meio do próprio tratamento. Facto pelo qual a camada de dióxido de titânio vai ficar mais aderida à superfície.

Esta camada exposta às condições ambientais vai começar a liberar radicais livres o que vai ser um fator de adesão gigante para as células.

(Bertollo N, Sandrini E, et al 2015)

Ultimamente tem-se estudado muito a utilização de tratamentos combinados com ácido para conseguir este efeito de adesão mas combinado com a criação de umas nanoestruturas o qual se tem demonstrado como já falamos anteriormente que vai ajudar a melhorar a osteointegração do implante no osso. Este método combina se com ácidos alcalinos e vai ser conhecido como ASD-AK.

Para a comprovação deste método temos já estudos in vitro e in vivo que demonstram resultados muito prometedores. Os estudos in vitro vão colocar células de osteoblastos na superfície do implante tratado com este método e os estudos in vivo vão colocar-se implantes tratados em ossos longos de animais. Mas neste tratamento ainda não se tem investigado muito o comportamento das células e como afeta o tratamento a nível celular pelo que vamos ver um estudo de investigação em que o objetivo vai ser a

análise histomorfométrico, celular e molecular do osso que vai crescer em contato direto com a superfície do implante com o tratamento ASD-AK em comparação com implantes “gold standard” tratados com ácido.

Para este estudo vamos ter dois grupos de implantes:

- Implantes tratados com gravado, mais ácido
- Implantes tratados como método ASD-AK

Para o método de tratamento ASD-AK o primeiro passo vai ser a imersão dos implantes numa solução de fósforo e cálcio. Uma vez acabado este processo os implantes passam a ser imersos só numa solução de cálcio. É utilizada uma fonte de alimentação variável para aportar ao processo eletricidade todo este foi feito com uma temperatura de entre $-2/ 2^{\circ}\text{C}$. Os implantes Ti foram ligados ao ânodo e uma rede cilíndrica com forma.

Depois de este processo vamos passar ao tratamento alcalino ácido em que os implantes vão ser tratados numa solução aquosa de KOH.

Para a comparação, doze implantes vão ficar com o processo de tratamento ácido e outros doze vão ser tratados para o estudo.

Assim vamos ter os implantes que foram analisados sem carga em períodos de três, cinco e oito semanas.

Desde uma visão histológica vamos ter que os dois grupos de implantes entre três-oito semanas estão completamente osteointegrados no osso sem fibras entre a camada de osso e o implante e sem sintomas de inflamação.

Neste ponto não vamos ter diferenças significativas entre os dois tratamentos já que no estudo podem-se observar que depois de três semanas os dois tratamentos vão ter tecido e osso lamelar trabecular, que depois passa a estar revestido por osteóide e osteoblastos, o qual nos vai dar uma nova formação óssea. Só conseguimos ver alguns osteoclastos perto das zonas de osteogênese pelo que vamos ter uma mínima reabsorção óssea.

Depois de 8 semanas as zonas com osso já mineralizado tinham crescido por volta de todo o implante e ainda se conseguiam ver zonas de osteogênese o que indica que ainda vai haver mais crescimento ósseo.

Os resultados histomorfométricos vão apresentar alguma variação quando comparamos os dois métodos utilizados.

Para estes resultados vamos ter três parâmetros de medição :

- COI, contato osso-implante;
- BEBE, área óssea mineralizada entre os fios;
- BAMA, área óssea mineralizada dentro do espelho

No período de 3 semanas vamos ter que para os implantes tratados com acido o COI vai ser de 25.1 ± 6.7 e depois de 8 semanas vai ser 46.9 ± 10.9 .

Para este valor o tratamento da superfície estudado vai ter valores mais baixo, em 3 semanas o COI vai ser de 18.8 ± 5.4 e em 8 semanas vamos ter uns resultados de 31.0 ± 8.6 .

Para o parâmetro BEBE vamos ter que depois de três semanas os implantes que foram tratados com acido tem uns valores de 32.6 ± 8.5 e depois de oito semanas vamos ter uns valores de 65.3 ± 15.6 .

