

GEIZIANE LEITE RODRIGUES MELO

JACINTO MUÑOZ PARDEZA

CIRO WINCKLER

SÍNDROME DE DOWN Y ENTRENAMIENTO DE FUERZA

**CONSIDERACIONES PARA LA
PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO
FÍSICO SEGURO**



GEIZIANE LEITE RODRIGUES MELO

JACINTO MUÑOZ PARDEZA

CIRO WINCKLER

**SÍNDROME DE DOWN Y
ENTRENAMIENTO DE FUERZA**

**CONSIDERACIONES PARA LA
PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO FÍSICO
SEGURO**

Todos los derechos reservados.

La reproducción total o parcial no autorizada de esta publicación constituye una violación de derechos
(Ley n.º 9.610)

M528s

Melo, Geiziane Leite Rodrigues

Síndrome de Down y entrenamiento de fuerza :
consideraciones para la prescripción de ejercicio físico seguro. /
Geiziane Leite Rodrigues Melo, Ciro Winckler ; Jacinto Munoz
Pardeza (Trad.). – Santos, SP : Paradesporto Brasil + Acessível,
2025.

108 p. : il. color.

Traducción: Síndrome de Down e treinamento de resistência:
considerações para prescrição e segurança do exercício físico.
ISBN: 978-65-00-88193-6

Modo de acceso: paradesporto.unifesp.br

ISBN: 978-65-01-50789-7

Libro digital (e-book)

1. Para deporte. 2. Síndrome de Down. 3. Persona con
discapacidad. 4. Deporte. 5. Educación física. I. Melo, Geiziane
Leite Rodrigues. II. Winckler, Ciro. III. Munoz Pardeza, Jacinto
(Trad.). Título.

CDD 796.087

CONSEJO EDITORIAL

PROYECTO PARA DEPORTE BRASIL + ACCESIBLE

Prof. Dr. **Ciro Winckler** — UNIFESP/Brasil

Prof. Dr. **Luis Felipe Castelli C. De Campos** — Universidade de Bio Bio/Chile

Prof. Dr. **Luiz Gustavo T.F. Santos** — Universidade de Bio Bio/Chile

Prof.^a Dr.^a **Mariana Simões Pimentel Gomes** — UNICAMP/Brasil

Prof.^a Dr.^a **Renata Matheus Willig** — Universidade Jean Piaget/Portugal

Prof.^a Dr.^a **Ruth Eugenia Cidade** — UFPr/Brasil

Este libro está dedicado a mis abuelos Neuza Margarida de Melo y Nadir Vargas de Melo (*in Memoriam*).

AUTORES

GEIZIANE LEITE RODRIGUES MELO

Doctora en Educación Física por la Universidad Católica de Brasilia-UCB (beca CAPES), en el área de concentración Actividad Física, Salud y Desempeño Humano. Fue voluntaria en el proyecto Espaço Com-vivências, que atiende a personas con discapacidad, con el apoyo del Departamento de Educación del DF en asociación con la UCB. Miembro del Proyecto Paradesporto Brasil + Accesible. Actualmente, realiza estudios postdoctorales en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Klaipeda.

JACINTO MUÑOZ PARDEZA

Investigador R1 en la Unidad Infanto-Juvenil de Navarrabiomed (Pamplona, España), donde explora la intersección entre el ejercicio físico y la salud, dentro de un contrato competitivo PFIS financiado por el Instituto de Salud Carlos III y gestionado por el Instituto de Investigación Sanitaria de Navarra (IdiSNA). Combina su labor científica con vinculación en Universidad Pública de Navarra (UPNA). Graduado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte por la Universidad de Cádiz (UCA), cuenta además con formación de posgrado en Actividad Física y Salud, así como en Educación Secundaria.

Educador físico-deportivo de vocación, su trabajo busca la promoción de hábitos de vida saludables desde la infancia.

CIRO WINCKLER

Profesor asociado de la Universidad Federal de São Paulo, Doctor en Educación Física, FEF/UNICAMP, participación en cinco ediciones de los Juegos Paralímpicos de Verano, Autor de numerosos trabajos en el área de Para deportes, Coordinador del Proyecto Para deporte Brasil + Accesible.

