

El Valor Diagnóstico de los Instrumentos Biométricos

John Charles Radke & Gerardo Ruiz Velasco

Capítulo 2: Jaw Tracking with Electrognathography

Contenido	página		página
Una breve historia de la Magnetografía	2	Analizando Patrones Promedio Masticatorios	13
El Jaw Tracker basado en magnetismo	5	Calculando el Patrón Promedio	
Los Principales Objetivos de los Registros de EGN	5	Masticatorio (ACP)	14
Rango de Movimiento	6	Importancia de la Frecuencia Masticatoria	15
Importancia de la Deflexión	6	Importancia del tamaño Vertical del ACP	15
Importancia de la Desviación	7	Importancia de la Variabilidad	16
Guía Protrusiva	8	Importancia de la Suavidad de Movimiento	17
Ausencia de Guía Protrusiva / Guía Anterior Patológica	9	Utilizando <i>jaw tracker</i> / JVA Combinados	18
La Importancia de la Velocidad	9	Utilizando <i>jaw tracker</i> / EMG Combinados	19
Guía Anterior Patológica vs DDR	10	Referencias	20
Velocidad ACP y su Relación con la Función/Disfunción	10	Lecturas Adicionales	21
Importancia de la Posición de Reposo	11	Notas Finales	24
		Apéndice	25

Aplicación Clínica de la Magnetografía de los Movimientos Mandibulares

Una breve historia de la tecnología

La idea original de registrar movimientos mandibulares mediante la Magnetografía fue publicada por primera vez en Octubre de 1967 en el Journal of Prosthetic Dentistry, se proponía como método para medir el espacio libre interoclusal en pacientes desdentados, hace más de 50 años. (Kydd, Harrold & Smith, 1967).

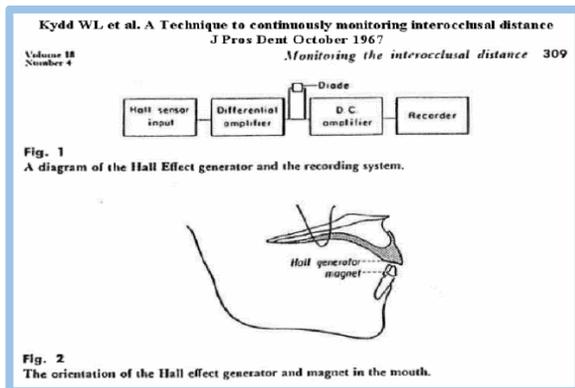


Figura 1. Reproducido de una publicación del sistema de monitoreo de posición mandibular basado en magnetismo propuesto por Kydd et al en el Journal of Prosthetic Dentistry de 1967.

Subsecuentemente, el Dr. Bernard Jankelson lanzó Myotronics Research, Inc. y en 1971 comenzó un esfuerzo para fabricar el primer magnetógrafo de movimientos mandibulares para utilizarlo en su propio estudio clínico de investigación. La segunda publicación al respecto registrada en Inglés apareció en 1972, en el JPD's de Noviembre, proveniente de Japón. (Bando, Fukushima, Kawabata & Kono, 1972).

Tan pronto como el primer Kinesiógrafo estuvo en operación, el interés por conseguir uno fue expresado por el Prof. H. Mitani de la Dental University of Osaka, Japón, el Prof. Alan Hannam de la University of British Columbia y por el Prof. Malcom Boone, quien trabajaba en Prostodoncia en Indiana University. Estos tres primeros Kinesiógrafos fueron fabricados sobre pedido por Myotronics Research, Inc. eran aparatos de tamaño muy grande y muy costosos

para su fabricación. Sin embargo, estos aparatos brindaron la primera oportunidad de registrar los movimientos mandibulares mientras el sujeto realizaba movimientos mandibulares de una manera natural sin obstrucciones. Los aparatos para este mismo fin producidos anteriormente utilizaban sujetadores adheridos a los dientes y algunas otros aditamentos que interferían con la función natural. Otras dos ventajas del Kinesiógrafo fueron lo rápido y simple de su aplicación. (Jankelson, Swain, Crane & Radke, 1975).

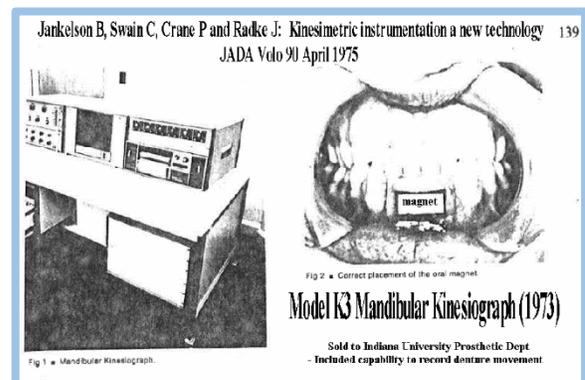


Figura 2. El Kinesiógrafo entregado a la Universidad de Indiana en 1973 incluía una grabadora de cinta para instrumentación y grabadora de tiras de papel.

Para 1975 Myotronics Research, Inc. ya había producido una versión más compacta de su Kinesiógrafo, el K-5R.

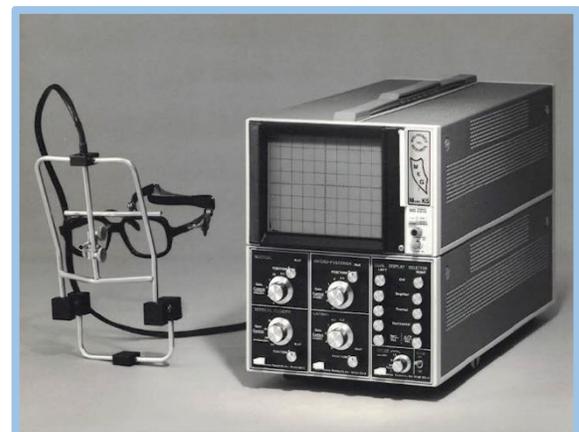


Figura 3. El Kinesiógrafo K5R como apareció en 1975, construido en un osciloscopio Tektronix de

almacenamiento. De aplicación al paciente muy rápida y sencilla. Fue manufacturado dentro de un costoso osciloscopio Tektronix de almacenamiento e incluía una cámara Polaroid para obtener registros permanentes. Fue más compacto y de fácil manejo. Para el tiempo en que Myotronics Research, Inc. estaba desarrollando el Kinesiógrafo, el Dr. Arthur Lewin en Sudáfrica estaba desarrollando un Kinesiógrafo similar basado también en magnetismo, en cooperación con Siemens Dental, llamado después "Sirognathograph". Mientras que éste utilizaba una tecnología de sensores con muy pocas diferencias, utilizaba también un magneto permanente muy pequeño. (Lewin, van Rensburg, & Lemmer, 1974; Van Rensburg, Lemmer, & Lewin, 1974). El Sirognathograph fue comercializado por Siemens Dental en la segunda mitad de los 1970s (Lemmer, Lewin & van Rensburg, 1976; Lewin, Lemmer & van Rensburg, 1976; Lewin & Nickel, 1978).

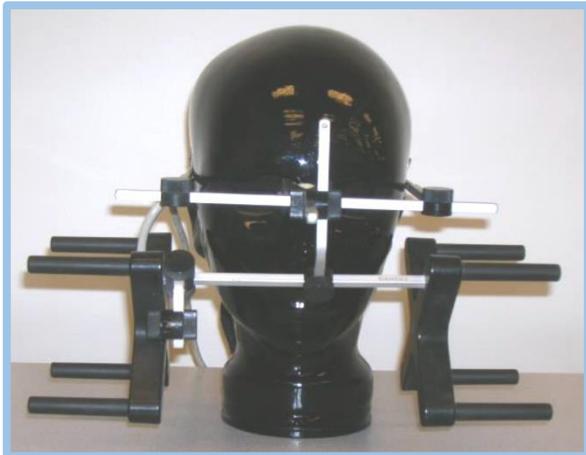


Figura 4. El Sirognathograph fue producido en Alemania por alrededor de 25 años hasta que Siemens vendió su área dental a Sirona. BioResearch fue el distribuidor primero de Norte América y luego del mundo desde 1984.

A finales de 1984 el Sirognathograph se apoyó con una computadora personal IBM® y utilizó el programa de software de BioPAK™ desarrollado por BioResearch Associates, Inc. para la evaluación de la función masticatoria.

Al mismo tiempo Myotronics estaba apoyando su K-6 con una computadora Apple II utilizando la serie de sensores K-5R de 1973.



Nuevo! El Sistema Diagnóstico Modelo K6

Figura 5. El sistema Myotronics K6 Myotronics Apple II fue presentado en 1985 utilizando el set de sensores del antiguo K-5R.



Figura 6. BioPAK™ es el software desarrollado por BioResearch Associates, Inc., específicamente para el Sirognathograph en 1985. La versión 1.0 fue escrita para Microsoft DOS, pero el programa fue mejorado en 1993 para ejecutarse en Windows.

Vea la Figura 5. Ya en 1987 ellos habían desarrollado un nuevo set de sensores que copiaba la geometría del Sirognathograph, el cual mejoraba la linealidad y el rango. Aún está en uso para el K7. Vea Figura 7.

En 1995 el Sirognathograph fue discontinuado mientras que BioResearch, Inc. tomaba su lugar con un nuevo Kinesiógrafo para movimientos mandibulares, el JT-3. EL JT-3 incrementó el número de sensores de 8 a 48 y mejoró el

acomodo geométrico de los mismos, lo cual incrementó el rango de amplitud de apertura y la linealidad de los registros comparado con los otros Kinesiográficos construidos previamente. El JT-3 continuó operando con el programa BioPAK, corriendo para Windows 95 y versiones posteriores. En 1999 la interface del JT-3 fue mejorada para la tarjeta PCMCIA, lo cual permitió utilizarse con una computadora notebook o laptop. Las interfaces previas requerían una computadora de escritorio. Esto último mejoró la portabilidad y la confiabilidad. Vea la Figura 8.

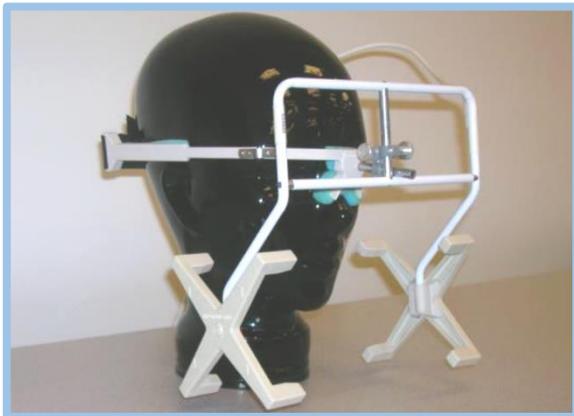


Figura 7. El set de sensores K-6, que copió la geometría del Sirognathograph, fue introducido en 1987. Es utilizado con el equipo K7 aún hoy en día.



Figura 8. El JT-3 introducido en 1995 incluía 48 sensores para incrementar su rango y linealidad. Fue reemplazado en 2004.

En 2003 los Sensores de Pasillo utilizados en el JT-3 fueron discontinuados, haciéndose necesario rediseñar el EGN. Para evitar la dependencia de proveedores externos, BioResearch decidió diseñar y construir un set completamente nuevo, incluyendo también los sensores. Así resultó el JT-3D, que fue introducido en 2004. El nuevo set incluía nuevos magnetómetros de saturación que son fabricados con mayor sensibilidad que los sensores de pasillo y pueden por ello ser colocados más alejados del magneto. Esto aumentó aún más el rango y la linealidad del set. Además, se decidió dejar de apoyar el set en la nariz del paciente. Esto había sido siempre motivo de quejas y de incomodidad. Montar el set basados en la posición relativa de la nariz y de los oídos hacía que la alineación durante la colocación fuera un poco problemática ya que en los humanos, estas partes anatómicas varían mucho. Por ello, el JT-3D utiliza una banda muy cómoda en la cabeza y no tiene contacto con la nariz o los oídos del paciente. Vea la Figura 9.



Figura 9. El set de sensores del Jaw Tracker JT-3D ha incrementado el rango de registro, linealidad, confort para el paciente, y los clínicos tienen un mayor acceso abierto a la boca del paciente. Esta imagen muestra además el posicionamiento correcto de los sensores del JVA para registros simultáneos.