Para os implantes que foram tratados com o método ASD-AK depois de três semanas para o parâmetro de BEBE vamos ter uns valores de 34.5 ± 12.3 e depois de oito semanas vamos ter uns valores de 73.7 ± 7.0 . temos neste parâmetro valores melhores no tratamento estudo que no tratamento controle.

Para o ultimo parâmetro de medição BAMA vamos ter nos implantes tratados com acido depois de três semanas uns valores de 39.3 ± 8.7 e depois das oito semanas vamos ter uns valores de 54.8 ± 17.4 .

Neste ultimo parâmetro BAMA para os nossos implantes de estudo ASD-AK vamos ter depois de três semanas uns valores de 42.6 ± 13.9 , e depois das oito semanas vamos ter uns valores de 56.1 ± 13.9 . temos assim uns valores melhores nos dois últimos parâmetros de medição para os implantes tratados com o método ASD-AK mas o primeiro parâmetro, o valor COI vai mostrar melhores resultados para os implantes tratados com o acido.

(Alexander T. Sverzut, Gustavo C et al, 2012)

No âmbito da deposição de faísca anódica é a utilização do método como meio para criar uma superfície (além de mais adesiva e melhor para a osteointegração) que seja o mais antibacteriana possível para assim conseguir evitar possíveis infecções dos implantes devido a bactérias da flora oral. Normalmente para este objetivo utiliza-se o jateado de prata com o fim de ser o mais antibacteriano possível mas não possui qualidades adesivas muito boas pelo que há estudos que têm investigado a opção da deposição de faísca anódica como método antibacteriano e também como método de tratamento para a superfície.

Para a preparação deste estudo vamos ter que os implantes vão seguir com o protocolo de jateado e assim vamos ter que os implantes vão ser lavados com ultra sons e depois de ser lavados vão ser imersos em acetona por um período de tempo de 10 min e posteriormente vão ser imersos numa solução de etanol por um período também de 10 min.

O processo de ASD foi realizado num banho de aço inoxidável por um período de tempo de 30s que também vai servir como segundo eléctrodo.

A pressão foi mantida durante o período de todo o tratamento de superfície.

A superfície aquosa dos eletrólitos foi preparada com água pura e uma suspensão de nano prata (AgPURE W10) num volume respetivo de 39:1.

No processo de tratamento da superfície os eletrólitos foram misturados e a temperatura dos mesmos foi mantida para ficar sempre por baixo dos 25°C.

Os eletrólitos estão conectados a um permutador de calor e por sua vez a um dispositivo de arrefecimento.

Depois de todo o processo os implantes foram imersos em água e limpos com ultra sons com etanol.

A superfície dos implantes neste estudo vai ficar com uma camada de jato bem definida, com uma topografia com plataformas homogêneas e planas e com depressões entre elas.

A caracterização da superfície vai mostrar uma capa de jato muito densa.

Vai-se conseguir ver na superfície do implante elementos do ASD que é prata que fica no implante.

Quimicamente vamos ver que a superfície vai estar composta de oxido de titânio (que vai ajudar à melhoria da osteointegração por meio da adesão) com prata e carbono.

Contaminação da superfície normalmente é encontrada com carbono o nitrogênio pelo manuseio das próprias amostras para o seu tratamento.

Vamos pulverizar o nitrogênio e o carbono já que isto não é mais do que contaminação para a superfície do implante e por sua vez vamos encontrar, depois de dois minutos com a pulverização, um aumento na concentração de prata na superfície implantar.

Depois de três horas de incubação com as bactérias vamos observar colonização nas amostras controle e nas amostras estudo. Da observação podemos ver que nas amostras controle há uma colonização até 5 vezes maior do que nas superfícies tratadas com o método ASD, pelo que se pode dizer que o tratamento de deposição de partículas de prata vai servir como um muito bom agente anti bacteriano na hora de evitar infecções e ainda vai criar uma superfície que nos vai ajudar a melhorar a osteointegração por meio da adesão além do efeito anti bacteriano.

(G.Gasquères, G.Schneider et al, 2012)

III. CONCLUSÃO

Neste estudo temos o objetivo de com os artigos revisados e num ambiente atual falar da influencia dos tratamentos que hoje em dia são aplicados às superfícies dos implantes e as alterações que isto vai criar na osteointegração do implante no osso.

