

## Rehabilómica

### Rehabilomics

Jorge Enrique Martín Cordero<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0610-0040>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas. La Habana. Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [jorge.martin@infomed.sld.cu](mailto:jorge.martin@infomed.sld.cu)

### RESUMEN

Secuenciar el genoma humano sentó las bases para el desarrollo de las ciencias ómicas y la medicina genómica puede transformar la rehabilitación con información valiosa para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades. La revisión tuvo como objetivo describir la definición y las principales características de las ciencias ómicas, incluyendo la más reciente, la rehabilitómica e indagó en sus aportes y relaciones con la práctica clínica de la rehabilitación en el marco de sus nuevos paradigmas. La metodología de la revisión se basó en la búsqueda y selección de artículos acerca del tema con el motor de búsqueda Google Académico en las bases de datos PubMed, Medline, SciELO, Cochrane. Se utilizaron palabras clave como medicina genómica, ciencias ómicas, epigenética y fisioterapia. Se indagó en artículos entre los años 2020 a 2024 seleccionándose 33 publicaciones que se correspondieron con los objetivos de la sistematización. En la revisión se abordaron los elementos esenciales de las principales ciencias ómicas. La rehabilitómica se introduce en la rehabilitación como resultado de los nexos, relaciones y aportes de las ciencias ómicas a la rehabilitación y la fisioterapia, lo que permitió concluir que los profundos descubrimientos en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas imponen nuevos compromisos en el abordaje de los nuevos paradigmas de la rehabilitación. Los avances en la biotecnología, la nanotecnología y la inteligencia artificial ofrecen nuevos retos. Ninguna disciplina tiene experiencia para determinar cómo

interconectar estas innovaciones "al lado de la cama". Por lo que una base educativa interdisciplinaria entre médicos, ingenieros, tecnólogos y científicos debe comenzar con el respaldo del profesorado y cambios en los planes de estudios.

**Palabras clave:** medicina genómica; ciencias ómicas; epigenética y fisioterapia; rehabilitación.

## **ABSTRACT**

Sequencing the human genome laid the foundation for the development of omics sciences, and genomic medicine can transform rehabilitation by providing valuable information for the diagnosis, treatment, and prevention of diseases. The review aimed to describe the definition and main characteristics of omics sciences, including the most recent, rehabilomics, and explored their contributions and relationships with the clinical practice of rehabilitation within the framework of its new paradigms. The review methodology was based on searching and selecting articles on the topic using the Google Scholar search engine in PubMed, Medline, SciELO, and Cochrane databases. Keywords such as genomic medicine, omics sciences, epigenetics, and physical therapy were used. Articles from 2020 to 2024 were searched, selecting 33 publications that met the systematization objectives. The review addressed the essential elements of the main omics sciences. Rehabilomics is being introduced into rehabilitation as a result of the connections, relationships, and contributions of the omics sciences to rehabilitation and physical therapy. This led to the conclusion that profound discoveries in science, technology, engineering, and mathematics impose new commitment in addressing emerging rehabilitation paradigms. Advances in biotechnology, nanotechnology, and artificial intelligence offer new challenges. No discipline has the expertise to determine how to interconnect these innovations "at the patient's bedside." Therefore, an interdisciplinary educational foundation among physicians, engineers, technologists, and scientists must begin with faculty support and curriculum changes.

**Keywords:** genomic medicine; omics sciences; epigenetics and physical therapy; rehabilitation.

Recibido: 16/01/2024

Aceptado: 23/01/2024

## Introducción

Cualquier rehabilitador pudiera considerar que la medicina genómica es un asunto propio de los genetistas al existir solo unas pocas enfermedades, en estudios de pre- y posgrado de la Fisioterapia, que tienen en sí, una base genética. Sin embargo, los avances alcanzados desbordan los límites de la especialidad y sus resultados se pone en manos de los profesionales comprometidos con la salud y la calidad de vida del paciente. Hoy se estima que, alrededor de 5000 enfermedades se relacionan con alteraciones genéticas.<sup>(1,2)</sup>

El desciframiento del código genético y secuenciar el genoma humano sentó las bases para el surgimiento de metodologías y técnicas en el área de la biología molecular. Las que permitieron profundizar en el conocimiento de la estructura y función de los tejidos humanos y mejoraron el entendimiento de los mecanismos, por los cuales actúan las formas de intervención usadas cotidianamente por los profesionales en salud y a partir de entonces se han desarrollado las ciencias ómicas.<sup>(3)</sup>

El campo de investigación de la medicina genómica puede transformar la rehabilitación, al proporcionar información genética valiosa para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades en las que se incluyen acápites que se relacionan directamente con la fisioterapia y la rehabilitación de no solo las distrofias musculares y las ataxias, como la espinocerebelosa, las que han sido estudiadas por muchos años, sino que a ella se han incorporado:

- la genética del dolor y de la susceptibilidad a enfermedades dolorosas,
- la genética del proceso de envejecimiento,
- los accidentes cerebrovasculares,
- la artritis,

- las enfermedades cardiovasculares,
- el síndrome metabólico,
- las neuropatías periféricas,
- la osteoporosis,
- la genética de las quemaduras y de la discapacidad mental,
- y el cáncer.<sup>(4,5,6,7,8)</sup>

Esta interacción tributa al abordaje de los nuevos paradigmas de la rehabilitación e incursiona en el paradigma de la complejidad del empoderamiento, de la asimilación, de la fisioterapia integrativa y de la longevidad satisfactoria, entre otros.