PRÓLOGO

Ser invitada a escribir el prólogo de este importante libro, escrito por dos profesores/investigadores de gran renombre en el ámbito del deporte adaptado, fue para mí un gran honor, así como una gran responsabilidad poder avalar una obra tan completa y amena.

Conozco a Ciro desde hace mucho tiempo, le sigo y le admiro desde entonces, y a Geiziane tuve el placer de conocerla, aunque hace menos tiempo, pero fue una admiración instantánea. Soy consciente de su rigor científico y por eso acepté el reto.

Aunque el tema del Síndrome de Down (SD) ya ha dado lugar a tantos estudios y publicaciones, era necesario profundizar en la especificidad del Entrenamiento de fuerza (EF), como hicieron Geiziane y Ciro, que fueron más allá de la descripción de las características físicas, fisiológicas y funcionales de las personas con SD, describiendo de forma completa los beneficios que la actividad física y el ejercicio pueden aportar a las personas sin SD, pero sobre todo a las personas con SD y SD, que, como ellos dicen, ... “estudios recientes demuestran que los niños, adolescentes y adultos con SD tienen un nivel más bajo de actividad física moderada a vigorosa, así como períodos más largos de comportamiento sedentario que la población general”.

Las tablas, figuras e infografías lo ilustran perfectamente bien, y son de gran ayuda para cualquier profesional que quiera trabajar en EF con este público, y me atrevería a decir que con cualquier público.

También, porque creo que este libro, con su enfoque interesante, creativo e innovador, es de gran utilidad para los profesionales que quieran aportar ... “orientaciones para futuras investigaciones sobre el seguimiento y la gestión del EF”.

Cuando comparamos la tabla 2 con los innumerables beneficios de un EF seguro con las técnicas y cargas adecuadas, tenemos la certeza de que todas las personas con SD o sin DI deberían procurar realizar este EF con un profesional entrenado para aumentar, además de sus capacidades para la vida diaria, su longevidad con una salud de calidad.

Creo que este libro servirá de base y marcará un hito en las publicaciones en el campo del entrenamiento adaptativo, por lo que felicito a Ciro y Geiziane por creer en las posibilidades de nuestras personas con SD/DI y por haber profundizado en los estudios para proporcionar las condiciones para que todos puedan beneficiarse del EF.

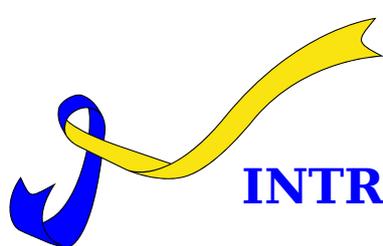
PRÓLOGO

Le agradezco su confianza, y estoy seguro de que sus lectores “sorberán” esta obra y quedarán maravillados, como lo quedé yo.

Maria Teresa Krähenbühl Leitão

RESUMEN

Introducción.....	9
Síndrome de Down y declive estructural y funcional: ¿podría ser el entrenamiento de fuerza una herramienta beneficiosa?.....	16
Pruebas para la prescripción de entrenamiento de fuerza en individuos con síndrome de Down.....	24
Beneficios potenciales y para la salud del entrenamiento de fuerza en personas con síndrome de Down	35
Disfunción mitocondrial: ¿Qué influencia tiene en el entrenamiento de fuerza en individuos con síndrome de Down?.....	70
Envejecimiento precoz, enfermedad de Alzheimer y ejercicio físico en el síndrome de Down.....	75
Debate y replanteamiento del entrenamiento de fuerza para personas con síndrome de Down.....	80
Conclusión.....	84
Referencias.....	86



INTRODUCCIÓN

Según Ginis et al. (2021), se calcula que más de mil millones de personas en el mundo tienen algún tipo de discapacidad, el 80% de las cuales viven en países en desarrollo. Además, entre el 16% y el 62% de las personas con discapacidad realizan menos actividad física (AF) de la recomendada por la OMS.

Como forma de combatir esta disparidad, la OMS creó en 2020 la primera directriz con recomendaciones sobre AF y acciones para reducir el sedentarismo en personas con discapacidad, incluidas aquellas con discapacidad intelectual, como el Síndrome de Down (SD). Sin embargo, esta directriz no especifica cómo debe prescribirse el ejercicio físico a las personas con SD.

