

# El Valor Diagnóstico de los Instrumentos Biométricos

John Charles Radke & Gerardo Ruiz Velasco

## Capítulo 5 - La aplicación de los TENS de Ultra-Baja Frecuencia en Odontología

### Contenido:

El descubrimiento de los TENS	2
ULF-TENS y odontología	2
La aplicación de ULF-TENS	5
Efectos significativos de ULF-TENS	6
Uso de la Propiocepción Reducida	7
Otros Músculos esqueléticos	8
Importancia de la Frecuencia Media	9
Palabras Clave y Definiciones	10
Notas finales	11
Referencias	11
Lecturas adicionales	14
Apéndice al Capítulo 5	16

### Resumen.

Los Estímulos Nerviosos Eléctricos Transcutáneos (*TENS*), son aplicados en odontología con una modalidad diferente que en

otras muchas disciplinas de la medicina. Mientras que su efecto analgésico puede ser un beneficio, el efecto deseado principalmente es la relajación de los músculos. Esto es conseguido aplicando pulsos de corta duración a los nervios de las fibras motoras de los V & VII pares craneales. Esta estimulación TENS produce contracciones moderadas a una frecuencia menor a dos veces/ en un segundo. Una vez que los músculos se han relajado, es posible tomar un registro de mordida independiente de los contactos oclusales pre existentes, optimizando la comodidad de la musculatura. En adición, el efecto analgésico por el aumento en la liberación de endorfinas conseguido por los TENS indirectamente ayuda a relajar los músculos. El propósito primordial de la aplicación de los TENS es corregir una relación anormal máxilo mandibular. Sin embargo, es necesario relajar primero los músculos para determinar si en realidad estamos ante una relación anormal. Por ello, los *TENS DE ULTRA BAJA FRECUENCIA* (ULF-TENS) tienen aplicación tanto para el diagnóstico como para el tratamiento en odontología. Un tratamiento efectivo sólo puede iniciarse una vez que ha sido detectada una relación anormal máxilo-mandibular y ha sido descrita en sus características, es decir, diagnosticada con precisión.

## El descubrimiento de los TENS

La Estimulación Neural Eléctrica Transcutánea (TENS) parece que fue desarrollada en parte por accidente. Ronald Melzack y Patrick Wall publicaron su trabajo en 1965 describiendo la Teoría de la Compuerta del Dolor, la cual para ese entonces llevó a la aplicación del bloqueo de los estímulos dolorosos mediante la utilización de los TENS (Melzack & Wall, 1965). Se trató de sobrecargar al sistema con estímulos eléctricos a los nervios que evitaran que las señales dolorosas alcanzaran a llegar al cerebro. Los primeros equipos Convencionales de TENS<sup>1</sup> utilizaban frecuencias relativamente altas (desde 50 a 100+ pulsos/segundo para la estimulación en un intento de exceder la capacidad del Sistema Nervioso Central (CNS) para interpretar señales dolorosas entrantes. Este primer paso en el desarrollo de los TENS llevó a un sin fin de estudios en los 1970s y 80s.

Los nervios pueden ser estimulados con pulsos de duración muy corta (p. ej. de 100 a 500 microsegundos) al contrario de los músculos, que requieren estímulos más largos (10 a 50 milisegundos) y más intensos (al menos 10X) para despolarizar directamente las fibras musculares. Esto significa que los estímulos neurales pueden pasar a través de los músculos a los nervios adyacentes sin provocar la contracción muscular al no conseguir la despolarización de las fibras musculares (Jankelson, Sparks, Crane & Radke, 1975; Sterkers, Renou & Hatchuel, 1975; Salar, Miotti, Rische, Antonello & Guidetti, 1983).

Uno de los primeros descubrimientos de los 1970s reveló la presencia de endorfinas (también conocidas como encefalinas), las sustancias naturales del cuerpo para aliviar el dolor (Mannheimer & Carlsson, 1979). Estas sustancias opioides son producidas de manera natural dentro del organismo en respuesta al dolor y el cuerpo puede ser estimulado para producir y liberar más de ellas. Esta es una de las capacidades de los TENS de ultra baja frecuencia y de los TENS de modo de ráfaga (*burst mode*).

Mientras que los TENS de alta frecuencia pueden bloquear las señales dolorosas mientras los estímulos son aplicados, hay muy poco efecto remanente después de terminar la sesión de estímulos. En cambio, los TENS de baja frecuencia, tienen efecto prolongado y éste permanece por horas o días ya que estimulan la producción de endorfinas. Los TENS convencionales para el alivio del dolor son aplicados con estímulos que van a un nivel de intensidad tan bajo que no producen ninguna contracción muscular.

Otra categoría de TENS es aplicada para provocar contracción muscular, con una frecuencia de pulso de 1 a 2 Hz. Este tipo de estimulación es aún mediada neuralmente ya que requiere mucha menos energía y es infinitamente más comfortable. El propósito de esta clase de estimulación es la relajación de los músculos tensos o fatigados. El músculo esquelético necesita contraerse y relajarse. En exceso, tanto de una como de otra situación, no es bueno ni para la salud ni para el metabolismo de ningún músculo esquelético. La contracción bombea hacia afuera los productos de desecho del metabolismo muscular (ácido láctico) a través de los canales linfáticos y la relajación permite que llegue sangre fresca para abastecer de nuevos metabolitos.

## TENS de Ultra-baja frecuencia y odontología<sup>2</sup>

Aproximadamente al mismo tiempo que Melzak y Wall estaban publicando sobre el sistema de la supresión del dolor, Bernard Jankelson se sentía cada vez más insatisfecho con sus métodos gnatológicos de ajustes oclusales (Jankelson, 1967). Él había estado aplicando los estándares de los ajustes oclusales gnatológicos en sus pacientes durante muchos años pero no estaba satisfecho con los resultados. Algunos pacientes decían sentirse mejor pero otros no y en algunos casos la persecución de una oclusión satisfactoria se volvía un proceso sin final, en el cual el paciente seguía encontrando nuevos "puntos altos" recurrentemente.

Unos cuantos habían sugerido que este tipo de pacientes eran neuróticos oclusales, sin ofrecer ninguna prueba convincente de esto ni siquiera datos sólidos objetivos que respaldaran sus afirmaciones (Laskin, 1970; Greene & Laskin, 1971; Mercuri, Olson & Laskin, 1979; Schwartz, Greene & Laskin, 1979). Aunque han sido publicadas muchas opiniones sugiriendo que la etiología de los desórdenes temporo-mandibulares (DTM) es de carácter mental más que de carácter físico, ningún estudio ha sido capaz de mostrar un tratamiento exitoso de los DTM utilizando únicamente algún método psicológico. El único esfuerzo publicado en el que se utilizó terapia cognitivo- conductual para tratar DTM lo hizo en combinación con terapia física convencional para tratar DTM (Dworkin, et al, 2002).

En contraste obvio, Jankelson propuso la hipótesis de que para identificar interferencias oclusales reales era requerido un cierre mandibular involuntario sin la intervención de la propiocepción. Él anticipó que solamente esta clase de cierre permitiría al diente con la interferencia oclusal tocar su antagonista sin que la propiocepción trate de evadirlo. En 1967 él reclutó a un ingeniero de la compañía Boeing desempleado en Seattle para diseñar un estimulador que pudiera aplicarse a los pares craneales V and VII simultáneamente donde se cruzan en el punto justo delante del tragus del oído hacia la profundidad de la escotadura sigmoidea entre el cóndilo mandibular y la apófisis Coronoides. El primer prototipo de lo que luego sería el Myo-Monitor fue diseñado con 2-milisegundos de ancho de pulso disparados a intervalos de 1.5 segundos. Es considerado ULF-TENS cuando la frecuencia está por debajo de 2 Hz. Vea Figura 1.