Una característica adicional del set de JT-3D es el hecho de que el clínico puede más fácilmente mirar hacia adentro y tener acceso a la boca del paciente. No hay nada que bloquee la cara del paciente por debajo del nivel de los ojos. Esto es muy importante en ciertos procedimientos dentales. La barra alineadora mostrada en la Figura 9 es retirada una vez que el equipo ha sido alineado al pequeño magneto adherido al tejido gingival en el vestíbulo labial con *Stomadhesive*. El Jaw Tracking (Kinesiógrafo para movimientos mandibulares basado en magnetismo) se ha continuado desarrollando con la adición de nuevas características en el software. El programa BioPAK está en estos días en su novena revisión e incluye muchas características que ni siquiera se imaginaban posibles en sus inicios. La capacidad de registrar movimientos masticatorios naturales tanto como llevarnos al análisis por el software diseñado específicamente para evaluar la capacidad para masticar (Radke, Kull & Sethi, 2014).

El Electrognatógrafo JT-3D basado en magnetismo

Este jaw tracker 3-dimensional basado en magnetismo ha evolucionado del Kinesiógrafo original y se ha posicionado como un método para registrar movimientos mandibulares durante funciones naturales sin ninguna interferencia en la oclusión natural. (Jankelson, Swain, Crane & Radke, 1975). Un sólo magneto pequeño es adherido a los incisivos inferiores y al tejido gingival subyacente en su superficie labial. El set de sensores es colocado en el paciente mediante una banda en la cabeza que es ajustada perfectamente. El paciente es instruido por el operador para completar una serie estándar de movimientos mandibulares. Los registros son guardados en el disco duro de la computadora y el paciente es desocupado y puede retirarse. Todo esto ocurre en unos pocos minutos y es realizado típicamente por un asistente. Los registros del *Jaw Tracking* representan no sólo el estado masticatorio presente, sino también una referencia permanente para el futuro. Cada

paciente es único como individuo, por ello tener una referencia de la salud y función de dicho paciente puede ser muy valiosa en fechas posteriores en caso de que ocurra alguna disfunción.

Comparado con modelos previos el JT-3D tiene las ventajas clínicas agregadas de una preparación más rápida, operación más fácil, y una interface de conexión serial universal (USB) que se comunica prácticamente con todas las computadoras modernas, tablets, y demás dispositivos compatibles con Windows®. El *BioPAK™ Software for Windows* actual, que ha sido desarrollado durante los pasados 34 años, es muy intuitivo y fácil de operar.

Principales Objetivos de Registrar EGN

- I. *Rango de Movimiento (ROM)*: vistas de tres planos espaciales muestran cualquier limitación, desviación o deflexión en tres dimensiones. (Agerberg & Carlsson, 1972), vea la figura 10.
- II. *Guía Protrusiva* : La importancia de la Guía Protrusiva adecuada (Lundeen, Shryock & Gibbs, 1978) Vs una guía Anterior no adecuada (Yoshioka, Ogawa, Kuwahara, Takashima & Maruyama, 1993).
- III. *Velocidad*: Rapidez y suavidad de movimientos de abre-cierre entre otros y durante la función masticatoria. (Lewin, Lemmer & van Rensburg, 1976).
- IV. *La estabilidad de la Posición de Reposo y el análisis del espacio libre interoclusal*. (Thompson, 1946; Pleasure, 1951).
- V. Importancia de la *localización de la Posición Mandibular de Reposo* en relación a la Posición Intercuspídea (ICP), relación Máxilo-Mandibular (Kawamura, 1971).
- VI. *Segmentación* de la función masticatoria en ciclos individuales y *Análisis*

Cuantitativo. (Yoshioka, Ogawa, Kuwahara, Takashima & Maruyama, 1993).

VII. *Patrón Promedio de Masticación Normal / anormal (ACP) y su importancia en el análisis de masticación.* (Kuwahara, Miyauchi & Maruyama, 1992).

Rango de Movimiento (ROM)

Ha sido bien documentado en el pasado que el Rango Normal de Movimiento es mayor a 40 milímetros y puede exceder a los 70 milímetros (Knap, Abler & Richardson, 1975). Sin embargo, no se ha entendido por todos que el ROM incluye así mismo los rangos de lateralidades y de protrusión. Vea Figura 10.

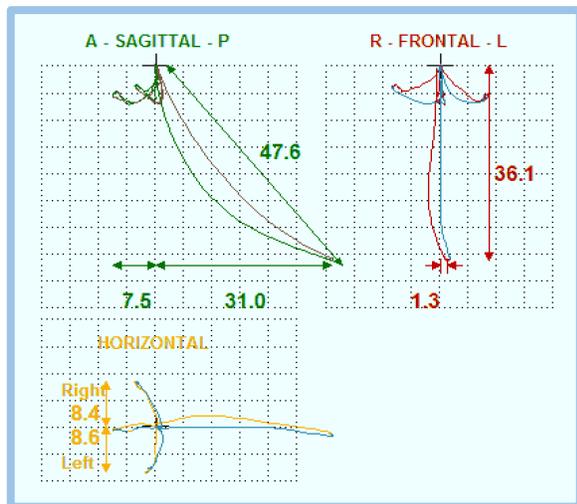


Figura 10. El registro de ROM en 3 dimensiones de un sujeto normal que incluye excursiones laterales útiles para evaluar traslación de los cóndilos. En el registro observamos deflexión mínima (1.3 mm Izquierda) y un buen nivel de simetría.

La importancia de registrar lateralidades y protrusión es basada en la traslación relativa de los dos cóndilos Mandibulares. Si la traslación de ambos cóndilos es igual o casi igual entre ellos, la magnitud de las excursión laterales serán similares para la izquierda y la derecha (vistas frontal y horizontal) y el movimiento protrusivo no evidenciará deflexión hacia ningún lado. En

la dimensión lateral es importante detectar Desviación y Deflexión. (Steed, 1997). Desviación incluye movimientos fuera de la línea media que regresan a la línea media a la máxima apertura. En cambio, Deflexión es la distancia máxima fuera de la línea media frontal a la máxima apertura.

La importancia de la deflexión

La razón más común para una Deflexión es un desorden interno articular por un desplazamiento anterior de disco limitando la traslación del cóndilo Ipsolateral. Vea la Figura 11.

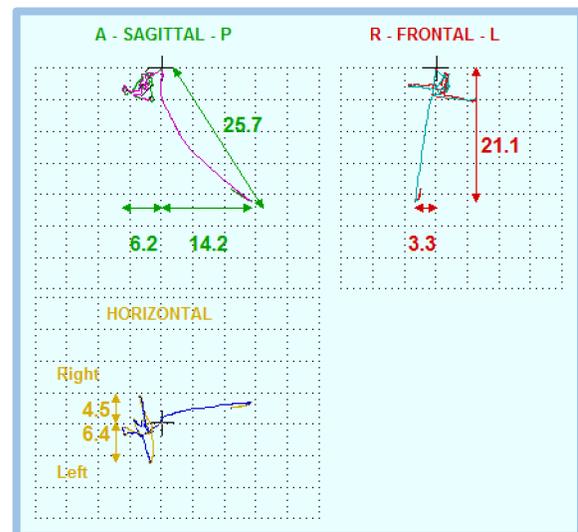


Figura 11. Un ROM muy limitado, < 30 mm, y que incluye una deflexión a la derecha. Es una indicación de un desplazamiento relativamente agudo de disco no reductible de la ATM del lado derecho. Note además los movimientos laterales limitados en ambas direcciones en el gráfico horizontal.

Si la deflexión es grande y el ROM menor a 40 milímetros, interferirá con la masticación en el lado contralateral. Si la deflexión es menor de 3 milímetros y el ROM está dentro de los límites normales (40 - 70+ mm), la deflexión puede deberse a una moderada asimetría de la Mandíbula o en un cierto grado a una hiper-traslación del cóndilo contralateral. El primer caso se puede beneficiar por cualquier tratamiento que reduzca el desplazamiento de

disco mejorando la función de la articulación, pero el caso segundo puede generalmente ser ignorado. Una deflexión grande ocasionará que el paciente prefiera masticar en el lado del disco desplazado. Un paciente que mastica exclusivamente en un solo lado generalmente desarrollará una musculatura asimétrica debido al menor esfuerzo requerido de los músculos contralaterales.

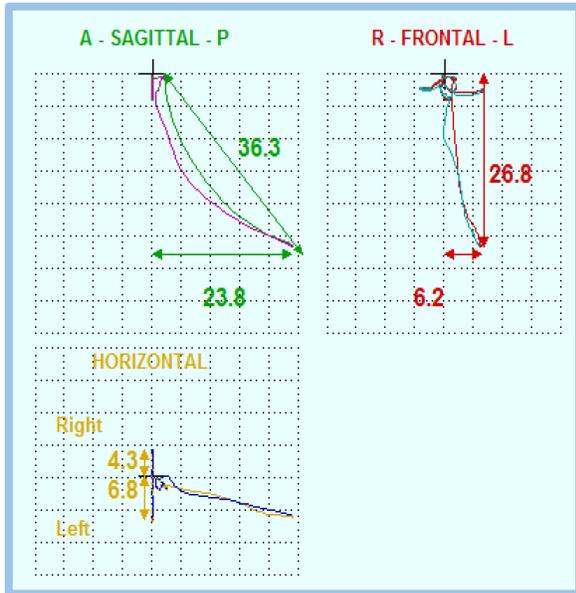


Figura 12. Ejemplo de un DD crónico Izquierdo, el cual ha conseguido un ROM adaptado.

Con un DD crónico frecuentemente el ROM se incrementa a casi medidas normales. Si el caso es unilateral el ROM incluye una deflexión mayor ya que la articulación afectada se va haciendo generalmente indolora. Es común que los discos en ambas articulaciones eventualmente se desplacen, lo cual produce por lo general un ROM simétrico, casi siempre menor a 40 mm sin mayor deflexión.

La importancia de la desviación

Una desviación durante la apertura indica resistencia a la traslación del cóndilo ipsilateral (del lado hacia donde se desvía). Por otro lado, una desviación durante el cierre indica resistencia

a la traslación del cóndilo contralateral. Vea la Figura 13.

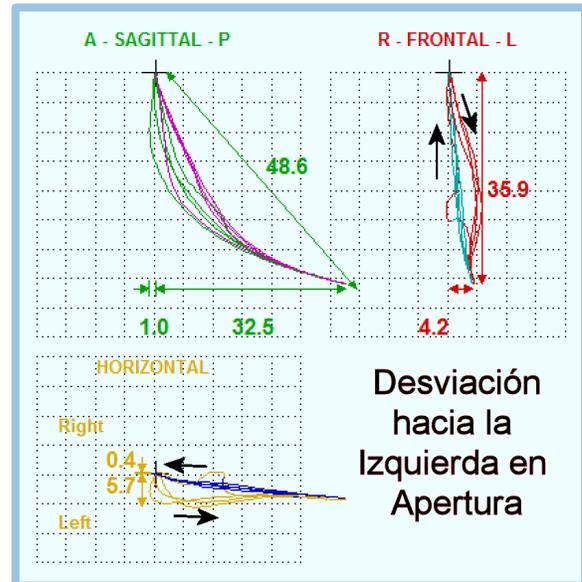


Figura 13. Una desviación durante la apertura es más frecuentemente asociada con un disco desplazado con reducción en la ATM del lado hacia donde se mueve la Mandíbula. El disco se resiste por el cóndilo hasta que finalmente reduce, permitiendo a la Mandíbula a la línea media.

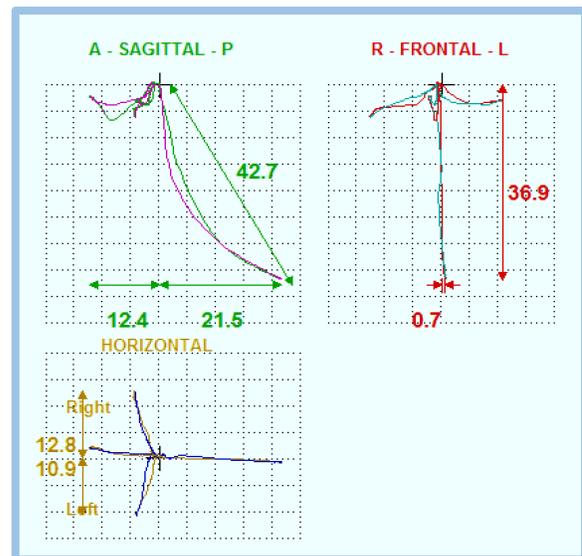


Figura 14. Un ROM de un sujeto control normal es simétrico, de trayectoria recta durante la apertura y cierre y cerca de ser equidistante entre lateralidad derecha e izquierda.

