

Oseopercepción: una puesta al día

Osseoperception: an update

Autores

Morris Mizraji

Profesor de Fisiología General y Buco Cérvico Facial, Facultad de Odontología, Universidad Católica del Uruguay
Ex Encargado de la Enseñanza de Fisiología General y Bucodental, Facultad de Odontología, Universidad de la República, Uruguay.

Carmela Ingver

Asistente de Fisiología General y Buco Cérvico Facial, Facultad de Odontología, Universidad Católica del Uruguay
Profesora Adjunta de Fisiología General y Bucodental, Facultad de Odontología, Universidad de la República, Uruguay

Francisco Kolenc

Asistente de Fisiología General y Buco Cérvico Facial, Facultad de Odontología, Universidad Católica del Uruguay
Ex Profesor Adjunto de Bioquímica y Biofísica, Facultad de Odontología, Universidad de la República, Uruguay

Entregado para revisión: 22 de marzo de 2013
Aceptado para publicación: 15 de mayo de 2013

Resumen

La incorporación de implantes dentales al Sistema Estomatognático genera muchos cuestionamientos, entre ellos: ¿Cómo se explica que el paciente “sienta” a través de estos sistemas de anclaje?; ¿Por qué el paciente dice que mastica mejor que con las prótesis mucosoportadas?; ¿Por qué a pesar de haber perdido dos componentes fisiológicos esenciales (dientes y periodonto) no se aprecian clínicamente importantes problemas dentro del sistema?; ¿Qué reordenamientos del sistema nervioso determinan la regulación motora luego de rehabilitado con estas técnicas? Es probable que las respuestas surjan a través del conocimiento de una nueva modalidad sensorial descrita como oseopercepción, la cual implica un reordenamiento de las áreas sensitivas y motoras de la corteza cerebral (neuroplasticidad).

Palabras clave: implantes dentales; neuroplasticidad; oseopercepción; sistema estomatognático.

Abstract

Many questions arise from the introduction of dental implants into the stomatognathic system, for example: How can patients “feel” through these anchorage structures? Why does the patient feel that his mastication is improved with respect to the classic complete dentures? Why there are not remarkable alterations in the function of the stomatognathic system despite the loss of two essential components of this system? What rearrangements of the nervous system take place after the placement of dental implants that control the motor regulation of the stomatognathic system? Probably, the answer to these questions may come from the study of a new sensory modality known as osseoperception, which involves a rearrangement of sensory and motor areas of the brain cortex (neuroplasticity).

Key words: dental implants; neuroplasticity; osseoperception; stomatognathic system.

INTRODUCCIÓN

La pérdida de los dientes lleva a la alteración de numerosas funciones del sistema estomatognático, siendo la masticación probablemente la más afectada. En el caso de los desdentados totales, una opción rehabilitadora es la confección de prótesis completas mucosoportadas (PCM). Esta solución presenta numerosas limitaciones debido a la falta de estabilidad en pacientes con escaso reborde residual, la incomodidad y la falta de confianza al comer y hablar. Esto lleva a una función masticatoria alterada en comparación con la dentición natural, además de presentar una capacidad de discriminación táctil también disminuida (Abarca et al., 2006). Si bien las aferencias sensoriales no son imprescindibles para generar los movimientos básicos de la masticación, sí lo son para adaptar estos movimientos a las características físicas de los alimentos y para compensar perturbaciones inesperadas, regulando la fuerza de mordida y el control fino de los movimientos mandibulares. En este sentido, las aferencias más importantes son las provenientes de los mecanorreceptores periodontales y de los husos musculares (Morquette et al., 2012). Las personas que han perdido los dientes pierden los receptores periodontales y la información que parte de ellos, resultando en una distorsión de la actividad mandibular que influye en la magnitud, dirección, fuerza y precisión de las cargas oclusales (Mizraji et al., 2005). Las PCM han demostrado ser una terapéutica insuficiente ya que no rehabilitan la función masticatoria en forma eficiente (Klineberg y Murray, 1999).

En la búsqueda de soluciones al problema de la edentación parcial o total, los implantes dentales oseointegrados se han ganado un lugar destacado debido a su predecibilidad, estética, comodidad y función mejorada respecto a otras opciones restauradoras. El anclaje óseo de los implantes brinda estabilidad a la restauración y tiene la capacidad de transmitir las fuerzas directamente al hueso. Pero el éxito de las rehabilitaciones implantoportadas no se debe sólo a su anclaje óseo. Estas rehabilitaciones se integran al funcionamiento del sistema estomatognático, permitiendo una mejoría en la sensibilidad táctil y en el control de las fuerzas y movimientos masticadores en comparación con los portadores de PCM (Ferrario et

al., 2004). Esto se ha atribuido en buena medida a una modalidad sensorial descrita como oseopercepción. Ya a fines de la década de 1970, se observó que los pacientes rehabilitados con prótesis implantoportadas presentaban una retroalimentación sensorial que permitía una función similar a la de las personas dentadas (Brånemark et al., 2001). Estos pacientes planteaban frases como “tengo una sensación diferente, parece que muerdo mejor” (Jacobs R y van Steenberghe, 1991). Un fenómeno similar se observó en pacientes con los miembros inferiores amputados que se rehabilitaron mediante prótesis oseointegradas. Estos pacientes relataban una mejor sensibilidad y ser capaces de discriminar diferentes estímulos mecánicos mediante sus nuevas prótesis (Jacobs et al., 2000).