El SD es una anomalía cromosómica que se produce por la triplicación del cromosoma 21, lo que conlleva discapacidad intelectual e importantes alteraciones físicas. Los primeros informes sobre esta afección se remontan a 1838, cuando el médico Esquirol mencionó a esta población en su diccionario médico publicado en París. En 1866, Langdon Down describió detalladamente las características fenotípicas de esta afección en su obra titulada *Observations on an Ethnic Classification of Idiots (DOWN, 1866)*.

“La gran familia mongola tiene numerosos representantes y en este artículo quiero llamar la atención sobre el gran número de idiotas congénitos que son típicos mongoles. Su aspecto es tan llamativo que cuesta creer que sean hijos de los mismos padres. El pelo no es negro, como en un mongol típico, sino castaño, liso y escaso. La cara es plana y ancha. Los ojos están colocados en línea oblicua, con los ángulos interiores muy separados. La hendidura del párpado es muy corta. Los labios son gruesos con fisuras transversales. La lengua es grande y ancha. La nariz es pequeña. La piel es ligeramente amarilla y tiene poca elasticidad. Cuesta creer que se trate de un europeo, pero dada la frecuencia con que se observan estas características, no cabe duda de que estos rasgos étnicos son el resultado de una degeneración. El tipo mongol de idiotez se da en más del 10% de los casos que he observado. Siempre son idiotas congénitos y nunca resultan de accidentes después de la vida uterina. En la mayoría de los casos son ejemplos de degeneración originada por tuberculosis en los padre (DOWN, 1886, p. 261).”

En 1876, Fraser y Michell describieron las autopsias de 62 pacientes con SD en informes de casos y publicaron las primeras ilustraciones médicas (Figura 1) (FRASER; MITCHELL, 1876). Ocho décadas más tarde, en 1959, el científico francés Jérôme Lejeune y colaboradores descubrieron las causas del SD en la trisomía del cromosoma 21 mediante el análisis del cariotipo humano (BULL, 2020).



Figura 1. Primera ilustración de un paciente con SD en la literatura médica (FRASER; MITCHELL, 1876).

Al año siguiente, Polani y colaboradores verificaron la presencia de translocaciones cromosómicas en algunos individuos con SD y, finalmente, en 1961, Clarke y colaboradores describieron a los primeros pacientes con mosaicismo 21 (BULL, 2020).

Así, es posible señalar que el SD puede ocurrir debido a tres tipos de alteraciones cromosómicas:

- La trisomía del cromosoma único o libre, presente en el 95 % de los casos, es la no disyunción del cromosoma 21 (cuando no hay segregación de cromosomas homólogos en la primera división meiótica, o de las dos cromátidas hermanas en la mitosis o en la segunda división meiótica) en la formación de gametos (ROIZEN; PATTERSON, 2003). La Figura 2 muestra el cariotipo, la identidad genética, los pares de cromosomas 21, que son tres en lugar de dos pares de cromosomas.

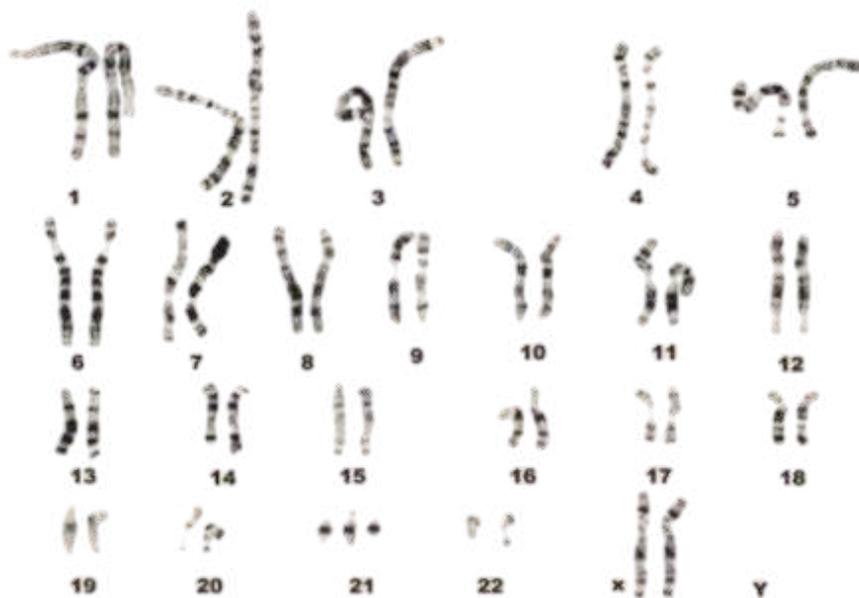


Figura 2 - Trisomía del cromosoma único (NDSS,2023).