Estudios realizados por *Sharma*<sup>(5)</sup> y otros muestran la frecuencia con que diferentes condiciones encontradas en la práctica clínica de la fisioterapia son influenciadas por los genes e incluyen a:

- los trastornos posturales y equilibrio (35 %),
- la pérdida del rango de movimiento lumbar (flexión, 64 %),
- la pérdida de flexibilidad del tronco (sentarse y estirarse, 64 %),
- la disminución en la fuerza de agarre (48 %),
- la disminución de la velocidad de marcha, de más de 10 metros (16 %)
- y las dificultades con la prueba de caminata de 6 minutos (20 %).<sup>(5)</sup>

La rehabilitómica se ha definido como un marco novedoso desde el cual discutir los biomarcadores en la investigación y la atención clínica pues en ella se abordan lagunas específicas en el tratamiento clínico de la medicina física y la rehabilitación.<sup>(9,10)</sup>

En la presente sistematización se hizo un resumen analítico del desarrollo de la medicina genómica y sus nexos con el campo de la rehabilitación y la fisioterapia con el objetivo de describir la definición y las principales características de las ciencias ómicas, incluyendo la más reciente, la rehabilitómica y se indagó en sus aportes y relaciones con la práctica clínica de la rehabilitación en el marco de sus nuevos paradigmas.

## Métodos

La metodología utilizada se basó en la búsqueda y selección de los artículos más relevantes acerca del tema y para lo cual se revisó la literatura a través del motor de búsqueda Google Académico y de las bases de datos PubMed, Medline, SciELO, Cochrane. Se utilizaron palabras clave incluidas en el Descriptor de Ciencias de la Salud en idioma inglés o español, así como todo tipo de publicación basado en la combinación de palabras o frases como medicina genómica, ciencias ómicas, epigenética y fisioterapia. Se indagó, fundamentalmente, en artículos de los últimos 5 años (2020-2024).

Se obtuvo un total de 280 artículos, a los que se les aplicó como criterio de selección que fueran artículos completos con referencias disponibles y que se refirieran al objetivo general del trabajo, así como que expusieran las relaciones entre la medicina genómica y la rehabilitación.

Finalmente se seleccionaron 33 publicaciones, las que se correspondieron a los objetivos de la sistematización, en la cual se utilizaron los métodos histórico-lógico y el análisis-síntesis, que posibilitaron la interpretación de la bibliografía encontrada y la organización del conocimiento.

## Ciencias ómicas definición y principales características

Etimológicamente *ómica* es un neologismo derivado del griego -oma ωμα. que indica conjunto o masa. El sufijo -ómica se utiliza para designar los objetos de estudio de estas disciplinas y junto al nacimiento de la medicina genómica surgen las ciencias ómicas, tales como la fenómica, metabolómica, transcriptómica y proteómica, etc.<sup>(4)</sup>

Los pilares de desarrollo de la medicina genómica incluyen el diagnóstico, monitorización, pronóstico y prevención de enfermedades. Además, de que se desarrolla significativamente, el campo de la terapia génica.<sup>(5)</sup>

## Diagnóstico genético

En los últimos años se ha avanzado en el diagnóstico genético, por lo que se han logrado mejoras significativas en la comprensión de los mecanismos genéticos y

epigenéticos involucrados. Se han descrito las bases moleculares asociadas al envejecimiento, la enfermedad neurológica y a las afecciones del sistema osteomioarticular (SOMA) como el pinzamiento de hombro, la osteoartrosis (OA), etc.

Además de que se ha identificado la expresión de marcadores genéticos relacionados con la respuesta del músculo esquelético ante estímulos como el estiramiento, la estimulación eléctrica y la inflamación articular.<sup>(3,4,10)</sup> Específicamente, en cuanto al estudio del músculo esquelético y los fundamentos de la adaptación de este tejido en respuesta a diversos métodos y enfoques, la biología molecular se convierte en una herramienta necesaria por ser el músculo esquelético un componente esencial de los elementos de base del movimiento corporal al constituir blanco obligado de la intervención fisioterapéutica. Esto ocurre en el marco de enfermedades de diverso origen (neurológicas, cardiorrespiratorias, musculoesqueléticas), las cuales impactan negativamente al músculo y afectan el movimiento corporal.

