

Revista Internacional de Acupuntura

www.elsevier.es/acu



Original

Avances conceptuales del tejido conectivo y su repercusión en la clínica

M. del Carmen G. Sacristán* y Paloma Gutiérrez Sacristán

Centro médico Leonor Sacristán, San Agustín del Guadalix, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 20 de julio de 2013

Aceptado el 3 de septiembre de 2013

Palabras clave:

Acupuntura

Cirugía aponeurológica

Fluido no newtoniano

Hidrodinámica

Sustancia amorfa

Sustancia fundamental

Tejido conectivo

R E S U M E N

El tratamiento del tejido conectivo y, en particular, el de la matriz extracelular, abre nuevas formas de entender la etiopatogenia de las enfermedades. A la sustancia fundamental se le ha restado importancia desde los principios de la histología al considerarla, primero, con el microscopio óptico como una sustancia amorfa e inerte y, más tarde, alterando su pH y desecándola con los métodos de tinción.

En la mayoría de los preparados rutinarios, la sustancia fundamental se ha perdido porque se extrae durante la fijación y la deshidratación del tejido. Sin embargo, la sustancia fundamental es sin duda uno de los componentes del cuerpo humano que permite abrir nuevas perspectivas en los tratamientos médicos.

El comportamiento de la sustancia fundamental se define como el de un fluido no newtoniano. Un coloide cuyas propiedades explican el funcionamiento de la matriz extracelular. Cuando una partícula se desplaza en un líquido en reposo o en movimiento y dicho líquido ejerce presiones y esfuerzos sobre la superficie de la partícula, la hidrodinámica entra en acción.

Cualquier técnica aplicada al cuerpo humano interactúa con la matriz extracelular, de la misma forma que lo hace a nivel celular. La ubicuidad de la sustancia amorfa afecta a todas las expresiones de enfermedad.

El desarrollo de la cirugía aponeurológica permite identificar, de manera no agresiva, los cambios en la matriz extracelular y hacerlo de una forma completa, integrando el cuerpo entero, como fluido que es, en un recipiente cerrado. La cirugía aponeurológica corrige los desequilibrios de la matriz extracelular gracias al comportamiento de fluido no newtoniano de la sustancia fundamental. La capacidad de regeneración depende de la integridad de la matriz extracelular.

© 2013 Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: sacrist@leonorsacristan.com (M.C. G. Sacristán).

Conceptual progress of connective tissue and impact on clinical practice

A B S T R A C T

Keywords:

Acupuncture
Amorphous ground substance
Aponeurologic surgery
Connective tissue
Ground substance
Hydrodynamics
Non-Newtonian fluid

The treatment of connective tissue and particularly of the extracellular matrix opens up new ways to understand the pathogenesis of diseases. The fundamental substance has been downplayed since the beginning of histology, firstly by considering it with a light microscope as an amorphous and inert substance and, later, by altering its pH and dewatering it with staining methods.

In most routine preparations the fundamental substance has been lost because it has been removed during fixation and dehydration of the tissue. However, the fundamental substance is without a doubt one of the components of the human body that can present new perspectives in medical treatments.

The behavior of the fundamental substance is defined as a non-Newtonian fluid. It is a colloid whose properties explain the mechanism of the extracellular matrix. When a particle moves in a liquid that is at rest or in motion, and this liquid exerts pressure and stress on the surface of the particle, the hydrodynamic comes into action.

Any technique applied to the human body interacts with the extracellular matrix in the same way as at cellular level. The ubiquity of the fundamental substance will affect all expressions of disease.

The development of the aponeurologic surgery allows you to identify—in a non-aggressive technique—changes in the extracellular matrix in a complete way, integrating the entire body as a fluid in a closed container. Aponeurologic surgery corrects imbalances in the extracellular matrix due to non-Newtonian fluid behavior of the fundamental substance. Regeneration capacity depends on the integrity of the extracellular matrix.