Una desviación a la apertura es asociada más frecuentemente con un disco desplazado con reducción (DDR).

Una resistencia fuerte a la reducción causa que la Mandíbula se desvíe hacia el lado afectado mientras que el paciente abre. Una vez que el disco se reduce, la Mandíbula puede regresar a la línea media o muy cerca de lograrlo.

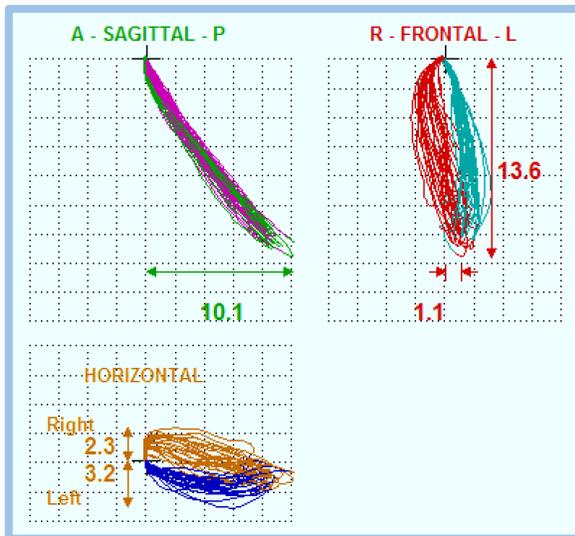


Figura 15. Movimientos masticatorios normales en el plano Frontal y Horizontal y con poco movimiento en el plano Sagital.

En contraste, un sujeto normal (control) puede abrir con una mínima desviación o deflexión y puede hacer movimientos de lateralidad en ambas direcciones equidistantes y con suavidad. Vea la Figura 14. El ROM de ejemplo en la figura 14 es una apertura normal de gama baja, pero con excursiones laterales por lo que no denotan ninguna limitación. Esta es una boca pequeña con movilidad articular buena. Una boca más grande con DD crónico bilateral limitando el ROM podría desarrollar casi el mismo rango de apertura máxima, pero tener por mucho menos movilidad en lateralidades.

Guía Protrusiva (durante el cierre)

Es un error de concepto que los dientes anteriores deben de alguna manera guiar el cierre durante la masticación (Lundeen, Shryock & Gibbs, 1978).

El patrón normal de los movimientos masticatorios incluye mucha variación en sentido vertical y lateral, pero relativamente muy poca variación antero posterior (Vea la sección en este capítulo donde se describen los patrones de masticación). Vea la figura 15. En contraste, la envoltura formada por los movimientos bordeantes normales del lenguaje incluyen principalmente direcciones verticales y más movimiento antero posterior con movimientos laterales más pequeños. Por ello, el acomodo de los incisivos es más mucho más importante para el lenguaje.

Algunos sonidos lingüísticos, principalmente aquellos relacionados con las consonantes tales como la F, S y V son producidos con los dientes superiores e inferiores en una aproximación muy cercana...de apenas pocas decimas de milímetro. Vea la Figura 16.

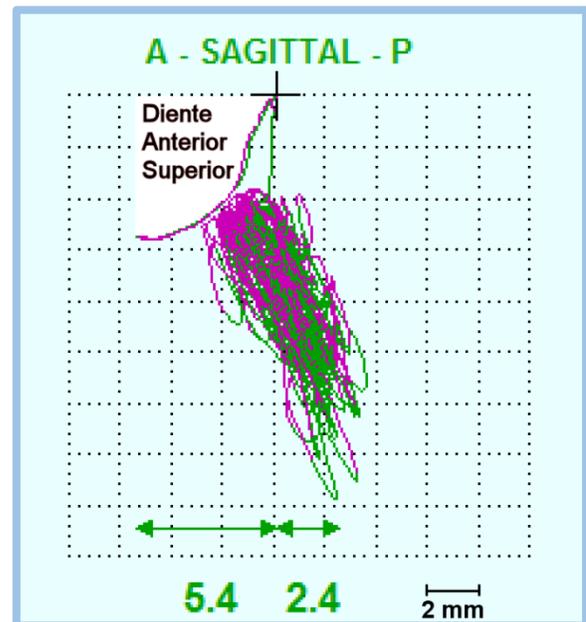


Figura 16. Durante la lectura del discurso (My Grandfather) los incisivos se mueven muy cerca de la oclusión, sin llegar realmente al contacto antagonista.

La pérdida de dientes anteriores hace que la pronunciación sea difícil, pero puede tener poco efecto en la habilidad del paciente para masticar alimentos (Evans & Lewin, 1987). La masticación normalmente sucede completamente

dentro de la región premolar y molar de la dentición (Inoue, Yamaguchi, Mato, Ishigaki, Takashima & Maruyama, 1994), pero la pronunciación del lenguaje no puede ser realizada apropiadamente sin dientes anteriores.

Ausencia de Guía Protrusiva / Guía Anterior patológica

Una completa ausencia de guía anterior puede ocurrir en casos de sobremordida horizontal excesiva y en casos de mordida abierta anterior. Estas condiciones pueden no interferir con la habilidad del paciente para masticar, pero afectarán la pronunciación del lenguaje. Vea la Figura 17.



Figura 17. Vista sagital de masticación con guía anterior patológica. La Mandíbula es jalada hacia atrás evitando el contacto anterior durante el cierre y luego va hacia adelante en la apertura.

La relación de los dientes anteriores es crítica solamente para estas 2 funciones; 1) La incisión de comida 2) La pronunciación precisa de palabras. En cambio, la presencia de una mordida profunda anterior con la consiguiente guía anterior muy pronunciada tal como en la maloclusión clase II división 2, puede interferir con la habilidad del paciente para masticar. (vea la Figura 17.). El Profesor Takao Maruyama de

la Universidad de Osaka, quien es director retirado de Prosthodontia Fija de la Escuela de Odontología, acuñó el término para esa condición llamado "Anterior Misguidance."⁵ (Guía Anterior patológica) Esto puede ocurrir también con una mordida cruzada anterior completa (maloclusión Clase III), y hasta si es cruzada parcial o de un solo diente. Aunque la Guía Anterior Patológica (*Anterior Misguidance*) interfiere con la masticación, no suele ser un problema en la pronunciación del lenguaje para los pacientes con maloclusión Clase II división 2. Sin embargo, la maloclusión clase III frecuentemente interfiere con la pronunciación precisa y puede causar un marcado impedimento para esto.

La Importancia de la Velocidad

La velocidad de cualquier movimiento mandibular puede ser un buen indicativo de disfunción o de buena función. (Gernet, 1981; Lewin, Lemmer & van Rensburg, 1976). Todo tipo de disfunción sea relacionado con las articulaciones o a los músculos, tiende a hacer más lentos y más variables los movimientos. Un simple movimiento de abre-cierre y todos los otros movimientos más complicados de masticación son igualmente afectados por las disfunciones y muestran reducciones de velocidad mensurables.

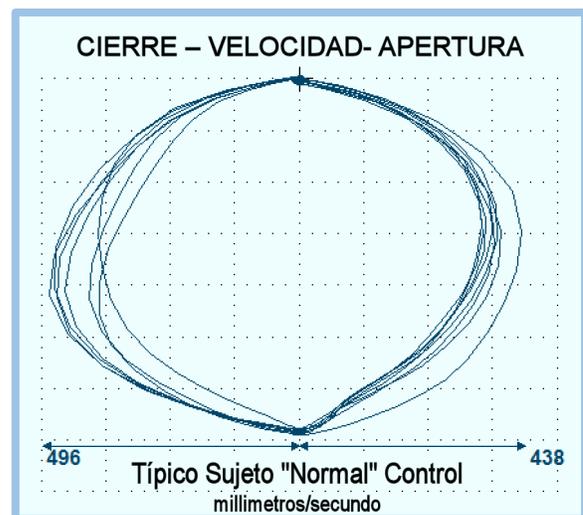


Figura 18. Un patrón normal de velocidad durante apertura y cierre el cual es suave y rápido sin interrupciones durante el mismo.

La suavidad de los movimientos mandibulares es así mismo afectada por la disfunción además de que la variabilidad de los patrones particulares se ve incrementada también. Por lo general se considera buena función mandibular en los casos en que el paciente puede abrir y cerrar completamente, de manera rápida, con suavidad y fluidez, consistentemente con velocidad pico a más de 400 milímetros/segundo (vea Figura 18).

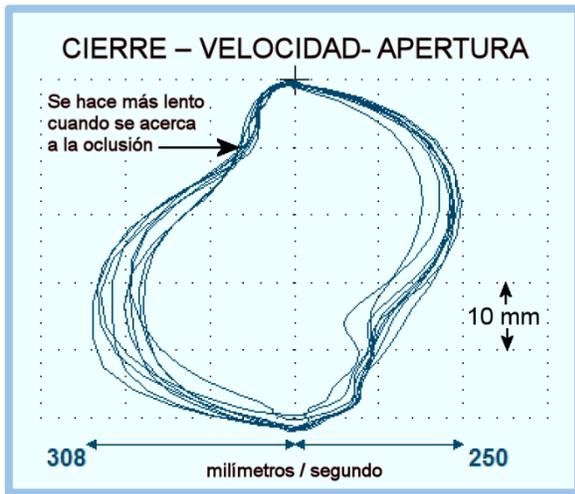


Figura 19. Una *Guía Anterior Patológica* hace más lento el movimiento hacia y desde la PMI durante la simple apertura y cierre, evitando cualquier contacto prematuro.

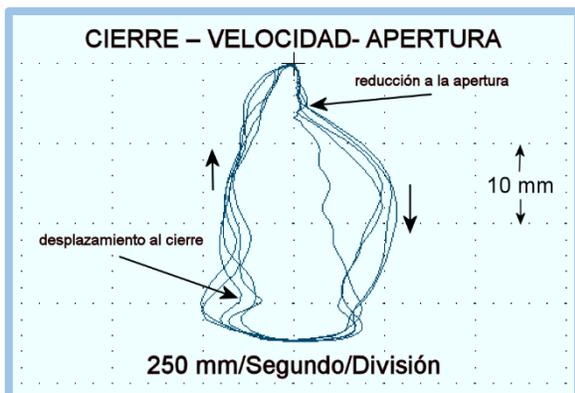


Figura 20. La velocidad disminuye mientras el disco se está reduciendo y disminuye también mientras el disco se está desplazando.

Guía Anterior Patológica Vs Disco Desplazado con Reducción

La Guía Anterior Patológica puede reducir la velocidad del cierre mandibular (Figura 19), pero sólo hace un poco anormal la velocidad a la apertura. El intento por evitar el contacto excesivo anterior es la razón de la reducción de la velocidad durante el cierre mandibular. Ocurre así un incremento en la Variabilidad en la apertura y una disminución de la velocidad al cierre.

Un disco desplazado con reducción es otro factor que puede alterar la velocidad tanto en apertura como en cierre (Farrar & McCarty, Jr, 1979). La velocidad a la apertura se hace más lenta justo antes de que ocurra la reducción y luego aumenta la velocidad inmediatamente después de la reducción creando una hendidura o depresión en el indicador de velocidad en el registro en el punto/ momento de la reducción del disco (vea Figura 20). También es cierto, en menor medida, que durante el cierre, en el punto que el disco se desplaza otra vez ocurre cierta disminución de la velocidad. El desplazamiento del disco es generalmente un evento menos forzado, el cual altera la velocidad en menor medida que lo hace cuando ocurre la reducción. Por ello, con un disco desplazado con reducción (DDR), la velocidad se ve reducida y la variabilidad del patrón es incrementada.

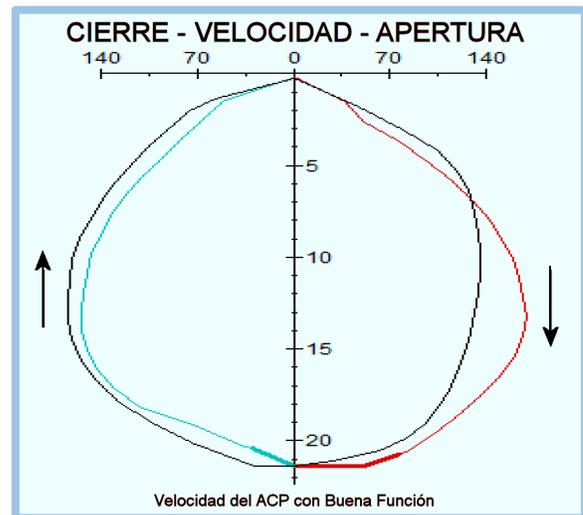


Figura 21. Un trazo de la velocidad durante apertura y cierre de un sujeto control con buena función.

