



**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**  
**MASTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA DENTOFACIAL**

# **PROPIOCEPCIÓN DEL LIGAMENTO PERIODONTAL**

**Ximena Rodríguez Mayta**

**Trabajo Fin de Master**  
**21-05-2012**



**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**  
**MASTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTODPEDIA DENTOFACIAL**

# **PROPIOCEPCIÓN DEL LIGAMENTO PERIODONTAL**

**Trabajo Fin de Master**

**Ximena Rodríguez Mayta**

**Tutor: Dr Juan Cobo Plana**

## PROPIOCEPCIÓN DEL LIGAMENTO PERIODONTAL

1. Introducción a la propiocepción:	6
1.1 Concepto.	
1.2 Importancia biológica.	
2. La propiocepción de la cabeza:	8
2.1 Vías de la conducción de la propiocepción	
2.2 Vías nerviosas de la propiocepción en el territorio del trigémino.	
2.3 Propiocepción dentaria.	
3. El ligamento periodontal y el aparato periodontal:	18
3.1 Innervación.	
3.2 Terminaciones sensitivas.	
4. Importancia clínica de la propiocepción dentaria:	29
4.1 En condiciones de normalidad.	
4.2 Implantes.	
5. Bibliografía	41

## RESUMEN:

La propiocepción, se refiere a la información aferente procedente de los propioceptores que contribuye a las sensaciones conscientes e inconscientes del sentido muscular, el equilibrio postural y la estabilidad articular. En lo referente a la cavidad oral, esta depende de la información propioceptiva del ligamento periodontal, la mucosa bucal, la oclusión dental y la articulación temporomandibular (ATM); posee, por lo tanto, un complejo control nervioso.

Los receptores que responden a estímulos mecánicos se denominan mecanorreceptores. En el área orofacial cumplen dos funciones principales: proveer información táctil sobre la textura de los alimentos y transmitir información sensorial periférica necesaria para el control de las funciones motoras. Estos mecanorreceptores se encuentran en el ligamento periodontal, por lo tanto los pacientes con ausencias dentarias, al no poseer ligamento periodontal, ven disminuida su capacidad propioceptiva. Con la introducción de los implantes y las técnicas implantoprotésicas, surge la pregunta de si aportarían alguna mejora en la propiocepción.

Se realizó una revisión bibliográfica desde 1987 de la propiocepción y de los implantes y se encontraron numerosos estudios que han intentado demostrar la propiocepción en ausencia de ligamento periodontal.

Los resultados de los estudios establecen que los pacientes con restauraciones implantoprotésicas poseen propiocepción ya que existen elementos axonales residuales en la región periimplantaria que pueden tener una función propioceptiva y que las fuerzas aplicadas a los implantes, durante la función oclusal, podría modular la actividad de la mandíbula, al igual que ocurre en la dentición natural. Todo esto se debe a que existen mecanismos de compensación gracias a los mecanorreceptores de la ATM, de los músculos, de la piel, de la mucosa y de los mecanorreceptores del periostio. Por consiguiente el paciente con implantoprótesis puede compensar la ausencia del ligamento periodontal, pero con un mayor umbral de percepción táctil.

Palabras clave: propiocepción, ligamento periodontal, implantes.

## ABSTRACT:

Proprioception refers to the afferent input from proprioceptors that contributes to feelings of conscious and unconscious muscle sense, postural balance and joint stability. With regard to the oral cavity, it depends on the periodontal ligament proprioceptive, oral mucosa, dental occlusion and temporomandibular joint (TMJ) and has therefore a complex neural control.

The receptors that respond to mechanical stimuli are called mechanoreceptors. In the orofacial area they fulfil two main functions: to provide tactile information about the texture of food and to transmit peripheral sensory information necessary for the control of motor functions. These mechanoreceptors are found in the periodontal ligament, therefore patients with missing teeth, not having periodontal ligament, have less proprioceptive ability. With the introduction of implants and techniques implant-supported prostheses, the question arises if they bring some improvement in proprioception.

We conducted a literature review from 1987 of proprioception and implants and found numerous studies that have attempted to demonstrate proprioception in absence of periodontal ligament.

The results of the studies established that patients have proprioception implant-supported prostheses restorations because there are elements in the axonal periimplant waste region which may have a proprioceptive function and that the forces applied to the implant during occlusal function, may modulate the activity of the jaw, as it happens in the natural dentition. This is because there are compensatory mechanisms due to the TMJ mechanoreceptors, muscle, skin, mucosal and periosteal mechanoreceptors. Therefore patients with implant-supported prosthetic on, can compensate for the absence of periodontal ligament, but with a higher tactile perception threshold.

Keywords: proprioception, periodontal ligament, implants.

## 1. Introducción a la propiocepción

### 1.1 Concepto

La propiocepción es el sentido que informa al organismo de la posición de los músculos, es la capacidad de sentir la posición relativa de partes corporales contiguas, regula la dirección y rango de movimiento, permite reacciones y respuestas automáticas, interviene en el desarrollo del esquema corporal y en la relación de éste con el espacio, sustentando la acción motora planificada. Otras funciones en las que actúa con más autonomía son el control del equilibrio, la coordinación de ambos lados del cuerpo, el mantenimiento del nivel de alerta del sistema nervioso central y la influencia en el desarrollo emocional y del comportamiento.

### 1.2 Importancia biológica

La propiocepción es importante en los movimientos comunes que realizamos diariamente y, especialmente, en los movimientos deportivos que requieren una coordinación especial.

El Sistema Propioceptivo forma parte de un sistema más grande conocido como Sistema Somatosensorial, el cual incorpora y procesa diferentes tipos de información sensorial, como propioceptivas (información proveniente de músculos y tendones que determina la posición de extremidades y cuerpo), kinestesia (conciencia de movimiento y posición de articulaciones), kinestesis (concepto relacionado con kinestesia o con la relación de propiocepción y esta), exterocepción (tacto, presión profunda, dolor, temperatura) e interocepción (percepción de las sensaciones viscerales).

Este Sistema Somatosensorial es uno de los modelos que se desarrolla más temprano en el ser humano, y entre sus funciones conocidas está el procesamiento de todos sus inputs y que se relaciona directamente con el desarrollo de nuestro esquema corporal y con el proceso de praxis (por su importante función de feedback). Otras funciones son el aprendizaje y ejecución de las acciones motoras.

Solamente con lo expuesto podemos entender que los principios comunes de este sistema realzan la importancia del Sistema Propioceptivo como elemento fundamental en el desarrollo. Por ejemplo, un adecuado input propioceptivo es importante para el desarrollo del tono muscular (tono postural) y la adecuada realización de la acción muscular.

La función sensorial del ligamento es también sumamente importante. Los mecanorreceptores del ligamento periodontal pueden identificar las más pequeñas fuerzas que se apliquen en los dientes y, conjuntamente con los propioceptores de los tendones y músculos masticatorios, permiten la regulación apropiada de las fuerzas y movimientos de masticación.

## 2. La propiocepción de la cabeza.

### 2.1 Vías de la conducción propioceptiva general

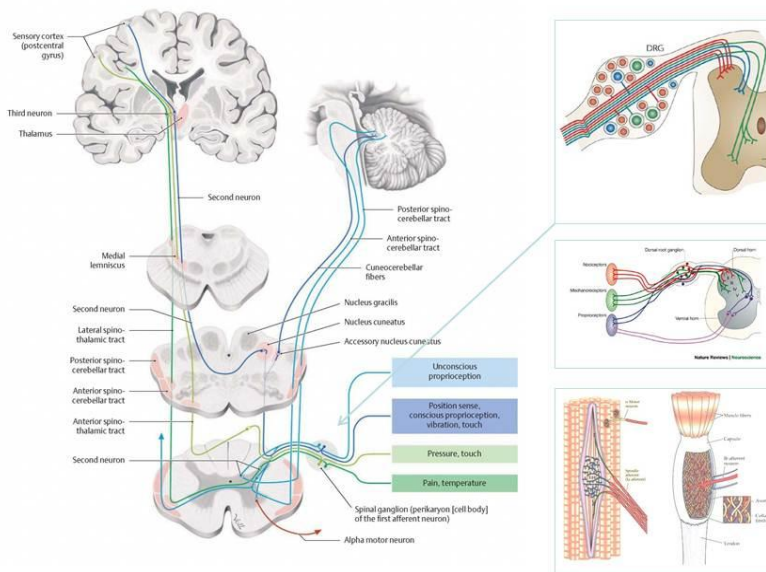
La vía de la sensibilidad profunda inconsciente representa el paradigma de brazo aferente de un *arco suprasegmentario* cuyo centro se localiza a nivel del cerebelo (espinocerebelo), y es la encargada de llevar al sistema nervioso la sensibilidad profunda inconsciente que se origina en músculos, tendones y articulaciones. Está formada por dos neuronas, la primera localizada en un ganglio sensitivo y la segunda en el asta posterior de la médula espinal. La sensibilidad propioceptiva del territorio de los pares craneales tiene una vía de conducción especial que se describe más adelante.

#### **A. Vía de la sensibilidad propioceptiva de los nervios raquídeos**

Es la que conduce al cerebelo la propiocepción de las extremidades y el tronco.

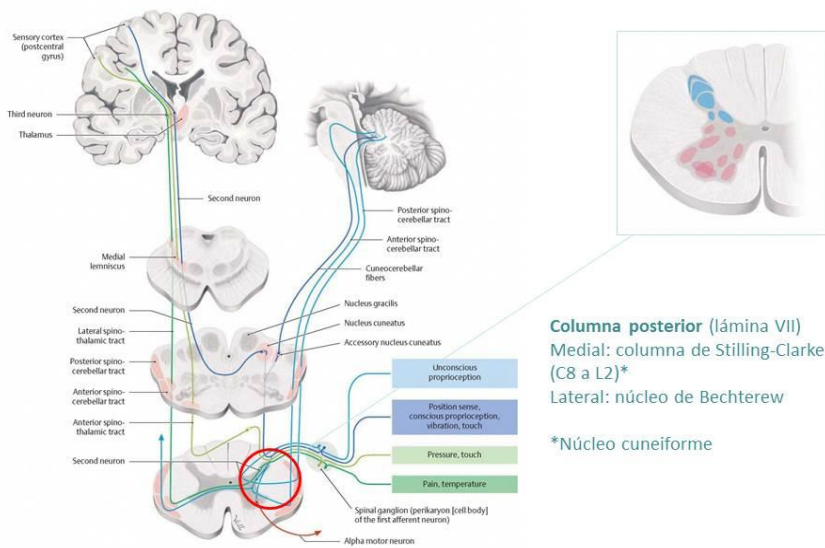
1.- *Primera neurona*: se encuentra situada en los ganglios raquídeos. Las neuronas propioceptivas representan una población de entre un 12 y un 18% de las neuronas de los ganglios raquídeos y se caracterizan por ser las de mayor tamaño (consecuentemente las que poseen axones sensitivos más gruesos y con mayor velocidad de conducción). Son neuronas pseudomonpolares cuya prolongación periférica termina en receptores específicos: los huesos neuromusculares y los órganos tendinosos, además de los mecanorreceptores articulares (tipos Ruffini, laminares simples y paciniformes). La prolongación central del axón entra a formar parte de la raíz posterior de los nervios raquídeos y penetra en la médula espinal para terminar sinaptando como neuronas situadas en la columna posterior de la médula (Figura 1).





