

La Respiración Fascial: Traducido por Terapiafascial.es

Bruno Bordoni ¹, Marta Simonelli ², Bruno Morabito

³

1. Cardiology, Foundation Don Carlo Gnocchi, Milan, ITA 2. Osteopathy, French-Italian School of Osteopathy, Pisa, ITA 3. Osteopathy, School of Osteopathic Centre for Research and Studies, Milan, ITA

✉ **Corresponding author:** Bruno Bordoni, bordonibruno@hotmail.com

Disclosures can be found in Additional Information at the end of the article

Resumen

La palabra "diafragma" viene del griego (διάφραγμα), que significaba "algo que divide", pero también expresaba un concepto relacionado con las emociones y el intelecto. La respiración es parte de un concepto de simorfosis, es decir, la máxima capacidad de adaptación a múltiples cuestiones funcionales en un contexto biológico definido. El acto de respirar determina y define nuestro holobión: cómo reaccionamos y quiénes somos. El artículo revisa la estructura fascial que envuelve y forma el músculo diafragma con el objetivo de cambiar la visión de este músculo complejo: de una forma anatómica y mecanicista a una forma fractal y asíncrona. Otro paso adelante para entender el músculo del diafragma es que no sólo está cubierto, penetrado y formado por tejido conectivo, sino que el tejido contráctil en sí es un tejido fascial con la misma derivación embrionaria. Todo el músculo del diafragma es fascia.

Categories: Medical Education, Pulmonology, Anatomy

Keywords: fascia, myofascial, diaphragm, breathing, osteopathic, physiotherapy

Introducción Y Antecedentes

El cuerpo es rico en líquidos como la sangre y la linfa. La célula es rica en líquido, así como entre las células y los tejidos. ¿Qué es lo que mantiene unidos a los líquidos y qué es lo que los hace circular y comunicarse? La fascia. ¿Cómo definir la fascia? El descubrimiento de nuevas funciones y características de la fascia hace que las definiciones sean como el mismo color bajo una luz diferente: cambiante[1-5]. En un trabajo reciente de nuestro grupo de investigación, Foundation of Osteopathic Research and Clinical Endorsement (FORCE), definimos la fascia como: "La fascia es cualquier tejido que contenga rasgos capaces de responder a estímulos mecánicos. El continuo fascial es el resultado de la evolución de la perfecta sinergia entre diferentes tejidos, líquidos y sólidos, capaces de sostener, dividir, penetrar, alimentar y conectar todos los distritos del cuerpo, desde la epidermis hasta el hueso, involucrando todas las funciones y estructuras orgánicas. El continuo transmite y recibe constantemente información mecanometabólica que puede influir en la forma y función de todo el cuerpo. Estos impulsos aferentes/eferentes provienen de la fascia y de los tejidos que no se consideran parte de la fascia en modo biunívoco. En esta definición se incluyen estos tejidos: epidermis, dermis, grasa, sangre, linfa, vasos sanguíneos y linfáticos, tejido que cubre los filamentos nerviosos (endoneurio, perineurio, epineurio), fibras musculares estriadas voluntarias y el tejido que las recubre e impregna (epimis, perimisisio, endomisisio), ligamentos, tendones, aponeurosis, cartílago, huesos, meninges, lengua"[6]. El artículo revisa brevemente el concepto de fascia y la estructura fascial que involucra y forma el músculo diafragma con el objetivo de cambiar la visión de este músculo complejo: de una forma anatómica y mecanicista a una forma sensible y homotética.

Revisión

How to cite this article

Bordoni B, Simonelli M, Morabito B (July 23, 2019) The Fascial Breath. Cureus 11(7): e5208. DOI 10.7759/cureus.5208

Received 07/08/2019

Review began 07/10/2019

Review ended 07/10/2019

Published 07/23/2019

© Copyright 2019

Bordoni et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC-BY 3.0., which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Tejido Fascial

La fascia no es sólo el tejido conectivo, sino que es una estructura más compleja y vital. En la imagen de abajo, la estatua del "Busto di Donna Velata" del escultor Corradini (1717), se destaca que la fascia cubre y constituye lo que somos, pero también influye en nuestra expresión emocional (Figura 1).