La Velocidad del Patrón Promedio Masticatorio y su relación con la Función

En la Figura 21 se muestra un ejemplo de la velocidad del ACP durante masticación de chicle de un sujeto sin ningún tipo de disfunción. La velocidad pico del cierre y la velocidad pico de la apertura son por lo general muy similares en amplitud y casi siempre por arriba de 100 mm/s. En este ejemplo la velocidad pico máxima de apertura es de 169 mm/s y la velocidad pico máxima de cierre es 154 mm/s. El promedio de la velocidad pico en apertura para este registro de 115.7 mm/s y el promedio de la velocidad pico en el cierre de 115.4 mm/s.

La forma general del patrón es como de un huevo con una media de vertical máxima de 16 mm y el tope superior que se acerca hasta 0.1 mm 0.2 mm de la Posición Máxima de Intercuspidadación. Este patrón promedio es convexo tanto en apertura como en cierre durante todo el ciclo completo, lo que indica movimientos fluidos sin interrupciones (Radke, Kull & Sethi, 2014).

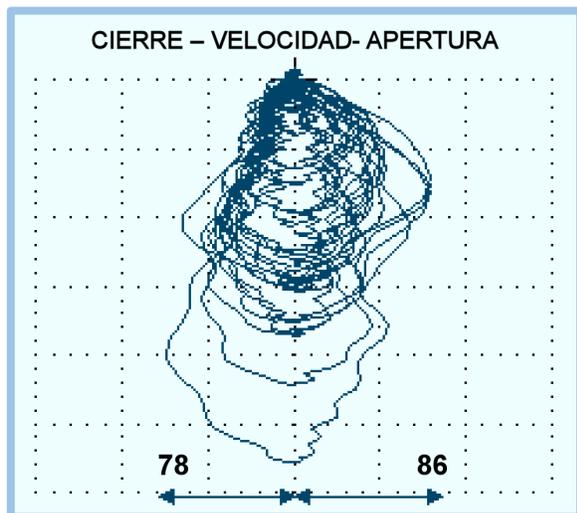


Figura 22. El patrón de velocidad de ACP de un paciente con disfunción masticando chicle es más pequeño que en un sujeto normal y no llega muy cerca de PMI.

Un ejemplo de la velocidad del ACP de un paciente muy disfuncional durante la masticación de chicle es presentado en la Figura 22. Mientras que el pico máximo de velocidad en apertura y cierre parecen ser muy similares entre sí en amplitud (92 mm/s and 86 mm/s respectivamente), son mucho más lentas que las que vemos en el ejemplo del sujeto normal. El promedio de las velocidades pico son de 62 mm/s para la apertura y de 57 mm/s para el cierre, muy por abajo de los 100 mm/s esperado para sujetos normales (Radke, Kull & Sethi, 2014).

En la Figura 22 vemos un ejemplo de la velocidad de un patrón de ACP que muestra una forma vertical alargada comparada con la forma ovoidea de un patrón normal. La media máxima vertical es tan solo de 9 mm. Hay una área ligeramente cóncava mientras se acerca a la posición intercuspídea (en el punto cero del eje vertical) durante la apertura. La concavidad es más pronunciada durante el cierre mientras se acerca a la oclusión. El tope vertical superior, que representa la posición donde se produce la máxima compresión del bolo, es por lo general a 2 mm de distancia de la posición intercuspídea. Esto indica que el bolo (chicle) no está siendo completamente triturado.

Estabilidad de la Posición de Reposo

Cuando la Mandíbula está en reposo se espera que los músculos elevadores estén pasivos, sin contraerse (Maseteros, Temporales, etc.) (Kamyszek, Ketcham, Garcia Jr & Radke, 2001).

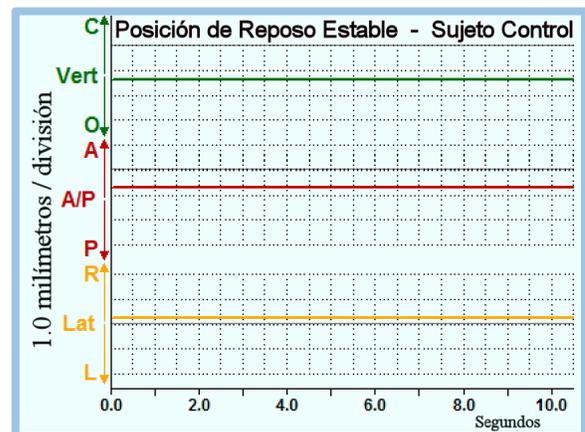


Figura 23. Un sujeto control normal muy relajado en reposo sin movimientos visibles de la Mandíbula.

Si está presente actividad sustancial, los músculos estarían posturizando activamente la mandíbula en lugar de mantenerla en posición de reposo. La posturización es una actividad compensatoria que indica que existe una relación anormal entre el Maxilar y la Mandíbula. No obstante, el paciente puede estar asintomático cuando los requerimientos para posturizar están dentro del rango de adaptación del paciente. La actividad posturizante puede estar presentándose en uno o varios músculos dependiendo de las necesidades, pero en cualquier caso la posición de reposo irá variando con el tiempo. Esto se puede observar mediante el examen de monitoreo continuo de postura durante algunos minutos con el Jaw Tracker (Kydd, Harrold & Smith, 1967).

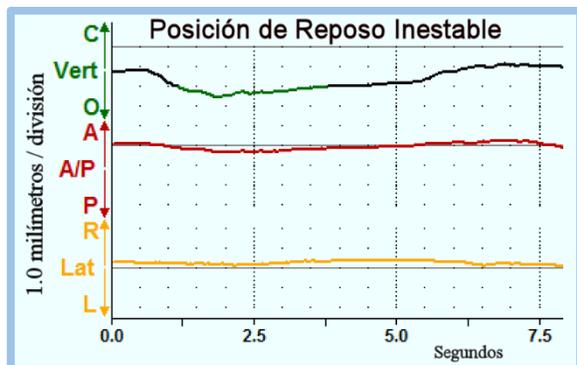


Figura 24. Una posición de reposo inestable y no relajada muestra movimientos mandibulares arriba y abajo, adelante y atrás, izquierda y derecha.

La Figura 23 muestra una posición de postura ideal con casi cero movimiento, mientras que en la Figura 24 vemos una típica posición de postura de un paciente, no relajada en continuo movimiento.

Cuando identificamos un paciente como inestable en su postura de reposo es conveniente aplicar una terapia para relajar como la que sería **ULF-TENS** (Estimulación Eléctrica Transcutánea de Ultra Baja Frecuencia). Cuando ya se consigue y se verifica estabilidad en la posición de reposo, se

puede hacer una medición precisa del espacio libre interoclusal mediante **EGN**.

Esto se consigue registrando al paciente pasivamente en su posición de reposo, (en este caso de ejemplo está siendo pulsado con ULF-TENS) cerrando en posición de máxima intercuspidad, **tap-tap-tap** también en PMI y luego protruyendo con los dientes en ligero contacto (Vea Figura 25). El espacio libre interoclusal es la distancia entre reposo-cierre en milímetros. (3.4 mm en la Fig. 25). El **tap-tapping** establece la trayectoria habitual de cierre. La protrusión muestra la *guía anterior* normal o patológica en caso de estar presente en relación con la posición de reposo relajada. La otra trayectoria en la Figura 25 es calculada para que pase desde la posición relajada de reposo paralela a la trayectoria de tapping.

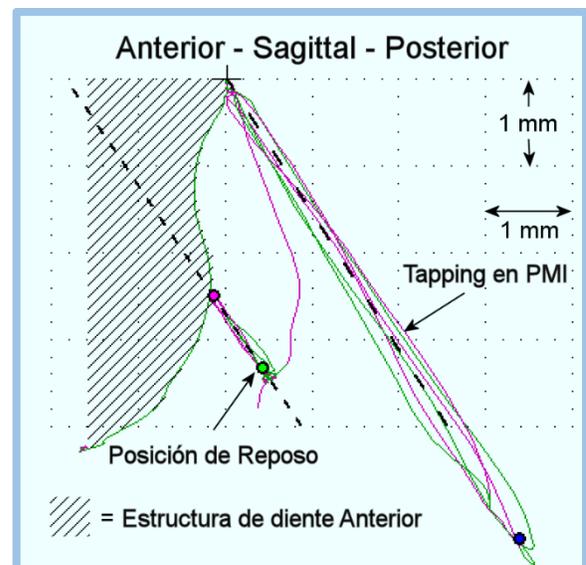


Figura 25. Una vista en coordenadas (X-Y View) de un registro de Reposo, Pulso con TENS, Cierre, Tap y protrusión mostrando espacio libre (3.4 mm), la trayectoria de relajación que pasa por el reposo, la trayectoria de tapping y el contacto anterior en protrusiva.

Esta es la "trayectoria neuromuscular" utilizada por muchos dentistas que realizan tratamientos para los DTM para brindar una posición interoclusal fisiológica más acorde con los músculos. Un punto de oclusión en esta

trayectoria puede ser registrado para corregir ortopédicamente una relación Máxilo-Mandibular anormal. Idealmente, abriría la mordida en Figura 25 en anterior por tan solo 2.4 mm, lo cual es el grosor durable para un *dispositivo ortótico*. Con esta órtesis la sobremordida vertical también se reduciría de 4.4 mm a 2.0 mm.

Un detalle que no es mostrado en la pantalla, pero también sucede, es la eliminación de cualquier *roll*, *pitch* o *yaw* en la relación Máxilo-Mandibular original habitual. La corrección de esta mala relación Máxilo-Mandibular (que muchas de las veces pasa desapercibida) suele ser la más importante para los pacientes sintomáticos.

Importancia de la Posición de Reposo

Cuando un paciente sintomático muestra un sobrecierre vertical (más de 1 a 3 mm de espacio libre interoclusal), como en la Figura 25, el Jaw Tracker puede ser muy útil para decidir cuándo registrar una nueva posición para una dispositivo intra oral/órtesis. El espacio libre de 3.4 mm en la Figura 25 puede ser considerado excesivo si el paciente presenta síntomas, sugiriendo que pudiera ser una opción el tratarlo con un dispositivo ortótico interoclusal. El punto rosa en contacto con el borde protrusivo representa el punto ideal guía en la pantalla para tomar el registro de mordida. Mientras es llevado a cabo el procedimiento de registro magnetográfico de mordida en la pantalla, se coloca material para registro de mordida en la parte oclusal de los dientes y enseguida la Mandíbula es llevada hacia arriba hasta que alcance el punto rosa monitoreando su posición en la pantalla de la computadora. Para verificar que la posición ha sido capturada apropiadamente, una vez que ha endurecido el registro de mordida en boca, se puede checar en la pantalla mediante el registro que tomamos con el programa para asegurarnos que corresponde al punto que habíamos decidido llevar la Mandíbula.

Es posible checar la posición de nuestra órtesis al tiempo de entregarla al paciente, volviendo a cargar el trazo magnetográfico previamente tomado, estableciendo la posición "zero" haciéndola corresponder en el punto que nuestro paciente ocluya en su PMI e insertando la órtesis para verificar que la Mandíbula toma la posición previamente establecida en el punto rosa. Si fue hecha sin perder la relación Máxilo-Mandibular determinada, esta posición se superpondrá con el Punto Rosa en sentido frontal y sagital en la pantalla, previamente grabadas en el programa con el trazo del registro (Salzman, 2018).

Analizando Patrones Promedio Masticatorios (ACPs)

Existen 4 patrones generales para la masticación de chicle en el plano frontal; 1) F1 = normal, 2) F2 = más frecuentemente asociado con desplazamiento de disco con reducción (DDR), 3) F3 = más frecuentemente asociado con desplazamiento agudo de disco sin reducción (DD) y 4) F4 = más frecuentemente asociado con DD crónico adaptado (Kuwahara, Miyauchi & Maruyama, 1992; Salzman, 2018). Como lo muestra la Figura 26, las vistas frontales de los patrones izquierdo y derecho son imágenes de espejo uno del otro. Esto es debido al hecho de que la masticación es una actividad unilateral y asimétrica.