Figura 1. El primer prototipo del Myo-Monitor fue un aparato muy simple que emitía pulsos simultáneos de 2-milisegundos izquierdo y derecho cada 1.5 segundos.

El ancho de pulso fue luego acortado a 500 microsegundos en los modelos producidos para reducir la sensación para el paciente y para garantizar que el tejido muscular no pudiera ser estimulado directamente. Los primeros modelos incluían un *Modo de Ráfaga (Burst Mode)* con un interruptor “*Overclosure Switch*” para casos donde el paciente tenía un sobrecierre vertical y no haría ningún contacto con sólo un pulso único. Eventualmente esta característica fue eliminada cuando se demostró que un paciente con sobrecierre no necesita un ajuste oclusal, sino restaurar una dimensión vertical más fisiológica.

En el prototipo la polaridad de los pulsos podía ser cambiada entre positivo y negativo para los electrodos izquierdo y derecho con relación al electrodo común en la parte posterior del cuello. Para la producción o fabricación el switch de la polaridad fue eliminado y el pulso fue ajustado a que ambos electrodos izquierdo y derecho siempre fueran negativos. Ve las Figuras 2 & 3.

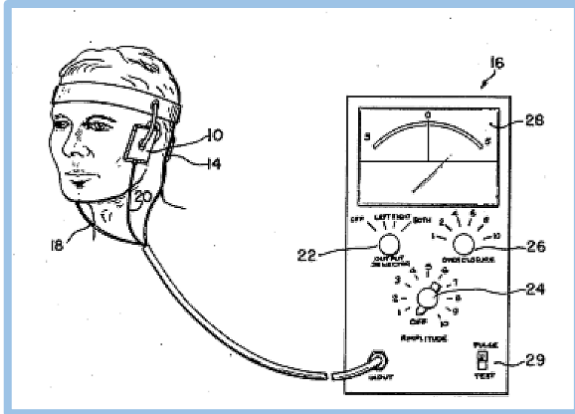


Figura 2. El primer modelo de producción J2 Myo-Monitor de la patente de 1971. Incluía botones de selección para la amplitud (24), sobrecierre (26), prueba o pulso (29) y derecha-izquierda-ambos (22).

A mediados de los 1970s fueron publicados una cantidad grande de artículos que proclamaban que posiblemente el Myo-Monitor no podría funcionar de la manera que Dr. Jankelson había descrito, pero no tenían ninguna evidencia científica que probara semejante afirmaciones. (Besette & Quinleven, 1973; Atkinson & Shepherd, 1974; Remien, II & Ash, Jr., 1974; Noble, 1975; Azarbal, 1977; No authors listed, 1978A; No authors listed, 1978B).



Figura 3. El segundo modelo de producción J3 de 1977. El switch para sobrecierre fue considerado innecesario, pero la configuración original de tres cables se mantuvo.

Fue afirmado repetidamente sin evidencias que la estimulación era limitada solamente para los músculos Maseteros como explicación del

porqué la posición Myo-Céntrica era más anterior que la Relación Céntrica.

Esto llevó a estudios que demostraron la mediación neural de los estímulos de ULF-TENS (Jankelson, Sparks, Crane & Radke, 1975; McMillan, Jablonski & McMillan, 1987). Sin embargo, esto no consiguió nada para satisfacer a algunos críticos de la aplicación de los TENS en odontología. Cuarenta y tres años después algunos aún no están convencidos.

Mientras tanto, Dr. Jankelson se daba cuenta de que los ajustes oclusales frecuentemente no eran lo indicado para los pacientes como se había venido suponiendo anteriormente. Muchos pacientes llegaban con el síndrome de disfunción de las ATMs, como entonces se le conocía, tenían problemas en sus articulaciones Temporo-mandibulares, dientes faltantes, músculos doloridos y oclusión dental con obvio sobrecierre vertical, es decir con sobremordida vertical. Mientras que los previos ajustes oclusales habían sido el tratamiento más común (de no ser la condilectomía) para todos los casos de dolor de las ATMs y dolor facial, se hacía evidente que la prioridad debería ser el identificar solamente aquellos pacientes que verdaderamente se pudieran beneficiar de un ajuste oclusal.



Figura 4. Una maloclusión puede requerir algo más que un ajuste oclusal para corregir por completo una anomalía máxilo-mandibular esquelética.

A pesar de los ataques provenientes de la academia en contra del Myo-monitor, muchos estudios y publicaciones indicaron tener éxito utilizando el aparato de ULF-TENS (Dinham, 1970; Gourion, 1971; Vesanen & Vesanen, 1973;

Jach, 1974; Weiss, 1974; Wessberg & Dinham, 1977; Jankelson & Radke, 1978A; Jankelson & Radke, 1978B; Rogers, 1979; Gernet, Reither & Gilde, 1980).

Durante los 1970s la profesión fue alertada de la prevalencia de los desplazamientos de disco con y sin reducción de las ATMs (Farrar, 1971; Weinberg, 1976; Farrar & McCarty, 1979). Esto llevó a revivir el uso de los guardas oclusales como medio de aliviar las cargas en las ATMs y potencialmente recapturar un disco desplazado. Mientras que el análisis de estos pacientes se expandió más allá de la oclusión, se volvió claro que un diagnóstico exhaustivo era necesario para seleccionar el tratamiento apropiado. No obstante, en los años 1980s, algunos preferían utilizar el abordaje más invasivo quirúrgico del implante de menisco de teflón-proplast (Vitek, Inc., Houston, TX) para tratar los desórdenes internos de las ATMs (Henry & Wolford, 1993). Este dispositivo que fue aprobado en 1989 por el panel de productos de la FDA bajo la consulta pagada de Dr. Norman Mohl de la escuela de odontología de SUNY Buffalo, fue retirado por la FDA tan solo unos pocos años después.

### La aplicación de ULF-TENS

El TENS de Ultra- baja frecuencia *ULF-TENS*, es aplicado a un nivel donde ligeras contracciones son vistas en los músculos faciales y en los músculos masticadores. Este nivel estimula la liberación de endorfinas, disminución del dolor y relajación muscular (Taylor, Katims & Ng, 1993; Frucht, Jonas & Kappert, 1995).

Simultáneamente, los pulsos rítmicos de la musculatura masticatoria en su totalidad reduce temporalmente su propiocepción. Esto es efectivo mientras no ocurra algún contacto dentario interoclusal. Irónicamente, el intento original era producir contactos dentarios, pero el uso actual requiere evitar esa consecuencia.

El enfoque ideal para el paciente con una mal-relación y maloclusiones mayores es registrar una posición independiente de los contactos y con la musculatura completamente relajada. Esto

permite que la musculatura relajada sea la que establezca y determine una posición céntrica para la oclusión.

Los BioTENS fueron desarrollados por BioResearch Associates, Inc. en 1984 como un estimulador de 2-cables de onda bipolar, que no requiere ningún electrodo neutro o tierra como el que se colocaba en la parte de atrás del cuello del paciente. En contraste, el Myo-Monitor es un sistema de 3-cables que utiliza un positivo común colocado en la parte posterior del cuello y que genera pulsos monopares negativos separados en el lado izquierdo y derecho. La diferencia más perceptible entre estos dos dispositivos es el mayor confort de los BioTENS reportado por pacientes (Gomez & Christensen, 1991).