FIGURA 1: La estatua de "Busto di Donna Velata" por el escultor Corradini (1717)

La fascia no sólo influye en la expresión de la parte sólida del cuerpo humano, como la transmisión de la fuerza a través del sistema miofascial, el mantenimiento de los órganos en su propio asiento, la postura, sino que puede influir en el estado emocional[7-10]. El continuo fascial tiene una multitud de receptores: terminaciones mielino-propioceptivas del sistema miofascial. (Ruffini, Golgi y Pacini); terminaciones libres sin vaina de mielina en contacto con el periostio, el tejido conjuntivo de todas las vísceras y el tejido conjuntivo de los músculos estriados[10]. Todos los receptores que intervienen en el continuo fascial están asignados a las funciones de propiocepción, nocicepción e interceptación[10]. Las rutas interoceptivas proyectan información a los centros medulares y al tronco encefálico, donde se clasifican a la corteza cingular anterior y a la insula dorsal posterior, gracias a la extensión tálamo-cortical. Los aferentes de endomisio y perimisio sin vaina de mielina están relacionados con las neuronas aferentes mielinizadas (tipo III o fibras alfa-delta) y no mielinizadas (tipo IV o fibra-C). Las fibras C pueden activar las áreas cerebrales involucradas en la expresión emocional (corteza insular); la deformación mecánica a la que se somete un músculo estimula estas aferencias, que llegan a la ínsula[10]. La fascia puede influir en el estado de salud, alterando el ambiente mecanometabólico, causando cuadros clínicos de dolor, inflamación y posible formación de tumores[11-17]. Una deformación crónica del sistema miofascial hace que los mecanorreceptores se conviertan en nociceptores, por ejemplo en la fascia toracolumbar, simulando un síndrome de dolor de espalda idiopático[15]. Una disminución en el deslizamiento de los tejidos fasciales causa un cuadro de inflamación local, como se muestra para algunos tipos de cervicgia[18]. Una posición alterada de las fibras de colágeno, por ejemplo en un tendón, podría cambiar su función mecánica, creando dolor pero no inflamación[19]. Si las capas y las orientaciones fasciales de un área anatómica pierden la capacidad de moverse entre ellas, los vectores de las fibrillas de colágeno cambiarán, habrá una implementación de la deposición de colágeno, creando un ambiente metabólico de inflamación y tensión mecánica anómala de la célula del andamiaje y la matriz extracelular. Esta fibrosis o desmoplasia es uno de los estímulos para crear y mantener un fenómeno tumoral. Según una corriente de pensamiento, el exceso de producción de factor de crecimiento transformante-beta ($TGF\beta$) a partir de tejido fibrótico, lo que aumentará la producción de colágeno y fibrosis: un círculo vicioso para la invasión de células tumorales[17]. Mantener una posición óptima de las fibras de colágeno, adaptada a una estructura anatómica específica (músculo, articulación, cápsula visceral, meninges, etc.), significa mantener la salud[5,19-20]. El tejido fascial tiene memoria y conciencia: "No estamos tratando sólo con un pañuelo, sino con la conciencia." [21]. La deformación de la célula es una estrategia inmediata para conocer el entorno externo y permitir la adaptación de las estructuras que componen la misma célula, según el principio de mecanotransducción. Durante la deformación celular, interfieren el ácido ribonucleico (ARN) y el ácido desoxirribonucleico (ADN), fundamentales para el aprendizaje de la célula, la memoria de lo ocurrido y el transporte de información fuera de la célula a otros tejidos[21-22]. De esta manera, cada célula del continuo fascial puede comunicarse con tejidos distantes. En el mecanismo de mecanotransducción, el citoesqueleto juega un papel importante, gracias a un regulador metabólico [blanco de rapamicina (TOR)] que juega un papel importante en la memoria morfológica celular[21]. La TOR influye en la polimerización de la actina, que a su vez recoge información fuera de la célula a través de ramificaciones que empujan contra el citoesqueleto, formando pequeñas ondulaciones (lamelipodio) o deformaciones más pronunciadas. (filopodio)[21]. Estos fenómenos son transitorios. Al final de la actina, dentro de la célula, reside la miosina que tira en la dirección opuesta a la expansión de la actina; de esta manera, se crea una tensión mecánica que sale y entra en la célula. El viaje de la información de la mecanotransducción es en microsegundos, con información que llega a los genes celulares casi instantáneamente[21]. Otras estructuras que apoyan la capacidad celular para percibir lo que sucede fuera de la célula, para influir en la morfología y retener la memoria de los eventos de mecanotransducción son los microtúbulos (MT) o las proteínas asociadas a los microtúbulos. (MAPs). Estas proteínas transportan las vibraciones (determinadas por las variaciones morfológicas) y la información electromagnética (creada por las mismas vibraciones) hacia el ADN y hacia otras células. Los MAPs pueden compararse con el propio sistema nervioso de una célula, ya que el transporte de dicha información es rápido e influye en el comportamiento de otras células y tejidos que se propagan como un reguero de pólvora: "Este mecanismo puede ser comparado con una conciencia consciente"[21]. El tejido fascial tiene memoria, para adaptarse mejor y la conciencia, es decir, la capacidad de prepararse.