La oseopercepción puede definirse como la capacidad que tienen los pacientes con prótesis oseointegradas de identificar estímulos táctiles transmitidos a través de sus prótesis

DEFINICIÓN DE OSEOPERCEPCIÓN

La oseopercepción puede ser definida como la capacidad que tienen los pacientes con prótesis oseointegradas de identificar estímulos táctiles transmitidos a través de sus prótesis (Brånemark et al., 2001). Como se discutirá más adelante, los receptores y los mecanismos involucrados en esta modalidad sensorial se mantienen en debate. Si bien la estimulación de terminaciones nerviosas o receptores situados

en el entorno peri-implantario (hueso y periostio) podría ser el mecanismo más probable, otros receptores más alejados también podrían estar involucrados (Jacobs y van Steenberghe, 2006). Como resultado de una conferencia de consenso sobre la oseopercepción desarrollada en el 2005, ésta fue definida en un sentido amplio como “la sensación que proviene de la estimulación mecánica de una prótesis asistida por implantes, transducida por mecanorreceptores que pueden incluir aquellos localizados en los músculos, articulaciones, mucosa y tejidos periósticos, junto con un cambio en el procesamiento neural central relacionado con el mantenimiento de la función sensorio-motora” (Klineberg et al., 2005).

LAS BASES BIOLÓGICAS DE LA OSEOPERCEPCIÓN

La oseopercepción implicaría la restauración de una vía de retroalimentación sensorial hacia el sistema nervioso central, con una representación hipotética

de la prótesis implantosoportada en la corteza sensorial, permitiendo una modulación apropiada de las motoneuronas y por lo tanto una función semejante a la natural (Jacobs y van Steenberghe, 2006). A continuación analizaremos la evidencia disponible que avala esta hipótesis, discutiendo el destino de las fibras aferentes periodontales, las funciones que puedan tener otros receptores de la región y qué ocurre con las áreas sensitivas corticales responsables de la sensibilidad dentaria y periodontal, luego de las extracciones dentarias y de la oseointegración de un implante dental.

Los receptores ruffiniformes ubicados en el ligamento periodontal son mecanorreceptores que proveen información sobre la dirección e intensidad de las cargas aplicadas sobre los dientes (Mizraji et al., 2005). Las fibras nerviosas que parten de ellos tienen sus cuerpos neuronales ubicados en el ganglio de Gasser y en el núcleo mesencefálico del trigémino, y llevan información esencial para regular la manipulación del alimento y la actividad de los músculos masticadores (Morquette et al., 20012). Luego de la extracción de las piezas dentarias, los mecanorreceptores periodontales degeneran y las fibras nerviosas que estaban presentes en el ligamento periodontal proliferan hacia la luz del alvéolo a medida que el tejido óseo se reorganiza (Mason y Holland, 1993). Se han observado reacciones transitorias en las neuronas del ganglio de Gasser luego de las extracciones dentarias, pero no se sabe qué ocurre con estas neuronas (Hansen, 1980). Los conductos mandibulares de las personas desdentadas poseen un 20% menos de fibras nerviosas que los controles dentados, lo cual puede deberse a la degeneración de las fibras que provienen de los receptores periodontales y pulpares (Heasman, 1984). Sin embargo, hay evidencia de que parte de los aferentes periodontales que envían información al núcleo mesencefálico, permanecen como terminaciones nerviosas intraóseas capaces de responder a estímulos eléctricos, y que una pequeña proporción se reorganiza innervando mecanorreceptores de la mucosa (Linden y Scott, 1989). Esta capacidad de reinervar estructuras superficiales tras las extracciones existe también en parte de las fibras aferentes pulpares (Fried et al., 1991).

Durante las primeras semanas posteriores a la inserción de un implante dental, se observan brotes de nuevas fibras nerviosas que se localizan en el espacio medular y en el tejido fibroso peri-implantario (Fig. 1). Estas fibras terminan en forma libre o de ramificaciones arborescentes (Wada et al., 2001). Se ha sugerido que esas fibras podrían originarse de los

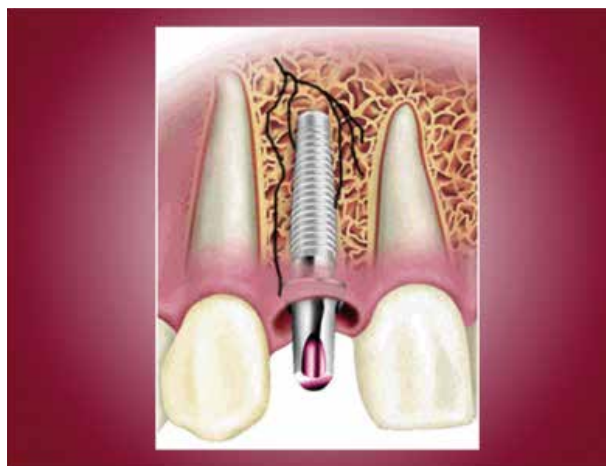


Fig 1. Esquema de la innervación peri-implantaria. Algunos receptores que se han planteado como responsables de la oseopercepción están asociados a fibras nerviosas que se originan debajo de las espiras del implante, en el epitelio peri-implantario y en la médula ósea peri-implantaria.

restos de las fibras nerviosas que innervaban el ligamento periodontal antes de la extracción (Abarca et al., 2006). Si bien esas terminaciones arborescentes son más simples que los receptores ruffiniformes periodontales, podrían cumplir funciones similares. Uno de los hallazgos más interesantes al respecto es que el hueso peri-implantario está significativamente más innervado en los implantes en los que se restaura la función oclusal que en aquellos que no reciben cargas. La mayoría de las fibras se concentran debajo de las espiras del implante, independientemente del tipo de superficie, lo cual sugiere que la proliferación de fibras nerviosas es una respuesta a las cargas oclusales (Wada et al., 2001).

Con respecto al epitelio peri-implantario, tras la cirugía se observa una rápida regeneración de las fibras nerviosas, que tras terminar la cicatrización poseen las mismas características que las del epitelio de unión dentario (Fujii et al., 2003). La sensibilidad táctil de la mucosa peri-implantaria aumenta después de la rehabilitación del implante y llega a un nivel máximo entre los 3 y 6 meses posteriores a la misma aunque sin alcanzar los valores de la encía peridentaria (Habre-Hallage et al., 2009).

