



Contents lists available at ScienceDirect

# Journal of Bodywork & Movement Therapies

journal homepage: [www.elsevier.com/jbmt](http://www.elsevier.com/jbmt)

Ciencia de la fascia y aplicaciones clínicas

## La medición directa de los movimientos rítmicos de la cabeza humana identifica un tercer ritmo

Thomas Rosenkilde Rasmussen a, \*, Karl Christian Meulengracht b

a Centro de Medicina Manual, Kirke Vaerloesevej 18A, 3500, Vaerloese, Dinamarca

b Instituto Meulengracht, Munkevaenget 26, 5230, Odense, Dinamarca

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

*Historial del artículo:*  
 Recibido el 22 de noviembre de 2019  
 Recibido en forma revisada 21 de julio de 2020  
 Aceptado el 29 de agosto de 2020

### ABSTRACT

*Introducción:* El concepto de un movimiento rítmico único que se cree que se origina en un mecanismo respiratorio primario (MRP) es fundamental para el campo de la osteopatía craneal y, al mismo tiempo, controvertido. Además, se dice que el MRP se manifiesta como un impulso rítmico craneal (IRC) en el cráneo humano vivo. Este estudio explora las oscilaciones rítmicas de la cabeza humana medidas directamente como movimientos físicos. El objetivo es investigar la existencia de un tercer ritmo distinto de los movimientos de la cabeza causados por la respiración y las pulsaciones arteriales, en un estudio objetivo y puramente experimental.

*Experimental:* En 50 individuos sanos, se midieron en tiempo real las oscilaciones rítmicas de la cabeza durante 42 minutos en estado de reposo supino sin ninguna intervención. Para las mediciones se utilizó una máquina de nuevo desarrollo para el seguimiento de los movimientos rítmicos.

*Resultados:* En todos los individuos se distinguió un tercer ritmo separado del ritmo arterial y respiratorio en todo momento. El tercer ritmo se observó como un fenómeno fisiológico dinámico con un rango estrecho en los individuos sanos en reposo, con una media de 6,16 ciclos/minuto (4,25-7,07). La contribución significativa a la amplitud de los movimientos medidos fue la respiración y este tercer ritmo, mientras que la contribución de las pulsaciones arteriales fue menor.

*Conclusión:* El presente estudio demuestra la existencia y el rango normativo de un tercer ritmo físico detectado en la cabeza humana. Haber desarrollado un enfoque objetivo para estudiar este tercer ritmo podría constituir la base futura de los estudios clínicos y fisiológicos de la función y la disfunción craneosacral.

©2021 Los autores. Publicado por Elsevier Ltd. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

Una creencia central de todo el concepto craneal osteopático es la existencia de un movimiento rítmico diferente de la respiración y el pulso arterial. Este nuevo movimiento rítmico fue denominado mecanismo respiratorio primario (MRP) por el Dr. William G. Sutherland, promotor de la osteopatía en el ámbito craneal (Sutherland 1939). Desde el inicio de la osteopatía en el campo craneal, la existencia

y la naturaleza del MRP han creado un debate continuamente controvertido en la literatura científica y en los foros públicos. Se postula que una manifestación del MRP es un movimiento denominado impulso rítmico craneal (IRC) cuando se palpa o se mide en la cabeza. La palpación del IRC es fundamental en la evaluación craneosacral y es utilizada en todo el mundo por un gran número de terapeutas como parte de las evaluaciones craneosacrales relativas a los Tratamientos Cráneo-Sacrales (TCS) y en la osteopatía en el ámbito craneal. Desde un punto de vista científico, las pruebas de fiabilidad de la evaluación craneosacral no están claras. No hay acuerdo interobservador y los estudios de palpación informan de una amplia gama de IRC (revisión en Nelson et al., 2006). Una fuente significativa de crítica y controversia tanto de la existencia como del rango reportado del IRC en humanos es el enfoque subjetivo para

\* Correspondencia al autor. Centro de Medicina Manual, Kirke Vaerloesevej 18A, 3500, Vaerloese, Dinamarca.  
 Dirección de correo electrónico: [post@manuel-medicin.dk](mailto:post@manuel-medicin.dk) (T.R. Rasmussen).

<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.08.018>

1360-8592/© 2021 Los autores. Publicado por Elsevier Ltd. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

estudiar el IRC por palpación. La Dra. Viola Fryman (1971) intentó un enfoque objetivo para estudiar la existencia del IRC, midiendo directamente los movimientos físicos de la cabeza. El inconveniente de las mediciones directas era la elevada presión ejercida sobre la cabeza por el equipo utilizado, y que los participantes tenían que contener la respiración para excluir los movimientos respiratorios. Otros estudios han utilizado mediciones indirectas (revisión en Nelson et al., 2006).