Las células en presencia de un factor estresante (interno o externo), a través de medios de comunicación variados y extremadamente rápidos[21]. En el tejido sólido considerado como una fascia, los fibroblastos y los telocitos pueden crear ramas para poner más células en contacto simultáneamente y a distancias considerables. Las uniones de huecos existen entre los fibroblastos, que están formados por dos proteínas

(conexiones, compuestas de conexiones homoméricas o heteroméricas)[23]. Estas uniones permiten el transporte de información mecánica, metabólica y eléctrica. Los telocitos pueden expandir sus procesos celulares en filamentos muy largos (telópodos), muy finos (podómeros) o más gruesos y dilatados (podoms) [24]. Estos telópodos pueden entrar en contacto con otros telocitos, fibroblastos y otras células dentro del continuo fascial. Los telocitos desempeñan un papel esencial en los procesos mecánicos, metabólicos, celulares e inmunológicos[24]. El tejido fascial es una red interconectada con otras redes (colágeno, células, citoesqueleto, filamentos de proteínas) e inmersa en líquidos (sangre y linfa, matriz extracelular, líquidos celulares). Cuando pensamos en el tejido fascial, no debemos imaginar una red sino un "trabajo en mojado". El tejido fascial se compara con un complejo biotensegrativo, un término que proviene de un concepto de arquitectura.

(tensegridad)[1]. Comparar el continuo fascial con una estructura tensegrativa cuando aún no tenemos elementos científicos para describir este concepto en presencia de líquidos, es como hablar de la noche del cielo sin las estrellas: inútil. Quizás deberíamos hablar de la tensegridad de los líquidos en un contexto sólido: la fascinancia. El músculo del diafragma cae dentro del continuo fascial. La respiración forma parte de un concepto de simetría, es decir, de capacidad máxima de adaptación a múltiples cuestiones funcionales en un contexto biológico definido[25]. El acto de respirar determina y define nuestro holobionte: cómo reaccionamos y quiénes somos.

El tejido conectivo del músculo diafragma

La fascia diafragmática está formada por las capas que cubren y dividen los septos y las fibras musculares (epimisio, perimisio, endomisio), así como el ataque de las diferentes partes musculares a las vértebras y costillas. Los pilares mediales afectarán a las vértebras dorsales (D11-D12) y vértebras lumbares (hasta un máximo de L4), apoyándose en el periostio vertebral, a través de un engrosamiento conectivo[26-27]. Los pilares intermedios se funden con su propio epimisio y con el epimisio del cuerpo del músculo diafragma y con el epimisio de los pilares intermedios. Los pilares laterales se unen a la duodécima costilla con el epimisio y se fusionan con el epimisio del psoas grande y del músculo lumbar cuadrado[26-27]. El cuerpo muscular del diafragma se funde con el epimisio en la fascia endotorácica costal, que cubre por último toda la parte superior del diafragma[12]. La parte inferior del diafragma está cubierta por la fascia transversal, continuación de la fascia endotorácica[12]. El área diafragmática posterior está cubierta por la fascia toracolumbar[13,15]. La parte central del diafragma o del músculo del tendón central o del centro frénico es tejido conectivo puro[26]. La matriz extracelular es rica en fibrillas de colágeno, así como la membrana basal[1,28]. Otro paso adelante para entender el músculo del diafragma es que no sólo está cubierto, penetrado y formado por tejido conectivo, sino que también el tejido contráctil en sí es el tejido fascial[1-2]. Todo el músculo del diafragma es la fascia. El tejido conjuntivo y el tejido contráctil derivan del mismo folleto embrionario, el mesodermo[3]. El músculo diafragma es una estratificación de múltiples redes fasciales: fascia transversal, fascia endotorácica, fascia toracolumbar, centro frénico, epimisio, perimisio, endomisio, membrana basal, matriz extracelular, tejido contráctil. Cada red debe cooperar, permitiendo que el complejo diafragmático se contraiga y se relaje durante las respiraciones o que el diafragma realice otras tareas como las posturales o el paso del bolo alimenticio[13]. El diafragma no es un émbolo, no se contrae y libera uniformemente, sino que tiene tiempos y métodos diferentes según la tarea a la que está llamado a trabajar[28-29]. Las redes conectivas están organizadas de manera entrópica, de manera que el complejo muscular pueda actuar con diferentes vectores y soportar múltiples estresantes[5]. Pasamos de un modelo Bernstein de movimiento (patrones reconocibles y mecanicistas) a un modelo fractal de contracción muscular. (se reconoce la tridimensionalidad de la construcción en un ambiente que se transforma continuamente) [28,30-31]. La eficiencia muscular depende de un fractal y no de un sistema mecánico [30].