Además, la biología molecular y sus aplicaciones trascienden el estudio del músculo y atraviesan tangencialmente todas las demás áreas de desempeño del fisioterapeuta y de esta forma se constituyen en una potencial fuente de enriquecimiento del cuerpo de conocimiento de la profesión, siempre y cuando se logre transferir efectivamente a la práctica clínica.<sup>(3)</sup>

## Fenómica

Dentro de la fenómica se estudia la expresión fenotípica de los defectos congénitos, en enfermedades que requieren la intervención de la rehabilitación. Un ejemplo resulta la artrogriposis y que tiene diferentes grados de afectación en las extremidades.<sup>(10)</sup>

Diferentes cuadros clínicos presentes en los servicios de rehabilitación son expresión fenotípica, de una alteración genética o epigenética, que no siempre está bien dilucidada. Una alteración que tiene un alto impacto en la evolución y en la respuesta al tratamiento con no solo un insuficiente resultado, sino que también puede incidir en un número prolongado de sesiones de tratamiento.<sup>(10)</sup>

procesos regenerativos. En este contexto resulta interesante y de gran importancia

la interferencia entre los órganos centrándose en los factores secretores que median la comunicación entre ellos. Una comunicación que escapa a la anatomía y a la fisiología y que se aprendió en la academia.<sup>(11,12)</sup>

Recientemente han cobrado importancia las comunicaciones bidireccionales entre el cerebro y el intestino, también conocido como eje intestino-cerebro y es probablemente una de las áreas de investigación más prometedoras para el tratamiento de personas con afecciones como la esclerosis múltiple, la depresión etc. Las alteraciones de la microbiota intestinal se asocian con la modulación de marcadores del sistema inmunológico y con alteraciones inflamatorias dentro del sistema nervioso central. Sin embargo, estos datos aún no se aprovechan totalmente en rehabilitación.<sup>(10,13,14,15,16)</sup>

Por otra parte, en la literatura existe un creciente interés por el concepto de "reserva" individual y características diferentes en cada persona, las que podrían incidir en la manifestación clínica, en el curso de la enfermedad y de la rehabilitación.

El concepto se divide en modelo activo y modelo pasivo-cuantitativo:

- El modelo activo se llama "reserva cognitiva" y es la capacidad de utilizar estrategias cognitivas más flexibles y eficientes, que pueden surgir de diferentes experiencias de vida.
- El modelo cuantitativo pasivo definido como "reserva" se define como la cantidad de daño del cerebral que se puede tolerar, antes de que se manifieste clínicamente y pueda causar deterioro de una función (motor/cognitivo), tanto como consecuencia de procesos fisiológicos del envejecimiento como de enfermedades degenerativas adquiridas.

La reserva tiene inexorablemente un trasfondo y un nexo genético. El estudio de la reserva/plasticidad cerebral representa el sustrato biológico para la neurorrehabilitación y un vínculo objetivo entre la recuperación y las ciencias ómicas.<sup>(9)</sup>

Otra conexión interesante aparece en el estudio del tejido adiposo, el que parecía solo cumplía función de reserva energética. Tanto el tejido adiposo marrón (BAT),

como el tejido adiposo blanco (WAT) pueden liberar lipocinas o adipocinas y tener propiedades y funciones paracrinas y endocrinas al actuar sobre el corazón para disminuir la inflamación, alterar la expresión genética, aumentar la angiogénesis y mejorar la función cardíaca. Además de tener propiedades protectoras en el cartílago articular en los pacientes con osteoartritis (OA).<sup>(11,12)</sup>

Específicamente, el tejido adiposo BAT libera lipocinas o adipocinas en respuesta a estímulos como el frío o el ejercicio que mejoran la salud cardiometabólica. El ácido 12,13-dihidroxi-9Z-octadecenoico (12,13 diHOME) es una lipocina liberada por el BAT, que mejora la función cardíaca y la salud metabólica general y se incrementa con sesiones prolongadas de ciclismo y de ejercicios de alta intensidad. La adiponectina es una adipocina que aumenta con el ejercicio aeróbico y su liberación disminuye la resistencia a la insulina, estimula la oxidación de los lípidos y las respuestas antiinflamatorias. Mientras que la leptina es una adipocina con efecto proinflamatorio global que acelera la progresión de la osteoartritis y cuya actividad disminuye con el ejercicio de resistencia.<sup>(12,17,18)</sup>

## Metabólica

La metabolómica estudia el conjunto completo (dinámico) de los metabolitos (intermediarios metabólicos, hormonas y metabolitos secundarios) que se encuentran en un momento determinado en una célula, tejido u órgano tras ser sintetizados de nuevo o ser incorporados del exterior. Entre los metabolitos estudiados se incluyen el oxígeno, los aminoácidos esenciales, las proteínas, las vitaminas, etc.

Generalmente las enfermedades degenerativas ocurren mientras los mecanismos catabólicos y apoptóticos superan con creces los procesos de síntesis y la actividad normal de las células, incluida la regeneración.<sup>(10,11)</sup>

Dentro de la fisioterapia y la rehabilitación, el ejercicio o la actividad física es el agente físico terapéutico que más influye en el metabolismo de los tejidos, como el músculo esquelético, el hueso y el corazón, entre otros. El ejercicio mejora los mecanismos antioxidantes, lo cual es esencial para los mecanismos de adaptación inducida por el entrenamiento; el ejercicio media en el metabolismo del tejido adiposo y en su papel endocrino.<sup>(11,12,19)</sup>

## Epigenómica

Siempre se consideró que el ADN no se podía modificar. Sin embargo, en 1942, Waddington, citado por *Dubey*<sup>(20)</sup> y otros propuso la definición de epigenética, al plantear la existencia de modulaciones bioquímicas que regulaban la actividad de los genes y respondían a la influencia del ambiente.