© 2013 Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Virchow estableció en 1854 la teoría de la individualidad celular y el concepto de que en la base de las enfermedades siempre había una lesión celular. Este concepto no fue aceptado por todos los científicos de la época. Los trabajos de Sedgwick¹, sobre el mesénquima embrionario, y los del zoólogo Haeckel² defendieron el concepto sincitial de los tejidos animales, lo cual se denominó teoría reticularista. La existencia del tejido nervioso y sus interminables redes de conexiones fueron su baluarte hasta los trabajos de Ramón y Cajal (1888), quién pudo demostrar las conexiones nerviosas.

La citología clásica dejó como legado la visión de la célula como unidad fundamental.

Las células eucariotas de los animales no pueden vivir de forma aislada, la membrana plasmática se continua a través de las proteínas de adhesión con la matriz extracelular, de la misma forma que la membrana nuclear externa lo hace con el retículo endoplásmico rugoso. No existen “agujeros negros” en el organismo, la interdependencia es total.

La célula solo es una zona del organismo rodeada por una membrana como los son las organelas o el propio núcleo celular. La célula necesita al entorno de la misma forma que este necesita a la célula. La biología molecular actual está descubriendo interacciones entre el citoesqueleto, los factores de crecimiento, la expresión genómica y la matriz extracelular: se continúan por elementos como las proteínas transmembrana³⁻⁵. Las relaciones entre estos elementos, su continuidad,

se describe ya, aunque de forma más rudimentaria, en los primeros libros de histología⁶.

El pensamiento médico tiene una vertiente eminentemente química a la hora de buscar explicaciones sobre el funcionamiento del cuerpo y la física queda normalmente relegada a un segundo plano.

La matriz extracelular, el componente mayoritario del tejido conjuntivo, está constituida por proteínas fibrilares y un material viscoso llamado *sustancia fundamental o amorfa*. Las técnicas de estudio han aportado una gran información sobre las células, las fibras y los elementos del tejido conectivo. Sin embargo, la información sobre la sustancia amorfa es limitada.

Los métodos de estudio —con fijación y deshidratación o congelación— de los tejidos permiten el estudio de las células y las fibras, pero alteran en su totalidad el estudio de la sustancia fundamental ya que dañan su principal característica, la de ser un fluido, y lo convierten en una estructura estática. El estudio de la sustancia fundamental desde la mecánica de fluidos aporta respuestas a la etiología de las enfermedades.

No es posible aplicar un tratamiento de cualquier tipo sin hacerlo sobre el tejido conectivo. No obstante, sin un conocimiento detallado de su funcionamiento no podremos conseguir el estado de equilibrio necesario para su regeneración. La capacidad de regeneración depende de la integridad de la matriz extracelular⁷.

Vamos a explicar cómo funciona la sustancia fundamental desde la física y cómo, desde este punto de vista técnico, la cirugía aponeurológica (CA) —técnica médica de transducción desarrollada por las autoras (Madrid, 1999)— aporta soluciones a muchas patologías (algunos ejemplos: figs. 1-4).



Figura 1 – Hallux valgus. A) Antes de la cirugía aponeurológica. B) Despues de la cirugía aponeurológica.



Figura 3 – Hernia discal. A) Antes de la cirugía aponeurológica. B) Despues de la cirugía aponeurológica.

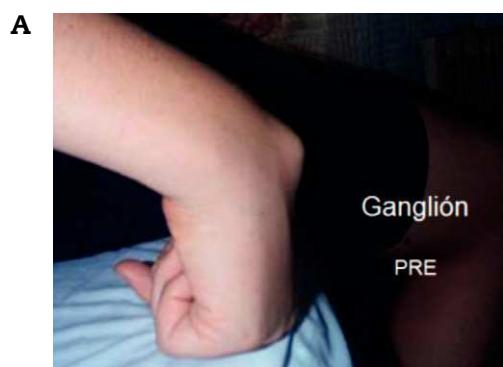


Figura 2 – Ganglión. A) Antes de la cirugía aponeurológica. B) Despues de la cirugía aponeurológica.