Independientemente de la función que puedan tener los aferentes periodontales remanentes, otros receptores más o menos relacionados con las estructuras dentarias pueden estar involucrados en la oseopercepción. Es posible que los receptores mucosos, periósticos, articulares, musculares y hasta auditivos sean capaces de captar información que gracias a la plasticidad cortical podríamos aprender a reinterpretar (Klineberg et al., 2005). Uno de los casos

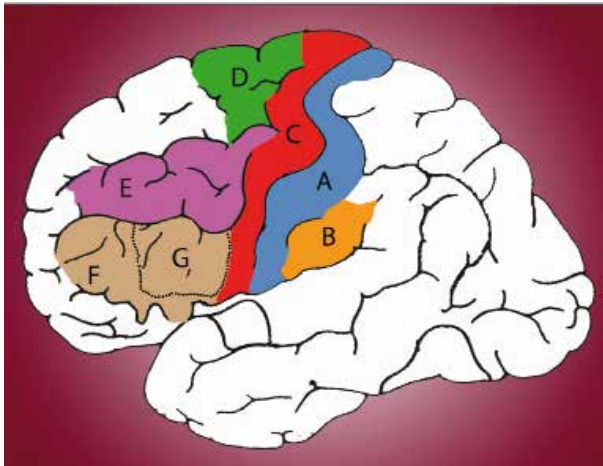


Fig 2. Vista lateral de la cara externa de un hemisferio cerebral. Se han destacado algunas áreas corticales de importancia en la neurofisiología de los implantes dentales. (A): SI, (B): SII, (C): MI, (D): motora suplementaria, (E): circunvolución frontal media, (F): circunvolución frontal inferior y (G): área de Broca.

más interesantes es el de los receptores auditivos, que pueden captar vibraciones transmitidas por los implantes al hueso. Otro ejemplo es el de los husos musculares que tendrían importancia en la diferencia observada entre los umbrales de sensibilidad pasivo y activo (Jacobs y van Steenberghe, 1991; 1993). Los husos musculares son sensibles a los cambios en la longitud y tensión de los músculos y en el sistema estomatognático se encuentran en forma significativa sólo en los músculos elevadores. Todas las fibras aferentes de los husos musculares tienen sus cuerpos neuronales en el núcleo mesencefálico y junto con los aferentes periodontales son responsables de codificar la información sobre la consistencia del alimento y de ajustar la actividad y fuerza de contracción de los músculos elevadores durante el movimiento. Otros aferentes que pueden aportar información durante la masticación son los órganos tendinosos de Golgi y los receptores de la cápsula de la articulación témporo-mandibular, aunque poco se sabe de su función (Morquette et al., 2012).

La información proveniente de la estimulación de los receptores orales se hace consciente al llegar a la corteza cerebral. Penfield y Rasmussen describieron áreas sensitivas corticales, en cuya organización somatotópica se representa a los dientes, la encía y los maxilares por debajo de la de los labios y por encima de la de la lengua, en la parte baja de la circunvolución parietal ascendente (Penfield y Rasmussen, 1950) (Fig. 2). Esto ha sido confirmado recientemente utilizando técnicas de resonancia magnética funcional (Miyamoto et al., 2006) (RMF). Cuando se estimulan mecánicamente los dientes, se observa

una activación bilateral de áreas de la corteza somatosensitiva primaria (SI) y secundaria (SII) entre otras zonas que incluyen la ínsula, la circunvolución frontal inferior, el lóbulo parietal inferior y el área motora suplementaria, así como la circunvolución frontal media y el cerebelo (Trulsson et al., 2010) (Fig. 3A). Los dientes que al ser estimulados producen una activación mayor son los primeros molares (Shimazaki et al., 2012). Esta compleja matriz de activación de áreas sensitivas y motoras de la corteza apoya la idea de que la información proveniente de los receptores periodontales es esencial para el control fino de los movimientos mandibulares (Trulsson et al., 2010). La representación somatotópica de la corteza también existe para las áreas motoras (Penfield y Boldrey, 1937). La RMF ha permitido recientemente determinar las áreas que se activan en el cerebro durante la masticación. Estas incluyen a las áreas SI y motora primaria (MI), al área motora suplementaria, la ínsula, el tálamo y el cerebelo (Onozuka et al., 2002; Tamura et al., 2002). Las áreas que se activan en SI y MI se corresponden adecuadamente con la representación somatotópica de las estructuras orales y músculos masticadores (Penfield y Rasmussen, 1950; Penfield y Boldrey, 1937).

NEUROPLASTICIDAD

¿Qué ocurre tras la extracción de las piezas dentarias? Los estudios neurológicos sugieren que la corteza cerebral se puede reorganizar tras la pérdida de los estímulos aferentes por entrenamiento, aún después de que el período de desarrollo del cerebro haya terminado. Por ejemplo, tras la amputación de un miembro o la extracción de un diente, las regiones de la corteza desprovistas de información se remodelan y responden a estímulos provenientes de las estructuras circundantes. Este remodelado se produce a nivel cortical y subcortical y puede ocurrir en forma muy rápida (Jacobs y van Steenberghe, 2006; Henry, 2005; Miles, 2005; Sanes y Donoghue, 2000). Este fenómeno conocido como neuroplasticidad puede ser fundamental en el desarrollo de la oseopercepción. En este caso, el sistema nervioso se readaptaría a la nueva información proveniente de los receptores asociados a la prótesis implantosoportada, compensando la ausencia de la información periodontal y por ende mejorando la regulación de la función motora, de alta precisión, de la mandíbula.

Los resultados de esta reorganización del sistema nervioso central tras la instalación de prótesis implantosoportadas se han podido estudiar mediante técnicas de RMF.

Cuando se estimula mecánicamente la rehabilitación de un implante unitario oseointegrado, se activan zonas en el área SII de forma bilateral, y en la mitad de los casos también en el área SI ipsilateral. También se activa una red cortical bilateral más grande por fuera de las áreas somatosensoriales, en los lóbulos parietal, frontal e insular, principalmente en la circunvolución frontal inferior (Habre-Hallage et al., 2012) (Fig. 3B). Si bien estos hallazgos muestran claramente que la estimulación mecánica de los implantes produce respuestas corticales, la activación del área SI es significativamente menor que en los dientes naturales. Esto puede verse compensado por la reorganización de las áreas extra somatosensoriales, y por la función de SII al integrar la información proveniente de los tejidos adyacentes. Es interesante destacar que la reorganización cortical inducida por el implante oseointegrado se extiende más allá de las proyecciones del diente perdido. Involucra también a los dientes vecinos, los cuales modifican sus respuestas corticales a la estimulación (Habre-Hallage et al., 2012).