La epigenómica es la ciencia que estudia el conjunto de modificaciones reversibles del ADN. Lo cierto es que luego del nacimiento y durante el curso de la vida, el material genético se puede ir "maltratando" o "ensuciando" y se ve influenciado por el estilo de vida, los factores ambientales y el envejecimiento, etc. Se trata de modificaciones como la metilación, acetilación, fosforilación o la expresión de microARNs (miRNAs), entre otras. Esto puede definir el destino de la célula.<sup>(7,21,22,23)</sup>

La epigenómica es probablemente una de las ciencias ómicas que jugará un papel más relevante en el futuro debido a la gran cantidad de alteraciones epigenéticas que presentan los tumores y entre los que se consideran los factores de exposición al estrés, los disruptores endocrinos o tóxicos ambientales, los trastornos en la alimentación, y el sedentarismo.<sup>(7,21,22,23)</sup>

El envejecimiento es un proceso natural que está generalmente asociado con numerosas enfermedades y desregulaciones homeostáticas y en el que es común el acortamiento de los telómeros, que puede provocar daño celular. Conocer en profundidad los procesos moleculares del envejecimiento podría resultar esencial en el desarrollo de estrategias dirigidas a lograr un envejecimiento saludable de manera precisa y personalizada. Intervenciones como el ejercicio físico pueden abrir vías o perspectivas completamente nuevas sobre protocolos para la prevención o el manejo de afecciones crónicas comunes utilizando modificaciones producidas en diversos sistemas fisiológicos y enfermedades.

El ejercicio físico es un inductor de la actividad de la telomerasa y la transcripción genética al codificar proteínas que estabilizan los telómeros mediante mecanismos epigenéticos. El entrenamiento tiene un gran impacto en la homeostasis y el entorno intraarticular, en el que se pueden constatar cambios evidentes y significativos en el perfil de las quimiocinas, hacia aquellas que tienen propiedades antiinflamatoria.<sup>(4,5,11)</sup>

El ejercicio físico produce numerosos efectos beneficiosos para todo el cuerpo.

Puede proteger contra el desarrollo de obesidad y enfermedades cardiometabólicas, así como neurodegenerativas. En el caso de la esclerosis múltiple, disminuye la fatiga, mejora la función cerebral, el estado del sistema inmunológico, así como una mayor capacidad para realizar las actividades diarias. Esto a su vez, mejora la participación y, por tanto, la calidad de vida de estas personas.<sup>(10,12,24,25)</sup>

En el ámbito de la fisioterapia se incluyen las movilizaciones, las manipulaciones, las cargas de vibración, las cargas de compresión, la actividad física en general, cuyos estímulos tienen una poderosa influencia sobre los tejidos biológicos.

La actividad física por sí sola es una poderosa herramienta de la medicina regenerativa, para rejuvenecer el potencial regenerativo del músculo ya envejecido. El impacto positivo epigenético de la actividad física no se queda en las estructuras del SOMA. Al estar la mejoría en las funciones motoras relacionada directamente con la mejoría en otros niveles como la función cognitiva y las modificaciones positivas de la microbiota intestinal.

El ejercicio contribuye a "borrar", el efecto de la metilación, la acetilación y la expresión de diferentes tipos de microARN (miARN), todos presentes en los trastornos metabólicos y en la fisiopatología del cáncer. El ejercicio previene la activación de citocinas inflamatorias, como las interleucinas y los factores de necrosis tumoral (TNF), estimula la capacidad de respuesta de las células T, promueve mejoras en marcadores de control metabólico y de la función endotelial vascular.<sup>(5,10,26,27,28)</sup>

Cuando se evalúa la influencia epigenética de la actividad física se han considerado entre sus mecanismos más importantes, los modelos de mecanotransducción, biotensegridad y fascitensegridad. Estos mecanismos promueven reorganizaciones citoesqueléticas, facilitan las funciones orgánicas múltiples y sistémicas e incluso disminuyen la sensibilización central y periférica, lo que tiene implicaciones positivas y significativas en el manejo del dolor crónico. Además, contribuyen a mejorar la postura, el funcionamiento visceral y la función cognitiva.<sup>(29,30)</sup>

## Transcriptómica

Se han detectado que varios polimorfismos influyen en la plasticidad cerebral tras una lesión cerebral grave. A nivel del SOMA el dolor musculoesquelético es una condición incapacitante común y, en el que diferentes intervenciones apoyan la interacción entre genética y factores biosociológico en lo que se refiere a la predisposición presente en desgarros y lesiones inflamatorias miotendinosas.<sup>(5)</sup>

Los macrófagos son células que cada vez más se relacionan con la fisioterapia y la rehabilitación al estar estrechamente vinculados a fenómenos inflamatorios, inmunológicos, regeneración tisular y al dolor. La dominancia del fenotipo M1 aumenta la progresión de la osteoartritis (OA) y se correlaciona con el estado clínico en la osteoartritis (OA) y en la artritis reumatoide (AR). Una polarización de los macrófagos, hacia su configuración M2 se logra a través de la actividad física sistemática y con la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad y frecuencia.<sup>(9,11)</sup>