En línea con el estudio de Fryman (1971), desarrollamos una máquina para medir los movimientos rítmicos como un movimiento físico directo en la cabeza. El objetivo del estudio era (1) caracterizar los movimientos rítmicos en la cabeza relacionados con el ritmo arterial, el respiratorio y un posible tercer ritmo (2) describir la naturaleza del tercer movimiento y (3) definir el rango normativo del tercer ritmo en los seres humanos utilizando un método objetivo.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Aparato

Meulengracht Measurement® desarrolló una máquina para poder obtener movimientos físicos directos de la cabeza viva en un muestreo de datos en tiempo real. En resumen, se colocaron dos servoactuadores sobre la piel en las posiciones de los mastoides temporales, manteniendo un contacto persistente de 10 g en todos los tiempos de medición. Los servoactuadores eran CAL 12-010-5 (SMAC Corporation 5807 Van Allen Way Carlsbad, California, EE.UU. 760-929-7575), con una sensibilidad para detectar movimientos físicos de 1 mm. El Instituto Nacional de Metrología de Dinamarca diseñó un programa informático para seguir los movimientos rítmicos mediante transformaciones de Fourier. La transformación de Fourier es un método matemático que se utiliza aquí para identificar los ritmos repetitivos en las mediciones obtenidas de los servoactuadores. Se utilizó un algoritmo de Transformación Rápida de Fourier que utiliza 20 puntos de medición por segundo para obtener una medición en tiempo real de los movimientos rítmicos.

La construcción, la metrología y las mediciones de toda la máquina fueron probadas de forma independiente por el Instituto Nacional de Metrología de Dinamarca (informe DFM-2011-R04), documentando que la máquina podía medir de forma precisa y consistente los movimientos rítmicos físicos de hasta 5 mm. Para una descripción completa de la máquina y del informe tecnológico, véase el Apéndice A.

La estabilidad y el nivel de ruido de la medición se realizaron con un cráneo artificial, mostrando un valor constante sin movimiento para ambos servoactuadores durante la medición (datos no mostrados). El software contenía una alarma para registrar si había algún movimiento de la cabeza que los servoactuadores no pudieran seguir, por ejemplo, un estornudo o una tos.

Además de las mediciones realizadas por la máquina, se colocó un sensor de trampa de ratón en la parte superior del vientre, anterior al diafragma respiratorio, para obtener un registro independiente de los ciclos respiratorios. Se utilizó una pulsera FitBit para obtener un registro independiente del pulso arterial.

### 2.2 Participantes

El estudio está registrado en el Comité Nacional de Ética de la Investigación Sanitaria de Dinamarca, con el número de estudio

74980. Todos los participantes (n = 50) eran voluntarios y firmaron un formulario de consentimiento informado de acuerdo con la Declaración de Helsinki. Los participantes eran 28 mujeres y 22 hombres, con una edad media de 49 años (rango de 18 a 92 años). Todos los participantes fueron seleccionados por orden de llegada. El único criterio fue la ausencia de cualquier enfermedad presente conocida para el individuo. Ocho individuos nunca habían oído hablar de ningún tratamiento craneal ni lo habían recibido, 42 individuos habían recibido algún tratamiento manual (masaje, craneosacral, tratamiento osteopático manipulativo) que incluía la cabeza.

### 2.3 Condiciones y protocolo

Se colocó a cada participante en una camilla de tratamiento con un material que absorbe la presión y las vibraciones (ErgoPur, 9550, Mariager Denmark) durante aproximadamente 50 minutos. Sobre la piel, en la posición de la cara lateral de cada proceso mastoideo, se colocaron servoactuadores con un contacto persistente de 10 g en todas las posiciones de la cabeza.

El registro en tiempo real de los movimientos rítmicos se realizó en el espectro de 3 a 90 ciclos por minuto (CPM) durante 42 min. Los participantes no estuvieron en contacto con el terapeuta en ningún momento; sólo se les indicó que se tumbaran y se relajaran durante aproximadamente 50 min.

Cada conjunto de datos de los 50 participantes se almacenó en un disco duro y se envió para su análisis a (Thomas Rosenkilde Rasmussen), todos los conjuntos de datos permanecieron ciegos hasta el fin del análisis completo. Los métodos estadísticos se realizaron con Microsoft Excel versión 15.35, utilizando el análisis de datos para calcular la media y la varianza de cada conjunto de datos. La posible correlación entre los conjuntos de datos se analizó mediante el coeficiente  $r$  de las correlaciones de Pearson, y la significancia ( $p$ ) de la correlación entre los conjuntos de datos se halló mediante el análisis de regresión ANOVA.

## 3. Resultados

### 3.1. Identificar un tercer movimiento rítmico, diferente de los movimientos respiratorios en la cabeza humana

Los movimientos rítmicos en el rango de 3 a 90 cpm se midieron directamente utilizando una máquina diseñada a medida para ello (datos no mostrados). Los movimientos rítmicos repetitivos se identificaron en el análisis en tiempo real mediante la transformación rápida de Fourier. Las pulsaciones arteriales que se midieron oscilaron entre 44 y 78 (media de 57) cpm. La contribución a los movimientos de las pulsaciones arteriales se discute más adelante; aquí nos centramos en identificar un movimiento diferente de los movimientos respiratorios.