- La translocación parcial y total del cromosoma 21, que representa el 3 % de los casos de SD, se produce en la translocación de los cromosomas 14 y 15, y rara vez puede ocurrir en el cromosoma 21. Algunas formas de translocación del SD, como la robertsoniana, se asocian a un patrón de herencia genética familiar (BULL, 2020).
- Trisomía en mosaico: ocurre en el 2 % de los casos. Llamado mosaicismo, algunas células son trisómicas y otras euploides (BULL, 2020).

En el año 2000, aproximadamente 329 genes del cromosoma 21 fueron identificados y catalogados por un equipo de científicos internacionales (NDSS, 2023). A partir de estos avances en la cartografía genética, la comunidad científica ha empezado a comprender las características genéticas y los fenotipos de esta población (Figura 3) (MÉGARBANÉ; RAVEL; MIRCHER; STURTZ et al., 2009).

Debido a las diferentes anomalías cromosómicas, las manifestaciones pueden presentarse con distintos grados de intensidad. Entre ellas se incluyen el desarrollo físico atípico, la disfunción fisiológica generalizada, la neuropatogénesis, los trastornos del crecimiento y la alteración de la función mitocondrial (ROIZEN; PATTERSON, 2003). Como consecuencia, se producirá un retraso en el desarrollo psicomotor y neurológico (p.ej, discapacidad intelectual de leve a grave) (CAPONE; CHICOINE; BULOVA; STEPHENS et al., 2018).

El SD se asocia a un alto riesgo de trastornos congénitos, que pueden repercutir, entre otras cosas, en leucemia, cardiopatías, hipotiroidismo, enfermedad de Alzheimer, trastornos gastrointestinales y pulmonares, hipotonía muscular, laxitud de ligamentos, envejecimiento prematuro, deficiencias auditivas y visuales (FOLEY; KILLEEN, 2019; TSOU; BULOVA; CAPONE; CHICOINE et al., 2020; ZIGMAN, 2013). Los principales impactos de la condición de SD en las características fenotípicas se reportan en la Figura 4.

A pesar de tener esta condición clínica, los individuos con SD han tenido un aumento en la esperanza de vida desde la década de 1970, y hoy superan los 60 años (COVELLI; RAGGI; MEUCCI; PAGANELLI et al., 2016). En Brasil, hasta la década de 1980, la esperanza de vida de los individuos con SD era de 8 a 10 años en promedio (MUSTACCHI; PERES, 2000). El mismo comportamiento se observó en Estados Unidos, como se muestra en la Figura 5 (PRESSON et al., 2013).

Este aumento de la esperanza de vida se debe a mejores condiciones de vida, atención médica y asistencia (por ejemplo, cirugía cardíaca correctiva en los primeros años de vida) (PRESSON; PARTYKA; JENSEN; DEVINE et al., 2013). En Brasil, hay 45,6 millones de personas que declaran tener una discapacidad, lo que representa el 23,9 % de la población; de ellas, 270.000 son personas con SD (IBGE, 2010).