**Figura 1.-** Primeras neuronas y receptores periféricos de la vía de la sensibilidad propioceptiva (tomado de Schunke M., 2011)

2.- *Segunda neurona:* está situada en la columna posterior de la médula espinal, situada en la base del asta posterior, en correspondencia con la lámina VII. Clásicamente se suele dividir en una parte medial (núcleo de Clarke o columna de Stilling-Clarke) y otra lateral (columna o núcleo de Bechterew). La parte medial sólo existe entre C8 y L1 siendo sustituida de C8 hacia arriba por el núcleo cuneiforme accesorio o externo (Figura 2).



**Figura 2.-** Segundas neuronas de la vía de la sensibilidad propioceptiva. (Tomado de Schunke M., 2011)

De las dos divisiones de la columna posterior se originan dos fascículos denominados espino-cerebelosos.

a) fascículo espino-cerebeloso dorsal (posterior o de Foville-Fleshing): se origina en la parte medial (núcleo de Clarke) de la columna posterior, y está formado por axones que no se cruzan, es decir son homolaterales, que ascienden por la parte más posterior del cordón lateral de la médula, alcanzan el tronco del encéfalo y penetran en el cerebelo por el pedúnculo cerebeloso inferior. En este fascículo existe somatotopía: las fibras de origen bajo son las más profundas y las de origen alto son superficiales.

Teniendo en cuenta que el núcleo de Clarke sólo existe de C8 a L2, por encima de C8 los axones de las neuronas sensitivas propioceptivas llegan al *núcleo cuneiforme accesorio*, situado por fuera del núcleo cuneiforme, aquí hacen sinapsis y por el pedúnculo cerebeloso inferior llegan al cerebelo formando un fascículo denominado cúneo-cerebeloso. Dentro de éste, algunos autores denominan a las fibras correspondientes a la extremidad superior fascículo espinocerebeloso rostral.

b) fascículo espinocerebeloso ventral (anterior o de Gowers): se origina en la parte lateral de la columna posterior (columna de Bechterew). Las fibras son cruzadas (80%) y directas (20%) y se disponen en la parte anterior del cordón lateral, suben por todo el



## **B. Vía de la sensibilidad propioceptiva de los nervios craneales**

Todos los músculos de la cabeza y el cuello, especialmente los masticadores, músculos faciales, del velo paladar, faringe y laringe, músculos de la órbita y del oído medio, son fuente de estímulos propioceptivos que se transmiten al sistema nervioso central por una vía que, en principio consta de una sola neurona y llega al cerebelo. Es importante destacar que la inervación propioceptiva de todos esos músculos (con independencia de la inervación motriz que tengan) la realiza el trigémino.

La neurona aferente se localiza en el núcleo mesencefálico del trigémino (el ganglio del trigémino no tiene neuronas propioceptivas). La prolongación periférica de estas neuronas alcanza a través de las ramas del trigémino, y de las anastomosis superficiales y profundas de éste con otros pares craneales, los músculos de la cabeza. La prolongación periférica llega al cerebelo a través del pedúnculo cerebeloso superior homolateral.

### 2.2 Vías nerviosas de la propiocepción en el territorio del trigémino.

#### 1ª Neurona

##### Ganglio Trigeminal

Recibe las sensaciones exteroceptivas de las mucosas y de la piel de los 2/3 anteriores de la cara.

El Ganglio Trigeminal, recibe la gran raíz sensitiva del V par que entra al tronco encefálico en el nivel medio pónico para luego ingresar a los diferentes núcleos sensitivos del V par. Este tipo de sensibilidad llega al Núcleo Sensitivo Principal y Núcleo del Tracto Espinal

#### 2ª Neurona:

##### Núcleo Sensitivo Principal

Se ubica lateralmente al núcleo motor, en la porción posterior del puente.

Recibe sensibilidad táctil de la porción anterior de la cabeza. Principalmente tacto epicrítico (discriminativo) y algo de tacto protopático (grueso, de la región de la cabeza).

##### Núcleo del Tracto Espinal

Se extiende a lo largo de todo el bulbo hasta mezclarse con la sustancia gelatinosa de C1 y C2.

Recibe sensibilidad exteroceptiva (dolor, temperatura y tacto).

Como el núcleo espinal está organizado somatotópicamente y funcionalmente, la alteración sensorial de una región específica de la cabeza permite la identificación clínica de la región del tronco encefálico afectada.

Tiene 3 subnúcleos: oral, interpolar y caudal.

-Oral: Recibe sensibilidad táctil de la mucosa oral.

-Interpolar: Se ubica rostral al óbex, recibe dolor dental.

-Caudal: Se extiende desde la decusación de las pirámides hasta C2 o C3, confundándose en este sector con la sustancia gelatinosa de lámina II de Rexed.

Recibe sensaciones de dolor y temperatura de la cara ipsolateral.

A estos Núcleos (Núcleo Sensitivo Principal y Núcleo del Tracto Espinal) llegan fibras de los ganglios mencionados, es decir, de 4 nervios.

Los axones de las neuronas de los núcleos sensitivo principal y espinal, ascienden en dirección al Tálamo, algunos se decusan en la línea media y ascienden conformando el Lemnisco Trigeminal, las que no decusan y siguen ipsilateralmente, conforman el Lemnisco Trigeminal Dorsal.

3ª Neurona:

Núcleo Ventral Lateral Posteromedial o arciforme del tálamo.

Los axones de estas neuronas talámicas ascienden por la cápsula interna hasta el giro postcentral de la corteza cerebral (áreas 1, 2 y 3), a las áreas más inferiores correspondientes a las zonas de la cara.

## SENSIBILIDAD PROPIOCEPTIVAS

Receptores:

Husos Neuromusculares y Terminaciones Capsulares ubicadas en los músculos masticatorios, Ligamentos Periodontales de los dientes y Periostio.

1ª Neurona:

Núcleo Mesencefálico del V par

Constituye una columna de neuronas bipolares sensitivas primarias en la porción lateral de la sustancia gris periacueductal.

Recibe sensibilidad propioceptiva de la región de la cabeza, es decir, conducen presión y cinestesia de los dientes, parodonto, paladar blando y cápsulas articulares, así como impulsos de los músculos masticatorios, músculos faciales y extraoculares.

Se relaciona con mecanismos que controlan la fuerza de la masticación.

2ª Neurona:

Núcleo Ventral Lateral Posteromedial o Arqueado del tálamo.

Los axones de estas neuronas talámicas ascienden por la cápsula interna hasta el giro postcentral de la corteza cerebral (áreas 1, 2 y 3), a las áreas más inferiores correspondientes a las zonas de la cara.

V Par o Nervio Trigémino:

Su función es transportar la Sensibilidad General del Rostro y la Cabeza (todo lo anterior al pabellón auricular); e inervar los músculos de la masticación.

Es el nervio craneal más grande y contiene fibras motoras y sensitivas.

Proporciona la inervación somatosensorial de los 2/3 anteriores de la cara y la inervación motora de ocho músculos branquiales, de los cuales cuatro son esenciales en la masticación.

El nervio trigémino esta formado por fibras que provienen de cuatro grupos nucleares:

Núcleo Espinal

Núcleo Sensitivo Principal

Núcleo Mesencefálico

Núcleo Motor

Su ganglio se denomina semilunar o trigeminal y es netamente sensitivo. Posee en su interior Neuronas Pseudomonopolares.

En el cráneo todos los ganglios son Parasimpáticos (por la disposición cráneo-sacral), excepto el ganglio trigeminal.

El Ganglio Trigeminal yace dentro de un saco de duramadre llamado caverna trigeminal (de Meckel) desde donde recibe sus 3 ramos:

Nervio Oftálmico (V1): Entra a la cavidad orbitaria por la fisura orbitaria superior. Contiene sólo fibras sensitivas.

Nervio Maxilar (V2): Entra al cráneo por el agujero redondo. Sólo contiene fibras sensitivas.

Nervio Mandibular (V3): Deja y Entra al cráneo por el agujero oval. Contiene fibras motoras y sensitivas

Inervación dada por el V par: Cada división inerva una zona específica de la cara, con pequeñas áreas de superposición de los dermatomas.

División Oftálmica	Sensitiva	Córnea Piel de la Frente Cuero Cabelludo Párpados Nariz Mucosa de los Senos Paranasales Cavidad Nasal	Fisura Orbitaria Superior
División Maxilar	Sensitiva	Piel sobre el maxilar Dientes del maxilar superior Mucosa Nasal Seno Maxilar Paladar	Agujero Redondo
División Mandibular	Sensitiva	Piel de la mejilla Mandíbula Dientes del Maxilar Inferior Articulación Temporo-Mandibular Mucosa de la boca Porción Anterior de la Lengua	Agujero Oval
	Motora	Músculos de la masticación Milohioideo Ventre Anterior del Digástrico Tensor del Velo del Paladar Tensor del Tímpano.	

#### COMPONENTE MOTOR

El componente motor esta formado por los axones de las motoneuronas ubicadas en el Núcleo Motor del Trigémimo.

## NÚCLEO MOTOR DEL TRIGÉMINO

Se encuentra en el tegmento lateral del puente, medialmente al núcleo sensitivo principal. Es el único núcleo del V par con funciones eferentes.

Los axones que emite se encuentran sólo en la división mandibular del Nervio Trigémino. Recibe aferencias de: Ambos hemisferios cerebrales mediante fibras corticonucleares, formación reticular, núcleo rojo, tectum, núcleo mesencefálico, constituyendo un arco reflejo monosináptico.

Los Receptores de esta vía son las Células neuroepiteliales, ubicadas en los corpúsculos gustativos. Para que capturen las sustancias químicas (sabores) es necesaria que sean disueltas en la saliva.