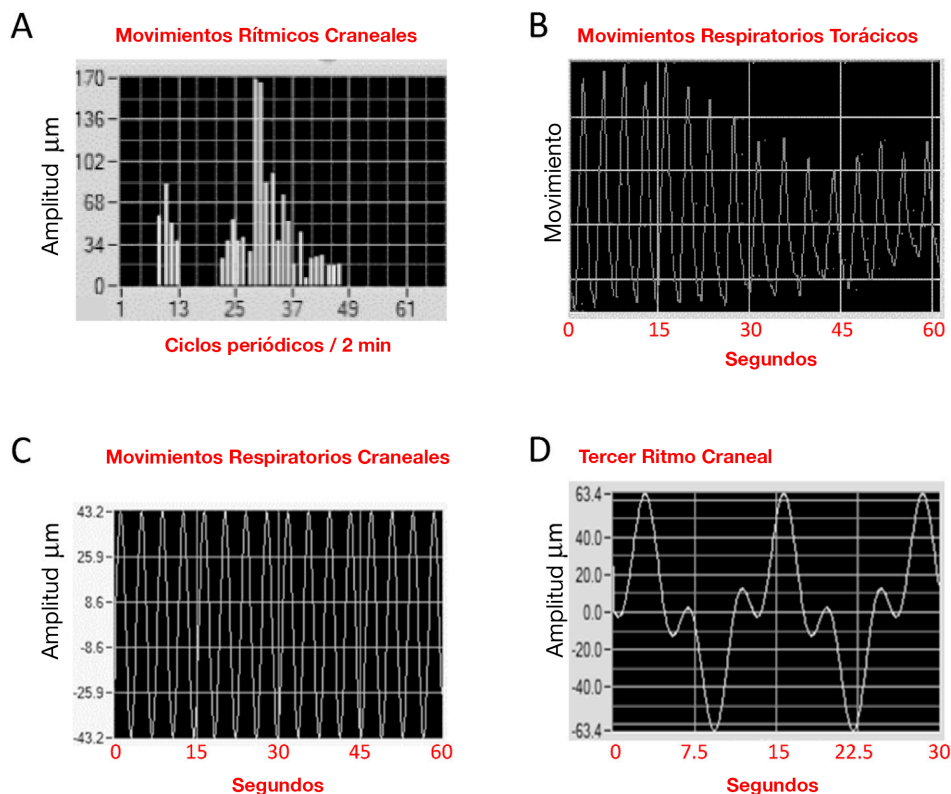
La Fig. 1A muestra una ventana de recogida de datos de movimientos rítmicos identificados entre 3 y 35 cpm. El eje x de la Fig. 1A es la frecuencia del movimiento con respecto al tiempo (nótese que la escala de la Fig. 1A es de ciclos por 2 min). La frecuencia se obtiene convirtiendo el análisis de la Transformación Rápida de Fourier en frecuencia/2 min. La altura de una señal en el eje Y de la Fig. 1A, es la distancia máxima en mm entre las señales del servoactuador, para el movimiento periódico identificado en la Transformación de Fourier.

Se midieron dos grupos de movimientos rítmicos en todos los individuos (n = 50) del área de recogida de datos (Fig. 1A). Se iden-

tificó un grupo estrecho de movimientos rítmicos de la cabeza a 4-6 cpm, y un grupo más amplio de movimientos de 9 a 24 cpm, para la persona medida. El movimiento con el cpm más alto (9-24 cpm) en la Fig. 1A se identificó como la respiración, ya que se identificó el mismo cpm en el diafragma respiratorio (Fig. 1B). El ritmo más lento identificado (4-6 cpm, Fig. 1A) es un tercer ritmo separado medido en la cabeza, diferente de los movimientos respiratorios y arteriales. La Fig. 1A es la señal transformada de Fourier utilizada para identificar los movimientos periódicos; las Fig. 1C y D muestran los datos brutos, la onda propia de los movimientos periódicos identificados en la Fig. 1A. El tercer movimiento se identificó con una función de onda (Fig. 1D) diferente a la función de onda respiratoria (Fig. 1C). El movimiento respiratorio mostraba expansión y contracción siguiendo una curva sigmoidea (Fig. 1C), mientras que la función de onda

del tercer movimiento (Fig. 1D) muestra una onda dentro de un movimiento de onda.

La media de cpm del tercer ritmo, de la respiración y de las pulsaciones arteriales se calculó como media de la medición de 42 minutos de cada persona ( $n = 50$ ) (Fig. 2). Como se muestra en la Fig. 2, los tres movimientos rítmicos diferentes se identificaron siempre como movimientos rítmicos únicos y separados, presentes en todos los individuos sanos. No se observó ninguna correlación significativa entre la frecuencia del tercer ritmo y la frecuencia respiratoria o la pulsación arterial. En la Fig. 3, el tercer ritmo se representó por cpm creciente, ilustrando un rango muy estrecho de la tasa del tercer ritmo en individuos sanos en reposo, con una media de 6,16 cpm (4,257,07), con pocos valores atípicos en ambos extremos de la escala.



**Fig. 1.** Medición de los movimientos rítmicos craneales y separación de un tercer ritmo de los movimientos de la respiración respiratoria. **A.** El eje x de la Fig. 1A es la frecuencia del movimiento en relación con el tiempo (nótese que la escala de la Fig. 1A es de ciclos por 2 min). La frecuencia se obtiene convirtiendo el análisis de la Transformación Rápida de Fourier en frecuencia/2 min. La altura de una señal en el eje Y de la Fig. 1A, es la distancia máxima en mm entre las señales del servoactuador, para el movimiento periódico identificado en la Transformación de Fourier. Se muestra una ventana de posibles movimientos rítmicos con frecuencias de hasta 35 cpm (70/2 ciclos/min). Se identificó un grupo estrecho de movimientos rítmicos de la cabeza a 4-6 cpm, y un grupo más amplio de movimientos de 9 a 24 cpm. **B.** En la persona ilustrada se observó una ventana temporal de 1 minuto de movimiento respiratorio medido en el diafragma respiratorio con una frecuencia respiratoria de 16 cpm. El eje y es un movimiento sin escala específica, y el atrapador de ratones sólo sirve para detectar la frecuencia del movimiento. **C.** Se muestra el movimiento rítmico en el grupo amplio (9-24 cpm) identificado en **A.** Se identifica una curva sigmoidea con una media de 16 cpm. **D.** Se muestra el movimiento rítmico en el racimo estrecho de 4-6 cpm identificado en **A.** El movimiento identificado es una onda dentro de una función de onda con un "hombro" a medio camino entre la amplitud máxima y la mínima. Este movimiento se denomina tercer ritmo.