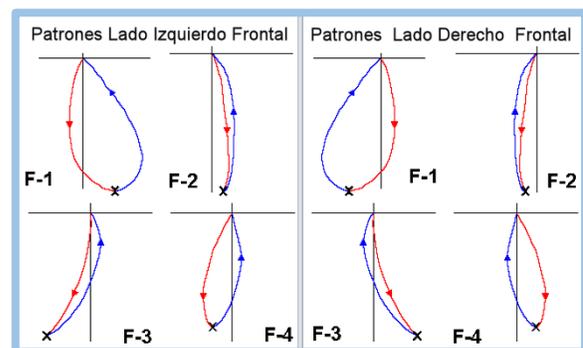


Figura 26. Patrones Promedio de Masticación Lado Derecho e Izquierdo (ACPs). F1 es más normal, F2 es asociado con DDR, F3 es asociado con DD agudo y F4 con DD crónico-adaptado.

En general las formas de patrones promedio de la Figura 26 indican si la articulación del lado de balance funciona correctamente o tiene disfunción, es decir, su forma se relaciona al estado general de la articulación del lado de balance durante la masticación. Por esto, el lado de masticación derecho revelará si hay disfunción en la articulación del lado izquierdo y el lado izquierdo de masticación revelará si hay disfunción en la articulación derecha.

Note que los patrones F-1 (normal) y F4 (el caso de DD bien adaptado) son completamente convexos en todo el ciclo. Esta es otra característica asociada a buena función, especialmente en las áreas del patrón cuando se acerca o cuando comienza a salir del punto de oclusión. Cualquier concavidad en el registro en esa zona indica cambios evasivos como respuesta a una interferencia o contacto prematuro.

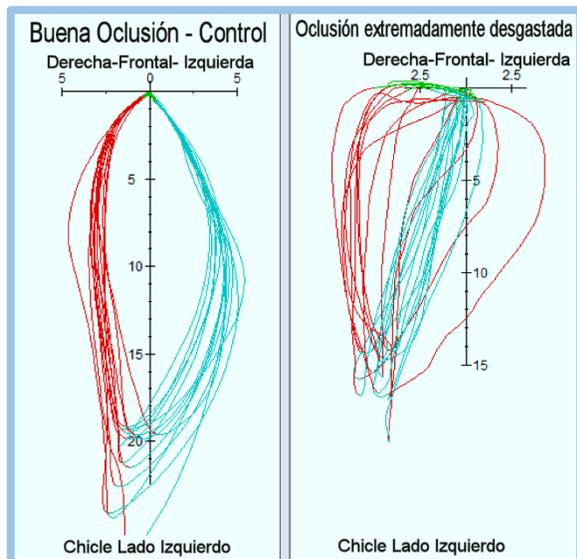


Figura 27. Una aproximación a la oclusión ideal (izquierda) y una otra que sugiere desgaste excesivo oclusal (derecha). Un paciente muy adaptable pudiera no mostrar ningún otro signo ni síntoma de disfunción.

La Figura 27 muestra un contraste entre un patrón ideal F1 a la izquierda en la imagen y otro muy alejado de lo ideal. La imagen de la izquierda es de un patrón ideal de masticación, pero la imagen de la derecha muestra un patrón de remolido con algunas trayectorias reversas en apertura. Este

patrón muy lejos de lo ideal puede o no ser indicativo de un problema importante. al menos cuando no están presentes otros signos y síntomas. Sin embargo, el ángulo de cierre bastante agudo y los movimientos (laterales aplanados de apertura, junto con algunas secuencias reversas, sugiere la presencia de una dentición bastante deteriorada por desgaste oclusal (Kerstein & Radke, 2012). Para determinar si se ha conseguido una adaptación exitosa o si se trata de una disfunción, es oportuno registrar la actividad EMG de los músculos Maseteros y de los Temporales (próximo capítulo) simultáneamente con los movimientos masticatorios (Radke, Kull & Sethi, 2014). La total ausencia de periodos de silencio indica adaptación exitosa. El tema de EMG será abordado a detalle en el capítulo próximo.

Calculando un Patrón Promedio de Masticación

Cada ciclo masticatorio es único. Es una función que involucra manipulación del bolo y el evento triturador. La clasificación de cada evento masticatorio individual es una tarea sin sentido ya que no hay una línea límite fija entre las muchas categorías y subcategorías (Proschel, 1987). Consecuentemente, es necesario calcular el Patrón Promedio de Masticación (ACP) de secuencias masticatorias antes de poder elaborar un análisis definitivo (Kuwahara, Miyauchi & Maruyama, 1992). Aunque no existen dos eventos iguales, cuando calculamos un ACP, las variaciones aleatorias son canceladas y entonces el Patrón de Movimiento Básico Esencial es revelado. Mientras que los eventos no son nunca repetitivos, el ACP es uniforme cuando es utilizado para el análisis masticatorio un bolo estandarizado (p. e. j. chicle).

El primer paso para calcular el ACP es segmentar una secuencia completa masticatoria en ciclos individuales. Es necesario establecer tres fases en cada ciclo; 1) tiempo de apertura, 2) tiempo de cierre y 3) tiempo o pausa oclusal. Un pequeño valor umbral (p. ej. 0.3 mm) es utilizado para el

comienzo de la apertura y el fin del cierre. Vea la Figura 28.

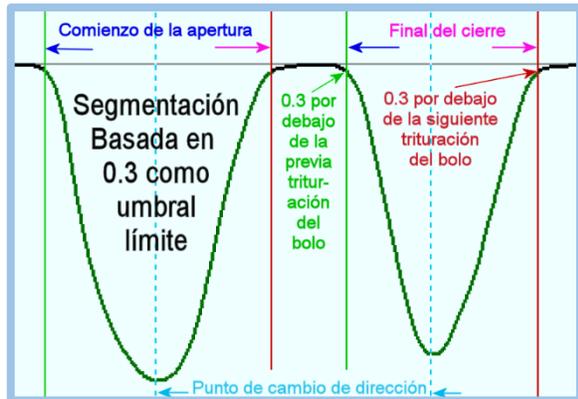


Figura 28. El proceso de segmentación utilizando como umbral mínimo de 0.3 mm para establecer el comienzo de la apertura y el final del cierre para cada ciclo.

En seguida, es calculado un Patrón de Masticación Promedio de todos los ciclos. Cada ciclo es entonces examinado en busca de variaciones y es eliminado si presenta más de 2 desviaciones del estándar del promedio. Esto se hace para eliminar valores erráticos causados por la deglución o por otras vacilaciones durante el movimiento. Los ciclos que quedan seleccionados son entonces utilizados para calcular el Patrón Promedio de Masticación.

La secuencia de masticación de chicle en la Figura 29 muestra muchas variaciones entre ciclo y ciclo, mucho de esto es debido a la manipulación aleatoria del bolo. Esto es evidente por el hecho de que las variaciones mayores ocurren en o cerca de la apertura más amplia, y no al acercarse a la oclusión. Las líneas negras dentro del ACP son el ACP de la población normal control. Estos patrones de sujetos control asintomáticos son muy similares en forma a los de la población promedio.

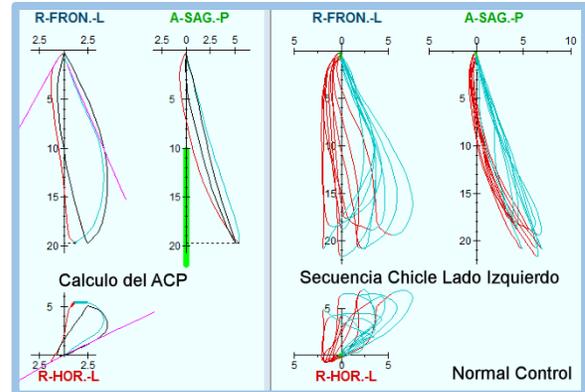


Figura 29. Comparación del ACP promedio calculado con el total de movimientos durante la secuencia de masticación izquierda de chicle. Aunque vemos una gran cantidad de variaciones en la secuencia, se trata de un característico ACP normal.

El promedio de amplitud vertical de la población es de 16 mm (+/- 3) para la masticación de una tablilla de chicle. La forma promedio del patrón de la población es normalizada para la amplitud vertical de cada sujeto (casi de 20 mm en la figura 29). Aunque la forma es más importante, la medida del patrón también decrece con la disfunción masticatoria. Disfunción masticatoria causa cuatro cambios claramente mensurables en el proceso de masticar; 1) disminución de la velocidad, 2) reducción en la medida vertical del patrón, 3) un aumento en la variabilidad y 4) una reducción en la fluidez de los movimientos (Radke, Kull & Sethi, 2014; Radke & Kerstein, 2017).

Importancia de la frecuencia de Masticación

La frecuencia de masticación es el parámetro más fácil de medir, simplemente contar el número de ciclos en un periodo de tiempo. Dos ciclos/segundo es una secuencia rápida masticatoria, un ciclo/segundo es una frecuencia masticatoria lenta. La frecuencia media normal es de 1.4 ciclos/segundo o 11 ciclos en 8 segundos. Menos de 9 ciclos en 8 segundos es el punto mínimo para considerarse el inicio de una frecuencia disfuncional. Vea Figura 30.

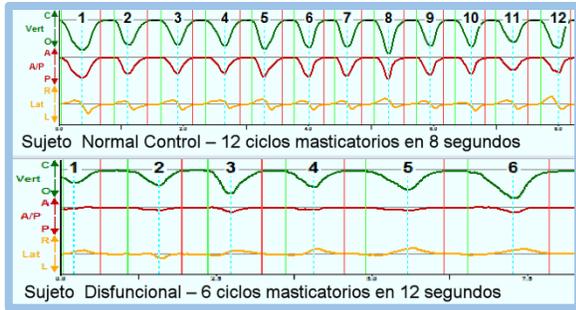


Figura 30. Este sujeto normal control realizó 12 ciclos masticatorios en 8 segundos, pero el sujeto disfuncional lo hizo a una frecuencia de tan solo 6 ciclos en un periodo de tiempo igual.

Si además están presentes interferencias oclusales durante la apertura, la apertura puede también hacerse más lenta. Los sujetos normales control cierran un poco más rápido que lo que abren mientras mastican. Esto en pacientes disfuncionales puede ser invertido, especialmente cuando es difícil para un paciente encontrar la posición de intercuspidadón.

Importancia del tamaño Vertical del ACP

Medir el tamaño Vertical del ACP requiere registrar el movimiento mandibular, segmentar la secuencia, y luego calcular el promedio del tamaño del patrón. Esto no puede hacerse visualmente y requiere algún tipo de dispositivo para grabar los movimientos mandibulares. Cuando la masticación de un paciente se hace disfuncional, los movimientos se hacen más cuidadosos e inseguros. Esto requiere una aproximación más lenta hacia la oclusión y tiende a decrecer el tamaño del ACP. Vea Figura 31.

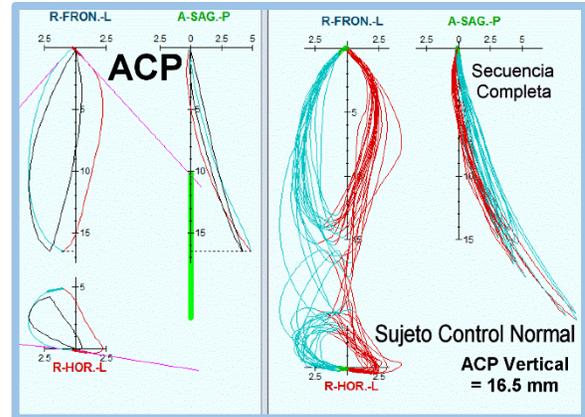


Figura 31. El componente vertical del ACP promedio de la población normal es de 16 mm, con un rango de 10 a 22 mm, dependiendo de la talla de la Mandíbula y de su movilidad.

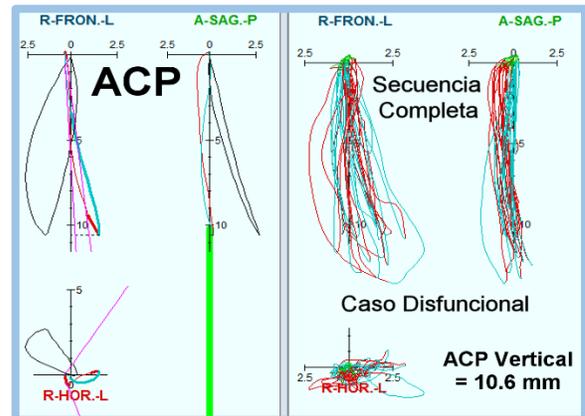


Figura 32. El ACP de un sujeto disfuncional es generalmente más pequeño, con una dimensión vertical reducida. Con 10.6 mm éste está por debajo de los parámetros normales.