## Proteómica

Si de alguna forma el gen pudiera parecer lejano al rehabilitador, ya en la dimensión micromolecular de la fisioterapia es imprescindible mencionar moléculas que son permanentes en los procesos del dolor, la inflamación y la regeneración del tejido. La proteómica es el estudio y caracterización de todo el conjunto de proteínas expresadas de un genoma. Dado que las proteínas median las actividades bioquímicas de la célula, éstas integran un nivel molecular extremadamente relevante. La identificación de nuevas vías y factores moleculares da esperanzas para el desarrollo de métodos de tratamiento eficaces que puedan modificar el curso de la enfermedad.<sup>(11,23)</sup>

Un buen ejemplo son las interleucinas, que poseen funciones de diferenciación celular y proliferación, participan en la quimiotaxis, así como en el crecimiento y la modulación de la secreción de inmunoglobulinas; no obstante, su acción principal está dada por la regulación del mecanismo de la inflamación.

En una dimensión micromolecular ómica de la fisioterapia y la rehabilitación, las interleucinas cobran especial importancia.

Algunas interleucinas muestran una fuerte actividad proinflamatoria mientras que

otras obstaculizan la inflamación y/o mejoran la regeneración y los procesos anabólicos.<sup>(11,31)</sup>

Las citoquinas proinflamatorias (como la IL-1 y la IL-6), llegan a ser parte de los componentes de la "sopa inflamatoria". Un estado tisular descrito en la configuración del paso del dolor al dolor crónico. Por otro lado, existen interleucinas con marcada actividad antiinflamatoria que contribuyen con los resultados de la rehabilitación. La IL-10 y el factor de crecimiento transformante beta (TGF- $\beta$ ), son capaces de suprimir la activación de macrófagos y de la producción de las citoquinas proinflamatorias. Se ha demostrado que los ejercicios y otros medios terapéuticos de la rehabilitación pueden estar asociados con un aumento de los niveles de IL-10.<sup>(10,11)</sup>

Ha sido reportado que la terapia con campos electromagnéticos a nivel del cartílago muestra una activación de células madre mesenquimales que se transforman en condrocitos. Se consigue, además, la inhibición de la apoptosis y la inflamación, así como de la regulación positiva de los factores de crecimiento celular y citocinas antiinflamatorias (IL-7, IL-10, IL-11, factor estimulante de colonias de macrófagos M-CSF). Resultados que específicamente se logran con impulsos de 10 min, 15 Hz, amplitud de 0,4 a 5 mT.<sup>(11)</sup>

Dentro de la luminoterapia, la aplicación de láser de baja potencia beneficia el perfil de citocinas, a partir de la reducción de IL-1, IL-6 y TNF. Al mismo tiempo, esta terapia estimula la liberación del factor de crecimiento de fibroblastos básicos (bFGF), el factor de crecimiento similar a la insulina I (IGF-I), el incremento de la actividad del receptor de IGF-I y la actividad de osteoblastos.<sup>(11)</sup>

Por su parte, la estimulación de corriente continua transcraneal (tDCS) reduce efectivamente la concentración de citocinas proinflamatorias en la corteza, el tálamo, el mesencéfalo y la médula. A su vez, aumenta la concentración de citocinas antiinflamatorias en el tálamo. Las modificaciones pueden tener relación con la reducción de la proporción fenotípica en la microglía, en el núcleo talámico ventral posterolateral, en la región ventral del tegmento y en la sustancia gris periacueductal (SGPA).<sup>(32)</sup>

## Hibridación cruzada

La hibridación cruzada de la biotecnología y la fisioterapia es difícil pero inevitable. La pregunta no es tanto si la fisioterapia se integra con la medicina genómica, sino ¿cuándo y cómo? Lo lógico es prever un futuro en sinergia profesional con la medicina genómica y los equipos de profesionales de la rehabilitación. La provisión de un marco para la integración de la fisioterapia con la medicina genómica brindará una oportunidad para que la profesión avance y se integre aún más, a partir de la investigación traslacional. Los rehabilitadores ya desempeñan un papel importante en la prevención y rehabilitación de muchas enfermedades y trastornos comunes, incluso aquellos para los cuales se han logrado avances recientes en la comprensión de la contribución de sus factores genéticos. Por lo que los valores añadidos de este tipo de integración son obvios al adaptar los tratamientos (medicamentos, planes de rehabilitación) a la necesidad real y especificidad de los pacientes (medicina personalizada y de precisión) a fin de maximizar los beneficios de la intervención resulta ser un gran desafío.<sup>(4,5,9,10)</sup>