### 3.2 La amplitud de los movimientos rítmicos de la cabeza

En la Fig. 1A se muestra la separación del ritmo respiratorio y del tercero. La pulsación arterial, con una media de 57 cpm (44-78), se identificó fácilmente como separada de los demás ritmos. Para cada movimiento periódico identificado en la Transformación de Fourier como respiración respiratoria, tercer ritmo y ritmo arterial, se pudo obtener una distancia máxima en mm entre las señales del servoactuador como medida de la amplitud del movimiento de la cabeza. En la Fig. 1C se muestra la frecuencia respiratoria en el eje x, y la amplitud en el eje y. En la Fig. 1D la frecuencia del tercer ritmo está en el eje x, y la amplitud en el eje y. No se muestra la medición del ritmo arterial.

La Fig. 4 muestra la amplitud total media de la cabeza de cada persona de la prueba en el eje y. También se muestra en la Fig. 4 la contribución a la amplitud de la cabeza originada por la respiración, la pulsación arterial y el tercer ritmo de cada individuo. La amplitud procedente de la pulsación arterial fue siempre menor que las amplitudes respiratoria y del tercer ritmo. Para algunos individuos, la amplitud respiratoria era mayor que la del tercer ritmo y viceversa. Por término medio, para todos los individuos estudiados, las contribuciones medias al movimiento de la amplitud de la cabeza fueron la respiratoria 88 mm (321-12), la del tercer ritmo 58 mm (194 -10) y la de la pulsación arterial 13 mm (53-5).

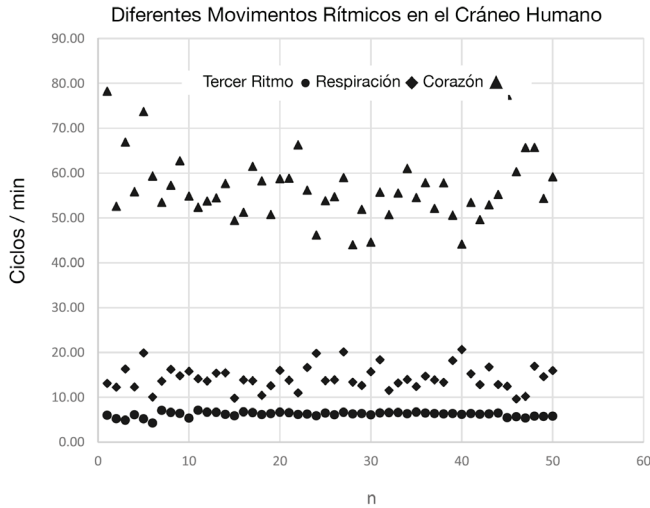


Fig. 2. Media de cpm del tercer ritmo, de la respiración y de la pulsación arterial en la cabeza para cada persona (n = 50). La media de las pulsaciones arteriales en la cabeza fue de 56,65 cpm (44,00-78,28), la media de las cpm respiratorias en la cabeza fue de 14,34 cpm (9,63-20,65), y la media del tercer ritmo fue de 6,16 cpm (4,25e7,07).

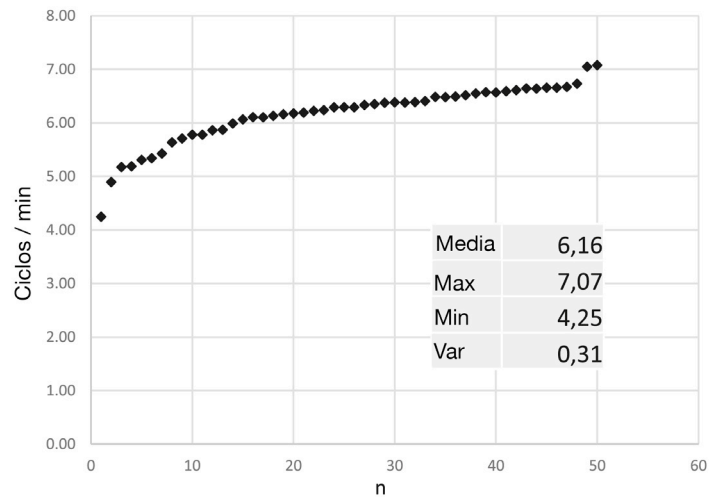


Fig. 3. Frecuencia media del tercer ritmo para cada persona del estudio (n = 50). Cada punto de datos es la frecuencia media del tercer ritmo para una persona, obtenida durante un tiempo medido de aproximadamente 42 minutos.