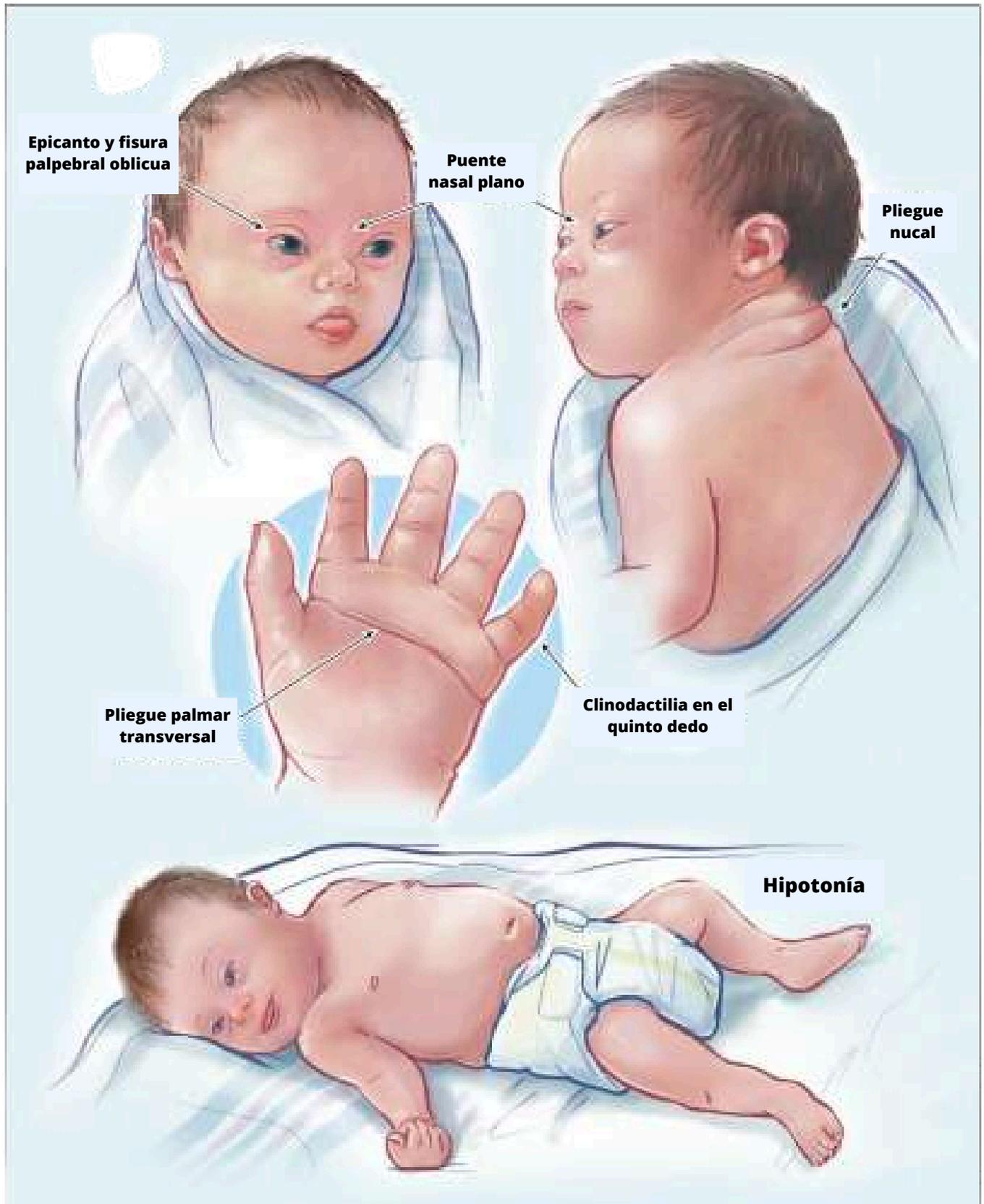


FIGURA 3 Características fenotípicas de un bebé con SD.
Fuente: Cifra extraída del estudio de Bull (2020)