El uso de nuevos biomarcadores puede monitorear y recopilar datos biológicos, fisiológicos y anatómicos, de forma objetiva y más continua. Además, un seguimiento persistente y objetivo puede descubrir características de la enfermedad que no se encuentran en la clínica utilizando pruebas clásicas. La tecnología permite esta recopilación de datos sin agregar una carga de trabajo adicional a médicos o pacientes, ya que los datos se recopilan automáticamente durante la rehabilitación o durante las actividades de la vida diaria utilizando métodos cuantitativos o más cualitativos (resultados informados por los pacientes). Por tanto, los biomarcadores de rehabilitación están creciendo progresivamente a partir de simples medidas clínicas de comportamiento basadas en escalas para imágenes cerebrales y estudios neurofisiológicos.<sup>(10)</sup>

En el contexto de la rehabilitación, las ciencias ómicas facilitan una perspectiva holística del individuo a través de una visión detallada del funcionamiento de sus células y de la influencia del ambiente que las rodea. La medicina genómica arroja luz sobre las predisposiciones a ciertas condiciones que pueden requerir intervención precoz de la rehabilitación, como en el caso de las distrofias musculares o ataxias espinocerebelosas, en las que conocer el perfil genético del

paciente puede influir en los métodos de rehabilitación elegidos. De manera que, la integración de la genómica en programas de rehabilitación permite personalizar las estrategias terapéuticas, optimizando así los resultados en la recuperación del paciente.<sup>(7,33)</sup>

La fisioterapia utiliza modalidades físicas que interactúan con los tejidos corporales. En este sentido, la biología molecular puede facilitar la comprensión de la biofísica de interacción, de los efectos celulares y subcelulares derivados de la aplicación.<sup>(3)</sup>

En la actualidad, la mayoría de los enfoques de rehabilitación utilizados clínicamente se centran predominantemente en minimizar la inflamación y el dolor inmediatamente después de la lesión, pero sin trabajar hacia formas científicas que puedan regenerar el músculo perdido o dañado al depender principalmente hoy de enfoques intervencionistas.<sup>(5)</sup>

Independientemente de estos avances, existe falta de integración de los datos y de la información del mundo médico (multiómicas) con los profesionales de la rehabilitación. Aunque esta información podría ser útil para seleccionar las técnicas de rehabilitación más adecuadas. También y en sentido opuesto, hay una falta de comunicación y una falta de uso de los datos (rangos de movimiento, tonicidad, fuerza) obtenidos durante la rehabilitación, hacia el mundo médico para obtener un diagnóstico y seguimiento más preciso.<sup>(10)</sup>

## Rehabilómica

La rehabilómica combina la recopilación sistemática de datos de fenotipos relevantes para la rehabilitación y el análisis transdisciplinario de biomarcadores, para comprender mejor la biología, función, pronóstico, complicaciones, tratamientos, adaptación y recuperación de personas con discapacidad. Este marco conceptual basado en la fisiología, esencialmente agrega una capa "ómica" al estudio científico de los procesos y resultados de la rehabilitación. Conscientes en identificar factores moleculares y fisiológicos relevantes que pueden vincularse a la plasticidad tisular, respuesta al tratamiento y a la recuperación natural. De esta forma se personaliza un enfoque de sistema biomolecular de la terapia de rehabilitación destinado a mejorar la recuperación individual.<sup>(9,10)</sup>

La implementación de estos enfoques ómicos abriría caminos para identificar personas con alto riesgo y permitir nuevas intervenciones preventivas en el estilo de vida o tratamientos tempranos, ajustar dosis, tipo e intensidad de los diferentes tratamientos de rehabilitación personalizando la prevención y rehabilitación.

La personalización hacia las dimensiones "ómicas" es difícil de lograr en la educación primaria y prevención debido a la naturaleza de las lesiones que se atienden en rehabilitación, sobre todo en las lesiones graves. La rehabilitación, normalmente, no se presta, o no se ajusta, a un plan de terapia singular, "protocolizado" y estandarizado. A pesar de que muchos pacientes presentan manifestaciones clínicas similares, el resultado de la rehabilitación puede diferir para pacientes con lesiones multidimensionales complejas. El desafío de personalizar el tratamiento y la prevención en rehabilitación, es identificar la forma viable que proporcionan las ciencias ómicas, para examinar resultados multidimensionales.<sup>(9,11)</sup>

Por lo que la ciencia de la rehabilitación y la biotecnología serán fundamentales en el éxito de cualquier terapia de rehabilitación y en contrarrestar la epidemia de los trastornos del estilo de vida. En la que el uso de la robótica, de los exoesqueletos y de la realidad virtual tienen resultados que no se discuten y en la que los avances en la biotecnología, la nanotecnología y la inteligencia artificial, para mejorar la calidad de vida del paciente ofrecen nuevos retos. La creciente complejidad de la biotecnología utilizada para los diagnósticos y tratamientos médicos exige una formación interdisciplinaria. En las que ninguna disciplina tiene el conocimiento o la experiencia necesaria para determinar cómo, por qué y cuándo interconectar estas innovaciones "al lado de la cama" debido a los profundos descubrimientos en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas que imponen nuevos compromisos en el abordaje de nuevos paradigmas en la rehabilitación en la que los avances en la biotecnología, la nanotecnología y la inteligencia artificial, ofrecen nuevos retos. Lo que permite concluir en la necesidad de fomentar una base educativa para un diálogo interdisciplinario que involucre de manera proactiva a los médicos con los ingenieros, los tecnólogos y los científicos con el respaldo del profesorado y con cambios en los planes de estudios.