### 3.3 La naturaleza dinámica del tercer ritmo

En la Fig. 5 se muestran ejemplos de los rangos dinámicos del tercer ritmo en cada individuo. La Fig. 5 muestra el tercer ritmo para tres individuos, que representan un ritmo alto, medio y bajo. En la Fig. 5 se muestra la escala dinámica del tercer ritmo para cada individuo como máximo y mínimo para las mediciones de 42 minutos. Además, la medición en tiempo real permitió obtener una medida de la varianza del tercer ritmo a lo largo de los 42 minutos de medición. La representación gráfica de la Fig. 5 ilustra claramente la naturaleza

dinámica del tercer ritmo. El nivel de fluctuaciones en el tercer ritmo fue individual, y como se muestra en la Fig. 5, el individuo con un tercer ritmo de alta frecuencia (7,07 cpm) tuvo una mayor varianza en el tercer ritmo (0,53), en comparación con los individuos mostrados con un tercer ritmo de menor frecuencia (5,42 y 4,25, Fig. 5), que tuvieron una menor varianza (0,10 y 0,14 respectivamente, Fig. 5). Hay una correlación positiva moderada ( $r = 0,52$ ) y significativa ( $p < 0,001$ ) entre la frecuencia del tercer ritmo y la varianza del tercer ritmo para el grupo de individuos sanos medidos (n = 50).

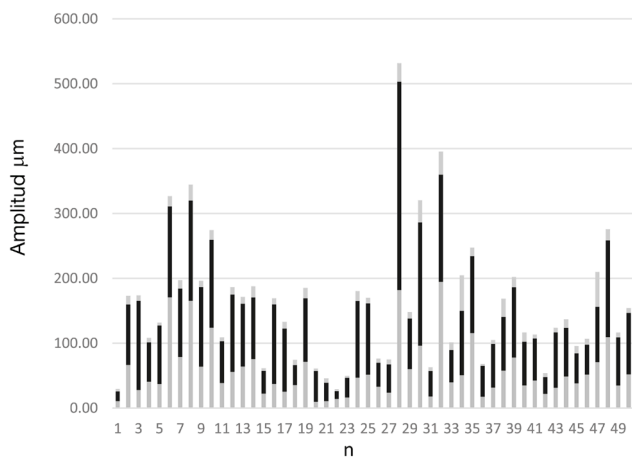


Fig. 4. Se midió la amplitud de los movimientos rítmicos de la cabeza originados por la pulsación arterial, la respiración respiratoria y el tercer ritmo. Barra gris arriba = amplitud generada por la pulsación arterial, negra = amplitud generada por la respiración respiratoria y barra gris abajo = amplitud generada por el tercer ritmo.

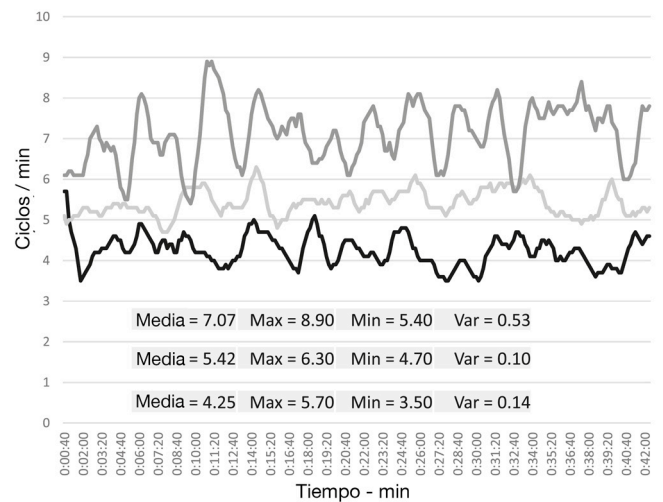


Fig. 5. Naturaleza dinámica del tercer ritmo durante el reposo, medido en todos los participantes (n = 50). Se muestra el tercer ritmo medido en 3 individuos sanos en posición supina durante un tiempo de 42 min. Las tres personas representan el tercer ritmo más alto, el más bajo y el medio. Se indican la media, el máximo, el mínimo y la varianza de cada persona.

## 4. Discusión

El Dr. William G. Sutherland introdujo el mecanismo respiratorio primario (MRP) como un movimiento con una fase de inspiración y espiración, que era diferente de los movimientos respiratorios y arteriales (Sutherland 1939). Sutherland nunca describió una frecuencia o rango normativo para el MRP, pero tras la introducción del MRP, se han acumulado varios estudios que informan sobre las frecuencias palpadas y estudiadas mediante instrumentación de los hipotéticos movimientos de la cabeza (revisión en Nelson et al., 2006). Los estudios sobre las frecuencias palpadas de posibles movimientos de la cabeza han mostrado una amplia gama a partir de la cual ha sido un reto crear un rango normativo (revisión en Nelson et al., 2006).

En este estudio, se diseñó una máquina que puede detectar diferentes movimientos rítmicos de la cabeza. Como se muestra, en la cabeza se pueden detectar tanto las pulsaciones arteriales como la respiración corporal (Figs. 1, 2 y 4). Además, se identificó un tercer ritmo, diferente de los ritmos respiratorio y arterial, en la cabeza humana (Figs. 1-5). El tercer movimiento difería en la función de onda periódica del movimiento respiratorio. El movimiento respiratorio mostraba una curva sigmoidea con expansión y contracción de la cabeza (Fig. 1C), mientras que los terceros movimientos (Fig. 1D) muestran una onda dentro de un movimiento de onda. La onda dentro de una onda crea un "hombro" en el movimiento de la onda a medio camino entre la máxima expansión y la máxima retracción (Fig. 1D). Este "hombro" u onda observada dentro de una onda del tercer ritmo, podría ser el desplazamiento experimentado a medio camino (zona neutra), entre las fases de flexión y extensión descritas por Sutherland. Existe un espectro de oscilaciones de baja frecuencia, directa o indirectamente relacionadas con el funcionamiento del sistema nervioso autónomo, todas ellas en un rango similar al del tercer ritmo descrito en este estudio (McPartland y Mein, 1997).