Figura 5. Los BioTENS 2-cables ULF-TENS de BioResearch, Inc. en 1984 brindó una alternativa más suave y más confortable que el Myo-monitor.

Los BioTENS han sido recientemente desplazados por los QuadraTENS, una versión de BioTENS de dos canales individuales independientes que permite la relajación simultánea de 4 grupos musculares.

Los QuadraTENS incluyen una característica adicional, un Modo de Ráfaga (*Burst Mode*), que mejora aun más la producción de endorfinas.

### Los Efectos Significativos de ULF-TENS

El concepto original del Myo-monitor, de proveer un cierre involuntario que evidenciaría cualquier contacto que significara una interferencia oclusal es la función menos buscada hoy en día de los ULF-TENS. La estimulación de todos los músculos masticadores, produciendo contracciones y un movimiento neto de cierre sin llegar a contactar interoclusalmente, brinda un efecto de relajación. (Maffiuletti, Minetto, Farina & Bottinelli, 2011). En un estudio reciente placebo-controlado, se demostró que la estimulación por medio de ULF-TENS logra la reducción del dolor y de la actividad muscular (Ferreira, Costa, Oliveira, et al, 2017). La pulsación simultánea reduce la propiocepción de corto plazo de la oclusión céntrica, la posición de máxima intercuspidad. Este proceso de 30 a 40 minutos desprograma el CNS “memoria muscular” y permite a la Mandíbula conseguir una posición de reposo completamente relajada, individualizada y no representa un efecto universal consistente y predictivo (Monaco, Cattaneo, Marci, et al, 2007). Este proceso “neuromuscular” es más útil para el paciente con una mala relación esquelética máxilo-mandibular. Cualquier distorsión en la relación ósea de la Mandíbula con el Maxilar (yaw, pitch, roll, etc.), por causas ya sea de desarrollo o traumáticas provoca esfuerzos en la musculatura para adaptarse. Malas relaciones óseas pueden acomodarse alterando el patrón normal de contracción muscular hacia un patrón de contracción no adecuado y desequilibrado (Tartaglia, Testori, Pallavera, Marelli & Sforza, 2008). Un patrón de contracción muscular desequilibrado e inadecuado puede llevar a provocar síntomas dolorosos en los músculos, articulaciones y/o dientes de los sujetos con menor capacidad de adaptación. Se ha observado que la mayoría de los pacientes con desórdenes Témporo-mandibulares (DTM) con síntomas de



Figura 6. El QuadraTENS es un equipo de 2-canales de ULF-TENS el doble de la capacidad de los BioTENS e incluye un modo de Ráfaga (*Burst Mode*) para aumentar la analgesia.

dolores musculares que no padecen ni miopatías ni tampoco neuropatías. Es evidente que los dolores en los músculos son consecuencia de algún otro padecimiento primario típicamente a alguna distorsión biomecánica.

Un efecto secundario de la electro-estimulación es el efecto analgésico de larga duración en el incremento de la liberación de beta-endorfinas (además de Met-enkefalina-Arg-Phe inmunoreactiva, y dynorphin A inmunoreactiva) (Hughes Jr, Lichstein, Whitlock & Harker, 1984; Han, Chen, Sun, et al, 1991; Monaco, Cattaneo, Ortu, et al, 2017). Estos opioides moduladores del dolor producidos naturalmente extienden el efecto supresor de dolor de los TENS de horas hasta días (Patil, Iyengar, Kotni, et al, 2016). El modo de Ráfaga o *BURST MODE*, (emisión de alta frecuencia de 8 pulsos en ráfaga a una repetición de menos de 2 Hz de repetición), ha sido determinado ser especialmente efectivo de

producir beta-endorfinas (Mannheimer & Carlsson, 1979; Sabino, Santos, Francischi & de Resende, 2008; Rodríguez-Fernández, Garrido-Santo-fimia, Güeita-Rodríguez & Fernández-de-Las-Peñas, 2011). La supresión del dolor, la eliminación de la propiocepción, y la relajación muscular son las tres funciones de los ULF-TENS más útiles aplicados en odontología. El primero es paliativo, pero el segundo y el tercero más frecuente dirigen a acciones correctivas.

### Uso de la Propiocepción Reducida

Cuando existe una mala relación ósea, el SNC crea un programa neural para permitir a los músculos funcionar a pesar de esta condición. Esto resulta generalmente en una situación inapropiada y potencialmente perjudicial desde el punto de vista muscular, en la que algunos músculos se enfrentan a cargas por debajo de lo normal, y otros están siendo sobrecargados comparados con lo que sería una situación normal. Por ejemplo, sobrecargar los músculos Temporales puede producir dolores de cabeza en esa zona temporal (Fernández-de-Las-Peñas, Ge, Arendt-Nielsen, Cuadrado & Pareja, 2007). En esa situación los ULF-TENS pueden ser aplicados para encontrar la relación máxilo-mandibular terapéutica correctiva que normalice la función de la musculatura. La corrección en la postura y relación máxilo-mandibular puede implicar lo relacionado en lo vertical (p.ej. abrir una mordida cerrada), cambio en la relación antero-posterior (p.ej. como avance mandibular), corregir una deflexión lateral (p.ej. alinear línea media esquelética, eliminando un yaw), eliminando un lado más alto en la oclusión (p.ej. eliminar un roll en la mordida) o reduciendo contactos prematuros ya sean anteriores o posteriores (p. ej. corrigiendo un pitch). Cualquiera de estas condiciones es posible o incluso una combinación de dos o más en el mismo paciente. Para corregir cualquier tipo de mal-relación es sólo necesario; 1) relajar los músculos y 2) tomar un registro de mordida máxilo-mandibular sin ningún contacto dentario que desviaría el cierre.

Nota: Para entender el proceso de la corrección de la mala relación ósea, es muy útil ver lo que sucede realmente, con la ayuda de un jaw tracker.

La Figura 7 es una vista sagital magnificada de los movimientos mandibulares cerca de la posición intercuspídea. La posición correctiva que ha sido seleccionada (el +), la cual está a 1.2 mm apenas por arriba de la posición de reposo relajada después de pulsar con ULF-TENS, abre la mordida tan sólo 1.8 mm en la misma posición antero-posterior. Lo que no es visible en el gráfico es la eliminación de cualquier yaw, pitch y/o roll en la relación de posición intercuspídea original que ocurre automáticamente mientras no se haga ningún contacto interdental.

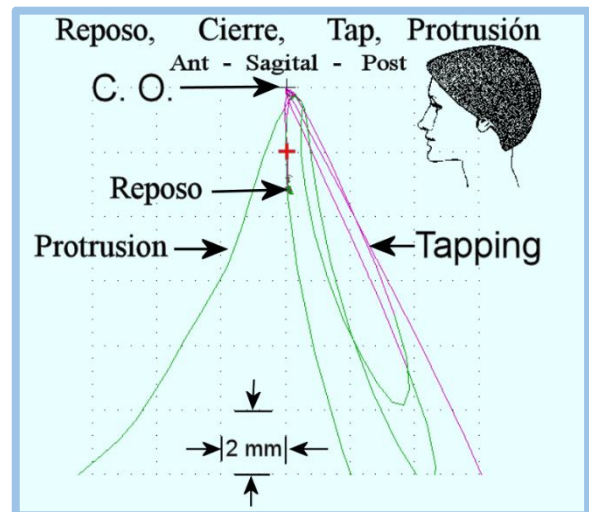


Figura 7. El punto ideal a conseguir para el registro de mordida es mostrado en esta imagen con un signo de +. Este registro revela claramente la relación entre la posición mandibular de reposo relajada de este paciente con la oclusión céntrica habitual y la guía protrusiva. El espacio libre interoclusal en este paciente es de 3 mm.