## Referencias bibliográficas

1. Irwin A. European Commission. Omics, sweet omics – curing the incurable, one disease at a time. Horiz EU Res Innov Mag. 2018 [acceso 12/02/2024] Disponible en: <https://n9.cl/m95ll>
2. International Rare Diseases Research Consortium. Progress Made in Rare Diseases Research. Paris, France: IRDirC [acceso 12/02/2024] Disponible en: <http://www.irdirc.org/research/progress-made-in-rdr/>
3. Ramírez C. Importancia de la biología molecular para la Fisioterapia moderna, Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud. 2011 [acceso 12/02/2024];43(3):317-20. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-657139>
4. Cornwall J, Osmotherly P. Genomic medicine and the future of physiotherapy, Australas Med J. 2014;7(8):361–2 DOI: [10.4066/AMJ.2014.2218](https://doi.org/10.4066/AMJ.2014.2218)
5. Sharma D, Ganai J, Khan SA. Potential Role of Physical Therapy in the Field of Genetic and Cellular Rehabilitation: A Review of Literature, International Journal of Health Sciences and Research, 2019 [acceso 12/02/2024];9(2):267-77. Disponible en: [https://www.ijhsr.org/IJHSR\\_Vol.9\\_Issue.2\\_Feb2019/36.pdf](https://www.ijhsr.org/IJHSR_Vol.9_Issue.2_Feb2019/36.pdf)
6. Kim ES, Prasad V, Schilsky RL. Has the Promise of Precision Medicine Been Oversold? Am Soc Clin Oncol Post. 2018 [acceso 10/08/2024];1-10. Disponible en: <https://n9.cl/4o2lgf>
7. Meyer JG, Schilling B. Clinical applications of quantitative proteomics using targeted and untargeted data-independent acquisition techniques. Expert Rev Proteomics. 2017;14(5):419-29. DOI: [10.1080/14789450.2017.1322904](https://doi.org/10.1080/14789450.2017.1322904)
8. Onder G, Giovannini S, Sganga F, Manes E, Topinkova E, Finne H, *et al.* Interactions between drugs and geriatric syndromes in nursing home and home care: Results from Shelter and IBenC projects. Aging Clin. Exp. Res. 2018 [acceso 12/02/2024];30,1015–21. Disponible en: <https://n9.cl/ldeles>
9. Pastorino R, Loreti C, Giovannini S, Ricciardi W, Padua L, Boccia S. Challenges of Prevention for a Sustainable Personalized Medicine. J. Pers. Med. 2021;11:311. DOI: [10.3390/jpm11040311](https://doi.org/10.3390/jpm11040311)
10. Bonnechère B. Integrating Rehabilomics into the Multi-Omics Approach in the Management of Multiple Sclerosis: The Way for Precision Medicine? Genes 2023;

14:63. DOI: [10.3390/genes14010063](https://doi.org/10.3390/genes14010063)

11. Zdziechowski A, Gluba A, Rysz J, Woldńska M. Why Does Rehabilitation Not (Always) Work in Osteoarthritis? Does Rehabilitation Need Molecular Biology? *Int. J. Mol. Sci.* 2023;24:8109. DOI: [10.3390/ijms24098109](https://doi.org/10.3390/ijms24098109)

12. Blackwell JA, Stanford KI. Exercise-induced intertissue communication: adipose tissue and the heart, *Curr Opin Physiol.* 2023;31:100626. DOI: [10.1016/j.cophys.2022.100626](https://doi.org/10.1016/j.cophys.2022.100626)

13. Bonnechère B, Amin N, van Duijn C. The Role of Gut Microbiota in Neuropsychiatric Diseases—Creation of An Atlas-Based on Quantified Evidence. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 2022;12:831666. DOI: [10.3389/fcimb.2022.831666](https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.831666)

14. Binzer S, Jiang X, Hillert J, Manouchehrinia A. Depression and Multiple Sclerosis: A Bidirectional Mendelian Randomisation Study. *Mult. Scler. J.* 2021; 27(11):1799–802. DOI: [10.1177/1352458521996601](https://doi.org/10.1177/1352458521996601)

15. Socała K, Doboszevska U, Szopa A, Serefko A, Włodarczyk M, Zielinska A, *et al.* The Role of Microbiota-Gut-Brain Axis in Neuropsychiatric and Neurological Disorders. *Pharmacol. Res.* 2021;172:105840. DOI: [10.1016/j.phrs.2021](https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021)

16. Bonnechère B, Amin N, van Duijn C. What Are the Key Gut Microbiota Involved in Neurological Diseases? A Systematic Review. *Int. J. Mol. Sci.* 2022,23(22): 13665. DOI: [10.3390/ijms232213665](https://doi.org/10.3390/ijms232213665)

17. Macedo APA, Antunes GC, Vieira RFL, de Lima RD. Cross-talk muscle and brown adipose tissue: Voluntary physical activity, aerobic training, time and temperature. *J Physiol.* 2022;600(17):3901–2. DOI: [10.1113/JP283342](https://doi.org/10.1113/JP283342)