En la historia, la medición del ECG, analizando sus diferentes componentes sinusoidales, supuso un cambio significativo en la comprensión de la fisiología cardíaca. En comparación con los aprendizajes del ECG, los estudios posteriores de los patrones de onda más complejos del tercer ritmo identificados en este estudio pueden dar una idea del mecanismo que hay detrás del movimiento de la cabeza generado y sus posibles relaciones con el sistema nervioso autónomo. Las especulaciones sobre el mecanismo que genera los movimientos de la cabeza distintos del respiratorio y el arterial, basadas en la fisiología, han sido muchas (revisadas por Ferguson 2003 y Chaitow 1999). Por otra parte, se ha sugerido un modelo de arrastre para el IRC, que también aborda la posible interacción de las oscilaciones entre el paciente y el terapeuta (McPartland y Mein, 1997). Sin embargo, hasta ahora, los estudios experimentales carecen de la exploración del mecanismo que hay detrás de los movimientos de la cabeza. La cuestión principal, del mecanismo a un modelo de tejido/fluido, es si el movimiento de la cabeza es un generador de los movimientos del tejido/fluido o es un movimiento secundario de las presiones cambiantes del tejido/fluido (Chaitow 1999).

La frecuencia del tercer ritmo identificado en este estudio se determinó utilizando una medición directa de los movimientos físicos de la cabeza, donde se descartó la interacción entre el individuo medido y un terapeuta. Todos los humanos sanos ( $n = 50$ ) tienen este tercer ritmo en la cabeza, con una media de 6,16 cpm y un estrecho rango normativo (4,25-7,07). Como los estudios sobre los ritmos palpados y medidos de los movimientos de la cabeza han mostrado un amplio rango (revisión en Nelson et al., 2006), es posible que diferentes estudios informen sobre diferentes ritmos bajo el mismo nombre, el IRC. En estudios experimentales anteriores se encontró un rango de IRC de 6 a 14 cpm (Moskalenko et al. 2001, 2004, 2009, Mos-

kalenko et al., 2001; Upledger y Karni 1979, Lockwood y Degenhardt, 1998) comparable con el primer estudio de palpación (Woods y Woods 1961) que informó de un rango de IRC de 10 a 14 cpm. Como los estudios mencionados no informaron de la separación del IRC y los movimientos rítmicos respiratorios de la cabeza (Moskalenko et al. 2001, 2004, 2009, Moskalenko et al., 2001; Upledger y Karni 1979, Lockwood y Degenhardt, 1998), el rango informado del IRC puede incluir o ser los movimientos de la cabeza generados por la respiración. De hecho, en varios individuos medidos en este estudio, los movimientos medidos del mecanismo respiratorio eran más amplios que el tercer movimiento (Fig. 4). Palpar sólo la expansión y la retracción puede llevar a menudo a palpar los movimientos generados por la respiración. Las mediciones instrumentales de los movimientos de la cabeza que no separan los movimientos respiratorios incluirán una gama de movimientos, incluyendo tanto el IRC como los movimientos respiratorios, creando así una gama más amplia de cpm medidos. Dado que la fascia visceral faríngea basilar está unida a la zona del esfenoides/occipital, el grado de los movimientos respiratorios transmitidos a la cabeza puede depender de la tensión de este sistema fascial visceral. La fascia basilar faríngea también puede explicar por qué, en algunos individuos, los movimientos de la cabeza inducidos por la respiración eran más prominentes que el tercer ritmo y viceversa.

La frecuencia del tercer ritmo medida en este estudio es similar a la frecuencia notificada en un amplio estudio de palpación (Sergueef et al., 2011), y con palpaciones que miden simultáneamente las oscilaciones Traube-Hering-Mayer (Nelson et al. 2001, 2006). Además, el ritmo aquí comunicado es similar al estudio experimental de Fryman (1971) que utilizó una medición directa similar de los movimientos de la cabeza. Por tanto, el tercer ritmo del que se informa aquí puede ser el mismo que el IRC del que se informa en los estudios anteriores (Sergueef et al., 2011; Nelson et al. 2001, 2006; Nelson et al., 2001, Fryman 1971).

La demostración experimental de que se pueden identificar tres ritmos diferentes  $>3$  cpm en la cabeza humana viva puede compararse con otros estudios experimentales que miden los movimientos en la cabeza, en la sangre y en el LCR. Hay que tomar precauciones, al comparar un estudio experimental con los estudios experienciales, ya que la experiencia palpatoria de cualquier terapeuta es subjetiva e individual, lo que no quiere decir que un enfoque o informe sea más o menos correcto, sino que hay que ser consciente de que los estudios experimentales y los experienciales son diferentes y pueden informar sobre aspectos distintos que se pretenden estudiar.