Los receptores dan fibras a diferentes ganglios, según la ubicación de estos: los ubicados delante de la V lingual (2/3 anteriores de la lengua) dan fibras al Ganglio Genuculado a través del Nervio Lingual. Los ubicados detrás de la V lingual (1/3 posterior de la lengua) dan fibras al Ganglio Inferior del IX par. Los ubicados en los pliegues glosopiglóticos y en la mucosa de la epiglotis dan fibras al Ganglio del X par.

### 2.2 Propiocepción dentaria

La actividad funcional del aparato masticatorio depende de la información propioceptiva del ligamento periodontal, la mucosa bucal, la oclusión dental y la articulación temporomandibular (ATM); posee, por lo tanto, un complejo control nervioso. Puede considerarse que la oclusión es el factor determinante del movimiento mandibular, ya que la forma como los dientes entran en contacto, representa un estímulo que será recogido por los propioceptores de la membrana periodontal, vinculado al sistema nervioso central y allí terminará por dar una respuesta neuromuscular, normal o patológica, según el tipo de estímulo, o sea, según el programa oclusal del paciente. Cuando se tocan interferencias oclusales, se presenta inhibición de la actividad refleja por la excitación desorganizada y prematura de los propioceptores de la membrana periodontal de los dientes afectados

Los dientes ocupan una posición estructural y funcional única; son estructuras que funcionan como parte del sistema musculoesquelético masticatorio, y desde el punto de vista de su capacidad neural, el diente posee una poderosa dotación nociceptiva que detecta cualquier posible daño de su estructura.

Los receptores que responden a estímulos mecánicos se denominan mecanoreceptores, en el área orofacial cumplen dos funciones principales: proveer información táctil sobre



la textura de los alimentos y transmitir información sensorial periférica necesaria para el control de las funciones motoras. La primera de estas funciones es muy importante en el gusto y en la determinación del momento adecuado para la deglución del bolo alimentario, mientras que la segunda es fundamental en el control de funciones tales como el habla, la masticación y la deglución; por lo tanto los mecanorreceptores desempeñan un papel esencial en la regulación de los movimientos mandibulares y de las fuerzas masticatorias.

Es necesario considerar a la mecanorrecepción periodontal como parte de un aparato sensitivo más amplio que incluye también la inervación del complejo dentinopulpar, gingival, de labios, mejillas y músculos (Byers y Nahri, 1999).

## 2. El ligamento periodontal y el aparato periodontal

El Ligamento Periodontal, llamado también membrana periodontal, desmodonto, periodonto, ligamento alveolo dental o gonfosis, formado por una delgada capa de tejido conectivo fibroso, la cual une al diente con el hueso alveolar.

Con el desarrollo de la raíz del diente se inicia la formación del ligamento, pero la estructura definitiva se adquiere una vez que el elemento dentario ocluye con su antagonista. El saco dentario provee el tejido mesenquimatoso que formará el ligamento periodontal. Primitivamente es un tejido laxo (alveolar) que se transforma más tarde en un tejido conectivo fibroso (denso) por un aumento de las fibras colágenas y una disminución de las células y vasos sanguíneos. Durante la etapa eruptiva prefuncional, las fibras no presentan una orientación definida, por eso se denomina membrana periodontal. Cuando el elemento dentario entra en oclusión las fibras de la membrana periodontal forman grupos bien definidos (llamados fibras principales), motivo por el cual esta estructura pasa a llamarse ligamento periodontal. Este se adapta al nuevo estado funcional con sus haces colágenos correctamente organizados; adquiere entonces una forma arquitectónica definitiva, aunque es objeto de continua remodelación.

Se encuentra ubicado en el Espacio Periodontal, entre: la porción radicular y el Hueso alveolar. A nivel del ápice dentario el conectivo periodontal se pone en contacto con el conectivo pulpar, mientras que en la parte superior se relaciona con el corion gingival. El ligamento al continuarse con el tejido pulpar y con el tejido conectivo de la encía y de la unión dentogingival, forma un conjunto estructural y funcional y por tanto un solo sistema biológico.

El ancho del ligamento periodontal varía notablemente de un individuo a otro, entre los distintos elementos dentarios y aún en las diferentes zonas del mismo diente. En general se acepta que su espesor oscila entre los 0,10 mm y 0,38 mm.

El espesor del ligamento periodontal disminuye con la edad (tiene un ancho promedio de 0,20 mm en individuos jóvenes y de 0,15 mm en personas mayores de 50 años), y aumenta con la función masticatoria, es más ancho en dientes funcionales y más delgado en dientes afuncionales o retenidos.

El ligamento periodontal presenta una alta densidad celular. Los elementos celulares que lo forman son muy heterogéneos, aunque predominan los fibroblastos, que representan el 20% del total. Se pueden distinguir los siguientes tipos de células:

- 1) Células formadoras: fibroblastos, cementoblastos y osteoblastos.
- 2) Células resorptivas: osteoclastos y cementoclastos.

3) Células defensivas: macrófagos, mastocitos y eosinófilos.

4) Células epiteliales de Malassez.

5) Células madres ectomesenquimáticas.

La síntesis y la degradación del colágeno se llevan a cabo por los fibroblastos. Se ha demostrado que existe un equilibrio fisiológico entre la elaboración y degradación de los componentes para conservar la estructura normal del ligamento. Este equilibrio suele alterarse con la edad, aunque el fibroblasto conserva un alto grado de actividad aún en individuos adultos.

En el ligamento periodontal se encuentran varios tipos de fibras: colágenas, reticulares, elásticas, oxitalánicas y de elaunina. Existen dos grupos de fibras: las fibras secundarias, que son las que están dispuestas desordenadamente entre las principales y el grupo de fibras principales, que son fibras de colágeno organizadas en haces o fascículos que se insertan en hueso y cemento respectivamente, tienen una orientación definida de acuerdo a distintas demandas funcionales. Soportan las fuerzas masticatorias transformando estas fuerzas en tensión sobre el hueso alveolar. Se dividen en los siguientes grupos:

a) grupo crestalveolar (u oblicuas ascendentes): sus fibras se extienden desde la cresta alveolar hasta justo por debajo de la unión cementoalveolar, y desaparecen cuando existe enfermedad periodontal. La función de este grupo es evitar los movimientos de extrusión.

b) grupo horizontal o de transición: se ubican por debajo del grupo anterior y corren en ángulo recto respecto al eje mayor de la raíz, desde el cemento hasta el hueso. La función de estas fibras es resistir las fuerzas laterales y horizontales con respecto al diente.

c) grupo oblicuo descendente: es el más numeroso del ligamento. Se dispone en dirección descendente desde el hueso hacia el cemento. Estas fibras son las más potentes y responsables de mantener al elemento dentario en su alveolo. La función de estos haces es soportar el grueso de las fuerzas masticatorias y evitar los movimientos de intrusión.

d) grupo apical: las fibras apicales irradian desde la zona del cemento que rodea el foramen apical hacia el fondo del alveolo. La porción del ligamento que se encuentra debajo del foramen apical está formada por fibras colágenas delgadas e irregulares, lo que permite la introducción del paquete vasculo nervioso hacia la pulpa dentaria, esta

zona se llama espacio indiferenciado de Black. La función del grupo apical es evitar los movimientos de literalidad y extrusión y amortiguar los de intrusión.

e) grupo interradicular: las fibras corren desde la cresta del tabique interradicular hacia el cemento, en forma de abanico. Su función es evitar los movimientos de literalidad y de rotación.

Las porciones de fibras principales que están incluidas en el hueso reciben el nombre de fibras de Sharpey, y las insertadas en el cemento se denominan fibras perforantes, retenidas o incluidas y corresponden a los haces de fibras extrínsecas del cemento.

La reacomodación de las fibras periodontales durante la etapa eruptiva prefuncional o en los movimientos ortodóncicos del diente, se debe al recambio metabólico a nivel macromolecular de las fibras, producida por los fibroblastos formadores y removedores que se ubican a ese nivel.

La función principal del ligamento periodontal es el sostén del diente dentro de su alveolo, y la amortiguación de las fuerzas de oclusión, que son distribuidas al hueso. Los tejidos del ligamento se adaptan y responden a distintas exigencias funcionales, ya sea fisiológicos o las ejercidas profesionalmente (ortodóncicas). Las fuerzas oclusales moderadas y de dirección axial son las mejores resistidas. Las fibras colágenas soportan muy bien las fuerzas de tracción. La adaptación funcional esta en relación directa de lato grado de remodelación de las fibras colágenas de los haces y, por lo tanto, a la actividad de los fibroblastos relacionados con dichas fibras. Se ha demostrado que la capacidad de adaptación del ligamento esta en relación con la altura del hueso alveolar, de manera que al disminuir la misma se reduce la resistencia a las fuerzas.

La función sensorial del ligamento es también sumamente importante. Los mecanorreceptores del ligamento periodontal pueden identificar las más pequeñas fuerzas que se apliquen en los dientes y, conjuntamente con los propioceptores de los tendones y músculos masticatorios, permiten la regulación apropiada de las fuerzas y movimientos de masticación.

### 3.1 Innervación

El ligamento periodontal esta ricamente innervado e irrigado, con un aporte linfático abundante.

Las estructuras vasculares y nerviosas están contenidas en el tejido intersticial del ligamento periodontal, que corresponde a porciones de tejido conectivo laxo que se encuentra entre los haces de fibras principales.

El plexo vascular es más evidente en las proximidades del hueso que hacia el cemento y presenta mayor desarrollo en el tercio apical y cervical que en el tercio medio, más del 50% del volumen vascular reside en el tercio apical y disminuye progresivamente hacia coronal (50,4% en la zona apical; 30,9% en la zona media y 18,7% en la zona coronaria). Las venas drenan la sangre por los vasos de dirección axial, principalmente hacia la zona periapical, también se ha descrito que el aporte sanguíneo periodontal es mayor en la región de los molares y a nivel de las superficies mesial y distal.

Los delgados vasos linfáticos tienden a seguir el recorrido venoso, llevando la linfa desde el ligamento hacia el hueso alveolar. La linfa de los tejidos periodontales es drenada hacia los ganglios linfáticos de la cabeza y cuello.