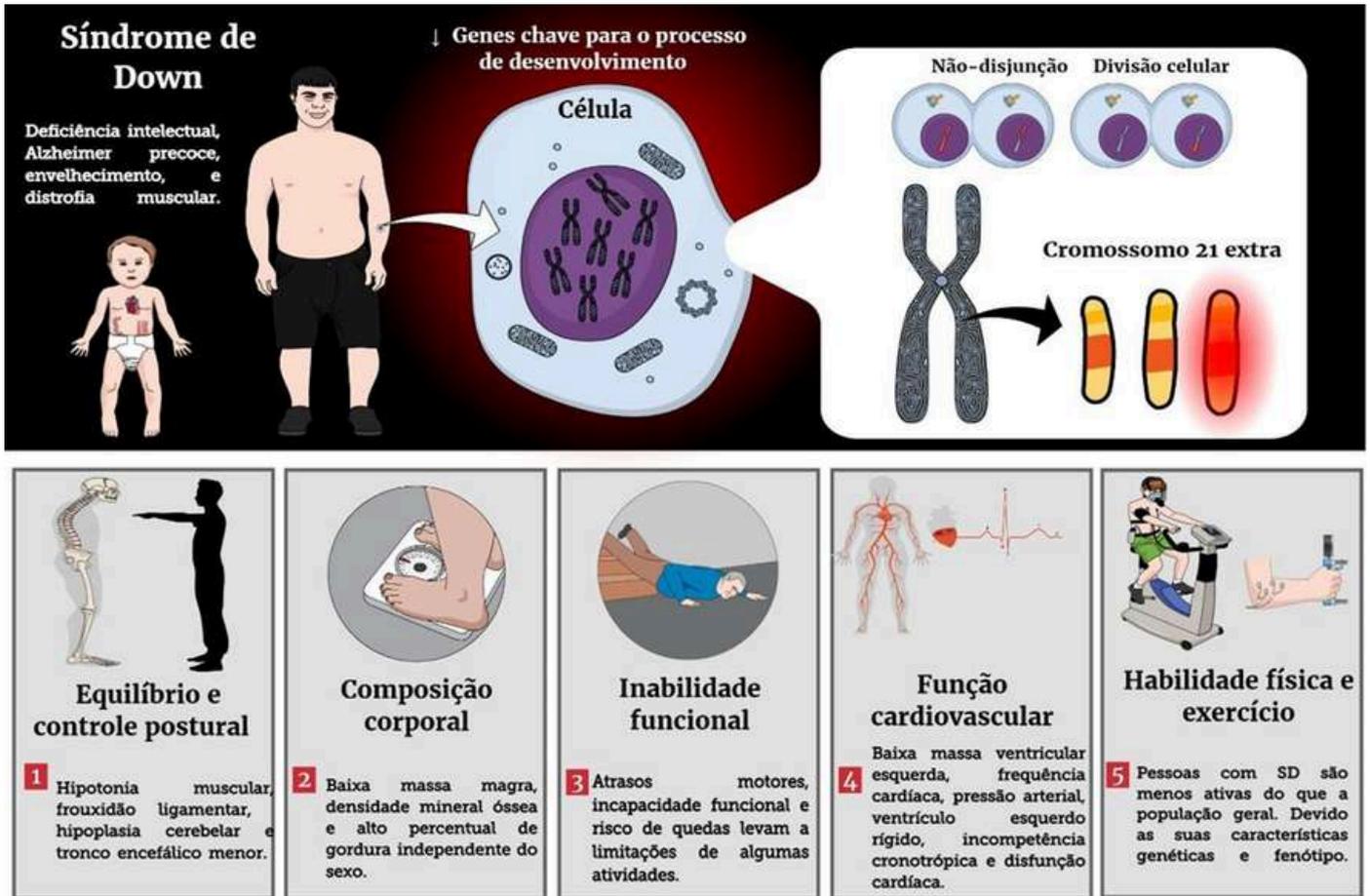


Figura 4: Efectos del síndrome de Down en el deterioro estructural y funcional.