El patrón de activación de las áreas cerebrales durante el contacto dentario activo, semejando a la masticación, muestra diferencias sustanciales entre pacientes desdentados rehabilitados con distintos tipos de prótesis. En los pacientes con (PCM) se activa la corteza prefrontal, pero no las áreas SI ni MI (Fig. 3C). En los pacientes rehabilitados con sobredentaduras sobre implantes (SDI) la activación cortical fue bilateral, más simétrica, registrándose activación fundamentalmente en la circunvolución frontal ascendente, el área de Broca y los ganglios basales, pero no en SI o MI. Por último, en los pacientes rehabilitados con prótesis fijas totales sobre implantes (PFI) se observa la actividad de la corteza cerebral más extendida y bilateral. Esta incluye las áreas MI, SI, de Broca, la circunvolución temporal media, los ganglios basales y la ínsula (Fig. 3D). Estos pacientes también presentaron menores diferencias interindividuales que los otros (Yan et al., 2008). Se puede concluir que el uso de prótesis implantosoportadas (SDI y principalmente PFI) produce un cambio en las aferencias sensoriales hacia la corteza cerebral comparadas con las aferencias observadas en pacientes con prótesis completas mucosoportadas. El mapa de activación cerebral observado en los portadores de PFI es muy semejante al observado en personas dentadas y la activación de áreas representativas orofaciales en SI y MI en los primeros puede explicar en parte la mejora de la sensibilidad táctil, la capacidad estereognósica y las funciones masticatorias que subyacen a los

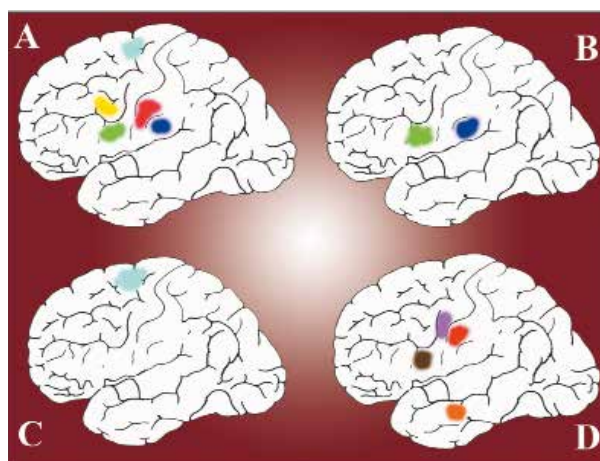


Fig 3. Esquema ilustrativo de las áreas corticales que se activan frente a (A): la estimulación mecánica de un diente; (B): la estimulación mecánica de un implante unitario rehabilitado; (C): durante la masticación en pacientes portadores de prótesis completa; (D): durante la masticación en pacientes portadores de prótesis fija implantosoportada. Las áreas que se activan en (D) son muy semejantes a las que se activan en individuos dentados. En (A) también se activan la ínsula y el cerebelo. En (D) también se activan la ínsula y los ganglios basales. Referencias de colores: área SI (rojo), SII (azul), MI (lila), motora suplementaria (celeste), circunvolución frontal media (amarillo), circunvolución frontal inferior (verde), área de Broca (marrón) y circunvolución temporal media (naranja). Basado en Shimazaki et al., 2012; Habre-Hallage et al., 2012; Yan et al., 2008; Onozuka et al., 2002; Miyamoto et al., 2006; Trulsson et al., 2010).

mecanismos de la oseopercepción (Onozuka et al., 2002; Yan et al., 2008).

LA SENSIBILIDAD TÁCTIL DE LOS IMPLANTES DENTALES

La sensibilidad táctil de los dientes e implantes se puede estudiar por métodos neurofisiológicos, como la ya citada RMF o los potenciales somatosensoriales evocados.

Los potenciales somatosensoriales evocados (pse) son ondas eléctricas que ocurren en las neuronas corticales, registradas desde el cuero cabelludo mediante un electroencefalograma. Son provocados por la estimulación eléctrica de fibras nerviosas periféricas sensoriales y son evidencia de que esa estimulación activa vías nerviosas que alcanzan la corteza sensitiva. La estimulación eléctrica de los implantes dentales es percibida por los pacientes como una sensación de golpeteo, y coincide con el registro de pse en la corteza sensitiva. Los elementos nerviosos aferentes responsables de esta sensación son probablemente fibras nerviosas intraóseas o periósticas, ya que los pse persisten después de la anestesia tópica de los tejidos blandos peri-implantarios (van Loven et al., 2000).

Otra forma de estudiar la función sensorial de las estructuras orales son los métodos psicofísicos. Es-

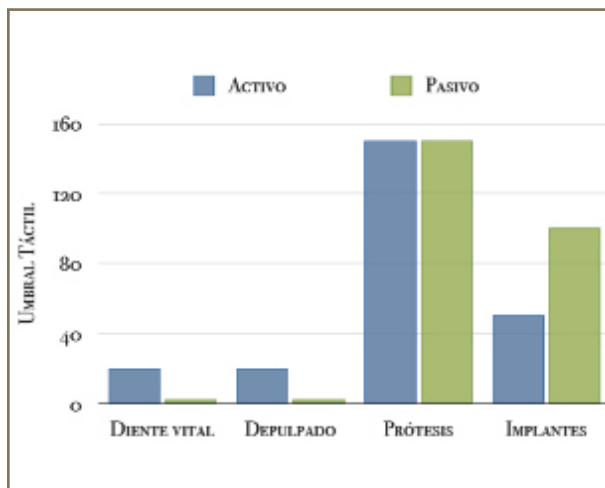


Fig 4. Umbral de percepción táctil activo (μm) y pasivo ($N \times 102$) en dientes vitales, dientes depulpados, prótesis completas mucosoportadas y rehabilitaciones implantoportadas. Basado en Jacobs & van Steenberghe, 2006.