Es importante registrar con cuidado estas secuencias de masticación de una tablilla fresca de chicle (no chiclets) habiendo sido ablandado previamente por alrededor de medio minuto. Deben ser registrados al menos 20 ciclos para garantizar 15 ciclos buenos disponibles para análisis. El chicle puede ser considerado como la prueba de "kínder Garden" para masticación, ya que representa un bolo muy fácil de masticar. Si un paciente no puede masticar ni siquiera chicle, ese paciente está sufriendo una muy severa disfunción. Es muy buena práctica registrar también secuencias izquierda y derecha

masticando un bolo más resistente. Se trata de retar al sistema. Esto puede exponer algunas veces como resultado un nivel de disfunción que no era aparente durante la masticación de chicle. El bolo más resistente puede ser comida real que esté disponible fácilmente y de una textura y tamaño uniforme, constante, y que requiera preferentemente alrededor de 20 ciclos para masticarse.

Importancia de la variabilidad en la masticación

Comparando las Figuras 31 y 32 podemos observar una gran diferencia en el patrón masticatorio entre cada uno de los ciclos. Esta diferencia puede ser medida calculando los tiempos promedio y las desviaciones del estándar (SD) para cada uno de los tres segmentos en un ciclo (tiempo de apertura, tiempo de cierre y tiempo de oclusión). Para una función normal las desviaciones del estándar deben de ser cada una menores de 50 milisegundos.

	Media (milisegundos)	Desviación Estándar (milisegundos)
Tiempo de Apertura	302	35.3
Tiempo de Cierre	295	33.2
Tiempo en Oclusión	192	37.7
Tiempo del Ciclo	788	55.8

Figura 33. Para el sujeto normal de la Figura 31 los tiempos de los tres son similares, pero el tiempo de oclusión es el más corto. Sus Desviaciones Estándar son todas menores que 50 milisegundos.

Las desviaciones muy grandes del estándar indican que la duración de los segmentos están cambiando mucho entre los ciclos, una indicación de que el paciente está teniendo muchas dificultades para encontrar la manera de masticar el bolo. Algunos pacientes mostrarán menores variaciones porque están siendo demasiado cuidadosos, pero sí producirán un ACP pequeño y lento.

	Media (milisegundos)	Desviación Estándar (milisegundos)
Tiempo de Apertura	508	205
Tiempo de Cierre	408	152
Tiempo en Oclusión	349	57
Tiempo del Ciclo	1265	303

Figura 34. Para un sujeto disfuncional, todos los cuatro tiempos tienden a ser más largos, y la variabilidad es también incrementada como lo evidencian las desviaciones del estándar mayores.

Así, registrando 2 secuencias simples de masticación de 30 segundos, un programa de software puede revelar estas cuatro características, los promedios de tiempos y sus variaciones.

Importancia de la Suavidad de Movimiento

La fluidez de los movimientos masticatorios puede ser medida calculando (usando el cálculo matemático) la tercer derivada de los movimientos (d^3x/dt^3 , Leibniz 1679), llamada "**Jerk**" (jaloneo) o frecuencia de los cambios en la aceleración. (Vikne, Bakke, Liestøl, Sandbæk & Vøllestad, 1993; Yashiro, Yamauchi, Fujii & Takada., 1999). *Jerkiness* puede ser comprendido muy fácilmente por cualquier persona que se ha subido a un automóvil con transmisión manual de velocidades y manejado por un conductor novato. El valor de la intensidad del *Jerk* varía con el valor de la intensidad de la aceleración. así cualquier sujeto con masticación rápida producirá un valor grande de *jerk*, aún si el movimiento es relativamente fluido. Sin embargo, el verdadero o real *jerkiness* produce muchos cambios repentinos y transiciones en los valores de aceleración y desaceleración, llamados puntos de inflexión. Contando los puntos de inflexión puede darnos la indicación de *jerkiness* aún cuando los movimientos sean relativamente lentos.

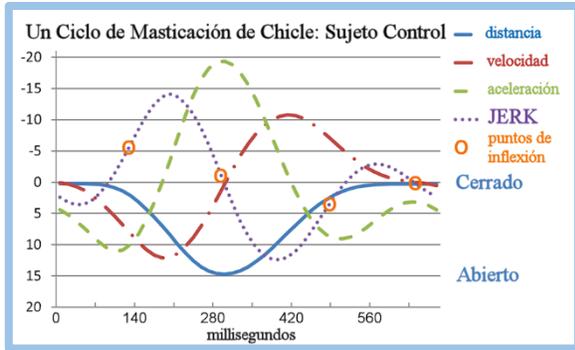


Figura 35. Ciclo masticatorio de un sujeto normal control con suavidad ideal en la función. El ciclo incluye dos puntos de inflexión de *jerk* durante la apertura y dos durante el cierre. Es necesario una resolución de frecuencia rápida, p.ej. 1000 muestras /segundo, para detectar transiciones.

El *jerkiness* de un ciclo no es lo más importante, la manera más importante de medir su influencia en la función es hacer la suma de los puntos de inflexión en una secuencia completa y calcular el promedio por ciclo. El número mínimo posible de puntos de inflexión en un ciclo es 4. La apertura requiere acelerar al menos una vez y desacelerar una vez, produciendo dos puntos de inflexión. Este mínimo es también requerido para el cierre. El conteo de los puntos de inflexión en la apertura y del cierre por separado hace posible medir el *jerkiness* en cada componente del ciclo.

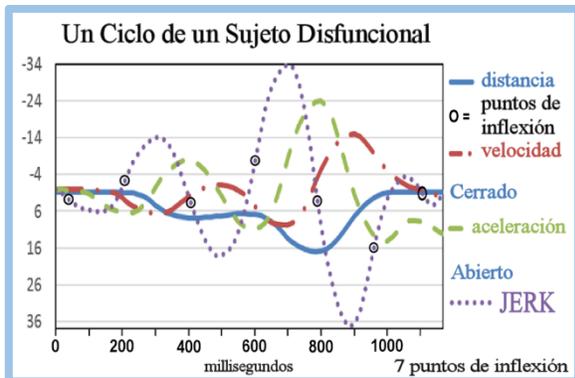


Figura 36. Un ciclo muy *Jerky* de un paciente con disfunción masticatoria. Hay cuatro puntos de inflexión en apertura y tres en el cierre. El *Jerk* puede verse incrementado significativamente después de la adaptación exitosa a una disfunción de la ATM si el paciente se hace menos "cuidadoso" durante la masticación. Por

ello, el considerar que el concepto de " mínimo - jerk" pueda ser un principio general del sistema nervioso es cuestionable (Stein, Cody & Capaday, 1988; Yashiro & Takada, 2005). El valor de *Jerk* puede ser alto cuando el sujeto no tiene la seguridad de dónde encontrar la PMI y continúa buscándola o cuando está evitando activamente interferencias oclusales. Vea la Figura 36. Eliminar las interferencias oclusales puede reducir el costo- *Jerk* de la función masticatoria (Yashiro, Fukuda & Takada, 2010).

Utilizando Jaw Tracking / JVA combinados

El capítulo previo ha ilustrado el proceso de registro y análisis de las vibraciones de la ATM. Este proceso requiere de algún medio para estimar la posición mandibular en el momento en que se presenta una vibración. Un metrónomo puede brindar una aproximación razonable sólo si el paciente es capaz de seguirlo a tiempo. Cuando el paciente padece un desorden interno de la ATM o sufre una disfunción muscular severa puede ser muy difícil o imposible seguir el metrónomo con exactitud. Registrando con los sensores del JVA a la par con el EGN, se consigue una capacidad mejorada. El proceso combinado es llamado JVA/JT. Los registros de JVA/JT determinan con precisión el comienzo de la vibración, dato muy útil en el análisis.

El software BioPAK incluye algunas características adicionales que dependen de la medida de la posición mandibular.

"Automátic find the vibration" (F11) (encontrar vibración automáticamente)

Una vez que marcamos en el primer ciclo una vibración para análisis, presionamos F11 para que el programa encuentre la misma vibración en los siguientes 5 ciclos.

Automatic Noise Reduction bajo el menú [Options]

Cuando activamos esta opción, se utiliza la capacidad del programa para reconocer aquellas

áreas donde no ocurrió movimiento durante el registro y tomar la muestra de ruido eléctrico de fondo (en todas las frecuencias). Cuando es marcada una vibración para análisis, el ruido eléctrico de fondo, que es por lo general constante, es eliminado de todos los parámetros de las vibraciones.

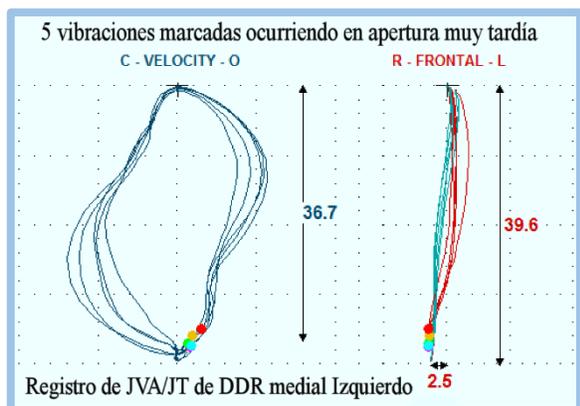


Figura 37. Los puntos de color en esta imagen muestran la localización de las vibraciones en apertura tardías causadas por las reducciones de disco. Esta precisa localización de la reducción del disco es la indicación de una condición crónica adaptada y de que el paciente mastica sin disco entre sus superficies articulares.

La vista X – Y (*X-Y View*) del trazo JVA/JT en la Figura 37 muestra con puntos de colores la localización precisa de las vibraciones que ocurren tardías en la apertura. Esto revela tanto la localización como la uniformidad de las localizaciones. Una reducción de disco consistente en la apertura tardía es asociada con una condición crónica adaptada en la que el paciente está funcionando sin disco entre sus componentes óseos articulares, pero de una manera de adaptación benigna. En contraste, la Figura 38 muestra la reducción temprana en la apertura de un desluzamiento anterior agudo de disco Izquierdo.

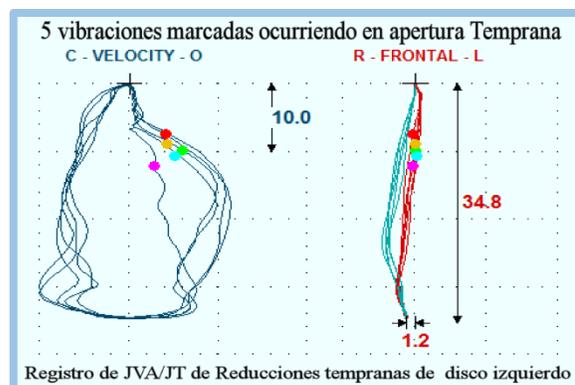


Figura 38. Los puntos de colores en esta imagen muestran la localización de vibraciones que ocurren durante la apertura temprana ocasionadas por la reducción de disco. Esta localización precisa durante la apertura temprana es generalmente asociada con una condición más aguda.

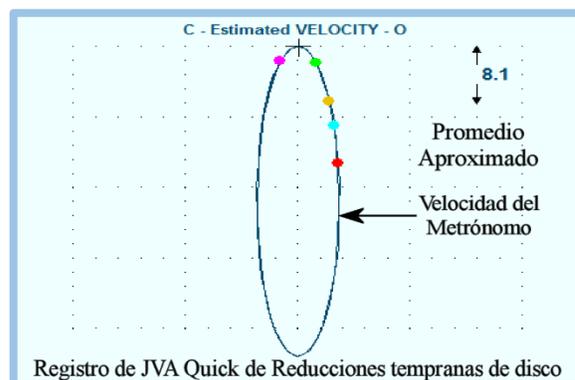


Figura 39. Esta vista de X – Y JVA/Quick muestra la velocidad del metrónomo, hace una aproximación de la localización de las vibraciones y de la distancia promedio a la posición de oclusión.

En este registro la medición de la velocidad también revela la gran resistencia para cada reducción como una repentina aceleración, que ocurre al comienzo de cada vibración cuando el disco reduce. Sin el *jaw tracker* la velocidad del metrónomo solamente mostraría la localización aproximada cuando sucede la reducción de disco sin ningún registro preciso de la consistencia. Vea Figura 39.

Utilizando Jaw Tracker / EMG Combinados

La Electromiografía (EMG) es una herramienta popular para evaluar función muscular. Existen muchas mediciones que pueden hacerse con el uso único de la EMG por sí misma. Sin embargo, en algunas circunstancias puede ser obligada la utilización combinada de EMG con *Jaw Tracker* para registros de movimientos y actividad muscular. Una de estas situaciones es el registro de masticación.