La realización de mediciones en tiempo real en cada individuo durante un tiempo aproximado de 42 minutos permitió estudiar la dinámica del tercer ritmo en cada individuo. El rango dinámico observado del tercer ritmo medio fue menor en comparación con las frecuencias arterial y respiratoria (Fig. 2). La fluctuación del tercer ritmo dentro de cada individuo fue evidente para todos los casos estudiados (Fig. 5), con una correlación moderada ( $k = 0,52$ ) entre las fluctuaciones más altas del tercer ritmo con una frecuencia más alta del mismo. Se ha planteado la hipótesis de que los movimientos rítmicos de baja frecuencia ( $<0,1$  Hz) están influenciados por el equilibrio del sistema nervioso autónomo (Ferguson 2003), y la fluctuación medida en el tercer ritmo puede estar relacionada con el equilibrio del sistema nervioso autónomo. Sin embargo, se necesitan más estudios para establecer la fisiología subyacente.

Los actuadores se colocaron sobre la piel en las apófisis mastoides de los huesos temporales. En general, se acepta que las suturas relacionadas con los huesos temporales permanecen abiertas más tarde en la vida, en comparación con otras suturas del cráneo (Rogers y Witt 1997). Sin embargo, el montaje experimental no aborda

qué partes de las estructuras de la cabeza podrían estar implicadas en los movimientos medidos, o si los movimientos medidos son movimientos generados por los huesos, lo que debería ser objeto de estudios posteriores.

Queda por investigar la significación fisiológica y clínica del tercer ritmo identificado en la cabeza humana viva. Sin embargo, el cerebro pulsátil está influenciado tanto por las pulsaciones arteriales como por las respiratorias (Wagshul et al., 2011) y, lo que es más importante, se ha informado de una influencia respiratoria significativa en el flujo del LCR (Vinje et al., 2019), lo que sugiere una posible importancia de los movimientos de la cabeza en el flujo del LCR. En este estudio, demostramos que el mecanismo respiratorio genera los principales movimientos de la cabeza junto con el tercer ritmo y que la pulsación arterial genera una contribución menor a la amplitud de la cabeza. Vinje et al. (Vinje et al., 2019) han observado una influencia respiratoria significativa en el flujo del LCR en comparación con la pulsación arterial. La influencia respiratoria en el flujo de LCR puede estar asociada a los movimientos respiratorios que generan un mayor movimiento de la cabeza que la pulsación arterial observada en el presente estudio. En el estudio de Vinje (Vinje et al., 2019), se midió el gradiente de presión intracraneal (PIC) (dICP), obtenido entre dos sensores de presión intracraneal. El espectro de potencia resultante (Vinje et al., 2019, Fig. 3a) mostró dos picos, el arterial entre 0,7 y 1,6 Hz (42-96 latidos por minuto) y el respiratorio entre 0,15 y 0,4 Hz (9-24 respiraciones por minuto). Vinje informó de que el espectro de potencia de la PICD revelaba patrones de baja frecuencia por debajo de 0,1 Hz, pero las contribuciones al flujo del LCR no se incluyeron en el estudio. En un estudio de Nelson (2002), la velocidad de la sangre medida por flowmetría láser-Doppler también generó un espectro de potencia por transformación de Fourier (Nelson 2002) que muestra los movimientos arteriales y respiratorios en la sangre, similares a los movimientos en el LCR comunicados por Vinje et al. En el flujo sanguíneo, también se identificaron las frecuencias bajas (<0,1 Hz) (Nelson 2002), al igual que en el LCR (dICP) (Vinje et al., 2019). Los movimientos de baja frecuencia (<0,1 Hz), como el tercer ritmo identificado en el movimiento físico de la cabeza en este estudio, están presentes en la velocidad del flujo sanguíneo (Nelson 2002), como la PICd (Vinje et al., 2019) y también se han comunicado como oscilaciones, directa o indirectamente vinculadas al funcionamiento del sistema nervioso autónomo (McPartland y Mein, 1997). Aunque la significación fisiológica y clínica de las oscilaciones poco frecuentes requiere más investigación, la influencia en la circulación de la sangre y el LCR de la que se ha informado hasta ahora, puede apuntar a una importancia central en la salud humana.

Un aspecto central propuesto por Sutherland fue que el MRP une y coordina la fisiología fundamental del cuerpo humano hasta el nivel del metabolismo celular. Cada vez se conocen mejor los movimientos de baja frecuencia (<0,1 Hz) en el cuerpo humano, y su posible importancia en el flujo sanguíneo y del LCR para mantener la salud humana, y están muy justificados los estudios experimentales que podrían aumentar nuestra comprensión.

## 5. Conclusión

Este estudio informa sobre una medición objetiva directa de un tercer movimiento rítmico en la cabeza humana, lo que proporciona una evidencia científica racional que documenta la existencia de un movimiento rítmico diferente de los ritmos arterial y respiratorio.

El concepto de MRP de Sutherland se basa en la experiencia, y no podemos hacer una comparación directa entre este tercer rit-

mo experimental identificado y el MRP de Sutherland. Sin embargo, documentamos un tercer ritmo diferente del ritmo respiratorio, y es posible que este ritmo medido esté relacionado con la experiencia de Sutherland y sea una parte manifiesta del concepto de MRP.

Podría aclararse un antiguo debate sobre el uso de movimientos de baja frecuencia (<0,1 Hz) en la evaluación craneosacral por palpación, y la futura formación de los terapeutas que utilizan la palpación craneal podría mejorarse con referencia a un rango normativo y a la naturaleza de los movimientos rítmicos descritos en este estudio. El flujo sanguíneo y del LCR tienen una importancia fundamental en la salud humana, por lo que estudiar el papel de los movimientos de baja frecuencia en el cuerpo humano puede ser de gran interés para comprender y mantener la salud humana.