Un registro de mordida tomado en esta posición (el signo de + en la Figura 7.) puede ser utilizado para crear un dispositivo de arco dentario inferior completo con buena morfología oclusal que pueda ser utilizado para evaluar la respuesta del paciente. Al tomar el registro justo antes de que suceda algún contacto dentario, la propiocepción no influencia la posición y por ende, cualquier

yaw, pitch o roll en la mordida habitual es eliminado. Vea Figura 8.

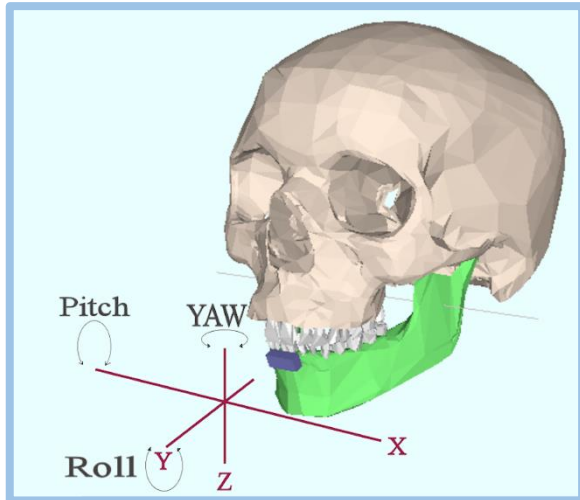


Figura 8. La relación entre el maxilar y la mandíbula incluye las tres rotaciones de Yaw, Pitch y Roll.

Este procedimiento es conocido o denominado *registro de mordida neuromuscular* porque es determinado y registrado con los músculos relajados y no por la interrelación previa habitual existente de los arcos dentarios dictada por los dientes. Vea la Figura 9.

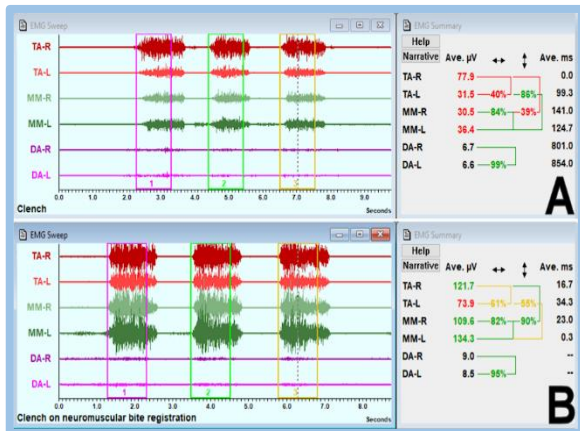


Figura 9. Una mala-relación Máxilo-Mandibular es la causa de las respuestas desequilibradas en (A). Después de que se ha conseguido un registro de mordida neuromuscular, un cambio en el balance muscular durante un máximo apretamiento se aprecia muy obvio. (B).

Como alternativa, si el arco superior es más distorsionado se puede fabricar un dispositivo

para el arco superior. En el peor de los casos, dos dispositivos pueden ser necesarios (en el arco superior y en el inferior) para establecer una relación neutral máxilo-mandibular.

### Otros Músculos Esqueléticos

Dos músculos que pudieran reaccionar con dolor asociado a los DTM son los Trapecios y los Esternocleidomastoideos. Casualmente, el Par Craneal número XI o Nervio Accesorio, aunque variable anatómicamente, está bastante accesible a los ULF-TENS en el triángulo posterior del cuello. Vea Figura 10. El punto motor del Trapecio es un punto para estimular selectivamente sólo el Trapecio. Estos músculos pueden ser relajados y las endorfinas estimuladas proveerán alivio del dolor.

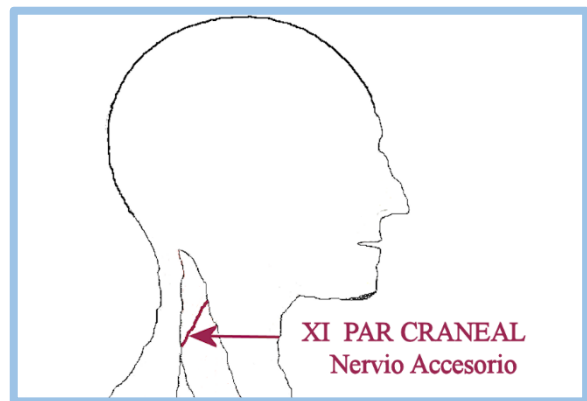


Figura 10. El 11º nervio craneal es relativamente superficial atravesando el triángulo posterior del cuello. Colocando un electrodo TENS sobre el área se consigue estimular tanto el músculo Trapecio como el Esternocleidomastoideo.

El complejo de músculos posteriores del cuello también puede referir dolor y ser iniciadores de dolores de cabeza (Sakuta, 1995). Esto es debido a requerimientos posturales que aumentan conforme la cabeza es inclinada hacia abajo o posicionada más hacia adelante. La postura de cabeza adelantada es una observación clínica común a en sujetos con DTM que cursan con dolor de cabeza occipital. En algunos casos la maloclusión o la mala-relación máxilo-mandibular promueve la postura de cabeza adelantada.



Todos los músculos esqueléticos tienen consistentemente características comunes. Ya sean los músculos de la pierna, los músculos del brazo, los músculos de la espalda o los músculos masticadores, todos tienen la necesidad de contraerse y relajarse periódicamente. Mientras que las contracciones ligeras intermitentes son muy benéficas, las contracciones intensas y la tensión constante, aún a un nivel bajo, eventualmente fatigarán al músculo (de Looze, Bosch & van Dieën, 2009; Pääsuke, Rannama, Ereline, Gapeyeva & Oöpik, 2007). Aunque existe un punto terminal para el proceso de fatiga, contractura miostática, (espasmo muscular o calambre), la fatiga es aún un proceso gradual. Mientras que un calambre no es un evento común en la musculatura masticatoria, los músculos dolorosos parcialmente fatigados son bastante comunes en pacientes con DTM.

### Importancia de la Frecuencia Media

El dolor muscular es generalmente asociado con niveles parciales de fatiga que puede ser identificada por medio del cálculo de la rápida de Fourier del contenido de frecuencia de la actividad electromiografía (EMG).

Específicamente, la frecuencia media cambia a un valor más bajo en la presencia de fatiga muscular (Merletti, Sabbahi & De Luca, 1984). No existen valores claros de frecuencia media que se puedan tomar como absolutos para considerarse a nivel normal. El rango de normal excluye buscar una frecuencia específica, pero en un individuo en particular, medir los cambios puede ser muy útil. En un músculo parcialmente fatigado que después es relajado hacia un estado de menor fatiga, la frecuencia media aumentará repetidamente en el mismo el nivel de contracción. Es necesario evaluar la frecuencia en el mismo nivel de contracción porque la frecuencia media cambia también cuando el nivel de fuerza de contracción cambia. La colocación de los electrodos puede afectar los valores absolutos de la frecuencia media, pero no la cantidad del cambio (Roy, De Luca & Schneider, 1986). Esto permite comparaciones en el mismo

paciente siempre y cuando la posición del electrodo no sea diferente o cambiada.