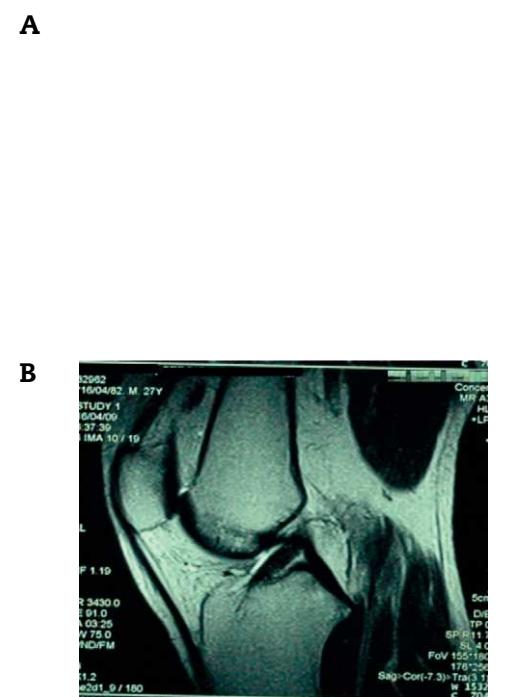


Figura 4 – Rotura completa ligamento cruzado anterior. A) Antes de la cirugía aponeurológica. B) Despues de la cirugía aponeurológica.

Fluidos

El cuerpo humano está formado por un coloide —la sustancia amorfa— cuya fase dispersante es el agua y la fase dispersa está formada por células, bacterias, proteoaminoglicanos, glicosaminoglicanos (GAG), proteínas de adhesión y proteínas fibrilares.

La sustancia amorfa es una estructura muy hidratada y de consistencia gelatinosa. Su estructura molecular no tiene un ordenamiento cristalino, es decir, la distribución de sus moléculas es aleatoria. El espacio entre las moléculas es grande, pudiéndose acercar o distanciar adoptando la forma de la estructura que la contiene. Las moléculas en cualquier sustancia tienen siempre movimiento y la energía que aportan diferencia los distintos grados de agregación. Los cambios de un estado a otro dependen de la energía del sistema. Si el sistema no puede producir esa energía, precisa de la aplicación de una energía externa. En el caso del cuerpo humano, bioquímicamente hablamos de ATP aunque existen otras muchas energías a las que responde: traumatismos, ondas, emociones, entre otras.

Los fluidos se pueden clasificar según muchas propiedades pero utilizaremos la que los divide en fluidos newtonianos y fluidos *no newtonianos*⁸. Un fluido newtoniano es aquel cuya viscosidad puede considerarse constante en el tiempo. La relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación es lineal: es directamente proporcional. Un fluido *no newtoniano* es aquel cuya viscosidad varía con el esfuerzo aplicado.

Algunos geles pueden pasar de un estado coloidal a otro, dependiendo o no del tiempo. Entre los que son dependientes del tiempo unos permanecen fluidos cuando son agitados y se solidifican cuando permanecen inmóviles (*tixotrópico*), o se puede producir el efecto contrario: se hacen más sólidos al agitarlos de forma continua (*reopéptico*). Entre los que son independientes del tiempo están los que disminuye su viscosidad cuando aumentamos el esfuerzo de corte (*seudoplásticos*) y los que aumentan la viscosidad al aumentar el esfuerzo de corte (*dilatantes*). Los coloides biológicos pueden comportarse de diferentes maneras según las variables con las que interactúan, ya que factores como las formas de las partículas de la fase dispersa, su proporción y las características de la fase dispersante pueden variar constantemente.

Cuando la fase sólida del coloide es una célula, la cual no es esférica como en el caso de las partículas sólidas con las que se establecen los estudios en mecánica de fluidos y, además, añadimos que la célula es una estructura deformable, no existe ninguna teoría que permita predecir la trayectoria de la célula. Igualmente, no existe teoría alguna que tenga en cuenta las fuerzas cuando se trata de células en interacción.

Los fluidos *no newtonianos* tienen diversas aplicaciones en la industria, una de ellas son los chalecos antibalas, el Kevlar^{®9} (fig. 5). Este coloide recuerda en su composición, y obviamente en su función, al tejido conectivo. Está formado por un entramado de fibras a las que se le aplica un coloide.

En la matriz extracelular, los GAG son macromoléculas con reacción ácida y numerosos grupos aniónicos que atraen cationes solubles (principalmente Na^+) con un gran efecto osmolar (por “arrastre de agua”) que contribuye a la turgencia de la sustancia fundamental.