La inervación: Táctil, Presión, Dolor y propiocepción. Por medio de las vías del Nervio Trigémino (nervio maxilar superior o dentario inferior). Los pequeños nervios periodontales acompañan, en general, a los vasos sanguíneos. Hay nervios que corren ramificándose desde la región periapical hacia gingival, y otros que penetran a través de los forámenes de los tabiques del hueso alveolar. Desde el punto de vista estructural las fibras nerviosas pueden ser gruesas (mielínicas) o finas (con o sin mielina). Algunas de las fibras más pequeñas son autómatas y controlan los vasos sanguíneos, otras son sensoriales y aparentemente dan terminaciones libres que funcionan como receptores del dolor (nociceptores). Las fibras gruesas tienen terminaciones complejas, que son mecanorreceptores especializados (receptores del tacto y la presión), y propioceptores que le brindan información respecto de los movimientos y posiciones de los elementos dentarios durante la masticación y oclusión. Los mecanorreceptores más frecuentes y desarrollados del ligamento periodontal son los corpúsculos de Ruffini que en esta localización aparecen poco encapsulados.

### 3.2 Terminaciones sensitivas

Los receptores que responden a estímulos mecánicos se denominan mecanorreceptores. En el área orofacial cumplen dos funciones principales: proveer información táctil sobre la textura de los alimentos y transmitir información sensorial periférica necesaria para el control de las funciones motoras. La primera de éstas funciones es muy importante en el gusto y en la determinación del momento adecuado para la deglución del bolo alimenticio, mientras que la segunda es fundamental en el control de funciones tales como el habla, la masticación y la deglución; por lo tanto, los mecanorreceptores desempeñan un papel esencial en la regulación de los movimientos mandibulares y de las fuerzas masticatorias (Lindhe y Thorkild, 2000). Esto se evidencia cuando se anestesia

parcial o totalmente el territorio orofacial dificultándose el control de estas funciones motoras. A pesar de que la supresión de la mecanorrecepción periférica no impide la función motora, ésta se puede ver alterada permitiendo la ocurrencia, entre otras cosas, de mordeduras (Bradley, 1995).

La mayoría de la información disponible sobre la mecanorrecepción periodontal surge de estudios en animales, y muestra marcadas diferencias en los resultados obtenidos entre las distintas especies, resultando muy difícil extrapolar estos resultados a la mecanorrecepción en humanos. La anatomía de las piezas dentarias en los seres humanos y sus relaciones espaciales con los dientes vecinos y antagonistas es muy diferente a la que se observa en los animales estudiados hasta el momento (rata, conejo y gato), lo que se correlaciona con una mecánica masticatoria también diferente

#### TERMINACIONES NERVIOSAS DEL LIGAMENTO PERIODONTAL

Los haces de las fibras nerviosas del ligamento periodontal se encuentran principalmente en la vecindad de los vasos sanguíneos, corren a lo largo del eje mayor de la raíz y forman una red en todo su curso (Fukuda y Tazaki, 1994; Lambrichts et al., 1992). Las fibras amielínicas duplican en número a las fibras mielínicas). Las terminaciones de las fibras nerviosas del ligamento periodontal se clasifican en libres y especializadas (Maeda et al., 1999).

##### 1. Terminaciones nerviosas libres

Están distribuidas por todo el ligamento periodontal (Fukuda y Tazaki, 1994). Derivan principalmente de fibras amielínicas y tienen una cubierta parcial de células de Schwann con procesos digitiformes que se proyectan lejos en el tejido conjuntivo del ligamento periodontal que las rodea. Algunas fibras mielínicas de 3-6 micrómetros de diámetro pierden su vaina de mielina y forman terminaciones nerviosas libres lanceoladas, que contienen vesículas claras, sin contenido electrodenso, de 40 nm de diámetro, y algunas vesículas electro densas mayores, de 70-80 nm (Lambrichts et al., 1992)

##### 2. Terminaciones nerviosas especializadas:

###### A. Receptores Ruffiniformes:

1. Simples: Miden 5 -10 micrómetros y carecen totalmente de cápsula. Sus terminaciones nerviosas tienen muchas mitocondrias y vesículas pequeñas sin material electrodenso, y están unidas por desmosomas a las pequeñas células de Schwann que las rodean.

2. Compuestos: Miden 50 micrómetros y derivan de fibras mielínicas de 3-8 micrómetros de diámetro. Dentro del receptor las fibras pierden su vaina de mielina y se ramifican. Las ramificaciones presentan ensanchamientos con algunas vesículas y mitocondrias. Estas terminaciones nerviosas están rodeadas por células con un núcleo reniforme y son altamente endocitóticas. Algunos de estos receptores compuestos presentan una cápsula fibrosa incompleta, en cuya lámina basal se insertan numerosas fibras colágenas.

#### B. Corpúsculos lamelados:

Son terminaciones no encapsuladas, formadas por 2 a 5 lamelas extremadamente endocitóticas y en estrecho contacto entre sí.

Las relaciones entre la morfología y la función de estos receptores son todavía especulativas. Las terminaciones nerviosas libres, incluyendo a las lanceoladas, serían receptores para el dolor y la temperatura. Los receptores ruffiniformes son mecanorreceptores. Las terminaciones lameladas son similares a las que se observan en la encía humana, y serían equivalentes a corpúsculos de Paccini, aunque más pequeños. Se ha sugerido que podrían ser mecanorreceptores de adaptación rápida (Lambrichts et al., 1992), pero hasta ahora no se ha observado esta respuesta en los receptores periodontales humanos (Trulsson y Johansson, 2002)

### CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LOS MECANORRECEPTORES:

#### GENERALIDADES

Los mecanorreceptores se han clasificado de acuerdo a su respuesta durante las fases dinámica y estática de la aplicación de un estímulo. Se entiende por fase dinámica a la etapa durante la cual varía la intensidad del estímulo aplicado sobre el receptor, como por ejemplo al inicio o al final de la aplicación de una fuerza. La fase estática es aquella en la cual la intensidad del estímulo aplicado se mantiene constante

Los mecanorreceptores que sólo responden generando potenciales de acción en la fase dinámica se conocen como receptores de adaptación rápida (RA, *rapidly adapting receptors*), o receptores fásicos. Aquellos que responden en ambas fases son llamados receptores de adaptación lenta (SA, *slowly adapting receptors*), o receptores tónicos. En la piel humana, que se ha utilizado como modelo para el estudio de los mecanorreceptores, a estos dos tipos básicos (RA y SA) se los ha subdividido a su vez según las características de su campo receptivo. Los receptores de tipo uno tienen campos receptivos pequeños (3 a 5 mm de diámetro), bien circunscripto, y los de tipo dos presentan campos receptivos más extensos (media palma de la mano un dedo) y de

límites mal definidos.

Esta clasificación funcional se correlaciona con la clasificación morfológica. Los corpúsculos de Meissner son receptores RA I, los discos de Merckel son de tipo SA I, los corpúsculos de Ruffini son SA II y los corpúsculos de Paccini son de tipo RA II. Los receptores SA II generan potenciales de acción en forma espontánea, en ausencia de estímulos, y responden principalmente a tensiones ejercidas en una dirección determinada, es decir presentan sensibilidad direccional (Bradley, 1995).

### MECANORRECEPTORES PERIODONTALES

Los mecanorreceptores ubicados en el ligamento periodontal se estimulan ante la aplicación de fuerzas sobre los dientes, lo que ocurre cuando los dientes entran en contacto, cuando se interpone alimento entre ellos o cuando se los presiona con la lengua o los labios durante la masticación, deglución y fonación.

Los mecanorreceptores del ligamento periodontal en el ser humano son del tipo SA II, es decir, son receptores tónicos de adaptación lenta, que envían potenciales de acción durante la aplicación de la carga tanto en la fase dinámica como en la estática, y presentan campos receptivos amplios. Una población de estos receptores se caracteriza por ser de descarga espontánea, es decir, que generan potenciales de acción en ausencia de estímulos. Se los homologa a los corpúsculos de Ruffini ubicados en la piel (receptores ruffiniformes).

La mayoría de los que se observan en el ligamento periodontal carecen de todo tipo de cápsula, lo que indicaría que la interacción del receptor con las fibras colágenas no precisaría de una cápsula interpuesta. En el mecanismo de transducción de las fuerzas actuantes, colaborarían las proyecciones que presentan las terminaciones nerviosas que abrazan a los haces de fibras colágenas. (Lambrichts et al., 1992).

Los mecanorreceptores periodontales están asociados a fibras nerviosas mielínicas gruesas, de 1 a 15 micrómetros de diámetro y velocidad de conducción de 50 a 70 m/s, que corresponden mayoritariamente al grupo A-beta, relacionadas a la transmisión de la sensibilidad táctil y de presión (Guyton, 1997).

Por los estudios realizados en animales se sabe que los cuerpos neuronales de las fibras nerviosas provenientes de los mecanorreceptores periodontales y se encuentran en el núcleo mesencefálico y en el ganglio de Gasser. En los caninos de los gatos, los mecanorreceptores en los que se origina información que llega al núcleo mesencefálico se distribuyen del fulcrum hacia el ápice, estando más concentrados



alrededor de este último. En cambio, los receptores que transmiten información al ganglio de Gasser se distribuyen a lo largo del ligamento periodontal, concentrándose en la mitad de la longitud radicular (Bradley, 1995; Byers y Dong, 1989). No se han realizado estudios que confirmen estos datos en el ligamento periodontal de los seres humanos, pero esta característica parece estar conservada entre los mamíferos (Lazarov, 2002).

Una misma fibra nerviosa se ramifica en el ligamento periodontal para dar origen a numerosos receptores. Estos receptores se asocian a fibras colágenas que pueden tener distinta orientación en el ligamento periodontal. La tensión generada en este último puede afectar en forma diferente a cada uno de estos receptores, los cuales codifican la información que finalmente se integra en dicha fibra nerviosa. Esta información integrada y codificada es la que viaja al sistema nervioso central. Se puede considerar, entonces, a una unidad sensitiva periodontal (USP) como el conjunto de receptores periodontales que transmiten información por una misma fibra nerviosa aferente (basándose en el concepto de unidad sensitiva, Livingston, 1993).

El registro de la actividad eléctrica de los mecanorreceptores periodontales se realiza insertando microelectrodos en un nervio aferente al sistema nervioso central, por ejemplo, el nervio alveolar inferior, hasta tener la certeza de obtener el registro de una sola fibra nerviosa. Este registro corresponde a una unidad sensitiva periodontal (Trulsson y Johansson, 2002).

Los mecanorreceptores periodontales en humanos codifican los aspectos espaciales, temporales y de intensidad de las fuerzas que actúan sobre los dientes.