tos incluyen distintas metodologías para determinar los umbrales sensitivos de los receptores. Podemos definir al umbral de detección táctil como la mínima intensidad de un estímulo mecánico que es percibido conscientemente por el individuo. Es necesario hacer una distinción entre la determinación del umbral pasivo y activo. Para la determinación del umbral pasivo se aplican cargas mecánicas a un diente o a un implante, estando el paciente con la boca abierta y éste debe informar cuando tiene una sensación consciente de presión. Al analizar dicho umbral se estudia el rol de los receptores periodontales o intraóseos respectivamente y sus valores se expresan en Newton. En la determinación del umbral activo, el individuo ocluye con la interposición de láminas metálicas de diferentes espesores entre los dientes o implantes antagonistas y por lo tanto sus valores se expresan en micrómetros. Se les pide a los individuos que informen si son capaces de percibir la presencia de la lámina interpuesta. En este caso, los umbrales dependen ya no sólo de los receptores periodontales, sino también de los husos musculares y probablemente de los órganos tendinosos de Golgi y receptores articulares (Abarca et al., 2006; Jacobs y van Steenberghe, 2006).

El umbral de detección táctil activo para implantes unitarios que ocluyen con dientes naturales no difiere del de los dientes naturales contralaterales que sirven de control. Llamativamente esta situación no cambia cuando, en ambos casos, se anestesian los dientes antagonistas (Enkling et al., 2007; 2010; 2012). La edad de los pacientes afecta los umbrales de los dientes naturales, que aumentan con la edad. Sin embargo,

El sistema nervioso se readaptaría a la nueva información proveniente de los receptores asociados a la prótesis implantoportada, compensando la ausencia de la información periodontal y dentaria

esto no ocurre con los implantes, cuyos umbrales se mantienen constantes (Enkling et al., 2007). El tipo de superficie del implante influye en los valores de los umbrales activos, siendo menor para los de superficie arenada y grabada con ácido que para los maquinados (Enkling et al., 2010). Estos hallazgos avalan la hipótesis de que la sensibilidad de los implantes unitarios que ocluyen con dientes naturales no se debe a los receptores periodontales del antagonista, sino a receptores vinculados al implante (Enkling et al., 2012). En el caso de PFI que restituyen una arcada completa los resultados son contradictorios, ya que algunos estudios no encuentran diferencias con la dentición natural mientras que otros encuentran un umbral mayor. En comparación, los portadores de PCM presentan los umbrales activos más altos, que son 7-9 veces superiores a los de los individuos dentados (Batista et al., 2008; Luraschi et al., 2012) (Fig. 4). En todos los casos de rehabilitaciones completas, la variación interindividual de los valores es mucho más marcada que en las personas dentadas. La capacidad de discriminar contactos oclusales depende del material usado en la rehabilitación protésica. En los implantes rehabilitados con coronas de acrílico los umbrales sensitivos son unas 20 veces mayores que en aquellos rehabilitados con coronas ceramometálicas (400 contra 20 micrómetros) (Henry, 2005). En contraposición a lo observado para los umbrales activos, el umbral pasivo de sensibilidad táctil de los implantes es claramente mayor que el de los dientes naturales (Fig. 4). Sus valores son muy variables interindividualmente y generalmente son unas 10 veces superiores a los de los dientes, aunque se han registra-

**Al perderse los dientes y sus
receptores asociados se alteran
los mecanismos reguladores
periféricos, pero parecería
que otros receptores proveen
un sistema alternativo
compensatorio**

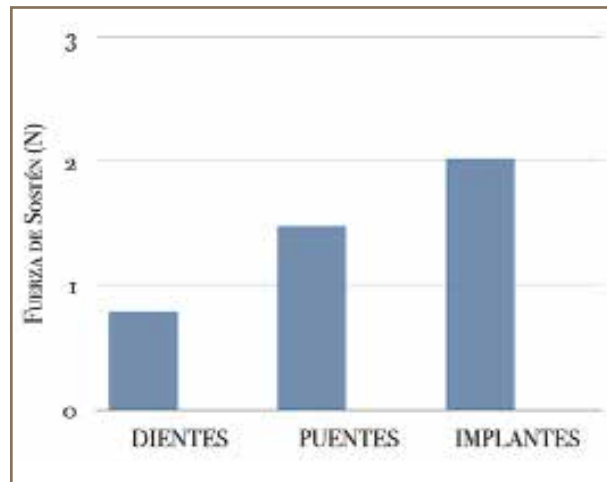


Fig 5. Medianas de las fuerzas ejercidas para sostener una porción de alimento (en este caso un maní) entre los dientes anteriores, en pacientes con dentición natural ("Dientes"), prótesis fijas dentosoportadas ("Puentes") y prótesis fijas implantosoportadas ("Implantes"). Basado en Svensson y Trulsson, 2011.

do valores hasta 100 veces mayores (Grieznis et al., 2010). En pacientes rehabilitados con PFI bimaxilar, los umbrales pasivos son 12 veces mayores que en los pacientes dentados y 3,5 veces mayores que en los portadores de prótesis completa (Luraschi et al., 2012). A diferencia de la sensibilidad de los tejidos blandos peri-implantarios, los umbrales pasivos de los implantes se mantienen constantes durante la fase de oseointegración, no variando con la cicatrización (Keller et al., 1996).

La gran discrepancia entre los valores de los umbrales activos y pasivos puede explicarse porque los métodos pasivos activarían selectivamente a los receptores periodontales o peri-implantarios, mientras que en la determinación del umbral activo varios grupos de receptores podrían entrar en juego, siendo los husos musculares probablemente los más importantes. Desde el punto de vista funcional, los umbrales de sensibilidad activos tienen mayor importancia clínica, ya que se asemejan más a la información recibida por el sistema nervioso central durante la masticación (Enkling et al., 2010).