### El efecto muscular de la mordida por TENS

Es posible ver los efectos de una mordida por TENS en la musculatura registrando un máximo apretamiento del paciente en posición intercuspídea y luego otra mordida con máximo apretamiento en un dispositivo ortótico fabricado en posición registrada en mordida neuromuscular. Vea la Figura 9.

Cuando una mala-relación máxilo-mandibular (yaw, roll, o pitch) ocurre durante el cierre en un evento de máximo apretamiento en posición habitual, un desequilibrio muy característico en actividad muscular será visto en el registro de EMG de superficie. Algunos músculos no serán capaces de contraerse completamente y uno u otros más responderán excesivamente para compensar la acción. Una vez que consigamos una posición orientada por los músculos, el equilibrio muscular en oclusión máxima se vuelve evidente.

### Dolor Neuropático

El concepto general es de que el dolor neuropático es el resultado de enfermedades sistémicas (p.ej. diabetes, estenosis espinal, etc.) o resultado de lesiones por traumatismos. Se manifiesta por dolor espontáneo punzante o como pinchazos crónicos, temblores, o sensación de quemadura o ardor percibidas continuamente. Aunque estrictamente contradictorio, algunos han propuesto hipótesis de que algunos dolores idiopáticos de DTM son de naturaleza neuropática (Svensson, Baad-Hansen, Thygesen, Juhl & Jensen, 2004). El dolor neuropático puede además incluir sensaciones anormales (disestesia) o dolor en respuesta a un estímulo que normalmente no lo provocaría (alodinia) que puede tener ya sea carácter continuo o episódico (paroxístico).

El dolor neuropático es ampliamente reconocido en la literatura médica, pero es asociado con el diagnóstico preciso de enfermedades o de trauma documentado. En contraste, en la literatura

odontológica las referencias son más especulativas y más inclinadas para aplicar el término neuropático como diagnóstico a padecimientos por etiología desconocida (Baad-Hansen, List, Jensen & Svensson, 2006). Debido a que los DTM es una categoría muy amplia de al menos 40 problemas de salud diversos, no parece ser que el dolor neuropático represente una porción grande comparado a los otros padecimientos por otras causas conocidas. Ciertamente, el dolor neuropático puede ocurrir simultáneamente que los DTM, no es una condición muy común que esto suceda y por ello, primero se deben descartar causas más comunes.

### Acción Paliativa Vs acción Correctiva

Para cualquier padecimiento o enfermedad de etiología desconocida es común aplicar tratamientos paliativos. Este concepto ha sido llevado a los DTM en parte debido al uso común de la descripción como Síndrome de Dolor Miofascial (Laskin, 1970), o Síndrome de Disfunción de la ATM, lo que implica una etiología desconocida. La decisión de utilizar el término DTM ha también promovido esta idea, ya que con 40 condiciones diferentes incluidas, el diagnóstico parece algo abrumador.

Cuando se admite que la etiología de los DTM es desconocida, un manejo y abordaje paliativo es por supuesto muy lógico. Sin embargo, hay evidencia de que existen numerosas causas para condiciones específicas que pertenecen a la categoría de DTM. La clave para ser capaces de aplicar acciones correctivas en lugar de paliativas comienza con un diagnóstico de precisión. Mientras que no todos los DTM pueden ser tratados mediante acciones correctivas, muchos de ellos por supuesto que sí. La condición principal que puede tratarse correctivamente utilizando ULF-TENS en una mala-relación máxilo-mandibular.

### Palabras Clave y Definiciones

**Estimulación Eléctrica Neural Transcutánea (TENS):** La aplicación de pulsos eléctricos mediante electrodos de superficie con

duración de microsegundos para la estimulación de nervios específicos. En odontología se utiliza más comúnmente la estimulación al Trigémino V Par, Facial VII Par, y al Nervio Accesorio XI Par. Ya que los nervios son más sensibles a la estimulación eléctrica la duración de los pulsos es ajustada para ser demasiado corta lo cual no permite que sea un estímulo directo al tejido muscular circundante.

**TENS Convencionales:** Usados para la supresión de dolor agudo y crónico, utilizan altas frecuencias (p.ej. 100 Hz) a amplitudes por debajo del nivel en el que ocurren las contracciones musculares y son aplicados continuamente. Tiene efecto de duración corta después de terminada la sesión de estimulación.

**TENS de Baja Frecuencia:** Frecuencia de pulso de 2 a 10 Hz con algún grado de amplitud mayor a los TENS convencionales, produciendo moderadas contracciones en los músculos asociados. Este tipo de estimulación produce liberación de endorfinas y analgesia, lo cual aumenta la duración del efecto una vez que es terminada su aplicación.

**TENS de Ultra-baja Frecuencia:** Este tipo de estimulación de ULF-TENS pulsa el nervio a una frecuencia de 0.5 Hz a 2 Hz. La intención es producir contracciones ligeras de la musculatura asociada para estimular el flujo sanguíneo, restaurando el metabolismo normal y consiguiendo la relajación muscular. Los productos de desecho celulares (ácido láctico, etc.) son bombeados hacia afuera a través del sistema linfático mientras las endorfinas son liberadas y provoca el consiguiente efecto analgésico. El efecto es prolongado hasta varias horas o días.

**Burst Mode (Modo de Ráfaga):** El Modo Burst reemplaza a un pulso singular por una corta serie de pulsos (p.ej. 8) espaciada entre sí por intervalos de tiempo suficiente para permitir periodos de relajación. Produce contracción más fuerte y más completa, más parecida a un masaje debido al efecto de escalera también llamado efecto treppe. Cuando son aplicadas series de

estímulos rápidamente, cada estímulo sucesivo tiene un efecto mayor que el estímulo previo. Las respuestas progresivamente cada vez más se ven afectadas por aumentos en la temperatura del tejido, eficiencia enzimática, disponibilidad del ion Calcio resultantes de la estimulación. La liberación de Endorfina es además aumentada y el Modo Burst es especialmente efectivo para músculos grandes como el Trapecio.

**Acomodación:** Este término se refiere al hecho de que los nervios y la musculatura asociada tienden a adaptarse a la estimulación con el tiempo. Cuando utilizamos TENS convencionales, frecuentemente es necesario periódicamente re-ajustar el nivel de estimulación para mantener un efecto ideal. Cuando aplicamos LF-TENS / ULF-TENS, la respuesta tiende a aumentar con el tiempo mientras los músculos se relajan y con frecuencia requiere reducir ligeramente la amplitud.

**Odontalgia Atípica:** Una condición caracterizada por dolor continuo afectando los dientes (o al alveolo dental post extracción) cuando no se puede identificar la causa ni por el examen clínico ni radiológico. Esta es otra condición dentro de los DTM sin explicación etiológica conocida y por ello, puede ser o no ser neuropático.

**Síndrome de Dolor y Disfunción Miofascial:** Una definición estricta sugeriría dolor originado en la fascia del músculo y reconocer de etiología desconocida. Este diagnóstico es generalmente firmado injustamente sólo basándose en músculos con dolor. Cuando la etiología es desconocida, sólo puede indicarse tratamientos paliativos.

**Endorfinas:** Opioides endógenos liberados por la sustancia gris periacueductal del cerebro por la estimulación ULF-TENS que efectivamente modula los sistemas descendentes dolorosos.

#### Notas Finales:

1. TENS Convencional es el término actualmente utilizado para describir

dispositivos diseñados solamente para suprimir señales dolorosas. Algunas veces también son llamados TENS de alta frecuencia, ya que la frecuencia de los pulsos (50 a 100 + corta duración pulsos/segundo) es la frecuencia más alta estándar de todas las unidades de TENS.