## ASPECTOS ESPACIALES DE LA CARGA DENTARIA

### Dientes anteriores

Las USPs tienen una amplia sensibilidad direccional. Responden a fuerzas aplicadas al diente receptor en dos a cuatro de las seis direcciones ortogonales: lingual, ves-tibular, mesial, distal, intrusión y extrusión. Debido a esto una USP aporta información ambigua sobre la dirección en que está siendo cargado un diente. La información sobre la dirección de la carga surge de la integración de la información aportada por una población de USPs. Alrededor de la mitad de las USPs responden a la carga de un grupo de dientes adyacentes (de 2 a 4 dientes), con máxima respuesta frente a la carga de uno de ellos. Esto se debería más que nada al acoplamiento mecánico entre dientes vecinos, dado por los puntos de contacto interdentes y las fibras colágenas transeptales más que a la ramificación de un aferente nervioso a varios dientes

(Trulsson y Johansson, 2002). Otros autores, en cambio, destacan que las terminaciones cervicales de las fibras nerviosas del ligamento periodontal se incorporan al grupo de fibras colágenas circulares de la encía, en donde se anastomosan con las fibras nerviosas de dientes adyacentes, a fin de contribuir a la inervación del diente y sus adyacencias (Terranova et al., 1993). Es decir, que el acoplamiento de dientes adyacentes sería primordialmente mecánico y también a través de fibras nerviosas.

El hecho de que los campos receptivos abarquen varios dientes no necesariamente disminuye la capacidad del sistema nervioso central para localizar un estímulo único ejercido sobre un diente en particular. Los campos receptivos periféricos superpuestos son una característica de todos los sistemas sensitivos y pueden mejorar la agudeza de las representaciones espaciales (Trulsson y Johansson, 2002).

#### Dientes posteriores

En el sector posterior de la arcada, el número de USP disminuye hacia distal, a pesar de la mayor área periodontal en los dientes posteriores, siendo el diente más sensible el primer premolar, luego el segundo y por último el primer molar (no hay datos sobre segundo y tercer molar). Todas las USPs registradas son de adaptación lenta y la mayoría de ellas presentan actividad espontánea. La proporción de USPs con descarga espontánea decrece hacia distal de la arcada. Aproximadamente la mitad de las USPs en el sector posterior transmiten información de varios dientes.

Todas las piezas posteriores muestran campos receptivos amplios con capacidad de responder a fuerzas en dos a cuatro de las seis direcciones ortogonales. En el plano horizontal los premolares no muestran una dirección preferida, pero los primeros molares muestran una fuerte sensibilidad direccional con respecto a las fuerzas de dirección distolingual. En el plano vertical la sensibilidad por las fuerzas intrusivas es mayor que para las extrusivas pero decrece marcadamente hacia distal. Esto se debe a que existe un menor número de USPs que inervan cada diente, a que se activan una proporción menor de las mismas frente a las cargas intrusivas, y a que aquellas que se activan descargan con menor frecuencia (Johnsen y Trulsson, 2003)

### ASPECTOS RELACIONADOS A LA INTENSIDAD DE LA CARGA DENTARIA

#### Dientes anteriores

Cuando se grafica la respuesta de las USPs (frecuencia de los potenciales de acción) en la fase estática en función de la fuerza aplicada se observan dos comportamientos (Trulsson y Johansson, 2002).

1) Hiperbólico: siendo directamente proporcional hasta que el estímulo alcanza una intensidad aproximada de 1,2 N, Y luego por encima de este valor la sensibilidad decrece paulatinamente. Estos receptores tienen una sensibilidad óptima por debajo de 1,2N y son aproximadamente el 75% de los mecanorreceptores periodontales. No informan de cambios en la intensidad del estímulo por encima de este valor.

2) Lineal: con una relación estímulo-respuesta directamente proporcional, con menor pendiente que los del grupo anterior, siguen codificando eficientemente fuerzas que alcanzan hasta los 22N.

Si analizamos la función de los dientes anteriores durante la masticación, podemos considerar dos situaciones con fines diferentes: sostener el alimento y cortarlo. Las fuerzas necesarias para sostener el alimento entre los dientes son generalmente menores a 1,2 N (para sostener un maní es de 0,6 N) mientras que para cortarlo se necesitan fuerzas mayores (9 N para partir una galleta y 18 N para un maní). Los receptores involucrados en la regulación de la función de sostener un alimento entre los dientes durante el ciclo masticatorio son los de comportamiento hiperbólico, con máxima capacidad discriminativa en el rango de fuerzas de 0 a 1,2 N. Por otro lado los receptores involucrados en regular la función de cortar el alimento son los que presentan un comportamiento lineal respondiendo efectivamente hasta los 22 N, pero con menor capacidad discriminativa frente a fuerzas de baja intensidad. La información que llega al sistema nervioso central a partir de estas USPs es esencial para regular la fuerza con la cual sostenemos o cortamos un alimento (Trulsson y Johansson, 2002).

Dientes posteriores:

En general los dientes posteriores son menos sensibles a las cargas que los dientes anteriores. Durante cada ciclo masticatorio, las USPs pueden proveer información sobre las propiedades mecánicas de los alimentos, poco después del contacto con los dientes, la que puede usarse para graduar el aumento de la fuerza muscular en la siguiente fase de potencia. (Johnsen y Trulsson, 2004). Estos conceptos parecen lógicos debido a que en el sector posterior se ejerce una mayor fuerza masticatoria y se requiere una menor sensibilidad

Al igual que en el sector anterior, en el sector posterior, la amplia mayoría de las USPs muestran un comportamiento hiperbólico en la relación entre frecuencia de descarga e intensidad de la fuerza aplicada sobre los dientes, con una marcada tendencia a la saturación (adaptación del receptor). Una minoría de las USPs muestran un comportamiento lineal, esto indica que las frecuencias de descarga de la mayoría de las

USPs se incrementan rápidamente al contacto inicial con los alimentos y continúan descargando mientras el diente recibe fuerzas. Sin embargo debido a una marcada tendencia a la saturación, la mayoría de las USPs que presentan un comportamiento hiperbólico codifican pobremente la magnitud de las intensas fuerzas de la masticación. Esto último sí lo pueden hacer la minoría de fibras con comportamiento lineal

De lo expuesto anteriormente se puede deducir que hay una correlación entre el perfil de sensibilidad de los dientes anteriores y posteriores y las funciones particulares que realizan cada uno de estos grupos dentarios. Los dientes anteriores están involucrados en el sostén y corte del alimento, por lo que requieren una mayor sensibilidad, mientras que los posteriores, adaptados a la trituración, y realizan una mayor fuerza durante su función. La ausencia de aferencias sensoriales a partir de los mecanorreceptores periodontales resulta en un control distorsionado de los movimientos masticatorios. Es así que se plantea un papel predictivo de la mecanorrecepción periodontal en la progresión de los movimientos masticatorios.

## 4.Importancia clínica de la propiocepción dentaria

### 4.1 En condiciones de normalidad

El paciente dentado posee ligamento periodontal que desempeña diversas funciones como la fijación del diente al hueso alveolar, la capacidad de alcanzar y mantener al diente en su posición funcional, la formación, mantenimiento y reparación del hueso y el cemento, reduce la magnitud de la carga crestal que generan las cargas verticales y la más importante para nuestra revisión, la propiocepción que proporcionan sus mecanorreceptores.

Los mecanorreceptores periodontales poseen sensibilidad direccional, es decir, responden de forma máxima al aplicar una fuerza en una dirección determinada en la corona de un diente. Estos mecanorreceptores pertenecen al grupo de fibras A $\beta$ , de ahí su velocidad de conducción. Los mecanorreceptores forman campos receptivos, ya que los dientes están en contacto a través de la corona, y con las fibras transeptales.

La respuesta de los mecanorreceptores periodontales puede variar desde las fibras de adaptación lenta a las de adaptación rápida. Esta característica de la respuesta de adaptación depende de la posición de la terminación nerviosa respecto de la carga. Los distintos tipos de receptores son: de adaptación rápida, de adaptación intermedia, de adaptación lenta

Los receptores de adaptación lenta y rápida trabajan juntos durante la masticación permitiendo mantener y aplastar la comida, protegiendo a los dientes de una presión excesiva. Los receptores de adaptación lenta envían información para facilitar la masticación, y los de adaptación rápida envían información inhibitoria para evitar el daño ante alimentos duros.

Las fibras de adaptación lenta son también llamadas fibras de Merkel y en la boca se encuentran preferentemente en la encía, en el paladar duro, y en la mucosa bucal. Contienen numerosos gránulos en los órganos de Golgi, y tienen como función el reconocimiento del tamaño y la textura de las partículas durante la masticación

Histológicamente, se han podido estudiar en algunos casos las terminaciones nerviosas libres y parece que las terminaciones de los mecanorreceptores son similares a los cuerpos de Ruffini, y poseen muchas mitocondrias en los extremos amielínicos de los nervios mielínicos.

Los cuerpos de Ruffini (también de adaptación lenta) son mecanorreceptores formados por fibras terminales no encapsuladas que se encuentra en el ligamento periodontal a nivel del fulcro, en la ATM y en el periostio, y proporciona información de la posición de la mandíbula y la fuerza que aplicar durante la masticación y al tragar. (Ver para referencias JACOB, 2006).

Las terminaciones nerviosas encapsuladas son los llamados corpúsculos de Meissner. Son receptores de adaptación rápida. Estos se encuentran en el labio, en el paladar anterior, en la encía, y en las papilas fungiformes del dorso de la lengua, e intervienen en el feedback regulando la masticación, así como en la función muscular durante el habla.

Gracias a todos estos mecanorreceptores, el paciente dentado posee capacidad discriminativa, sensitiva de información cenestésica (sensación de posición, movimiento y carga), ya que estos receptores son estimulados, por ejemplo al ocluir, al interponerse cualquier objeto entre los dientes, y transmiten este estímulo mediante impulsos nerviosos al sistema nervioso central, donde pasa por la protuberancia, las vías talámicas, y llega a la corteza cerebral, y se hace consciente.

La pérdida del ligamento periodontal influye en la mecanorrecepción y por lo tanto en el control de la mandíbula: la función y la precisión de magnitud, dirección y la tasa de aplicación de la carga oclusal (ver para referencias Grieznis, 2010)

Los receptores de los nervios del ligamento periodontal se supone que son esenciales para la función táctil oral. Parece que son responsables de la sensibilidad táctil activa, es decir, la capacidad discriminativa para detectar espesor oclusal, mientras que la sensibilidad táctil pasiva, es decir, el umbral de detección de presión, así como los reflejos inhibitorios parece ser dependiente en la presencia de receptores periodontales. Por lo tanto, en pacientes con parcial o pérdida completa de los dientes y, consecuentemente, la pérdida del ligamento periodontal en el área respectiva, se produce una reducción de sensibilidad táctil activa y pasiva. (Mericske-Stern 1995).