LA INTEGRACIÓN FUNCIONAL DE LOS IMPLANTES AL SISTEMA ESTOMATOGNÁTICO

El éxito de la oseointegración de los implantes dentales permite realizar rehabilitaciones que son satisfactorias y estables para los pacientes. Sin embargo, se han planteado dudas sobre su integración funcional al sistema estomatognático, debido a la pérdida de la retroalimentación sensitiva que los mecanorreceptores periodontales aportan a funciones

como la masticación. La integración funcional de los implantes se ha evaluado mediante indicadores como las fuerzas realizadas al sostener y fracturar porciones de alimento entre los dientes, la fuerza máxima interoclusal y las características de la actividad muscular durante la masticación.

Cuando los dientes entran en contacto con el alimento, la información sensitiva necesaria para controlar la actividad mandibular parte principalmente de los receptores periodontales. Cuando se anestesian los dientes, se realizan fuerzas mayores y más variables para tareas como sostener y fracturar el alimento. Esto ocurre también en el caso de los pacientes con PFI bimaxilares (Fig. 5). Estos pacientes tampoco son capaces de adaptar la velocidad de aplicación de la fuerza a la resistencia del alimento, a diferencia de lo que ocurre en la dentición natural (Svensson y Trulsson, 2011). Esto demuestra la importancia de los receptores periodontales en el control fino de los movimientos y las fuerzas de baja intensidad ejercidas durante la función mandibular. El control fino motor no se recupera totalmente tras la rehabilitación total implantosoportada.

La fuerza máxima interoclusal que pueden ejercer los individuos rehabilitados con PFI bimaxilares no difiere de la que realizan individuos portadores de PCM o con dentición natural. Por lo tanto, la pérdida de los receptores periodontales no lleva a ejercer fuerzas interocclusales máximas descontroladas (Luraschi et al., 2012).

En comparación con las PCM, las rehabilitaciones implantosoportadas, ya sea en forma de SDI o PFI, producen una mayor satisfacción en los pacientes,

vinculada a la respuesta neuromuscular resultante de una mayor estabilidad protética (Ferrario et al., 2004). Los parámetros miodinámicos y electromiográficos que se utilizan como indicadores de adaptación neuromuscular durante la masticación mejoran significativamente al sustituirse las PCM por SDI o PFI. Los indicadores de adaptación neuromuscular se acercan a los valores de los individuos dentados, aunque sin alcanzarlos, observándose que persiste una coordinación neuromuscular inferior a la normal, con patrones de actividad muscular alterados y menos simétricos (Ferrario et al., 2004; Heckmann et al., 2009).

Al golpear un diente, se produce un reflejo inhibitorio protector en el músculo masetero, que clásicamente se ha considerado un indicador de salud neuromuscular en el sistema estomatognático. Este reflejo está presente al golpear un implante unitario, pero no existe en los desdentados totales rehabilitados con PFI (Bonte y van Steenberghe, 1991). Por lo tanto, su presencia en los implantes unitarios se debería más a los mecanorreceptores periodontales de los dientes vecinos que a la activación de receptores peri-implantarios.

IMPLICANCIAS CLÍNICAS

La revisión bibliográfica vinculada a la historia de la implantología demuestra que las fuerzas oclusales ejercidas por los pacientes se incrementan luego de la rehabilitación protética de los implantes oseointegrados (Lundqvist y Haraldson, 1992). La magnitud de este incremento es muy variable, pero está relacionada con un aumento del umbral de detección táctil de los implantes en relación a los dientes naturales (Keller et al., 1996). Este aumento de la fuerza masticatoria se evidencia experimentalmente a pesar del temor de los pacientes de dañar tanto los implantes como las restauraciones durante el período inmediato posterior a la rehabilitación (Lundqvist y Carlsson, 1985; Abarca et al., 2006). Con el transcurso del tiempo, la confianza del paciente a la nueva situación es una de las principales razones propuestas para explicar aún más el incremento de la fuerza masticatoria (Abarca et al., 2006). Esta nueva situación clínica vinculada a la ejecución de fuerzas funcionales por encima de los valores promedio no

tiene incidencia demostrada sobre la salud del sistema estomatognático. La utilización de implantes dentales no lleva a la disfunción del sistema (Lundqvist y Haraldson, 1992). Es probable que esto ocurra por un proceso de adaptación funcional relacionado con mecanismos protectores que se ponen en marcha fisiológicamente frente al incremento de la fuerza de mordida. Esto se deduce clínicamente por la limitada incidencia observada de daños mecánicos serios sobre las supraestructuras de los implantes (Abarca et al., 2006).

En comparación con las prótesis completas mucosoportadas, las rehabilitaciones implantosoportadas producen una mayor satisfacción en los pacientes, vinculada a la respuesta neuromuscular resultante de una mayor estabilidad protética

Desde el punto de vista clínico es importante conocer los diferentes umbrales de detección táctil tanto activos como pasivos de los implantes en comparación con los dientes naturales. El umbral de detección táctil de los implantes está aumentado con respecto a los dientes naturales por lo tanto el odontólogo no debe confiar solamente en la percepción del paciente cuando está controlando una oclusión rehabilitada con implantes (Abarca et al., 2006). La capacidad de discriminar contactos oclusales depende del material usado en la rehabilitación protética.

Dientes de acrílico conectados por un material rígido a los implantes presentan un nivel de percepción oclusal de aproximadamente 400 micrómetros, mientras que rehabilitaciones ceramometálicas pueden discriminar hojas tan finas como de 20 micrómetros (Henry, 2005). El éxito de los exigentes protocolos para la aplicación de carga inmediata en implantología se puede vincular al hecho de que estas cargas tempranas mejoran la inervación de los implantes (Wada et al., 2001).

Por último la fisiología ha demostrado que los mecanismos protectores del exceso de cargas dentarias que se aplican en el sistema se originan principalmente de mecanorreceptores ubicados en el terreno dentario o de soporte dentario. Se deduce por lo tanto que dentro de un plan global de tratamiento de un paciente con implantes parece inteligente el mantener estructuras dentarias naturales o por lo menos mantenerlas transitoriamente para dar tiempo a la adaptación funcional del sistema (Abarca et al., 2006). Este quizás sea uno de los puntos más controvertidos en relación a la oportunidad de las extracciones dentarias previo a la

colocación de un implante, y que debe obligar a cada profesional a pensar que probablemente el pasaje de una situación de dientes naturales a prótesis oseointegradas sea mejor compensada fisiológicamente si esto ocurre de una manera gradual, teniendo en cuenta que el control motor fino de la función oclusal depende básicamente de la información sensitiva que proviene de las estructuras dentarias naturales.