Cuando usamos solamente EMG es un requisito establecer un canal como referencia. Si hacemos esto, las variaciones en el canal de referencia son transferidas a todos los otros canales que están siendo registrados. Además, todas las variaciones entre las actividades musculares y los movimientos están perdidas. Una buena solución a este problema consiste en registrar los movimientos simultáneamente con la EMG. Vea la Figura 40.

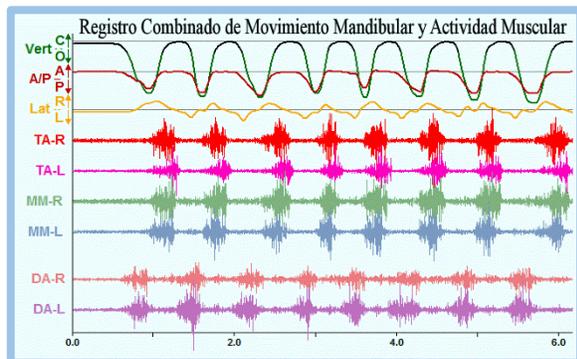


Figura 40. Los registros combinados de EMG junto con la dinámica mandibular (*jaw tracking*) resuelve los problemas para captar con precisión la relación entre movimiento y actividad muscular.

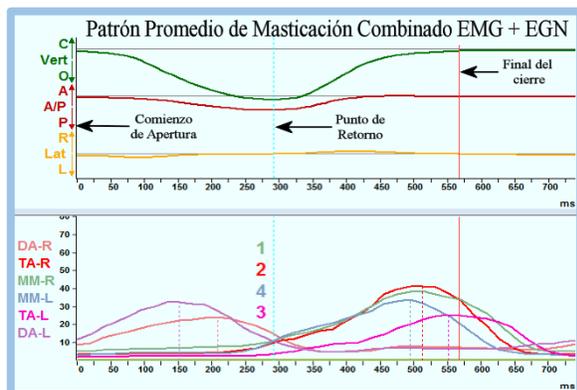


Figura 41. Los registros de EGN + EMG pueden ser analizados en conjunto como un sólo parámetro. Esto ilustra la relación entre el movimiento y varios músculos durante la masticación.

Los capítulos siguientes tratarán más a detalle las ventajas de los registros con combinaciones específicas de equipos.

Referencias:

Agerberg, G. & Carlsson, G. E. (1972). Functional disorders of the masticatory system. I. Distribution of symptoms according to age and sex as judged from investigation by questionnaire. *Acta Odontol Scand*, 30(6), 597-613. PMID: 15303265

Bando, E., Fukushima, S., Kawabata, H. & Kono, S. (1972). Continuous observations of mandibular positions by telemetry. *J Prosthet Dent*, 28(5), 485-90. PMID: 4507570

Evans, W. G. & Lewin, A. (1987). Lower incisors and mandibular movement. *J Dent Assoc S Afr*, 42(8), 469-74. PMID: 3509643

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

Gernet, W. (1981). Information value of kinesiographic functional analysis. *Dtsch Zahnarztl Z.*, 36(5), 304-9. PMID: 6944197

Inoue, S., Yamaguchi, Y., Mato, T., Ishigaki, S., Takashima, F. & Maruyama, T. (1994). Effect of the location of chewing on facial and jaw muscles activity and the mandibular movement. *J Osaka Univ Dent Sch*, 34, 89-95. PMID: 8935099

Jankelson, B., Swain, C. W., Crane, P. F. & Radke, J. C. (1975). Kinesiometric instrumentation: a new technology. *J Am Dent Assoc*. 1975 Apr;90(4):834-40. PMID: 1055153

Kamyszek, G., Ketcham, R., Garcia, R., Jr. & Radke, J. (2001). Electromyographic evidence of reduced muscle activity when ULF-TENS is applied to the Vth and VIIth cranial nerves. *Cranio*, 19(3), 162-8. PMID: 11482827

Kawamura, Y. (1971). Distributions of the contact surface and vacant spaces in the molar regions in

- intercuspal position. *Shikwa Gakuho*, 71(3), 837-85. Japanese. PMID: 5282709
- Kerstein, R. B. & Radke, J. (2012). Masseter and temporalis excursive hyperactivity decreased by measured anterior guidance development. *Cranio*, 30(4), 243-54. PMID: 23156965
- Knap, F. J., Abler, J. H. & Richardson, B. L. (1975). Computerized analysis and duplication of mandibular motion. *J Prosthet Dent*, 33(5), 535-41. PMID:
- Kuwahara, T., Miyauchi, S. & Maruyama, T. (1992). Clinical classification of the patterns of mandibular movements during mastication in subjects with TMJ disorders. *Int J Prosthodont*, 5(2):122-9. PMID: 1524632
- Kydd, W. L., Harrold, W. & Smith, D. E. (1967), A Technique for continuously monitoring the interocclusal distance. *J Prosthet Dent*, 18(4) 308 – 310. PMID: 5233350
- Lemmer, J., Lewin, A. & van Rensburg, L. B. (1976). The measurement of jaw movement. Part I. *J Prosthet Dent*, 36(2), 211-8. PMID: 1068283
- Lewin, A., Lemmer, J. & van Rensburg, L. B. (1976). The measurement of jaw movement. Part II. *J Prosthet Dent*, 36(3), 312-8. PMID: 1066485
- Lewin, A. & Nickel, B. (1978). The full description of jaw movement. *J Dent Assoc S Afr*, 33(5), 261-7. PMID: 287696
- Lewin, A., van Rensburg, L. B. & Lemmer, J. (1974). A method of recording the movement of a point on the jaws. *J Dent Assoc S Afr*, 29(6), 395-7. PMID: 4535280
- Lundeen, H. C., Shryock, E. F. & Gibbs, C. H. (1978). An evaluation of mandibular border movements: their character and significance. *J Prosthet Dent*, 40(4), 442-52. PMID: 279695
- Pleasure, M. A. (1951). Correct vertical dimension and freeway space. *J Am Dent Assoc*. 43(2):160-3. PMID: 14850211
- Proschel, P. (1987). An extensive classification of chewing patterns in the frontal plane. *Cranio*, 5(1); 55-63. PMID: 3467868
- Radke, J. & Kerstein, R. (2017). Occlusal adjustment improves the smoothness, timing and velocity of gum chewing. IADR conference poster #3135.
- Radke, J. C., Kull, R. S. & Sethi, M. S. (2014). Chewing movements altered in the presence of temporomandibular joint internal derangements. *Cranio*, 32(3), 187-92. PMID: 25000160
- Salzman, B. (2018). BioPAK User Guide. *BioResearch Associates, Inc.* Milwaukee, WI USA.
- Steed, P. A. (1997). Facial asymmetry: recognition of TMD. *Funct Orthod*, 14(5), 5-12. PMID: 9610280
- Stein, R. B., Cody, F. W. & Capaday, C. (1988). The trajectory of human wrist movements. *J Neurophysiol*, 59(6), 1814-30. PMID: 3404206
- Thompson, J. R. (1946). The rest position of the mandible and its significance to dental science. *J Am Dent Assoc*, 33:151-80. PMID: 21010948
- Van Rensburg, L. B., Lemmer, J. & Lewin, A. (1974). Co-ordinates of jaw movements. *J Oral Rehabil*, 1(3), 285-91. PMID: 4530065
- Vikne, H., Bakke, E. S., Liestøl, K., Sandbæk, G. & Vøllestad, N. (1993). The smoothness of unconstrained head movements is velocity-dependent. *Hum Mov Sci*, 32(4), 540-54. PMID: 24054893
- Yashiro, K., Fukuda, T. & Takada, K. (2010). Masticatory jaw movement optimization after introduction of occlusal interference. *J Oral Rehabil*. 37(3), 163-70. PMID: 19968764
- Yashiro, K. & Takada, K. (2005). Model-based analysis of jaw-movement kinematics using jerk-optimal criterion: simulation of human chewing cycles. *J Electromyogr Kinesiol*, 15(5), 516-26. PMID: 15935963
- Yashiro, K., Yamauchi, T., Fujii, M. & Takada, K. (1999). Smoothness of human jaw movement during chewing. *J Dent Res* 78(10), 1662-8. PMID: 10520972
- Yoshioka, C., Ogawa, H., Kuwahara, T., Takashima, F. & Maruyama, T. (1993). The relationship between the mandibular movements during speech and specific types of malocclusions. *J Osaka Univ Dent Sch*, 33:39-44.

Lecturas Adicionales

Rango de Movimiento

Ferrario, V. F., Sforza, C., Miani, A. Jr., Serrao, G. & Tartaglia, G. (1996). Open-close movements in the human temporomandibular joint: does a pure rotation around the intercondylar hinge axis exist? *Journal of Oral Rehabilitation*, 23(6), 401-408.

Ferrario, V. F., Sforza, C., Miani, A. & Serrao, G. (1992). Kinesiographic three-dimensional evaluation of mandibular border movements: a statistical study in a normal young nonpatient group. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 68(4), 672-676.

Ishigaki, S., Nakamura, T., Akanishi, M. & Maruyama, T. (1989). Clinical classification of maximal opening and closing movements. *International Journal of Prosthodontics*, 2(2), 148-154.

Desórdenes Temporomandibulares

Kuwahara, T., Bessette, R. W. & Maruyama, T. (1995). Chewing pattern analysis in TMD patients with and without internal derangement: Part II. *Journal of Craniomandibular Practice*, 13(2), 93-98.

Kuwahara, T., Bessette, R. W. & Maruyama T. (1995). Chewing pattern analysis in TMD patients with and without internal derangement: Part I. *Journal of Craniomandibular Practice*, 13(1), 8-14.

Radke, J. C., Ketcham, R., Glassman, B. & Kull, R. (2003). Artificial neural network learns to differentiate normal TMJs and non-reducing displaced disks after training on incisor-point chewing movements. *Journal of Craniomandibular Practice*, 21(4), 259-264.

Tsolka, P., Fenlon, M. R., McCulloch, A. J. & Preiskel, H. W. (1994). A controlled clinical, electromyographic, and kinesiographic

assessment of craniomandibular disorders in women. *Journal of Orofacial Pain*, 8(1), 80-89. Masticatory Function

Anderson, K., Throckmorton, G. S., Buschang, P. H. & Hayasaki, H. (2002). The effects of bolus hardness on masticatory kinematics. *Journal of Oral Rehabilitation*, 29(7), 689-696.

Farias Gomes, S. G., Custodio, W., Moura Jufer, J. S., Del Bel Cury, A. A. & Rodrigues Garcia, R. C. (2010). Correlation of mastication and masticatory movements and effect of chewing side preference. *Brazilian Dental Journal*, 21(4), 351-355.

Ferrario, V.F., Piancino, M. G., Dellavia, C., Castroflorio, T., Sforza, C. & Bracco, P. (2006). Quantitative analysis of the variability of unilateral chewing movements in young adults. *Journal of Craniomandibular Practice*, 24(4), 274-782.

Goodson, J. M. & Johansen, E. (1975). Analysis of human mandibular movement. *Monographs in Oral Science*, 5:1-80.

Hashii, K., Tomida, M. & Yamashita, S. (2009). Influence of changing the chewing region on mandibular movement. *Australian Dental Journal*, 54(1), 38-44.

Ishigaki, S., Kurozumi, T., Morishige, E. & Yatani, H. (2006). Occlusal interference during mastication can cause pathological tooth mobility. *Journal of Periodontal Research*, 41(3), 189-192.

Kim, S. K., Kim, K. N., Chang, I. T. & Heo, S. J. (2001). A study of the effects of chewing patterns on occlusal wear. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28(11), 1048-1055.

Kobayashi, Y., Shiga, H., Yokoyama, M., Arakawa, I. & Nakajima, K. (2009). Differences in masticatory function of subjects with different closing path. *Journal of Prosthodontic Research*, 53(3), 142-145.