El diente al constar del elemento amortiguador que es el ligamento periodontal, tiene un carácter resiliente ante las fuerzas oclusales, de modo que puede compensar el estrés oclusal mediante pequeños movimientos que se han cifrado entre las 200 y las 300 micras ante fuerzas masticatorias fisiológicas. El implante, por el contrario, carece de ligamento periodontal. Se habla de una serie de fibras que, durante la fase de osteointegración, rodean al implante y se insertan en el hueso, un «pseudoperiodonto», y en algún momento se llegó a pensar que los implantes presentaban una cierta

movilidad merced a estos fenómenos, pero finalmente se ha visto que dichas fibras no pueden considerarse ni mucho menos como un sustituto del ligamento periodontal y, en consecuencia, las fuerzas originadas por el implante ante el hueso sólo pueden considerarse de compresión y cizallamiento (Hernandez 2005).

Después de los 80 años de edad, la capacidad de diferenciar los estímulos táctiles y vibratorios en los labios se reduce y la discriminación de dos puntos se deteriora en el labio superior, en las mejillas y en el labio inferior, pero no en la lengua y el paladar

No hay un efecto de género marcada en la capacidad o función estereognósica vibrotáctil. Los sistemas sensoriales táctiles de los hombres y las mujeres parecen operar de manera similar, tanto a nivel de umbral y por encima del umbral de estimulación. Sin embargo, las mujeres parecen tener mayor capacidad de discernir cambios sutiles en la posición de los labios, las mejillas y la barbilla que los hombres (ver para referencias JACOBS, 2006)

#### 4.2 Implantes

COMPARACIÓN ENTRE DIENTE E IMPLANTE		
	DIENTE	IMPLANTE
Unión	Ligamento periodontal	Oseointegración (Branemark 1977)  Anquilosis (Schroeder 1976)
Propiocepción	Mecanorreceptores periodontales	Oseopercepción
Sensibilidad táctil (Mericske-Stern et al 1995)	Alta	Baja
Movilidad axial (Sekine 1986, Schulte 1995)	25-100µm	3-5 µm
Fases de movimiento (Sekine 1986)	Dos fases: -Primario: No lineal y complejo -Secundario: lineal y elástica.	Una fase. Lineal y elástica

Patrones de movimiento (Schulte 1995)	Primario: movimiento inmediato Secundario: movimiento gradual	Movimiento gradual
Fulcro a las fuerzas laterales	Tercio apical de la raíz	Hueso crestal (Sekine 1986)
Características de la carga	Función amortiguadora Distribución de las tensiones	El estrés se concentra en el hueso crestal.
Signos de la sobrecarga	Engrosamiento del ligamento periodontal, movilidad, dolor	Aflojamiento o fractura del tornillo; fractura del pilar o de la prótesis; pérdida de hueso; fractura del implante

(Ver para referencias Kim 2004)

Después de la extracción de los dientes, el contenido de fibra mielínica del nervio dentario inferior se reduce en un 20%. Este hallazgo indica que las fibras que inervan originalmente el diente y el ligamento periodontal aún están presentes en el nervio dentario inferior. No obstante, la mayoría de las neuronas supervivientes mecanorreceptoras representados en el núcleo mesencefálico puede perder algo de funcionalidad, esta evidencia histológica indica que puede haber algo de reinervación alrededor de los implantes osteointegrados. De hecho, se ha demostrado que los implantes endoóseos puede conducir a la degeneración de las fibras nerviosas circundante por un trauma quirúrgico (ver para referencias JACOBS, 2006)

Existen nuevas fibras que se observa y el número de terminaciones nerviosas libres cerca de la interfase hueso-implante aumenta gradualmente durante las primeras semanas de curación. Por otro lado, mecanorreceptores existentes en el periostio también pueden desempeñar un papel en la función de la estimulación táctil del implante (ver para referencias JACOBS, 2006)

En comparación con la función táctil de la dentadura natural, el límite activo es de siete a ocho veces mayor para las dentaduras postizas, pero sólo tres a cinco veces mayor para los implantes. Las grandes discrepancias entre los umbrales activos y pasivos pueden explicarse por el hecho de que varios grupos de receptores pueden responder a la prueba activa, mientras que el método pasivo, activa selectivamente los receptores del



ligamento periodontal. Este último se eliminan después de la extracción, lo que puede explicar la reducción de la función táctil en pacientes desdentados (ver para referencias JACOBS, 2006)

El estudio de la propiocepción en implantoprótesis lleva inquietando desde hace años a numerosos autores. A continuación haremos un repaso de los estudios que han realizado dichos autores.

Reinhilde J. en 1993 llega a la conclusión en su estudio, de que hay una reducción de la función táctil de los implantes orales en comparación con los dientes. El nivel reportado del umbral pasivo para los implantes orales fue aproximadamente 50 veces mayor que la de los dientes. La función sensorial del implante podría explicarse por la activación de los mecanorreceptores del periostio a través de la deformación del hueso. Clínicamente, estos resultados implican que las cargas pequeñas encontradas durante la función oral podrían no ser rápidamente percibido por los pacientes con prótesis implantosoportadas.

En 1995, Schulte realizó una comparativa entre la morfología y la función del diente y del implante, concluyendo que los implantes no pueden igualar la sensibilidad táctil de los dientes en cargas de oclusión, es decir en la fase de la movilidad primaria del diente, durante la cual únicamente se deforman las partes blandas del periodonto. Esto no es posible, ya que carecen de ligamento periodontal, y su umbral de sensación es significativamente mayor.

Hämmerle, también en 1995, quiso determinar el umbral de percepción táctil de los implantes, y evaluar la diferencia relativa entre los implantes y los dientes. Para ello, veintidós personas con coronas unitarias sobre implantes, se sometieron al estudio mediante un calibrador de tensión que se colocó en un atacador de amalgama. Se ejerció una fuerza continuamente creciente hasta que el paciente indicó la primera sensación táctil, obteniendo que el umbral de los implantes se encuentra en un rango entre 13,2 g y 189,4 g, y el de los dientes entre 1,2 g y 26,2 g, es decir, el umbral de los implantes fue 8,75 veces mas alto que para los dientes.

En 1995, Weiner enunció que la función mandibular mejora significativamente en los pacientes con prótesis completa implantosoportada, ya que existe la posibilidad de que los elementos axonales residuales en la región periimplantaria puedan tener una función propioceptiva. En este estudio utilizó la inmunohistoquímica con un neurofilamento como marcador, para explorar la región periimplantaria en busca de elementos axonales en un total de 12 implantes en perro, en los cuales encontraron dos o tres sitios

marcados, por sección, en la región periimplantaria, aunque concluyó que debían estudiarse más ampliamente antes de confirmar su papel en la propiocepción.

Keller y Hämmerle, un año después, quisieron estudiar si este umbral de percepción variaba durante los meses de osteointegración. Para ello, midieron estos umbrales a la semana y después de haber transcurrido 1, 2 y 3 meses, esta vez con un aparato electrónico con un calibrador semiconductor, concluyendo que el umbral de percepción táctil de los implantes no se ve afectado por la cicatrización de hueso y del tejido blando que ocurre durante el tiempo de osteointegración, ya que los valores medios fueron respectivamente 160,2 g, 133,4 g, 147,9 g, 146 g, y no difieren significativamente uno del otro y que el umbral de percepción de la presión fue más de 10 veces mayor para los implantes que para los dientes naturales en todos los tiempos de observación

En 1997, Mattes y cols. estudiaron el tiempo de reacción de los dientes y los implantes intraóseos. Aplicaron distintas presiones (débil y fuerte) a los implantes y los dientes, y los pacientes debían responder manualmente cuando detectaran dichas presiones. El intervalo de tiempo entre el comienzo de la presión y el comienzo de la respuesta manual indicaba el tiempo de reacción. El tiempo fue ligeramente mayor en los implantes, por lo que concluyeron que los pacientes con implantes conservan casi intacta la habilidad para detectar cambios en la boca, por lo que es improbable que esta ligera diferencia disminuya la eficacia de los reflejos protectores de la masticación.

Fue en 1999, cuando Klineberg y cols. Realizaron una gran revisión bibliográfica para explicar porque los pacientes con restauraciones implantosoportadas mejoran las capacidades sensitivas y motoras en comparación con aquellos pacientes que presentan las prótesis completas. Ello es posible por la percepción ósea, con la cual el paciente con restauraciones implantosoportadas, obtiene la percepción de la posición y velocidad de la mandíbula, y de las fuerzas generadas por los músculos en ausencia de mecanorreceptores del periodonto, gracias a los mecanorreceptores de la ATM, de los músculos, de la piel, de la mucosa y del periostio. Todos estos mecanorreceptores aportan una información sensorial en relación a los contactos entre los implantes y la mandíbula.

El-Sheikh en 2004, realizó un estudio en el cual El objetivo fue medir la sensibilidad pasiva táctil en los sujetos edéntulos totales tratados con implantes dentales, utilizando fuerzas de empuje aplicada directamente y perpendicularmente a los ejes longitudinales de los pilares de los implantes. Las variables fueron: edad, sexo, tiempo desde la colocación del implante, longitud de los implantes y su separación. La conclusión fue

que no había ninguna relación entre la sensibilidad táctil pasiva y el tema de la edad y el tiempo desde la colocación del implante. Se sabe que hay nervios residuales en el hueso después de la cirugía y que no hay regeneración del nervio en el área alrededor de un implante. En consecuencia, se puede pensar que los implantes largos pueden estar asociados con valores más bajos de umbral de sensibilidad táctil pasiva que los cortos, ya que se podría esperar que se encuentran más cerca de un mayor número de terminaciones nerviosas, aunque en este estudio no se pudo demostrar dicha asociación. Weiner en el 2004 realizó un estudio en 3 perros. 3 premolares fueron extraídos en la mandíbula y 2 implantes de titanio se colocaron, se permite su osteointegración durante 3 meses, y se comprueba la respuesta a la fuerza de vibración de en dos umbrales diferentes. El umbral para las fuerzas aplicadas es significativamente mayor para los implantes. Sin embargo, estas diferencias de percepción se redujeron en niveles de fuerza por encima del umbral. Llegaron a la conclusión de que algunos mecanismos sensoriales están presentes en la zona peri-implante, éstos, sin embargo, no han sido adecuadamente caracterizados.