2. TENS de Ultra-baja frecuencia se refiere a dispositivos que emiten pulsos por debajo de los 2 Hz y que producen contracciones para relajar los músculos. Ellos también estimulan la circulación, lo que mejora el metabolismo de los músculos.

#### References:

Atkinson, H. F. & Shepherd, R. W. (1974). Preliminary clinical report on the Myo-Monitor. *Aust Dent J*, 19(3), 200-2. PMID: 4547963

Azarbal, M. (1977). Comparison of Myo-Monitor centric position to centric relation and centric occlusion. *J Prosthet Dent*, 38(3):331-7. PMID: 269274

Baad-Hansen L, List T, Jensen TS, Svensson P. (2006). Increased pain sensitivity to intraoral capsaicin in patients with atypical odontalgia. *J Orofac Pain*. 2006 Spring;20(2):107-14. PMID: 16708828

Bessette, R. W. & Quinlivan, J. T. (1973). Electromyographic evaluation of the Myo-Monitor. *J Prosthet Dent*. 30(1),19-24. PMID: 4513524

de Looze, M., Bosch, T. & van Dieën, J. (2009). Manifestations of shoulder fatigue in prolonged activities involving low-force contractions. *Ergonomics*, 52(4), 428-37. PMID: 19401894

Dinham, R. (1970). Treatment of tic douloureux with Jankelson myo-monitor. A case report. *J Hawaii Dent Assoc*, 3(3), 11-2. PMID: 5311312

Dworkin, S. F., Turner, J. A., Mancl, L., Wilson, L., Massoth, D., Huggins, K. H., LeResche, L. & Truelove, E. (2002). A randomized clinical trial of a tailored comprehensive care treatment program for temporomandibular disorders. *J Orofac Pain*, 16(4), 259-76. PMID: 12455427

- Farrar, W. B. (1971). Diagnosis and treatment of anterior dislocation of the articular disc. *N Y J Dent*, 41(10), 348-51. PMID: 5288441
- Farrar, W. B. & McCarty, W. L Jr. (1979). Inferior joint space arthrography and characteristics of condylar paths in internal derangements of the TMJ. *J Prosthet Dent*, 41(5), 548-55. PMID: 286048
- Fernández-de-Las-Peñas, C., Ge, H. Y., Arendt-Nielsen, L., Cuadrado, M. L. & Pareja, J. A. (2007). The local and referred pain from myofascial trigger points in the temporalis muscle contributes to pain profile in chronic tension-type headache, *Clin J Pain*, 23(9), 786-92. PMID: 18075406
- Ferreira, A. P., Costa, D. R., Oliveira, A. I., Carvalho, E. A., Conti, P. C., Costa, Y. M. & Bonjardim, L. R. (2017). Short-term transcutaneous electrical nerve stimulation reduces pain and improves the masticatory muscle activity in temporomandibular disorder patients: a randomized controlled trial. *J Appl Oral Sci*. 25(2), 112-120. PMID: 28403351
- Frucht, S., Jonas, I. & Kappert, H. F. (1995). Muscle relaxation by transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) in bruxism. An electromyographic study. *Fortschr Kieferorthop*. 56(5), 245-53. PMID: 7557797
- Gernet, W., Reither, W. & Gilde, H. (1980). Use of the Myo-Monitor in the functionally disturbed stomatognathic system. *Dtsch Zahnarztl Z*, 35(6), 595-8. German. PMID: 6970120
- Gomez, C. E. & Christensen, L. V. (1991). Stimulus-response latencies of two instruments delivering transcutaneous electrical neuromuscular stimulation (TENS). *J Oral Rehabil*, 18(1), 87-94. PMID: 2051251
- Gourion, G. R. (1971). A new occlusal concept: myocentric relation and the Myo-monitor. *Rev Fr Odontostomatol*, 18(8), 995-1004. French. PMID: 5291294
- Greene, C. S. & Laskin, D. M. (1971). Meprobamate therapy for the myofascial pain-dysfunction (MPD) syndrome: a double-blind evaluation. *J Am Dent Assoc*. 82(3), 587-90. PMID: 4924956
- Han, J. S., Chen, X. H., Sun, S. L., Xu, X. J., Yuan, Y., Yan, S. C., Hao, J. Terenius, L. (1991). Effect of low- and high-frequency TENS on Met-enkephalin-Arg-Phe and dynorphin A immunoreactivity in human lumbar CSF. *Pain*. 47(3), 295-8. PMID: 168608
- Henry, C. H. & Wolford, L. M. (1993). Treatment outcomes for temporomandibular joint reconstruction after Proplast-Teflon implant failure. *J Oral Maxillofac Surg*. 51(4):352-8. PMID: 8450350
- Hughes, G. S. Jr, Lichstein, P. R., Whitlock, D. & Harker, C. (1984). Response of plasma beta-endorphins to transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Phys Ther*. 64(7), 1062-6. PMID: 6330773
- Jankelson, B., Sparks, S., Crane, P. & Radke, J. (1975) Neural conduction of the Myo-Monitor Stimulus: A Quantitative Analysis, *J Prosthet Dent*, 30(3), 145-53. PMID: 22334985
- Jach, E. T. (1974). The Jankelson Myo-Monitor. *CDS Rev*, 67(1), 20-2. PMID: 4589248
- Jankelson, B. & Radke, J. C. (1978A). The Myo-monitor: its use and abuse (I). *Quintessence Int Dent Dig*, 9(2), 47-52. PMID: 275947
- Jankelson, B. & Radke, J. C. (1978B). The Myo-monitor: its use and abuse (II). *Quintessence Int Dent Dig*, 9(3), 35-9. PMID: 287118
- Laskin, D. M. (1970). Etiology of the myofascial pain-dysfunction syndrome. *J Mass Dent Soc*, 19(4), 227-8. PMID: 5277795
- Maffiuletti, N. A., Minetto, M. A., Farina, D. & Bottinelli, R. (2011). Electrical stimulation for neuromuscular testing and training: State-of-the art and unresolved issues. *Eur J Appl Physiol*, 111(10), 2391-7. PMID 21866361.
- Mannheimer, C. & Carlsson, C. A. (1979). The analgesic effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TNS) in patients with rheumatoid arthritis. A comparative study of different pulse patterns. *Pain*, 6(3), 329-34. PMID: 313550
- McMillan, A. S., Jablonski, N. G. & McMillan, D. R. (1987). The position and branching pattern of the facial nerve and their effect on transcutaneous electrical stimulation in the orofacial region. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 63(5), 539-41. PMID: 3495770
- Melzack, R., & Wall, P. D. (1965). Pain mechanisms: a new theory. *Science*, 150(3699), 971-9. PMID: 5320816