Uno debería imaginar el movimiento del diafragma como una homotetia (término matemático y geométrico), es decir, un cambio continuo de forma y función manteniendo su identidad, y con un tiempo contráctil asíncrono[32-33]. El diafragma, como cualquier tejido fascial, tiene la memoria de su comportamiento mecánico (alteración morfológica de las diferentes estructuras que componen el músculo) y posee conciencia[21]. La fascia tiene la capacidad de anticipar una alteración morfológica, registrable a través de diferentes parámetros vitales (latidos del corazón y conductancia de la piel) antes de que ocurra el evento estresante[21]. Probablemente, este sistema de conciencia refleja los campos electromagnéticos que cada célula y tejido produce. Las variaciones magnéticas deforman las células, lo que estimula la función celular y la adaptación del entorno mecanometabólico, hasta el ADN. Un campo electromagnético viaja más rápido que la conducción eléctrica y puede atravesar la barrera corporal[21]. Un sistema fascial puede afectar el sistema fascial de otro individuo. Dos músculos de individuos diferentes pueden sincronizar su respuesta electromiográfica durante un movimiento[34]. Una de las posibles explicaciones de este fenómeno es la presencia de campos electromagnéticos producidos por el sistema fascial. Otra explicación para esta conciencia fascial se puede relacionar con el sistema nervioso capaz de anticiparse a un fenómeno[35]. Los tejidos que componen el diafragma pueden estar predispuestos a un evento emocional o mecánico gracias al sistema nervioso central, para protegerse del evento estresante (respiración más larga o más corta, movimientos corporales). Esta capacidad de adaptación ante un evento mecánico podría ser una estrategia aún no comprendida y estudiada, que nuestro cuerpo utiliza para lograr la máxima eficacia y supervivencia.

Conclusiones

El músculo diafragma es tejido fascial, incluyendo el tejido conectivo (epimisio, perimisio, endomisio, tendones, centro frénico) y la parte contráctil. El movimiento diafragmático es complejo y está influenciado por el entorno circundante y por la organización de sus tejidos. La contracción y relajación muscular son fractales y asíncronas. Los tejidos musculares pueden prepararse para un evento mecánico antes de que el evento esté presente, como una especie de conciencia. La explicación más probable está relacionada con la acción del sistema nervioso central y con los campos electromagnéticos producidos por las células del cuerpo humano. Todavía estamos lejos de entender en detalle el comportamiento de este fascinante músculo.

Información Adicional

Revelaciones

Conflictos de intereses: De conformidad con el formulario de divulgación uniforme del CIDRM, todos los autores declaran lo siguiente: Información de pago/servicios: Todos los autores han declarado que no han recibido apoyo financiero de ninguna organización para el trabajo presentado. Relaciones financieras: Todos los autores han declarado que no tienen relaciones financieras, ni en la actualidad ni en los tres años anteriores, con ninguna organización que pudiera tener interés en el trabajo presentado. Otras relaciones: Todos los autores han declarado que no hay otras relaciones o actividades que pudieran haber influido en el trabajo presentado.