Assim quando falamos da comparação de uma superfície tratada e uma superfície implantar não tratada vamos ter claramente influencias positivas nas superfícies que são tratadas para o benefício da osteointegração. Este benefício que encontramos esta claramente demonstrado e além do benefício para a osteointegração também vamos obter que temos uma redução no tempo de cicatrização pelo que conseguimos acurtar os prazos.

Para a medição do COI vamos ter distintos métodos nos quais podem se encontrar estudos histológicos em implantes em animais ou também vai se valorar a resistência à extração, ou seja, o torque de desinserção.

Pode se dizer que hoje em dia não existem tratamentos únicos da superfície, todos os tratamentos vão ser utilizados em combinação para obter uma melhoria na osteointegração do implante.

Assim encontramos que os tratamentos mais estudados e que estão a ser uma grande esperança são os tratamentos com HA com uns protocolos diferentes aos métodos anteriores em que tinham alguma desvantagem. Assim este tratamento vai combinar os tratamentos com acido, o revestimento da superfície implantar com hidroxiapatite a uma temperatura elevada, que estão a ter uma muito evidente influencia positiva na melhora da osteointegração, quando comparado com implantes que não estão tratados.

Visto o benefício que supõe os tratamentos da superfície também encontramos que nos últimos anos há uma tendência de obtenção de umas superfícies cada vez mais citotóxicas e assim de uma maneira indireta vamos ter uma influencia positiva na osteointegração pelo facto de ter uma menor colonização das bactérias na zona.

Também temos as superfícies que são tratadas com laser que vai nos dar uma melhora também na osteointegração mas também a tendência hoje em dia é de combinar esta

técnica ficando assim com tratamentos que são combinados entre eles para obter ainda um melhor benefício.

Pode se claramente afirmar que temos uma melhoria na osteointegração quando tratamos as superfícies dos implantes e que este processo vai ser hoje em dia um fator fundamental para o êxito da osteointegração do implante, mesmos que existam outros fatores, o descobrimento e melhoria dos tratamentos de superfície vai nos dar umas perspectivas muito favoráveis para os tratamento com implantes.

IV.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agnes Aruna John¹, Saravana Kumar Jaganathan, Eko Supriyanto and A. Manikandan: Surface modification of titanium and its alloys for the enhancement of osseointegration in orthopaedics. *Current Science*, Vol.111, No.6,25 September 2016

Alfredo P: evaluacion a doble ciego del impacto de una modificacion de la superficie en el cociente de estabilidad de los implantes durante la fase inicial de osteointegracion, 2009

Alexander T. Sverzut, Gustavo C. de Albuquerque, Grasielle E. Crippa, Roberto Chiesa, Cinzia Della Valle, Paulo T. de Oliveira, Marcio M. Beloti, Adalberto L. Rosa: Bone tissue, cellular, and molecular responses to titanium implants treated by anodic spark deposition. 2 May 2012

Babak Bahrami, Shirin Shahrbafe, Behnam Mirzakouchaki, Farzan Ghalichi, Mohamed Ashtiani, Nicolas Martin: Effect of surface treatment on stress distribution in immediately loaded dental implants- A 3D finite element analysis. November 2013

Balshi S. Allen F, Wolfinger G, Balshi T : A resonance frequency analysis assessment of maxillary and mandibular immediately loaded implants. *Int J oral maxillofacial implants* 2005;20:584-94

Bertollo N, Sandrini E, Dalla Pria P, Walsh WR: Osseointegration of multiphase anodic spark deposition treated porous titanium implants in an ovine model. *J Arthroplasty*. 2015 March

Brunski JB : In vivo bone response to biomechanical loading at the bone/dental-implant interface, Adv Dent Res. 1999 Jun;13:99-119.