La posición rígida de muchos rehabilitadores de realizar extracciones dentarias prematuras para garantizar el remanente óseo parece ser una posición de conveniencia rehabilitadora pero no de conveniencia funcional.

CONCLUSIONES

Los implantes dentales son una excelente opción rehabilitadora cuando los dientes se han perdido o cuando la patología ha avanzado tanto que no es posible salvar la pieza dentaria. La integración funcional de los implantes al sistema estomatognático es satisfactoria, especialmente en los casos de implantes unitarios. En los desdentados totales, las prótesis implantosoportadas son claramente una opción más satisfactoria que las prótesis removibles. Hay evidencia de que las rehabilitaciones implantosoportadas son capaces de restaurar en parte la retroalimentación sensorial que se perdió con los dientes y sus receptores asociados, al proveer una vía sensitiva que permite una mejor percepción del mundo exterior por parte de los pacientes y una mejor regulación de la función motora.

Se ha avanzado mucho en el conocimiento de los receptores vinculados con los implantes y de la nueva representación cortical que se genera a partir

de su función. En contrapartida poco se sabe sobre las conexiones neurales de estos receptores por las cuales transitaría la información aferente proveniente de los implantes. Esta nueva representación cortical, determinada por la neuroplasticidad del sistema nervioso cuando recibe nueva información proveniente de implantes y tejidos vecinos, parece asemejarse a la representación cortical que se origina a partir de la función de los dientes naturales. Esta nueva información restituye en parte, la regulación de las funciones motoras del sistema estomatognático. En suma la readaptación cerebral a la nueva situación clínica bucal determina que el sistema estomatognático no entre en disfunción (Lundqvist y Haraldson, 1992). No debemos olvidar que a pesar de todas las ventajas que se observan en las rehabilitaciones implantosoportadas con respecto a las removibles, la información sensitiva que proveen los mecanorreceptores periodontales es insustituible, por lo que debe realizarse todo esfuerzo posible tendiente a la conservación de las piezas dentarias (Mizraji et al., 2006; 2013).

El éxito de las prótesis implantosoportadas pasa por su correcta integración funcional al sistema estomatognático, la cual podremos mejorar aún más si conocemos las bases de la oseopercepción.

AGRADECIMIENTO

Esta es una versión ligeramente modificada y actualizada del capítulo 17, escrito por los autores para el libro "Sistema Estomatognático. Fundamentos clínicos de fisiología y patología funcional" del Prof. Arturo Manns Freese.

Por gentileza del Profesor Manns se publica en Actas Odontológicas.

REFERENCIAS

- Abarca M, van Steenberghe D, Malevez C, Jacobs R** (2006). The neurophysiology of osseointegrated oral implants. A clinically underestimated aspect. *J Oral Rehabil* 33:161-169.
- Batista M, Bonachela W, Soares J** (2008). Progressive recovery of oseoperception as a function of the combination of implant-supported prostheses. *Clin Oral Implants Res* 19:565-9.
- Bonte B, van Steenberghe D** (1991). Masseteric post-stimulus EMG complex following mechanical stimulation of osseointegrated oral implants. *J Oral Rehabil* 18:221-9.
- Brånemark R, Brånemark PI, Rydevik B, Myers RR** (2001). Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: a review. *J Rehabil Res Dev* 38:175-81.
- Enkling N, Heussner S, Nicolay C, Bayer S, Mericske-Stern R, Utz KH** (2012). Tactile sensibility of single-tooth implants and natural teeth under local anesthesia of the natural antagonistic teeth. *Clin Implant Dent Relat Res* 14:273-80.
- Enkling N, Nicolay C, Utz KH, Jöhren P, Wahl G, Mericske-Stern R** (2007). Tactile sensibility of single-tooth implants and natural teeth. *Clin Oral Implants Res* 18:231-6.
- Enkling N, Utz KH, Bayer S, Stern RM** (2010). Osseoperception: active tactile sensibility of osseointegrated dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 25:1159-67.