Enkling en 2006 estudio la sensibilidad táctil entre los implantes dentales que se oponen a los dientes naturales y los comparo con la sensibilidad táctil de pares de dientes naturales en el lado contralateral en la misma boca (comparación intraindividual), en 62 individuos. Se les pidió a morder tiras estrechas de lámina de cobre que varían en espesor (5-200 mm) y vio si fueron o no capaces de identificar un cuerpo extraño entre los dientes (sensibilidad táctil activa). Se demostró que la sensibilidad táctil activa de implantes unitarios, tanto en la parte anterior como en la región posterior de la boca, en combinación con un diente opuesto natural es similar a la de los pares de dientes naturales opuestos, por lo tanto, los implantes podría integrarse en la propiocepción de la boca.

Wayne en 2010, estudio sobre la discriminación sensorial de los dientes y restauraciones implantosoportadas y apoya la idea de que los individuos con restauraciones implantosoportadas, ya sea los que sustituyen a dientes individuales, segmentos de la dentición, o a la dentición completa, funcionan de manera similar a sujetos con dentición natural. Mientras que algunas diferencias fueron observadas en las respuestas cualitativas, y el umbral de las respuestas sensoriales es mayor para los pacientes con restauraciones implantosoportadas, estas diferencias no parecen tener un impacto significativo en el discurso y la masticación. Los resultados de este estudio también sugieren que, aunque hay diferencias en las respuestas sensoriales asociadas

con restauraciones implantoportadas y los dientes naturales, estas diferencias se hacen más pequeñas cuando las fuerzas vibratorias se incrementan.

La mayoría de los autores reconocen que los estímulos mecánicos aplicados a los implantes endoóseos puede ser percibidos, a estos fenómenos sensoriales se los llama oseopercepción. Su existencia implica tanto una vía neural y una proyección cortical de la información sensorial. Las proyecciones corticales se pueden grabar y se determinaron utilizando los potenciales evocados somatosensoriales, evocadas por la estimulación del trigémino nervios aferentes, han sido objeto de varios estudios experimentales, pero el método, raramente ha sido aplicado en la práctica clínica, ya que en la región craneofacial se entremezclan varias terminaciones nerviosas que podría provocar espasmos de la musculatura facial durante la estimulación en la zona del trigémino. (Ver para referencias Van Loven K. 2000).

Por lo tanto la Oseopercepción se definirá como la mecanorrecepción en ausencia de mecanorreceptores periodontales y se deriva de: la ATM, el músculo cutáneo, mucosa del periostio, y constará de mecanorreceptores que proporcionan información mecanosensorial para la sensibilidad en relación con la función de la mandíbula y el contactos de los dientes artificiales. El mecanismo sensorial en oseopercepción es cualitativamente diferente de la de los dientes naturales (ver para referencias Grieznis, 2010).

Ya en 1992 Lutidqvist dijo que en los pacientes tratados con prótesis soportadas por implantes el nivel umbral oclusal de sensibilidad táctil, indirectamente mejora en otros órganos de percepción, tales como la ATM y los músculos de la mandíbula, compensar en parte la falta de receptores periodontales.

Abarca et al. (2006) también postula que la extracción de los dientes es la perdida parcial de los reflejos protectores de los músculos de la masticación que impiden a una lesión traumática en la oclusión; que los receptores del ligamento periodontal juegan un papel en el control de la masticación y de la actividad muscular, pero que esta no es la única vía. Los receptores de la pulpa, mucosa oral, músculos, tendones y articulaciones también juegan un papel en el control de esta actividad.

Algunos han planteado la hipótesis de que receptores de la mucosa y periostio podrían sustituir a los del ligamento periodontal. Sin embargo, mientras que la mucosa y receptores periostio están presentes en todos los pacientes desdentados, las capacidades perceptivas de los sujetos con restauraciones implantoportadas son significativamente superiores a los de las prótesis removibles, para responder a cual puede ser la diferencia

algunos estudios han demostrado la existencia de fibras nerviosas que rodean implantes, incluso que estas se multiplican por dos, si el implante es cargado. Sin embargo, aunque estos resultados son impresionantes, el significado funcional de estas fibras, en particular, su capacidad para mediar la información propioceptiva acerca de las fuerzas oclusales, es desconocida. La presencia de tales fibras en la región periimplantaria sugieren que cuando el implante es cargado, las fuerzas que se transmiten directamente al hueso pueden ser de magnitud suficiente para producir respuestas de las terminaciones nerviosas libres presentes en el tejido conjuntivo y hueso en el área peri-implante (ver para referencias Weiner, 2004).

Taylor, 2005 también sostuvo que la presencia de los nervios propioceptivos terminaciones en el periostio, los músculos de la masticación, mucosa bucal, y de las articulaciones temporomandibulares puede de alguna manera compensar los perdidos por la falta ligamento periodontal.

El fenómeno de la sensibilidad pasiva táctil y su comparación con la sensibilidad de los dientes naturales, como hemos visto ha sido estudiado por varios grupos, y se ha planteado la hipótesis de que un número de factores diferentes influye la percepción táctil. Entre ellas se encuentran la duración del estímulo ejercida, la velocidad de aplicación y la dirección de las fuerzas, y la fatiga sensorial. (Ver para referencias El-Sheikh 2004). En los estudios de sensibilidad, otros factores, tales como la edad y el género, han demostrado tener un efecto en los resultados, otros factores que también podrían afectar la sensibilidad táctil o oseopercepcion de los incluyen el momento de la implantación, la prótesis período de función, y las propiedades del implante: la superficie del implante y la geometría del implante, es decir, la longitud y el diámetro del implante y la cantidad de hueso unido al implante. (Ver para referencias Enkling 2006)

Un fenómeno interesante con respecto a la integración sensorio-motora de los implantes osteointegrados, puede ser el diente llamado “fantasma” (después de la extracción), o del miembro fantasma (después de la amputación), que consiste en la percepción de partes del cuerpo perdidas. De hecho, se podría suponer que tal sensación fantasma de la extremidad perdida puede superponerse con o hacer cumplir la sensación de un miembro de hueso anclado a la prótesis De esta manera, las sensaciones fantasma podría contribuir a la integración fisiológica de un implanten el cuerpo humano (ver para referencias JACOBS, 2006)

Como hemos descrito anteriormente, se da por sentado entonces que existen mecanorreceptores en la ATM, en los labios, en los músculos, receptores en la piel, en la mucosa y en el periostio que pueden compensar en gran medida la pérdida del ligamento periodontal, para poder entender su funcionamiento vamos a explicarlos brevemente:

-Mecanorreceptores de la ATM: Son de adaptación lenta, y podrían proporcionar información sobre la posición y el movimiento de la mandíbula.

-Mecanorreceptores en los músculos: existen dos tipos: por un lado, los órganos de Golgi de los tendones, que son de adaptación lenta, y proporcionan información detallada sobre la magnitud de contracción de los músculos, y desempeña un papel muy importante en la sensación de la tensión intramuscular durante la contracción voluntaria, por ejemplo al masticar; por otro lado, los husos musculares, que son los más complejos receptores somatosensoriales, y aportan información detallada de la longitud de los músculos y de los posibles cambios, y pueden proporcionar información de la posición y movimiento de la mandíbula.

-Mecanorreceptores cutáneos: se piensa que los que se encuentran en la piel próxima a la ATM y podrían enviar información al SNC durante los movimientos mandibulares. Otros mecanorreceptores cutáneos son los de la piel de la zona infraorbitaria y los mecanorreceptores mucosos de dicha zona, y los linguales, que proporcionan información sobre el control de los músculos faciales. Estos mecanorreceptores, por sus propiedades, también pueden enviar información al SNC sobre la posición y el movimiento mandibular.

-Mecanorreceptores mucosos: Cuando una prótesis implantosoportada tiene como antagonista una prótesis completa, la mucosa subyacente de esta, así como la mucosa adyacente a los implantes, pueden contribuir a la percepción. Estos receptores, así como los cutáneos no están electrofisiológicamente caracterizados; sin embargo, probablemente puedan contribuir a valorar la velocidad y posición de la mandíbula tanto al contacto de los dientes, así como establecer la fuerza de contracción mediante su activación debajo de las prótesis completas.

-Mecanorreceptores del periostio: no existen estudios suficientes para determinar su potencial papel en la propiocepción.

El sistema nervioso central tiene dos maneras de obtener información proveniente de los miembros y músculos:

-Registrando el movimiento mandibular mediante los nervios implicados en el movimiento de los músculos.

-Registrando la información de los mecanorreceptores anteriormente estudiados que se activan cuando la mandíbula se mueve.

Una vez registrada la información aportada por ambos medios "nerviosos" de información, se observó que los pacientes con prótesis sobre implantes mejoraron su sensibilidad y función motora mandibular en comparación con aquellos pacientes con prótesis completas mucosoportadas, que presentaron medidas menores de capacidad sensitiva. Las prótesis convencionales no tienen suficiente información sensorial para restaurar las vías necesarias naturales de retroalimentación para la función motora. Los mecanismos de retroalimentación periféricos son más limitados, como la función de los mecanorreceptores mucosa es menos eficiente que la función del ligamento periodontal (ver para referencias JACOBS, 2006)

Cuando se extraen dientes, el nervio no pierde su función y muchas sensaciones quedan recogidas en el núcleo mesencefálico trigémino pero desde un punto de vista eléctrico, no mecánico; es decir, este núcleo recoge la señal eléctrica transmitida por el nervio, pero no origina una respuesta mecánica a tal estímulo nervioso. Esto es lo que va a contribuir en la percepción en los pacientes desdentados.

Parece que, según los resultados, la pérdida de algún diente no implica la pérdida de sensibilidad puesto que esa función es suplida por otros receptores periféricos que aportan a la prótesis la información necesaria para continuar con su capacidad sensitiva. En el año 2000, Van Loven y cols. estudiaron las sensaciones y la respuesta somatosensorial del trigémino en pacientes estimulados eléctricamente en los implantes. Se estimuló eléctricamente a 15 pacientes con implantes y de esta manera, se evocó la sensación de mordida para que fuese experimentada por ellos. Se midió esta sensación y su respuesta. Algunas veces la sensación fue localizada en el hueso y un paciente (el número 7), notó una sensación de cosquilleo que cesó al cesar la aplicación del estímulo. En 10 de los 15 pacientes se observaron variaciones de los gráficos:

- En 5 pacientes no se obtuvieron medidas
- En 9 pacientes se observó muchísima actividad del trigémino.

Como conclusión del estudio, afirmaron que la estimulación eléctrica en los implantes produce una mayor actividad en el trigémino que en aquellos pacientes que no poseen implantes, que la estimulación eléctrica es un buen método de estudio, puesto que evita las aferencias miogénicas, y con anestesia local, la de la mucosa. La existencia de

terminaciones nerviosas libres en la interfase diente implante abre un gran campo de posibilidades.