Cano J, Martinez Gonzalez JM, Campo J, Martinez Gonzalez MJS, Donaldo A: Biologia osea periimplantaria. *Periodoncia* 2002;12:345-56

Carl E Misch : *Implantologia Contemporanea* ; 3 edicao, 2009

Christian F. Ramel, Anja Lüssi Mutlu Özcan Ronald E. Jung Christoph H. F. Hämmerle Daniel S. Thoma: Surface roughness of dental implants and treatment time using six different implantoplasty procedures. July 2015

Christoph Zwahr, Denise Günther, Tina Brinkmann, Nikolai Gulow, Steffen Oswald, Marzellus Grosse Holthaus, and Andrés Fabián Lasagni: Laser Surface Patterning of Titanium for Improving the Biological Performance of Dental Implants. 2017

Donata Kuczynska, Piotr Kwasniak, Jan Marczak, Jan Bonarski, Jerzi Smolik, Halina Garbacz : Laser surface treatment and the hierarchical topography of Ti grade 2 for biomedical application, August 24 2016

Elias CN, Meirelles L. Improving osseointegration of dental implants, Expert Rev Med Devices. 2010 Mar;7(2):241-56.

E.Marin, M.V.Diamanti, M.Boffelli, M.Sendoh, M.P.Pedefferri, A.Mazinani, M.Moscateli, B.Del Curto, W.Zhu, G.Pezzotti, R.Chiesa: Effect of etching on the composition and structure of anodic spark deposition films on titanium. 23, June 2016

Ferreira Ribeiro C, Cogo-Müller K, Franco GC, Silva-Concílio LR, Sampaio Campos M, de Mello Rode S, Claro Neves AC:

Initial oral biofilm formation on titanium implants with different surface treatment s: An in vivo study. Arch Oral Biol. 2016 September

Gehrke SA, Ramírez-Fernandez MP, Granero Marín JM, Barbosa Salles M, Del Fabbro M, Calvo Guirado JL: A comparative evaluation between aluminium and titanium dioxide microparticles for blasting the surface titanium dental implants: an experimental study in rabbits, Clin Oral Implants Res. 2016

G.Gasquères, G.Schneider, R.Nusko, G.Maier, E.Dinageldein, A.Elizeer: innovative antibacterial coating by anodic spark deposition. 16 February 2012

Godara A, Raabe D, Green S : The influence of sterilization processes on the micromechanical properties of carbon fiber-reinforced PEEK composites for bone implant applications. Acta Biomater. 2007 Mar;3(2):209-20

Hall J, Lausmaa J. Properties of a new porous oxide surface on titanium implants. Applied Osseointegration Res 2000;1:9-14)

Heo DN, Ko WK, Lee HR, Lee SJ, Lee D, Um SH, Lee JH, Woo YH, Zhang LG, Lee DW, Kwon IK: Titanium dental implants surface-immobilized with gold nanoparticles as osteoinductive agents for rapid osseointegration. J Colloid Interface Sci. 2016 May

Hsueh-Chuan Hsu, Shih-Ching Wu, Shih-Kuang Hsu, Yi-Hang Liao, Wen-Fu Ho : Bioactivity of hybrid micro/nano-textured Ti-5Si surface by acid etching and heat treatment. May 2016

John W. Durham III, Sergio A. Montelongo, Joo L. Ong, Teja Guda, Matthew J. Allen, Alfsaneh Rabiei: Hydroxiapatite coating on PEEK implants: biomechanical and histological study in a rabbit model. 15 of June 2016

K.Shemtov-Yona, D.Rittel, A.Dorogoy : Mechanical assessment of grit blasting surface treatments of dental implants. July 2014

Meredith N, Book K, Friberg B, Jemt T, Sennerby L : Resonance frequency measurements of implant stability in vivo. A cross-sectional and longitudinal study of resonance frequency measurements on implants in the edentulous and partially dentate maxilla, Clin Oral Implants Res. 1997 Jun;8(3):226-33.