- Mercuri, L. G., Olson, R. E. & Laskin, D. M. (1979). The specificity of response to experimental stress in patients with myofascial pain dysfunction syndrome. *J Dent Res*, 58(9), 1866-71. PMID: 290651
- Merletti, R., Sabbahi, M. A. & De Luca, C. J. (1984). Median frequency of the myoelectric signal. Effects of muscle ischemia and cooling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 52(3), 258-65. PMID: 6539676
- Monaco, A., Cattaneo, R., Marci, M. C., Marzo, G., Gatto, R. & Giannoni, M. (2007). Neuromuscular diagnosis in orthodontics: effects of TENS on maxillo-mandibular relationship. *Eur J Paediatr Dent*. 8(3), 143-8. PMID: 17919063
- Monaco, A., Cattaneo, R., Ortu, E., Constantinescu, M. V. & Pietropaoli, D. (2017). Sensory trigeminal ULF-TENS stimulation reduces HRV response to experimentally induced arithmetic stress: A randomized clinical trial. *Physiol Behav*. 1(173), 209-215. PMID: 28213205
- No authors listed. (1978A). Comparison of Myo-Monitor centric position to centric relation and centric occlusion. *J Prosthet Dent*. 39(2), 242-4. PMID: 271738
- No authors listed. (1978B). Comparison of Myo-monitor centric relation and centric occlusion. *J Prosthet Dent*, 39(4):473-4. PMID: 273698
- Noble, W. H. (1975). Anteroposterior position of "Myo-Monitor centric". *J Prosthet Dent*, 33(4), 398-402. PMID: 1054417
- Pääsuke, M., Rannama, L., Ereline, J., Gapeyeva, H. & Oöpik, V. (2007). Changes in soleus motoneuron pool reflex excitability and surface EMG parameters during fatiguing low- vs. high-intensity isometric contractions. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 47(7-8), 341-50. PMID: 18051628
- Patil, S., Iyengar, A. R., Kotni, R. M, B V S. & Joshi, R. K. (2016). Evaluation of Efficacy of Ultrasoundography in the Assessment of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in Subjects with Myositis and Myofascial Pain. *Korean J Pain*. 29(1), 12-7. PMID: 26839665
- Remien, J. C. II, Ash, M. Jr. (1974). "Myo-Monitor centric": an evaluation. *J Prosthet Dent*, 31(2), 137-45. PMID: 4520661
- Rodríguez-Fernández, A. L., Garrido-Santofimia, V., Güeita-Rodríguez, J., & Fernández-de-Las-Peñas, C. (2011). Effects of burst-type transcutaneous electrical nerve stimulation on cervical range of motion and latent myofascial trigger point pain sensitivity. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(9), 1353-8. PMID: 21878204
- Rogers, J. L. (1979). Patient's facial pain treated by Myo-monitor and dentures. *Dent Surv*, 55(5), 54. PMID: 317465
- Roy, S. H., De Luca, C. J. & Schneider, J. (1986). Effects of electrode location on myoelectric conduction velocity and median frequency estimates. *J Appl Physiol*, 61(4), 1510-7. PMID: 3781964
- Sabino, G. S., Santos, C. M., Francischi, J. N. & de Resende, M. A. (2008). Release of endogenous opioids following transcutaneous electric nerve stimulation in an experimental model of acute inflammatory pain. *J Pain*. 9(2), 157-63. PMID: 17988952
- Sakuta, M. (1995). Tension type headache with special reference to muscle abnormality. *Rinsho Shinkeigaku*, 35(12), 1339-41. Review. Japanese. PMID: 8752391
- Salar, G., Miotti, A., Rische, R., Antonello, C. & Guidetti, G. (1983). Standardized cutaneous trigeminal sensitivity. *G Stomatol Ortognatodonzia*. 2(4), 109-12. PMID: 6590498
- Schwartz, R. A, Greene, C. S. & Laskin, D. M. (1979). Personality characteristics of patients with myofascial pain-dysfunction (MPD) syndrome unresponsive to conventional therapy. *J Dent Res*, 58(5), 1435-9. PMID: 285956
- Sterkers, J. M., Renou, G. & Hatchuel, C. (1975). The facial nerve sensitivity test. Significance and limitation. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac*. 92(4-5), 173-7. PMID: 1217811
- Svensson P, Baad-Hansen L, Thygesen T, Juhl GI, Jensen TS. (2004). Overview on tools and methods to assess neuropathic trigeminal pain. *J Orofac Pain*. 2004 Fall;18(4):332-8. PMID: 15636017
- Tartaglia, G. M., Testori, T., Pallavera, A., Marelli, B. & Sforza, C. (2008). Electromyographic analysis of masticatory and neck muscles in subjects with natural dentition, teeth-supported and implant-supported prostheses. *Clin Oral Implants Res*, 19(10), 1081-8. PMID: 18828826

Taylor, D. N., Katims, J. J. & Ng, L. K. (1993). Sine-wave auricular TENS produces frequency-dependent hypesthesia in the trigeminal nerve. *Clin J Pain*. 9(3), 216-9. PMID: 8219523

Vesanen, E. & Vesanen, R. (1973). The Jankelson Myo-Monitor and its clinical use. *Proc Finn Dent Soc*, 69(6), 244-7. PMID: 4591388

Weinberg, L. A. (1976). Posterior bilateral condylar displacement: its diagnosis and treatment. *J Prosthet Dent*, 36(4), 426-40. PMID: 1067424

Weiss, M. H. (1974). Letter: Myo-Monitor centric. *J Prosthet Dent*, 31(6), 695-6. PMID: 4524864

Wessberg, G. A. & Dinham, R. (1977). The Myo-Monitor and the Myofacial Pain Dysfunction Syndrome. *J Hawaii Dent Assoc*, 10(2), 10-3. PMID: 346640

### Lecturas Adicionales

Cekmen, N., Salman, B., Keles, Z., Aslan, M. & Akcabay, M. (Feb 2007). "Transcutaneous electrical nerve stimulation in the prevention of postoperative nausea and vomiting after elective laparoscopic cholecystectomy". *J Clin Anesth*. 19 (1), 49–52. PMID 17321927

Gan, L. S., Prochazka, A., Bornes, T. D., Denington, A. A. & Chan, K. M. (2007). "A new means of transcutaneous coupling for neural prostheses". *IEEE Trans Biomed Eng*. 54 (3), 509–17. PMID 17355064

Ozawa, M., Tsuchiyama, K., Gomi, R., Kurosaki, F., Kawamoto, Y. & Aiba, S. (2006). "Neuroselective transcutaneous electric stimulation reveals body area-specific differences in itch perception". *American Academy of Dermatology*. 55 (6), 996–1002. PMID 17097397

Vrbová, G., Hudlicka, O. & Schaefer-Centofanti, K. (2008). *Application of Muscle/Nerve Stimulation in Health and Disease*. Springer. ISBN 978-1-4020-8232-0.

Robinson-Andrew, J. & Snyder-Mackler, L. (2007). *Clinical Electrophysiology: Electrotherapy and Electrophysiologic Testing* (Third ed.). Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 0781744849.