Estos son los estudios mas representativos por los que podemos afirmar que los pacientes con implantes poseen mayor umbral de percepción al carecer de mecanorreceptores del periodonto, pero que existen otros receptores que en gran medida compensan esta pérdida. Además, existe la necesidad de estudiar más profundamente la existencia de terminaciones nerviosas libres adyacentes al implante.

Una vez que hemos conocido las limitaciones de los implantes, pero a su vez, la existencia de numerosos mecanismos de compensación, es necesario saber qué tipo de prótesis sobre implantes favorece la propiocepción de los pacientes.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca M., Van Steenberghe D., Malevez C., Jacobs R. 2006. The neurophysiology of osseointegrated oral implants. A clinically underestimated aspect. *Journal of Oral Rehabilitation*. 33; 161–169.
2. Bradley RM. 1995. *Essentials of Oral Physiology*. Ed. Mosby, St. Louis.
3. C. L. Kimberly, M.R. Byers. 1988. Inflammation of rat molar pulp and periodontium causes increased calcitonin gene-related peptide and axonal sprouting. *The anatomical record*. 222: 289-300.
4. El-Sheikh Ali M., Hobkirk John A., Howell Peter G. T., and Gilthorpe Mark S. 2004. Passive tactile sensibility in edentulous subjects treated with dental implants: A pilot study. *J Prosthet Dent* 2004; 91:26-32.
5. Enkling N., Nicolay C., Heinz Utz k., Jo'hren P., Wahl G., Mericske-Stern R. 2007. Tactile sensibility of single-tooth implants and natural teeth. *Clin. Oral Impl. Res.* 18: 231–236.
6. Gartner J.L., Mushimoto K., Weber H-P., Nishimura I. 2000. Effect of osseointegrated implants on the coordination of masticatory muscles: A pilot study. *J Prosthet Dent*. 84:185-93.
7. Grieznis L., Apse P., Blumfelds L. 2010. Passive tactile sensibility of teeth and osseointegrated dental implants in the maxilla. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxilofacial Journal*, 12:80-6.
8. Gómez de Ferraris M.E., Campos Muñoz A. 2002. *Histología y embriología bucodental Edición 2*, Editorial Médica Panamericana.
9. Guyton AC y Hall JE. 1997. *Tratado de Fisiología Médica*. Ed. McGraw-Hill Interamericana, México.
10. Hammerle C.H.F., Glauser Roland . 2000. Clinical evaluation of dental implant treatment. *Periodontology*. Vol. 34, 2004, 230-239
11. Hammerle C.H.F., Wagner D., Bragger U., Lussi A., Karayiannis a., Joss A., Lang N.P. 1995. threshold of tactile sensitivity perceived with dental endosseous implants and natural teeth. *Clin Oral Implant Res*: 6:83.90.
12. Hernandez G., Ferrus J., Bascones A.2005. Ferulizaciones diente implante. *Av Periodon Implantol*.17; 3: 165-174.

13. JACOBS R., VAN STEENBERGHE D. 2006. From osseoperception to implant-mediated sensory-motor interactions and related clinical implications. *Journal of Oral Rehabilitation*. 33; 4: 282–292.
14. Jang kS., KIM Y.S. 2001. Comparison of oral sensory function in complete denture and implant-supported prosthesis wearers. *Journal of Oral Rehabilitation*. 28; 220-225.
15. keller D., Hammerle C.H.F., Lang N.P.1996. Threshold for tactile sensivity perceived with dental implant remain unchanged during a healing phase of 3 months. *Clin Oral Implant Res*:7:48-54.
16. Kim Y., Oh T-H., Misch C.E., Wang H-L.2005. Occlusal considerations in implant therapy: clinical guidelines with biomechanical rationale. *Clin. Oral Impl. Res*. 16: 26–35.
17. Klineberg I. and Murray G. 1999. OSSEOPERCEPTION: SENSORY FUNCTION AND PROPRIOCEPTION. *Adv Dent Res* 13:120-129.,
18. LAMBRICHTS L., CREEMERS J., VAN STEENBERGHE D. 1992. Periodontal neural endings intimately relate to epithelial rests of Malassez in humans. A light and electron microscope study. *J. Anat.*182: 153-162.
19. Lazarov N. E. Neurobiology or orofacial proprioception. 2007. *Brain research reviews*. 56: 362-383.
20. Lindhe J. y Thorkild K. 2000. Anatomía del Periodonto. En Lindhen J. periodontología clínica y implantología odontológica. Ed Panamericana. Madrid.
21. Linden R. W. A., Millar B. J., Halata Z. 1994. A comparative physiological study of periodontal ligament mechanoreceptors represented in the trigeminal ganglion and the mesencephalic nucleus of the cat. *Anatomy and Embriology*. 190: 127-135.
22. Livingston RB. 1993. Neurofisiología. En: West JB. Bases Fisiológicas de la Práctica Médica. Ed. Médica Panamericana. México.
23. Loescher A. R., Holland G. R. 1991. Distribution and morphological characteristics of axons in the periodontal ligament of cat canine teeth and the changes observed after reinnervation. *The Anatomical record*. 230: 57-72.
24. Lutidqvist S, Haraldson T.1992. Oral function in patientswearing fixed prosthesis on osseointegrated implants in the maxilla: 3-year follow-up study. *Scand J Dent Res*.100: 279-83.

25. Maeda T., Iwanaga T., Fugita T., Takahashi Y., Kobayashi S. 1987. Distribution of nerve fibers immunoreactive to neurofilament protein in rat molars and periodontium. *Cell and Tissue Research*. 249: 13-23.
26. Maeda T., Kannari K., Sato S., Iwanaga T. 1990. Nerve terminals in human periodontal ligament as demonstrated by immunohistochemistry for neurofilament protein (NFP) and S-100 protein. *Arch. Histol. Cytol.* Vol 53, n° 3: 259-265.
27. Maeda T., Kannari K., Sato O., Kobayashi S., Iwanaga T., Fujita T. 1990. Cholinesterase activity in terminal schwann cells associated with ruffini endings in the periodontal ligament of rat incisors. *The Anatomical Record*. 228: 339-344.
28. Maeda T., Ochi K., Nakakura-Ohshima K., Youn S.H., Wakisaka S. 1999. The Ruffini endings as the primary mechanoreceptor in the periodontal ligament: its morphology, cytochemical features, regenerations, and development. *Crit. Rev. Oral Biol. Med.* 10 (3): 307-327.
29. Mattes S., Ulrich R., Mühlbradt L. 1997. Detection Times of Natural Teeth and Endosseous Implants Revealed by the Method of Reaction Time *INT J ORAL MAXILLOFAC IMPLANTS*. 12:399–402.
30. Mericske-Stern R., Hofmann J., Wedig A., Geering A.H. 1993. In Vivo Measurements of Maximal Occlusal Force and Minimal Pressure Threshold on Overdentures Supported by Implants or Natural Roots: A Comparative Study, Part 1. *INT J ORAL MAXILLOFAC IMPLANTS*. 8:641-649.
31. Mericske-Stern R., Assal P., Mericske E., Bürgin W. 1995. Occlusal Force and Oral Tactile Sensibility Measured in Partially Edentulous Patients with ITI Implants. *INT J ORAL MAXILLOFAC IMPLANTS*. 10:345–354.
32. Millar B.J., Halata Z., Linden R. W. A. 1994. A possible explanation for the response characteristics of multi-tooth periodontal ligament mechanoreceptors in the cat. *Anat. Embryol.* 190: 445-452.
33. Okubo M., Fujinami Y., Minakuchi S. 2010. The effect of complete dentures on body balance during standing and walking in elderly people. *Journal of Prosthodontic Research* , 54 :42–47.
34. Sato O., Maeda T., Kannari K., Kwahara I., Iwanaga T., Tocano Y. 1992. Innervation of the periodontal ligament in the dog with special reference to the morphology of Ruffini Endings. *Arch. Histol. Cytol.*, Vol 5, n° 1: 21-30.

35. Schunke M., Schulte E., Schumacher U. PROMETEUS. Texto y atlas de anatomía. 2ª Ed. Tomo 3 Cabeza, cuello y neuroanatomía. Edit. Panamericana, Madrid, 2011, pp. 316.
36. Skjalg E. J., Trulsson M. 2003. Receptive field properties of human periodontal afferents. Responding to loading of and premolar teeth. *J. Neurophysiol* 89:1478-1487
37. Taylor T.D., Wiens J., Carr A. 2005. Evidence-based considerations for removable prosthodontic and dental implant occlusion: A literature review *J Prosthet Dent.* 94:555-60.
38. Terranova VM, Goldman HM, Listgarten MA. El aparato de inserción periodontal. En: Genco RJ, Goldman HM, Cohen DW. 1993. Periodoncia. Ed. Nueva Editorial Americana. México.
39. Trulsson M y Johansson RS. 2002. Orofacial mechanoreceptors in humans: encoding characteristics and responses during natural orofacial behaviors. *Behavioural Brain Research* 135:27-33.
40. Ulrich R., Mühlbradt L., Möhlmann H., Schmid H., Hoss A. 1993. Qualitative Mechanoperception of Natural Teeth and Endosseous Implants. *JOMI*, Feb: 173-178.
41. Van Loven K., Jacobs R., Swinnen A., Van Huffel S., Van Hees J., Van Steenberghe D. 2000. Sensations and trigeminal somatosensory-evoked potentials elicited by electrical stimulation of endosseous oral implants in humans. *Archives of Oral Biology* .45: 1083–1090.
42. Vidyasagar L., Apse P. 2003. Restorative Factors That Affect the Biomechanics of the Dental Implant. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*, 5:123-8.
43. Wakisaka S., Atsumi Y., Youn S. H., Maeda T. 2000. Morphological and cytochemical characteristics of periodontal ruffini endings under normal and regeneration processes. *Arch. Histol. Cytol.*, Vol 63, nº 2: 91-113.
44. Watanabe L.S. 2004. Ultrastructures of mechanoreceptors in the oral mucosa. *Anatomical science international*. 79: 55-61.
45. Wayne W.H., Luke A., Alster J., Weiner S. 2010. Sensory discrimination of teeth and implant-supported restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 25: 146-152.
46. Weiner S., Klein M., Doyle J.L., Brunner M. 1995. Identification of Axons in the Peri-implant Region by Immunohistochemistry. *JOMI*, Jun: 689-695.
47. Weiner S., Sirois D., Ehrenberg D., Lehrmann N., Simon B., Zohn H. 2004. Sensory Responses from Loading of Implants: A Pilot Study. *INT J ORAL MAXILLO.*