References

1. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Castagna R: A new concept of biotensegrity incorporating liquid tissues: blood and lymph. *J Evid Based Integr Med*. 2018, 23:2515690-18792838. [10.1177/2515690X18792838](https://doi.org/10.1177/2515690X18792838)
2. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Cavallaro F, Lintonbon D: Fascial preadipocytes: another missing piece of the puzzle to understand fibromyalgia. *Open Access Rheumatol*. 2018, 10:27-32. [10.2147/OARRR.S155919](https://doi.org/10.2147/OARRR.S155919)
3. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Castagna R, Sacconi B, Mazzucco P: New proposal to define the fascial system. *Complement Med Res*. 2018, 25:257-262. [10.1159/000486238](https://doi.org/10.1159/000486238)
4. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Sacconi B: Emission of biophotons and adjustable sounds by the fascial system: review and reflections for manual therapy. *J Evid Based Integr Med*. 2018,

- 23:2515690-17750750. [10.1177/2515690X17750750](https://doi.org/10.1177/2515690X17750750)
5. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Sacconi B: The indeterminable resilience of the fascial system. *J Integr Med.* 2017, 15:337-343. [10.1016/S2095-4964\(17\)60351-0](https://doi.org/10.1016/S2095-4964(17)60351-0)
 6. Bordoni B, Simonelli M, Morabito B: The other side of the fascia: visceral fascia, part 2 . *CUREUS*, 11:4632. [10.7759/cureus.4632](https://doi.org/10.7759/cureus.4632)
 7. Bordoni B, Marelli F: The fascial system and exercise intolerance in patients with chronic heart failure: hypothesis of osteopathic treatment. *J Multidiscip Healthc.* 2015, 8:489-94. [10.2147/JMDH.S94702](https://doi.org/10.2147/JMDH.S94702)
 8. Bordoni B, Bordoni G: Reflections on osteopathic fascia treatment in the peripheral nervous system. *J Pain Res.* 2015, 8:735-40. [10.2147/JPR.S89393](https://doi.org/10.2147/JPR.S89393)
 9. Schleip R, Gabbiani G, Wilke J, et al.: Fascia is able to actively contract and may thereby influence musculoskeletal dynamics: a histochemical and mechanographic investigation. *Front Physiol.* 2019, 10:336. [10.3389/fphys.2019.00336](https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00336)
 10. Bordoni B, Marelli F: Emotions in motion: myofascial interoception . *Complement Med Res.* 2017, 24:110-113. [10.1159/000464149](https://doi.org/10.1159/000464149)
 11. Friction J: Myofascial pain: mechanisms to management. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2016, 28:289-311. [10.1016/j.coms.2016.03.010](https://doi.org/10.1016/j.coms.2016.03.010)
 12. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Castagna R: Chest pain in patients with COPD: the fascia's subtle silence. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018, 13:1157-1165. [10.2147/COPD.S156729](https://doi.org/10.2147/COPD.S156729)
 13. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Sacconi B, Caiazzo P, Castagna R: Low back pain and gastroesophageal reflux in patients with COPD: the disease in the breath. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018, 13:325-334. [10.2147/COPD.S150401](https://doi.org/10.2147/COPD.S150401)
 14. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Sacconi B, Severino P: Post-sternotomy pain syndrome following cardiac surgery: case report. *J Pain Res.* 2017, 10:1163-1169. [10.2147/JPR.S129394](https://doi.org/10.2147/JPR.S129394)
 15. Bordoni B, Marelli F: Failed back surgery syndrome: review and new hypotheses . *J Pain Res.* 2016, 9:17-22. [10.2147/JPR.S96754](https://doi.org/10.2147/JPR.S96754)
 16. Bordoni B, Zanier E: Clinical and symptomatological reflections: the fascial system . *J Multidiscip Healthc.* 2014, 7:401-11. [10.2147/JMDH.S68308](https://doi.org/10.2147/JMDH.S68308)
 17. Langevin HM, Keely P, Mao J, et al.: Connecting (t)issues: how research in fascia biology can impact integrative oncology. *Cancer Res.* 2016, 76:6159-6162. [10.1158/0008-5472.CAN-16-0753](https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-16-0753)
 18. Stecco A, Meneghini A, Stern R, Stecco C, Imamura M: Ultrasonography in myofascial neck pain: randomized clinical trial for diagnosis and follow-up. *Surg Radiol Anat.* 2014, 36:243-53. [10.1007/s00276-013-1185-2](https://doi.org/10.1007/s00276-013-1185-2)
 19. Schmalzl J, Plumhoff P, Gilbert F, et al.: The inflamed biceps tendon as a pain generator in the shoulder: a histological and biomolecular analysis. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2019, 27:2309499018820349. [10.1177/2309499018820349](https://doi.org/10.1177/2309499018820349)
 20. Berrueta L, Bergholz J, Munoz D, et al.: Stretching reduces tumor growth in a mouse breast . *Cancer Model. Sci Rep.* 2018, 8:7864. [10.1038/s41598-018-26198-7](https://doi.org/10.1038/s41598-018-26198-7)
 21. Bordoni B, Simonelli M: The awareness of the Fascial System . *Cureus.* 2018, 10:3397. [10.7759/cureus.3397](https://doi.org/10.7759/cureus.3397)
 22. Jadhav U, Cavazza A, Banerjee KK, et al.: Extensive recovery of embryonic enhancer and gene memory stored in hypomethylated enhancer DNA. *Mol Cell.* 2019, 74:542-554. [10.1016/j.molcel.2019.02.024](https://doi.org/10.1016/j.molcel.2019.02.024)
 23. Bordoni B, Zanier E: Understanding fibroblasts in order to comprehend the osteopathic treatment of the fascia. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2015 2015, 860934:[10.1155/2015/860934](https://doi.org/10.1155/2015/860934)
 24. Varga I, Polák Š, Kyselovič J, Kachlík D, Danišovič L, Klein M: Recently discovered interstitial cell population of telocytes: distinguishing facts from fiction regarding their role in the pathogenesis of diverse diseases called "telocytopathies". *Medicina (Kaunas).* 2019, 55:[10.3390/medicina55020056](https://doi.org/10.3390/medicina55020056)
 25. Fogarty MJ, Sieck GC: Evolution and functional differentiation of the diaphragm muscle of mammals. *Compr Physiol.* 2019, 9:715-766. [10.1002/cphy.c180012](https://doi.org/10.1002/cphy.c180012)
 26. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Sacconi B: Manual evaluation of the diaphragm muscle . *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2016, 11:1949-56. [10.2147/COPD.S111634](https://doi.org/10.2147/COPD.S111634)
 27. Bordoni B, Zanier E: Anatomic connections of the diaphragm: influence of respiration on the body system. *J Multidiscip Healthc.* 2013, 6:281-91. [10.2147/JMDH.S45443](https://doi.org/10.2147/JMDH.S45443)
 28. Profeta VLS, Turvey MT: Bernstein's levels of movement construction: a contemporary