DeSantana, J. M., Walsh, D. M., Vance, C., Rakel, B. A. & Sluka, K. A. (2008). "Effectiveness of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation for

Treatment of Hyperalgesia and Pain". *Curr Rheumatol Rep*. 10(6), 492–499. PMID 19007541

Johnson, M. & Martinson, M. (2007). "Efficacy of electrical nerve stimulation for chronic musculoskeletal pain: A meta-analysis of randomized controlled trials". *Pain*. 130(1–2), 157–165. PMID 17383095

Nnoaham, K. E. & Kumbang, J. (2008). Nnoaham, Kelechi E, ed. "Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain". *The Cochrane Library* (3): CD003222. PMID 18646088

Haldeman, S., Carroll, L., Cassidy, J. D., Schubert, J. & Nygren, A. (2008). "The Bone and Joint Decade 2000–2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders." *Spine*. 33(4 Suppl), S5–S7. PMID 18204400

Dubinsky, R. M. & Miyasaki, J. (2009). "Assessment: Efficacy of transcutaneous electric nerve stimulation in the treatment of pain in neurologic disorders (an evidence-based review): Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology". *Neurology*. 74(2), 173–176. PMID 20042705

Khadilkar, A., Odebiyi, D. O., Brosseau, L. & Wells, G. A. (2008). Brosseau, Lucie, ed. "Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) versus placebo for chronic low-back pain". *The Cochrane Library* (4), CD003008. PMID 18843638

Johnson, M. I., Mulvey, M. R. & Bagnall, A. M. (2015). "Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for phantom pain and stump pain following amputation in adults". *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 8, CD007264. PMID 26284511

Bjordal, J. M., Johnson, M. I. & Ljunggreen, A. E. (2003). "Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain". *European Journal of Pain*. 7(2), 181–188. PMID 12600800

Rakel, B. & Frantz, R. (2003). "Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation on postoperative pain with movement". *The Journal of Pain*. 4(8), 455–464. PMID 14622666

Bennett, M. I., Hughes, N. & Johnson, M. I. (2011). "Methodological quality in randomised controlled

trials of transcutaneous electric nerve stimulation for pain: Low fidelity may explain negative findings". *Pain*. 152(6), 1226–1232. PMID 21435786

Ellrich, J. & Lamp, S. (2005). "Peripheral Nerve Stimulation Inhibits Nociceptive Processing: An Electrophysiological Study in Healthy Volunteers." *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 8(4), 225–232. PMID 22151549

Kara, M., Ozçakar, L., Gökçay, D., Özçelik, E., Yörübulut, M., Güneri, S., Kaymak, B., Akinci, A. & Cetin, A. (2010). "Quantification of the Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation with Functional Magnetic Resonance Imaging: A Double-Blind Randomized Placebo-Controlled Study". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 91(8), 1160–1165. PMID 20684895

Kocyigit, F., Akalin, E., Gezer, N. S., Orbay, O., Kocyigit, A. & Ada, E. (2012). "Functional Magnetic Resonance Imaging of the Effects of Low-frequency Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Central Pain Modulation". *The Clinical Journal of Pain*. 28(7), 581–588. PMID 22699130

Schoenen, J., Vandersmissen, B., Jeanette, S., Herroelen, L., Vandenheede, M., Gérard, P. & Magis, D. (2013). "Migraine prevention with a supraorbital transcutaneous stimulator: a randomized controlled trial". *Neurology*. 80(8), 697–704. PMID 23390177

McQuay, H. J., Moore, R. A., Eccleston, C., Morley, S. & Williams, A. C. (1997). "Systematic review of outpatient services for chronic pain control". *Health Technology Assessment*. 1(6), i–iv, 1–135. PMID 9483161

van der Spank, J. T., Cambier, D. C., De Paepe, H. M., Danneels, L. A., Witvrouw, E. E. & Beerens, L. (2000). "Pain relief in labour by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS)". *Archives of gynecology and obstetrics*. 264(3), 131–136. PMID 11129512

Chipaila, N., Sgolastra, F., Spadaro, A., Pietropaoli, D., Masci, C., Cattaneo, R., & Monaco, A. (2014). "The effects of ULF-TENS stimulation on gnathology: the state of the art". *Cranio: The Journal of Craniomandibular Practice*. 32(2), 118–130. PMID 24839723

Jensen, J. E., Conn, R. R., Hazelrigg, G. & Hewett, J. E. (1985). "The use of transcutaneous neural stimulation and isokinetic testing in arthroscopic knee

surgery". *The American journal of sports medicine*. 13(1), 27–33. PMID 3872082

Burton, C. (1974). "Instrumentation for dorsal column stimulator implantation". *Surgical neurology*. 2(1), 39–40. PMID 4810453

Monaco, A., Cattaneo, R., Ortu, E., Constantinescu, M. V. & Pietropaoli, D. (2017). "Sensory trigeminal ULF-TENS stimulation reduces HRV response to experimentally induced arithmetic stress: A randomized clinical trial". *Physiology & Behavior*. 173, 209–215. ISSN 1873-507X. PMID 28213205

Bracciano, A. G. (2008). *Physical Agent Modalities: Theory and Application for the Occupational Therapist* (2 ed.). SLACK Incorporated. p. 232. ISBN 1556426496.

Digby, G. C., Daubney, M. E., Baggs, J., Campbell, D., Simpson, C. S., Redfearn, D. P., Brennan, F. J., Abdollah, H. & Baranchuk, A. (2009). "Physiotherapy and cardiac rhythm devices: a review of the current scope of practice". *Europace*. 11(7), 850 - 59. PMID 19411677

## Apéndice al Capítulo 5

En la aplicación de los TENS en odontología, el electrodo estimulador es generalmente colocado directamente anterior al Tragus del oído, sobre la escotadura Sigmoides de la Mandíbula. Esta localización casualmente brinda acceso tanto al V como al VII pares craneales.

Vea Figura 1.



Figura 1. El posicionamiento más común de los electrodos de TENS para aplicación en odontología es bilateralmente anterior al Tragus del oído y sobre la escotadura Sigmoides. Utilizando estímulos bipolares, sin "neutro", ya que no es requerido un polo tierra. Los sistemas Unipolares sí requieren polo tierra, generalmente colocado en la parte posterior del cuello.

Debido a que el nervio Facial es más cercano a la dermis, éste responde a menor amplitud que el nervio Trigémino. Por ello, el proceso para ajustar la amplitud (intensidad de la corriente) puede tomar tres etapas:

1. La amplitud puede ser incrementada hasta que el paciente pueda sentir una sensación de piquetitos como de alfiler en la zona de la dermis. Esto indica que el estímulo ha alcanzado solamente los sensores dolorosos de la dermis.
2. Mientras vamos aumentando gradual y lentamente la amplitud la indicación de que se están estimulando las fibras

motoras del VII par craneal es cuando observamos a simple vista los movimientos por las contracciones de los músculos faciales al rededor de los ojos y la nariz.

3. Por último, continuando con el aumento lento y gradual de la amplitud, podemos palpar los Maseteros o colocar un dedo inter incisalmente de los dientes anteriores para detectar la más ligera contracción de los músculos masticadores. Este grado de contracción mínima perceptible es conocido como " umbral" y es aceptable para la relajación muscular. No hay un límite definido para la cantidad de tiempo que puedan ser aplicados los estímulos, pero cuarenta minutos a una hora proveen un efecto máximo, tiempo más prolongado no brinda ninguna ventaja significativa.

Idealmente, el paciente deberá estar sentado en una silla confortable, en un lugar tranquilo y silencio, alejado de cualquier actividad. La cabeza puede estar reclinada en un cabezal, pero no hacia adelante, lo que ocasionaría que los dientes se golpearan contra sus antagonistas. Instruir al paciente a evitar el contacto dentario y que le hagan saber al dentista si esto ocurriera.

Debemos tranquilizar al paciente de que la sensación inicial de piquete como de alfiler, se irá pronto conforme se liberen endorfinas. En casos de extrema guía anterior patológica (p.ej. Clase II div 2) es recomendado utilizar un Aqualizer™ para cubrir los dientes superiores y evitar así los contactos dentales durante los pulsos de TENS.

El estado de relajación y la pérdida momentánea de la propiocepción inducidas por los TENS es demasiado efímera si al paciente se le permite inmediatamente cerrar en máxima intercuspidadación. Por ello, cualquier registro de mordida (cuando está indicado) debe ser tomado antes de que ocurra si es posible. Si es tomado inmediatamente, el registro puede corregir cualquier yaw, pitch o roll presente en la oclusión habitual de máxima intercuspidadación.