En las preparaciones convencionales “se lavan” los polímeros, lo que dificulta la conservación y el estudio de la sustancia fundamental. Si al estudiar la sustancia fundamental alteramos sus propiedades, ¿cómo pensamos, ni por un momento, que las conclusiones que extrapolamos son válidas?

La sustancia amorfa, el tejido conectivo, tiene la capacidad de cambiar su viscosidad dependiendo del esfuerzo que soporta. Cuando se le aplica cualquier forma de energía se producen movimientos moleculares que los aproximan impidiendo la penetración del objeto. Cuando esa fuerza se disipa, se produce el reordenamiento molecular volviendo al equilibrio.

Cuando se aplica una energía y no puede ser disipada, se almacena como energía potencial y no se liberará hasta que se interactúe con ella, a eso lo llamamos *memoria tisular*. Cuando se libera esa energía potencial se hará en forma de energía mecánica o calorífica.

Estos cambios moleculares ocurren mediante la inserción de una aguja, como en el caso de la acupuntura, en la terapia neural o en técnicas manuales con transducción como la CA.

Cirugía aponeurológica

Etimológicamente, cirugía —del griego *χείρ* (*jeir*) “mano” y *έργον* (*érgeon*) “trabajo”, de donde *χειρουργεία* (*jeirourgéia*) “trabajo manual”— significa la práctica que implica manipulación

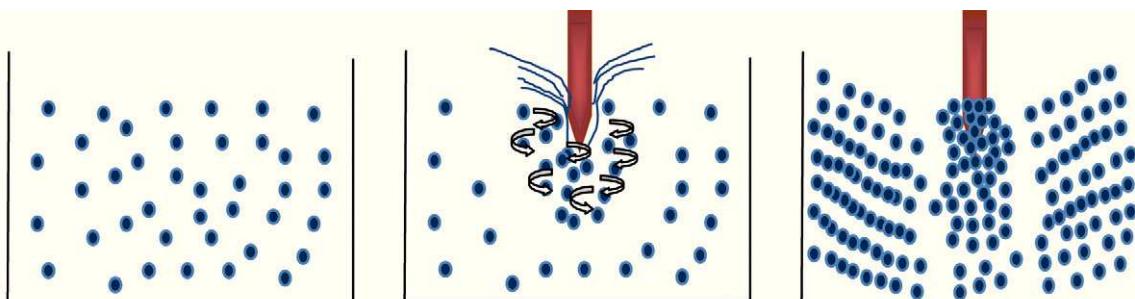


Figura 5 – Funcionamiento del Kevlar[®]: la introducción de una fuerza transmite una energía a las moléculas próximas que modifican su energía, venciendo la repulsión de sus cargas eléctricas y ordenándose para impedir la penetración. Al retirar el punzón vuelven a su estado primitivo.

mecánica de las estructuras anatómicas con un fin médico, bien sea diagnóstico, terapéutico o pronóstico.

Aponeurología es un término utilizado por el Dr. Julián Calleja y Sánchez —catedrático español de Anatomía Humana— en su tratado del año 1878 para describir la anatomía del tejido conjuntivo¹⁰.

La CA es una técnica médica no invasiva que, mediante la palpación del tejido conectivo, capacita al médico para percibir las oscilaciones emitidas por la sustancia fundamental en estado de desequilibrio. La distinta composición, densidad de partículas, proporción de matriz extracelular, de sustancia fundamental que existen en cada zona del cuerpo, permite conocer en cada órgano la zona afectada y la relación vectorial con otras estructuras que están relacionadas, ya sea como origen o como compensación de la patología.

A

B

Figura 6 – A) Flujo Laminar. B) Flujo en cilindro.
El movimiento del flujo laminar en un cilindro explica las variaciones de longitud del tejido conectivo denso según las solicitudes recibidas.

El hecho de que nos encontramos ante un coloide, en un sistema cerrado como es el cuerpo humano y dada la incomprendibilidad de los fluidos, si le aplicamos una presión, ésta se transmitirá —según el principio de Pascal— invariante a través del fluido; en todas las direcciones por igual, afectando a todas las paredes del recinto, más cuanto mayor sea la superficie de la pared que lo contiene. Cuando el tejido conectivo está alterado y produce variaciones a nivel tisular que modifican el desplazamiento del fluido, emiten oscilaciones que pueden ser detectadas e interpretadas por el cerebro de un médico con conocimiento preciso del tejido conectivo.