18. Ilia I, Nitusca D, Marian C. Adiponectin in Osteoarthritis: Pathophysiology, Relationship with Obesity and Presumptive Diagnostic Biomarker Potential. *Diagnostics.* 2022;12(2):455. DOI: [10.3390/diagnostics12020455](https://doi.org/10.3390/diagnostics12020455)

19. Pinckard KM, Shettigar VK, Wright KR, Abay E, Baer LA, Vidal P, *et al.* A Novel Endocrine Role for the BAT-Released Lipokine 12,13-diHOME to Mediate Cardiac Function. *Circulation.* 2021;143(2):145–59. DOI: [10.1161/CIRCULATIONAHA.120.049813](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.049813)

20. Dubey SK, Dubey R, Kleinman ME. Unraveling Histone Loss in Aging and Senescence. *Cells.* 2024;13(4):320. DOI: [10.3390/cells13040320](https://doi.org/10.3390/cells13040320)

21. Dabrowski JK. Probabilistic inference of epigenetic age acceleration from cellular dynamics. *Bio Rxiv*. 2023 DOI:[10.1101/2023.03.01.530570](https://doi.org/10.1101/2023.03.01.530570)
22. Lopez C, Blasco M, Partridge L, Serrano M, Kroemer G. Hallmarks of aging: An expanding universe. *Cell*. 2023;186:243–78. DOI: [10.1016/j.cell.2022.11.001](https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.11.001)
23. Borges M. Las ciencias ómicas: desenmascarando al ser humano. *Microbiota desde cero*. España: Fundación Instituto Roche; 2021 [acceso 20/07/2024] Disponible en: <https://n9.cl/08lcz>
24. Elagizi A, Kachur S, Carbone S, Lavie CJ, Blair SN. A Review of Obesity, Physical Activity, and cardiovascular disease. *Curr Obes Rep*. 2020;9(4):571-81. DOI: [10.1007/s13679-020-00403-z](https://doi.org/10.1007/s13679-020-00403-z)
25. Li G, Li J, Gao F. Exercise and Cardiovascular Protection. *Adv Exp Med Biol*. 2020;1228:205–16. DOI: [10.1007/978-981-15-1792-1\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1_14)
26. Bonanno M, Papa A, Cerasa MG, Maggio RS, Calabrò E, *et al*. Psycho-Neuroendocrinology in the Rehabilitation Field: Focus on the Complex Interplay between Stress and Pain, *Medicina (Kaunas)*. 2024;60(2):285. DOI: [10.3390/medicina60020285](https://doi.org/10.3390/medicina60020285)
27. Kawamura T, Radak Z, Tabata H, Akiyama H, Nakamura N, Kawakami R, *et al*. Associations between cardiorespiratory fitness and lifestyle-related factors with DNA methylation-based ageing clocks in older men: WASEDA'S Health Study. *Aging Cell*. 2024;23(1):e13960. DOI: [10.1111/accel.13960](https://doi.org/10.1111/accel.13960)
28. You Y, Chen Y, Zhang Y, Zhang Q, Yu Y, Cao Q. Mitigation role of physical exercise participation in the relationship between blood cadmium and sleep disturbance: a cross-sectional study. *BMC Publ. Health*. 2023;23(1):1465. DOI: [10.1186/s12889-023-16358-4](https://doi.org/10.1186/s12889-023-16358-4).
29. Bordoni B, Escher AR, Castellini F, Vale J. The Sentient Cell: Implications for Osteopathic Medicine. *Cureus*. 2024;16(2):e54513. DOI: [10.7759/cureus.54513](https://doi.org/10.7759/cureus.54513)
30. Bordoni B, Escher AR. The osteopath's imprint: osteopathic medicine under the nanoscopic lens. *Cureus*. 2023;15(1):e33914. DOI: [10.7759/cureus.33914](https://doi.org/10.7759/cureus.33914)
31. He M, Jia Z, Wen Y, Chen X. Circ\_0043947 contributes to interleukin 1<sub>α</sub>-induced injury in chondrocytes by sponging miR-671-5p to up-regulate RTN3 expression in osteoarthritis pathology. *J. Orthop. Surg. Res*. 2022;17(1):177. DOI: [10.1186/s13018-022-02970-4](https://doi.org/10.1186/s13018-022-02970-4)

32. Tan M, Feng Z, Chen H, Min L, Wen H, Liu H, *et al* Transcranial direct current stimulation regulates phenotypic transformation of microglia to relieve neuropathic pain induced by spinal cord injury. *Front Behav Neurosci.* 2023;17:1147693. DOI: [10.3389/fnbeh.2023.1147693](https://doi.org/10.3389/fnbeh.2023.1147693).

33. Barh D, Blum KM (eds.). *OMICS: Biomedical Perspectives and Applications*, CRC Press. 2016 [acceso 12/02/2024];1-23. Disponible en: <https://n9.cl/acgz8>

### **Conflicto de intereses**

El autor declara que no existe conflicto de intereses.