- Ferrario VF, Tartaglia GM, Maglione M, Simion M, Sforza C** (2004). Neuromuscular coordination of masticatory muscles in subjects with two types of implant-supported prostheses. *Clin Oral Implants Res* 15:219-25.
- Fried K, Arvidsson J, Robertson B, Pfalter K** (1991). Anterograde horseradish peroxidase tracing and immunohistochemistry of trigeminal ganglion tooth pulp neurons after dental nerve lesions in the rat. *Neurosci* 43:269-278.
- Fujii N, Ohnishi H, Shirakura M, Nomura S, Ohshima H, Maeda T** (2003). Regeneration of nerve fibres in the peri-implant epithelium incident to implantation in the rat maxilla as demonstrated by immunocytochemistry for protein gene product 9.5 (PGP9.5) and calcitonin gene-related peptide (CGRP). *Clin Oral Implants Res* 14:240-247.
- Grieznis L, Ape P, Blumfelds L** (2010). Passive tactile sensibility of teeth and osseointegrated dental implants in the maxilla. *Stomatologija* 12:80-6.
- Habre-Hallage P, Abboud-Naaman NB, Reychler H, van Steenberghe D, Jacobs R** (2009). Perceptual changes in the peri-implant soft tissues assessed by directional cutaneous kinaesthesia and graphaesthesia: a prospective study. *Clin Implant Dent Relat Res* 13:296-304.
- Habre-Hallage P, Dricot L, Jacobs R, van Steenberghe D, Reychler H, Grandin CB** (2012). Brain plasticity and cortical correlates of osseoperception revealed by punctate mechanical stimulation of osseointegrated oral implants during fMRI. *Eur J Oral Implantol* 5:175-90.
- Hansen HJ** (1980). Neuro-histological reactions following tooth extractions. *Int J Oral Surg* 9:411-26.
- Heasman PA** (1984). The myelinated fibre content of human inferior alveolar nerves from dentate and edentulous subjects. *J Dent* 12:283-286.
- Heckmann SM, Heussinger S, Linke JJ, Graef F, Pröschel P** (2009). Improvement and long-term stability of neuromuscular adaptation in implant-supported overdentures. *Clin Oral Implants Res* 20:1200-5.
- Henry PJ** (2005). Oral implant restoration for enhanced oral function. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 32:123-127.
- Jacobs R, Brånemark R, Olmarker K, Rydevik B, Van Steenberghe D, Brånemark PI** (2000). Evaluation of the psychophysical detection threshold level for vibrotactile and pressure stimulation of prosthetic limbs using bone anchorage or soft tissue support. *Prosthet Orthot Int* 24:133-42.
- Jacobs R, van Steenberghe D** (1991). Comparative evaluation of the oral tactile function by means of teeth or implant-supported prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2:75-80.
- Jacobs R, van Steenberghe D** (1993). Comparisons between implant-supported prostheses and teeth regarding the passive threshold level. *Int J Oral Maxillofac Implants* 8:549-554.
- Jacobs R, van Steenberghe D** (2006). From osseoperception to implant-mediated sensory-motor interactions and related clinical implications. *J Oral Rehabil* 33:282-292.
- Keller D, Hammerle CH, Lang NP** (1996). Thresholds for tactile sensitivity perceived with dental implants remain unchanged during a healing phase of 3 months. *Clin Oral Implants Res* 7:48-54.
- Klineberg I, Calford MB, Dreher B, Henry P, Macefield V, Miles T, Rowe M, Sessle B, Trulsson MA** (2005). A consensus statement on osseoperception. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 32:145-146.
- Klineberg I, Murray G** (1999). Osseoperception: sensory function and proprioception. *Adv Dent Res* 13:120-129.
- Linden RW, Scott BJ** (1989). The effect of tooth extraction on periodontal ligament mechanoreceptors represented in the mesencephalic nucleus of the cat. *Arch Oral Biol* 34:937-941.
- Lundqvist S, Haraldson T** (1992). Oral function in patients wearing fixed prosthesis on osseointegrated implants in the maxilla: 3-year-follow-up study. *Scand J Dent Res* 100:279-283.
- Luraschi J, Schimmel M, Bernard JP, Gallucci GO, Belser U, Müller F** (2012). Mechanosensation and maximum bite force in edentulous patients rehabilitated with bimaxillary implant-supported fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res* 23:577-83.
- Mason AG, Holland GR** (1993). The reinnervation of healing extraction sockets in the ferret. *J Dent Res* 72:1215-1221.
- Miles TS** (2005). Reorganization of the human motor cortex by sensory signals: a selective review. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 32:128-131.
- Miyamoto JJ, Honda M, Saito DN, Okada T, Ono T, Ohyama K, Sadato N** (2006). The representation of the human oral area in the somatosensory cortex: a functional MRI study. *Cereb Cortex* 16:669-75.
- Mizraji M, Ingver C, Kolenc F** (2005). Neurofisiología de los mecanorreceptores periodontales humanos. *Actas Odontol Fac Odontol Univ Catol Urug* 2:51-58.

- Mizraji M, Ingver C, Kolenc F** (2006). Oseopercepción: la sensibilidad mediada por los implantes oseointegrados. *Actas Odontol Fac Odontol Univ Catol Urug* 3:25-33.
- Mizraji M., Kolenc F, Ingver C** (2013). Neurofisiología de los implantes dentales. Oseopercepción. In: Sistema Estomatognático. Fundamentos clínicos de fisiología y patología funcional. A Manns Freese. Medellín: Amolca, pp. 452-462.
- Morquette P, Lavoie R, Fhima MD, Lamoureux X, Verdier D, Kolta A** (2012). Generation of the masticatory central pattern and its modulation by sensory feedback. *Prog Neurobiol* 96:340-55.
- Onozuka M, Fujita M, Watanabe K, Hirano Y, Niwa M, Nishiyama K, Saito S** (2002). Mapping brain region activity during chewing: a functional magnetic resonance imaging study. *J Dent Res* 81:743-6.
- Penfield W, Boldrey E** (1937). Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex as studied by electrical stimulation. *Brain* 60:389-443.
- Penfield W, Rasmussen T** (1950). The cerebral cortex of man: a clinical study of localization of function. New York, NY: Macmillan.
- Sanes JN, Donoghue JP** (2000). Plasticity and primary motor cortex. *Annu Rev Neurosci* 23:393-415.
- Shimazaki T, Otsuka T, Akimoto S, Kubo KY, Sato S, Sasaguri K** (2012). Comparison of brain activation via tooth stimulation. *J Dent Res* 91:759-63.
- Svensson KG, Trulsson M** (2011). Impaired force control during food holding and biting in subjects with tooth- or implant-supported fixed prostheses. *J Clin Periodontol* 38:1137-46.
- Tamura T, Kanayama T, Yoshida S, Kawasaki T** (2002). Analysis of brain activity during clenching by fMRI. *J Oral Rehabil* 29:467-72.
- Trulsson M, Francis ST, Bowtell R, McGlone F** (2010). Brain activations in response to vibrotactile tooth stimulation: a psychophysical and fMRI study. *J Neurophysiol* 104:2257-65.
- 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. *Arch Oral Biol* 45:1083-1090.
- Wada S, Kojo T, Wang YH, Ando H, Nakanishi E, Zhang M, Fukuyama H, Uchida Y** (2001). Effect of loading on the development of nerve fibres around oral implants in the dog mandible. *Clin Oral Implants Res* 12: 219-224.
- Yan C, Ye L, Zhen J, Ke L, Gang L** (2008). Neuroplasticity of edentulous patients with implant-supported full dentures. *Eur J Oral Sci* 116:387-93.

Prof. Morris Mizraji
mmizraji@gmail.com