Los cambios en el pH, las despolimerizaciones, los deshechos no evacuados, las carencias o excesos de moléculas en la sustancia fundamental modifican el desplazamiento del fluido y producen modificaciones en su palpación.

Las variaciones en las cargas eléctricas de las partículas disueltas producirán agregados entre moléculas; las entradas de energía que alteren las fuerzas repulsivas entre moléculas de igual carga; la adición de sustancias que alteren la capa de solvatación del coloide modificarán el desplazamiento de las células y elementos dispersos en el coloide.

Un fluido en movimiento produce un flujo laminar (fig. 6) en el que cada capa ejerce una fuerza por unidad de superficie sobre la capa adyacente. La resistencia entre sus capas, esa “pegajosidad”, es la viscosidad.

La disposición de las fibras del tejido conectivo, en respuesta a los cambios en las tensiones que soporta, modifica a su vez la disposición de las células —es decir, de las partículas— y a la vez modifica el flujo del solvente, de la sustancia amorfa, pudiendo variar de laminar a turbulento.

La acción realizada sobre una zona de tejido conectivo, ya sea con la mano o mediante la introducción de una aguja, produce cambios en el flujo del fluido puesto que las capas del fluido se mueven a distintas velocidades. Al producir una perturbación, las presiones en los puntos cambian al variar la velocidad. La diferencia de presiones origina una resultante neta en la zona de contacto que empieza a producir rotaciones en el movimiento molecular produciendo torbellinos. La perturbación se termina propagando al resto del fluido originando

Figura 7 – Flujo turbulento.

Figura 8 – La caída del agua produce un flujo turbulento, un movimiento rotatorio, que se asemeja en la introducción de una aguja. Figura de Leonardo Da Vinci.

el flujo turbulento (fig. 7). Podemos observarlo cuando cae agua sobre un recipiente con agua en su interior. El movimiento observado en el tejido conectivo cuando se introduce una aguja o se le aplica una presión, puede explicarse desde la hidrodinámica. La relación entre la segunda ley de la termodinámica y la hidrodinámica explican los mismos hechos desde campos de la física distintos.

El atrapamiento de la aguja —descrito por Langevin et al¹¹⁻¹²— en los mecanismos de acción de la acupuntura no es un hecho que pueda explicarse mecánicamente y de forma aislada por el enrollamiento de las fibras de colágeno en la aguja. Si las fibras no estuvieran en suspensión, en la sustancia amorfa, el hecho no se produciría. Los mecanismos de adhesión y formación de espiral alrededor de la aguja son mecanismos que tienen su explicación en la mecánica de fluidos y en especial en el comportamiento de los fluidos no Newtonianos.

¿Acaso los dibujos (fig. 8) de Leonardo Da Vinci¹³ sobre flujos turbulentos no guardan una simetría con el movimiento del colágeno al introducir una aguja en el tejido conectivo?

El cuerpo humano, como decía Erwin Schrödinger¹⁴, se alimenta de entropía negativa. En los seres vivos la disminución entrópica en los cambios de organización molecular y, en general, en las reacciones anabólicas se logra a costa de un aumento de la entropía del medio¹⁵. El aumento de la entropía del medio significa un aumento en el orden. La matriz extracelular es más rígida (tejido conectivo conjuntivo denso) cuanto más ordenada. Necesitamos el tejido conectivo conjuntivo laxo; ese “desorden” es sinónimo de vida.

Los cambios en los coloides son reversibles: siempre que se eliminan las fuerzas que los modificaron, pueden pasar de un estado a otro.

Con la CA es posible detectar las zonas donde la matriz extracelular ha modificado su viscosidad y los vectores de las regiones relacionadas con ellas.

En las figuras 1 a 4 se muestran algunos ejemplos del tratamiento con la CA.

Conclusiones

La sustancia fundamental debe ser considerada, como su nombre indica, fundamental. Las variaciones en la viscosidad, el flujo y el ordenamiento de los elementos dispersos explican los diferentes comportamientos del tejido conectivo.