- perspective. *Hum Mov Sci.* 2018, 57:111-133. [10.1016/j.humov.2017.11.013](https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.11.013)
29. Beretta-Piccoli M, Boccia G, Ponti T, Clijsen R, Barbero M, Cescon C: Relationship between isometric muscle force and fractal dimension of surface electromyogram. *Biomed Res Int.* 2018, 2018:5373846. [10.1155/2018/5373846](https://doi.org/10.1155/2018/5373846)
 30. Mangalam M, Conners JD, Kelty-Stephen DG, Singh T: Fractal fluctuations in muscular activity contribute to judgments of length but not heaviness via dynamic touch. *Exp Brain Res.* 2019, 237:1213-1226. [10.1007/s00221-019-05505-2](https://doi.org/10.1007/s00221-019-05505-2)
 31. Bitler A, Dover RS, Shai Y: Fractal properties of cell surface structures: a view from AFM. *Semin Cell Dev Biol.* 2018, 73:64-70. [10.1016/j.semcdb.2017.07.034](https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2017.07.034)
 32. Pagliarini E, Scocchia L, Vernice M, et al.: Children's first handwriting productions show a rhythmic structure. *Sci Rep.* 2017, 7:5516. [10.1038/s41598-017-05105-6](https://doi.org/10.1038/s41598-017-05105-6)
 33. Sugi H, Akimoto T, Chaen S: Basic properties of ATP-induced myosin head movement in hydrated myosin filaments, studied using the gas environmental chamber. *Micron.* 2018, 112:15-25. [10.1016/j.micron.2018.06.003](https://doi.org/10.1016/j.micron.2018.06.003)
 34. Schaefer LV, Torick AH, Matuschek H, Holschneider M, Bittmann FN: Synchronization of muscular oscillations between two subjects during isometric interaction. *Eur J Transl Myol.* 2014, 24:2237. [10.4081/ejtm.2014.2237](https://doi.org/10.4081/ejtm.2014.2237)
 35. Marković D, Reiter AMF, Kiebel SJ: Predicting change: approximate inference under explicit representation of temporal structure in changing environments. *PLoS Comput Biol.* 2019, 15:1006707. [10.1371/journal.pcbi.1006707](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006707)