## 6. Importancia clínica

Este estudio informa del rango normativo de los movimientos rítmicos de la cabeza que son fundamentales para los procedimientos de diagnóstico palpatorio y las estrategias terapéuticas utilizadas en la osteopatía en el ámbito craneal.

Los movimientos de la cabeza identificados incluyen un tercer ritmo de baja frecuencia en la fisiología humana, diferente del ritmo arterial y respiratorio.

La oscilación de baja frecuencia se ha utilizado a gran escala en todo el mundo en la osteopatía craneal y la terapia craneosacral.

Este estudio constituye una nueva base para estudiar la significación fisiológica y clínica de la oscilación de baja frecuencia en los seres humanos.

## Financiación

La financiación del estudio ha sido proporcionada por la Asociación Craneal Danesa (7.500 \$), la Fundación Dr. John E. Upledger (10.000 \$) y el Fondo de Investigación e Innovación del Ministerio de Educación Superior y Ciencia de Dinamarca (15.000 \$).

## Declaración de contribución de la autoría del CRediT

Thomas Rosenkilde Rasmussen: Conceptualización, Metodología, Validación, Análisis formal, Investigación, Conservación de datos, Redacción - borrador original, y, Redacción - revisión y edición, Visualización, Supervisión, Administración del proyecto, Obtención de fondos.

Karl Christian Meulengracht: Conceptualización, Metodología, Investigación, Administración del proyecto, Adquisición de fondos, Otros: Metodología, Software, La ayuda para la validación fue también de la tercera parte, el Instituto Nacional de Metrología de Dinamarca DFM-2011-R04, que se añade en el Apéndice A del manuscrito presentado.

## Declaración de conflicto de intereses

Los autores no declaran ningún conflicto de interés.

## Agradecimientos

Un agradecimiento especial a Gert Groot Landeweer por la lectura crítica del manuscrito.

## Apéndice A. Datos complementarios

Datos complementarios relacionados con este artículo. La descripción completa de la máquina y el informe tecnológico (informe DFM-2011-R04 del Instituto Nacional de Metrología danés) se encuentran en [https://www.bricksite.com/uf/70000\\_79999/71360/1e02183257d8758b39bb7cf30b2a9d5b.docx](https://www.bricksite.com/uf/70000_79999/71360/1e02183257d8758b39bb7cf30b2a9d5b.docx).

## References

- Chaitow, L., 1999. *Cranial Manipulation Theory and Practice*. Churchill Livingstone.
- Ferguson, A., 2003. A review of the physiology of cranial osteopathy. *J. Osteopath. Med.* 6, 74e88.
- Fryman, V.M., 1971. A study of the rhythmic motions of the living cranium. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 70, 928e945.
- Lockwood, M.D., Degenhardt, B.F., 1998. Cycle-to-cycle variability attributed to the primary respiratory mechanism. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 98, 35e43.
- McPartland, J.M., Mein, E.A., 1997. Entrainment and the cranial rhythmic impulse. *Alternative Therapies* 3, 40e45.
- Moskalenko, Y.E., Kravchenko, T.I., Vainshyein, G.B., Halvorson, P., Feilding, A., Mandara, A., Panov, A.A., Semernya, V.N., 2009. Slow-wave oscillations in the craniosacral space: a hemoliquorodynamic concept of origination. *Neurosci. Behav. Physiol.* 39, 377e381.
- Moskalenko, Y.E., Frymann, V., Weinstein, G.B., Semernya, V.N., Kravchenko, T.I., Markovets, S.P., Panov, A.A., Maiorova, N.F., 2001. Slow rhythmic oscillations within the human cranium: phenomenology, origin, and informational significance. *Hum. Physiol.* 27, 171e178.
- Nelson, K.E., 2002. The primary respiratory mechanism. *The AAO Journal Winter* 25e34.
- Nelson, K.E., Sergueef, N., Lipinski, C.M., Chapman, A.R., Glonek, T., 2001. Cranial rhythmic impulse related to the Traube-Hering-Mayer oscillation: comparing laser-Doppler flowmetry and palpation. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 101, 163e173.
- Nelson, K.E., Sergueef, N., Glonek, T., 2006. Recording the rate of the cranial rhythmic impulse. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 106, 337e341.
- Rogers, J.S., Witt, P.L., 1997. The controversy of cranial bone motion. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 26 (2), 95e103.
- Sergueef, N., Greer, M.A., Nelson, K.E., Glonek, T., 2011. The palpated cranial rhythmic impulse (CRI): its normative rate and examiner experience. *Int. J. Osteopath. Med.* 14, 10e16.
- Sutherland, W.G., 1939. *The Cranial Bowl*. Free Press Co, Mankato, Minn.
- Upledger, J.E., Karni, Z., 1979. Mechano-electric patterns during craniosacral osteopathic diagnosis and treatment. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 78, 782e791.
- Vinje, V., Ringstad, G., Lindstrøm, E.K., Valnes, L.M., Rognes, M.E., Eide, P.K., Mardal, K.A., 2019. Respiratory influence on cerebrospinal fluid flow: a computational study based on long-term intracranial pressure measurements. *Sci. Rep.* 9, 1e13.
- Wagshul, M.E., Eide, P.K., Madsen, J.R., 2011. The pulsating brain: a review of experimental and clinical studies of intracranial pulsatility. *Fluids Barriers CNS* 8, 5.
- Woods, J.M., Woods, R.H., 1961. A physical finding relating to psychiatric disorders. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 60, 988e993.