No hay ninguna teoría o formulación matemática que pueda predecir el comportamiento de la matriz extracelular en ningún organismo evolucionado. Las características especiales de las células —en cuanto a su forma y capacidad de deformación—, los iones disueltos en el “plasma” y la capacidad de orientación, variación en número, grosor y composición de las fibras unidas a la forma única de cada órgano y del propio individuo hacen de cada patología un caso único. El axioma de “no hay enfermedades sino enfermos” cobra vigencia.

La palpación del tejido conectivo, cuyo desequilibrio emite un movimiento oscilatorio simple, es una herramienta diagnóstica y terapéutica (CA) que permite conectar las zonas alteradas estableciendo un nuevo enfoque terapéutico.

La aplicación de técnicas como la acupuntura, la terapia neural o cualquier otra técnica que pretenda modificar el tejido conectivo sin producir una nueva agresión, deberá efectuarse en el sitio exacto, donde la capacidad de restablecer el equilibrio demande menos energía.

El cuerpo humano tiene la capacidad de regenerarse. El paso hacia la cicatrización o hacia la regeneración depende de la integridad de la matriz extracelular. Si tenemos en cuenta la existencia de la sustancia fundamental y su comportamiento como fluido que es, podremos integrar las patologías como un todo, como un continuo cuyo movimiento puede ser detectado.

El camino para deshacer todo lo que necesitó para almacenar la energía que no pudo disipar está grabado en el interior de la matriz extracelular.

Cuando un organismo se encuentra en una situación de enfermedad, la energía necesaria para volver a su estado de "desorden" es superior a la que produce en sus reacciones químicas de mantenimiento del estado en el que se encuentra. En ese estado, toda la energía producida es utilizada en la defensa del propio estado en el que se encuentra, hasta el agotamiento de sus reservas de energía hasta la muerte. Es necesaria la aplicación de una nueva energía para producir el movimiento molecular indispensable para llevar al organismo a su "desorden" de equilibrio.

Conflictos de intereses

Las autoras declaran no tener ningún conflicto de intereses.

B I B L I O G R A F Í A

1. Sedgwick WT. An introduction to general biology. Nueva York: H. Holt; 1895.
2. Haeckel E. Kunstformen der Natur. Leipzig: Bibliographisches Institut; 1924.
3. Alberts JL, Raff RW. Biología molecular de la célula. Barcelona: Ediciones omega; 2004.
4. Fawcett DW. Tratado de Histología. Madrid: Interamericana-Mc Graw-Hill; 1994.
5. Geneser F. Histología. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2005.
6. Ham AW. Tratado de Histología. México: Interamericana; 1970.
7. Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Mitchell RN. Robbins. Patología humana. 8.^a ed. Barcelona: Elsevier España; 2008.
8. Kreith F, Berger SA, Churchill SW, Tullis JP, White FM, McDonald AT, et al. Fluid Mechanics. In: Kreith F, editor. Mechanical Engineering Handbook. Boca Raton: CRC Press LLC; 1999.
9. Carraher CE Jr. Introduction to Polymer Chemistry. Boca Raton: CRC Press, Taylor and Francis Group; 2013.
10. Calleja Sánchez J. Tratado de Anatomía Humana. Valladolid: Imprenta y Librería Nacional y Extranjera de Hijos de Rodríguez; 1878.
11. Langevin HM, Churchill DL, Cipolla MJ. Mechanical signaling through connective tissue: a mechanism for the therapeutic effect of acupuncture. *FASEB J.* 2001;15:2275-82.
12. Langevin HM, Churchill DL, Wu J, Badger GJ, Yandow JA, Fox JR, et al. Evidence of connective tissue involvement in acupuncture. *FASEB J.* 2002;16:872-4.
13. Leonardo Da Vinci. Del moto e misura dell'acqua. Bolonia: Francesco Cardinali; 1828.
14. Schrödinger E. What is life? Cambridge: Cambridge University Press; 1944.
15. Núñez de Castro I. De la dignidad del embrión: reflexiones en torno a la vida humana naciente. Madrid: Universidad Pontificia Comillas; 2008.