- Kubota, N., Hayasaki, H., Saitoh, I., Iwase, Y., Maruyama, T., Inada, E.,... Yamasaki Y. (2010). Jaw motion during gum-chewing in children with primary dentition. *Journal of Craniomandibular Practice*, 28(1), 19-29.
- Kuwahara, T., Bessette, R. W. & Maruyama, T. (1996). Characteristic chewing parameters for specific types of temporomandibular joint internal derangements. *Journal of Craniomandibular Practice*, 14(1), 12-22.
- Kuwahara, T., Bessette, R. W. & Maruyama, T. (1995). Chewing pattern analysis in TMD patients with unilateral and bilateral internal derangement. *Journal of Craniomandibular Practice*, 13(3), 167-172.
- Kuwahara, T., Miyauchi, S. & Maruyama, T. (1992). Clinical classification of the patterns of mandibular movements during mastication in subjects with TMJ disorders. *International Journal of Prosthodontics*, 5(2), 122-129.
- Lepley, C., Throckmorton, G., Parker, S. & Buschang PH. (2010). Masticatory performance and chewing cycle kinematics-are they related? *The Angle Orthodontist*, 80(2), 295-301.
- Lin, X. F., Li, S.H., Huang, Z. S. & Wu, X. Y. (2010). Relationship between occlusal plane and masticatory path in youth with individual normal occlusion. [Article in Chinese] *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 45(6), 370-375.
- Murakami, T., Harada, T., Abe, K. & Tanaka, T. (2000). Masticatory movement in two cases with unusual alignment of the maxillary canine. *Journal of Oral Rehabilitation*, 27(4), 317-331
- Radke, J., Ketcham, R. & Glassman, B. (2003). Artificial Neural Network learns to differentiate normal TMJ's from non-reducing displaced disks after training on incisor-point chewing movements. *Journal of Craniomandibular Practice*, 21(4), 259-264.
- Sierpińska, T., Gołbiewska, M. & Długosz, J. W. (2006). The relationship between masticatory efficiency and the state of dentition at patients with non rehabilitated partial loss of teeth. *Advances in Medical Science*, 51 Suppl 1, 196-199.
- Sierpinska, T., Golebiewska, M. & Lapuc, M. (2008). The effect of mastication on occlusal parameters in healthy volunteers. *Advances in Medical Science*, 53(2), 316-320.
- Wilding, R. J. & Shaikh, M. (1997). Jaw movement tremor as a predictor of chewing performance. *Journal of Orofacial Pain*, 11(2), 101-114.
- Wilding, R. J. & Shaikh, M. (1997). Muscle activity and jaw movements as predictors of chewing performance. *Journal of Orofacial Pain*, 11(1), 24-36.
- Wilding, R. J. & Lewin, A. (1994). The determination of optimal human jaw movements based on their association with chewing performance. *Archives of Oral Biology*, 39(4), 333-343.
- Wilding, R. J. & Lewin, A. (1991). A model for optimum functional human jaw movements based on values associated with preferred chewing patterns. *Archives of Oral Biology*, 36(7), 519-523.
- Wilson, E. M. & Green, J. R. (2009). The development of jaw motion for mastication. *Early Human Development*, 85(5), 303-311.
- Wintergerst, A. M., Throckmorton, G. S. & Buschang, P. H. (2008). Effects of bolus size and hardness on within-subject variability of chewing cycle kinematics. *Archives of Oral Biology*, 53(4), 369-375.
- Yashiro, K. & Takada, K. (2004). Validity of measurements for cycle-by-cycle variability of jaw movements: variability of chewing cycles in cases of prognathism. *Physiological Measurement*, 25(5), 1125-1137.
- Yashiro, K., Miyawaki, S. & Takada, K. (2004). Stabilization of jaw-closing movements during chewing after correction of incisor crossbite. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(10), 949-956.

Función de Lenguaje

Burnett, C. A. & Clifford, T. J. (1999). The mandibular speech envelope in subjects with and without incisal tooth wear. *International Journal of Prosthodontics*, 12(6), 514-518.

De Oliveira Serrano, P., Cavalcante, L. M., Del Bel Cury, A. D., Bovi Ambrosano, G. M. & Rodrigues Garcia, R. C. (2008). Effect of incisal tooth wear and restoration on interocclusal distance during Brazilian Portuguese language speech. *Minerva Stomatologica*, 57(6), 301-308.

de Souza, R. F. & Compagnoni, M. A. (2004). Relation between speaking space of the /s/ sound and freeway space in dentate and edentate subjects. *Brazilian Oral Research*, 18(4), 333-337.

Kuwahara, T., Yoshioka, C., Ogawa, H. & Maruyama, T. (1994). Effect of malocclusion on mandibular movement during speech. *International Journal of Prosthodontics*, 7(3), 264-270.

Rodrigues Garcia, R. C., Oliveira, V. M. & Del Bel Cury, A. A. (2003). Effect of new dentures on inter-occlusal distance during speech. *International Journal of Prosthodontics*, 16(5), 533-537.

Serrano Pde, O., Faot, F., Del Bel Cury, A. A. & Rodrigues Garcia, R. C. (2008). Effect of dental wear, stabilization appliance and anterior tooth reconstruction on mandibular movements during speech. *Brazilian Dental Journal*, 19(2), 151-158.

Yoshioka, C., Ogawa, H., Kuwahara, T., Takashima, F. & Maruyama, T. (1993). The relationship between the mandibular movements during speech and specific types of malocclusions. *Journal of Osaka University Dental School*, 33, 39-44.

Palabras Clave y Definiciones

Radke, J. & Ruiz Velasco, G.

Electrognatógrafo (EGN): Un aparato electrónico y magnético para seguir y registrar la trayectoria de un punto en incisivos mandibulares. Registra movimiento del punto incisivo en tres traslaciones (Vertical, Antero-posterior y Lateral). Aunque no registra la trayectoria de otras áreas de la mandíbula, debido a las bien conocidas limitaciones de la dinámica mandibular, el observador puede concebir que tanto se mueve el resto de la Mandíbula al ver los registros. La unidad de medida es el milímetro. Se refiere muchas veces como **JAW TRACKER**, o **JT3D** por el modelo más reciente y actualizado.

Electromiógrafo (EMG): Un aparato utilizado para registrar la señal eléctrica producida por la actividad muscular. Mide la actividad en un rango de pocos microvoltios hasta más de mil microvoltios.

Joint Vibration Analysis (JVA): En español se pudiera llamar "Análisis Vibratógrafo Articular." Este aparato registra cualquier vibración producida en las ATM's. Tiene mucha sensibilidad y ayuda al diagnóstico de desordenes internos y de enfermedad articular degenerativa de la ATM. La unidad de medida es el Pascal, que representa la presión de 101.97 gramos de fuerza aplicada sobre un área de un metro cuadrado.

Notas Finales:

1. Todas las imágenes de datos gráficos, excepto desde la Figura 33 hasta la Figura 36, son tomadas del programa BioPAK © 2018 BioResearch Associates, Inc. Milwaukee, WI 53223.
2. Los individuos mostrados en las ilustraciones son todos modelos profesionales y todos han firmado formato de consentimiento para su utilización en la obra presente.
3. La descripción del desarrollo del *Jaw Tracking* Magnético es basada en las colecciones de Mr. John Radke, quien

está involucrado en este proyecto desde Enero de 1972.

4. Además del JT-3D existen hoy en día otros *jaw trackers* magnéticos. Sus posibilidades y características son limitadas por el software disponible y compatible para cada uno de los equipos.
5. Existen otros aparatos *jaw tracking* que detectan la posición mandibular con 6 grados de rango, ya que miden tres traslaciones y tres rotaciones, pero todos ellos utilizan aditamentos anclados al sujeto. Esto permite seguir el movimiento de otras partes que no son el área incisiva. En la mayoría de los estudios publicados con equipos de 6 grados se ha utilizado el área de incisivos para analizar, probablemente porque el movimiento en esa área incisiva es el mayor y más fácilmente entendido.

Apéndice del Capítulo 2

La importancia del alineamiento apropiado

Para optimizar los registros de *Jaw Tracker* es muy importante alinear correctamente el set de sensores con el magneto en la boca del paciente. Vea la Figura 1.



Figura 1. Un posicionador de magneto es utilizado para alinear con precisión el set de sensores con el magneto en la boca del paciente antes de comenzar a tomar el registro. Este apunta al magneto.

Para la alineación hay una Herramienta Posicionador del magneto, que cuando la colocamos en el *jaw tracker*, señala el lugar preciso donde debemos posicionar el magneto en boca. Vea la figura 1. Esta herramienta hace que la alineación sea un procedimiento fácil y rápido de realizar con precisión.

Ajustes para tomar el registro

Paso uno: El magneto es colocado en el vestíbulo labial, adherido a los incisivos y/o al tejido gingival por medio del material llamado *Stomadhesive*, y con la superficie dorada (polo norte magnético) hacia arriba. Todos los JT-3D están calibrados a un magneto de referencia con una fuerza magnética estándar, pero pueden ser utilizados magnetos de diferentes medidas tan solo registrando los valores de calibración de ellos dentro del programa BioPAK. El programa lee los valores de calibración automáticamente desde cada *jaw tracker* y hace ajustes para cada

diferencia en fuerza magnética del magneto que estemos utilizando.

Paso dos: Una vez que ya hemos colocado correctamente el magneto en la boca del paciente el set de sensores con el cabezal es colocado en el paciente y ajustado mediante la perilla de ajuste de una forma confortable. El operador debe fijarse en los tubos verticales y ajustar el set de tal manera que los tubos queden en la verdadera vertical tanto frontal como sagital. El posicionador del magneto es colocado en los sensores y así es ajustado hasta que el indicador del posicionador apunte al centro del magneto, a una distancia de 5 a 10 mm separado del mismo.

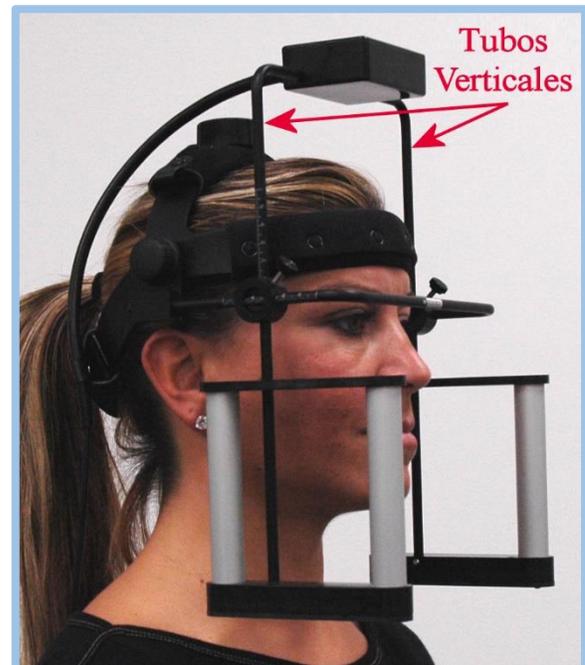


Figura 2. El set de sensores debe ser ajustado al paciente bien derecho de tal manera que los tubos verticales se vean perpendiculares al piso tanto frontal como sagitalmente.

Paso tres: Es importante checar la calidad de la alineación hecha. Esto puede hacerse registrando primero el rango de movimiento del paciente (ROM) Vea Figura 3.

Ya que el ROM es un movimiento amplio es posible a simple vista observar si el paciente está abriendo derecho o no. Si no hay deflexión o tan

solo una muy ligera a la vista en máxima apertura (menor a 3 mm), entonces el *jaw tracker* debería mostrar el mismo resultado. Si todo el trazo apareciera rotado en la pantalla (Vea Figura 3) es posible que el set de sensores haya sido colocado rotados en posición opuesta en el paciente. Es especialmente importante que el plano frontal sea correcto porque la masticación es un movimiento asimétrico en el plano frontal.

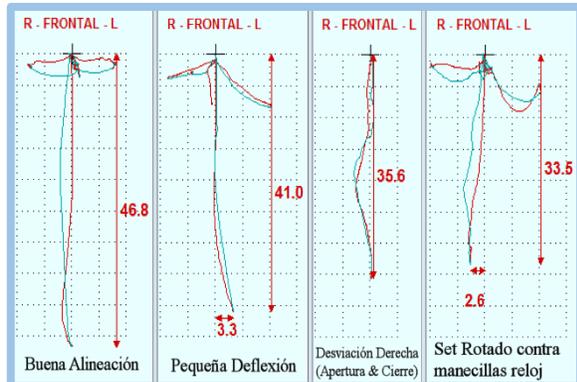


Figura 3. Cheque la alineación registrando un trazo de ROM y verifique que se vea lo mismo en la pantalla que lo que observamos de manera directa en el paciente. En el ejemplo de la derecha los sensores están erróneamente colocados rotados en sentido inverso a las manecillas del reloj.

En contraste no existe un ángulo sagital universal que pueda ser establecido como la norma. Sin embargo, como una manera de futura referencia constante y uniformidad, es importante alinear los sensores en el plano sagital con los tubos verticales perpendiculares al piso también.