Meirelles L, Melin L, Peltola T, Kjellin P, Kangasniemi I, Currie F, Andersson M, Albrektsson T, Wennerberg A: Effect of hydroxyapatite and titania nanostructures on early in vivo bone response, Clin Implant Dent Relat Res. 2008 Dec;10(4):245-54

Qi-Hua Xu, Chen Zhao, Jian-Gang Zhu, Mei-Juan Chen and Qing-Huai Liu: Helium-neon laser therapy in the treatment of hydroxyapatite orbital implant exposure: A superior option. June 9, 2015

Ostman PO, Hellman M, Sennerby L: Direct implant loading in the edentulous maxilla using a bone density-adapted surgical protocol and primary implant stability criteria for inclusion, Clin Implant Dent Relat Res. 2005;7 Suppl 1:S60-9

Pedro Mesquita, Antonio Felino, Helena Raposo e Americo Afonso: Avaliação in vitro do comportamento de osteoblastos sobre implantes com tratamentos de superfícies diferentes. 2016

Roodabeh Koodaryan and Ali Hafezeqoran: Evaluation of Implant Collar Surfaces for Marginal Bone Loss: A Systematic Review and Meta-Analysis. March 2016

Rui Zhang, Yi Wan, Xing Ai, Teng Wang, Bo Men : Preparation of micro-nanostructure on titanium implants and its bioactivity, 25 February 2016

R. Zahran, J. I. Rosales Leal, M. A. Rodriguez Valverde, M. A. Cabrerizo Vilchez: Effect of Hydrofluoric Acid Etching Time on Titanium Topography, Chemistry, Wettability, and Cell Adhesion, Jie Zheng, University of Akron, UNITED STATES, November 8, 2016

Santiago Junior JF, Verri FR, Almeida DA, de Souza Batista VE, Lemos CA, Pellizzer EP: Finite element analysis on influence of implant surface treatments, connection and bone types. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2016 June

Seo-Young kim, Yu-Kyoung Kim, Yomg-Seok Jang, Il-Song Park, Sook-Jeong Lee, Jae-Gyu Jeon, Min-Ho Lee: Bioactive effect of alkali heat-treated TiO₂ nanotubes by water or acid treatment. 24, March 2016

Shahin Kasraei1 & Parviz Torkzaban & Bahar Shams & Seyed Mohammad Hosseinipناه & Maryam Farhadian: CO₂ laser surface treatment of failed dental implants for re-implantation: an animal study. : 8 March 2016

Silvia Spriano, Sara Ferraris, Danielle Bollati, Marco Morra, Clara Cassinelli, Giorgio Lorenzon : The combined action of UV irradiation and chemical treatment on the titanium surface of dental implants. May 2015

Shemtov-Yona K, Rittel D, Dorogoy A: Mechanical assessment of grit blasting surface treatments of dental implants, J Mech Behav Biomed Mater. 2014 Nov;39:375-90.

S.M.Elsharkawy, M.A.Shakal, W.M.Elshakawy: Effect of various surface treatments of implant abutment and metal cope fitting surface on their bond strength to provisional resin cement. May 2015

Thallita Pereira Queiroz, Rafael Scaf de Molon, Francisley Ávila Souza, Rogério Margonar, Anahi Herrera Aparecida Thomazini, Antônio Carlos Guastaldi, Eduardo Hochuli-Vieira: In vivo evaluation of cp Ti implants with modified surfaces by laser beam with and without hydroxyapatite chemical deposition and without and with thermal treatment: topographic characterization and histomorphometric analysis in rabbits 2016

Tao ZS, Zhou WS, He XW, Liu W, Bai BL, Zhou Q, Huang ZL, Tu KK, Li H, Sun T, Lv YX, Cui W, Yang L: A comparative study of zinc, magnesium, strontium-incorporated hydroxyapatite-coated titanium implants for osseointegration of osteopenic rats. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2016 May

Tao ZS, Zhou WS, Tu KK, Huang ZL, Zhou Q, Sun T, Lv YX, Cui W, Yang L: The effects of combined human parathyroid hormone (1-34) and simvastatin treatment on osseous integration of hydroxyapatite-coated titanium implants in the femur of ovariectomized rats. Injury. 2015 Nov

Xiaona Wang, Xing Meng¹, Shunli Chu, Xingchen Xiang, Zhenzhen Liu, Jinghui Zhao, Yanmin Zhou: Osseointegration behavior of novel Ti–Nb–Zr–Ta–Si alloy for dental implants: an in vivo study Biocompatibility Studie, J Mater Sci: Mater Med (2016) 27:139