Fuente: Estudio de Melo et al., 2022

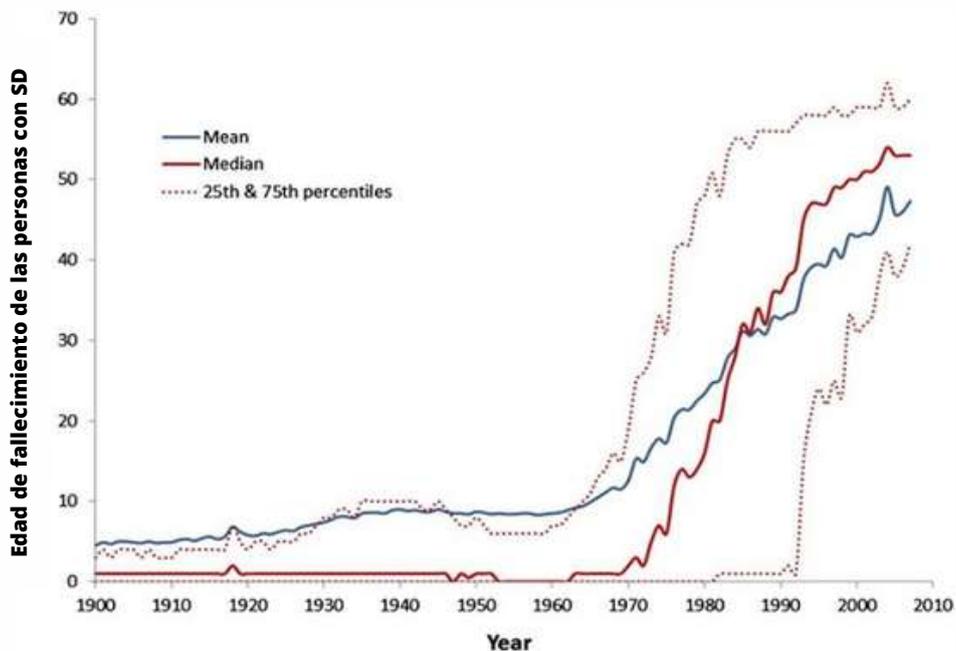


Figura 5: Media, mediana y percentiles 25 y 75 de edad en la tasa de mortalidad de las personas con SD, 1900-2007.

Fuente: Estudio de Presson et al. (2013).

Este trastorno cromosómico se presenta con una prevalencia de 14 por cada 10.000 recién nacidos vivos (PRESSON; PARTYKA; JENSEN; DEVINE et al., 2013). A pesar del aumento de la esperanza de vida, se sabe que esta población experimenta un “envejecimiento biológico acelerado” (ZIGMAN, 2013). Covelli et al. (2016) afirman que a los 45 años ya son considerados «viejos para su edad» debido al envejecimiento biológico prematuro. En consecuencia, los individuos con SD presentarán problemas relacionados con la salud que normalmente no surgen en la población general hasta los 60 años.

Un estudio reciente demostró que los adultos con SD (media de $38,4 \pm 12,1$ años) presentaban adiposidad, densidad mineral ósea, índices de masa muscular y niveles de rendimiento físico similares o peores en comparación con los adultos mayores con sarcopenia (pérdida de masa muscular) mayores de 60 años (COELHO-JUNIOR et al., 2019).

Por lo tanto, es razonable postular que la AF y el ejercicio deben incluirse en la rutina diaria de esta población. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que los niños, adolescentes y adultos con SD presentan un menor nivel de AF moderada y vigorosa, así como mayores periodos de sedentarismo que la población general (STANCLIFFE; ANDERSON, 2017; IZQUIERDO-GOMEZ; VEIGA; VILLAGRA; DIAZ-CUETO, 2015; SHIELDS; DODD; ABLITT, 2009).

Por otro lado, al aumentar el nivel de AF moderada y vigorosa en la PCD, se produjo una mejora significativa en la salud mental y en los sistemas musculoesquelético y cardiovascular (GINIS et al., 2021; NAIDOO; SMITH; FOSTER; CHETTY, 2021). Así, ser físicamente activo puede ser más difícil para los individuos con SD debido a las características genéticas y fenotípicas, ya que implica superar barreras sociales, ambientales y físicas (SHIELDS et al., 2017; BARR; SHIELDS, 2011; MAHY; SHIELDS; TAYLOR; DODD, 2010). Entre las barreras físicas, la literatura muestra que las personas con SD tienen, consistentemente, una fuerza muscular reducida en las extremidades superiores e inferiores en comparación con la población general (MELO et al., 2022; COWLEY et al., 2011; PITETTI; CLIMSTEIN; MAYS; BARRETT, 1992).

La debilidad de las extremidades inferiores influye directamente en la capacidad para realizar actividades de la vida diaria, como caminar, tareas relacionadas con el trabajo, subir y bajar escaleras, o levantarse y sentarse en una silla (LIN; WUANG, 2012; COWLEY et al., 2011; SHIELDS; TAYLOR, 2010). Esta menor fuerza muscular puede estar asociada a una masa corporal magra atenuada y a una menor calidad muscular en adultos y adolescentes (MELO et al., 2022; COELHO-JUNIOR et al., 2019).

La reducción de la capacidad funcional y el consumo máximo de oxígeno (una métrica común para la aptitud cardiorrespiratoria) se han asociado con una menor masa magra en adolescentes con SD (GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2011; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2011).

El entrenamiento de fuerza (EF) es una modalidad no farmacológica que potencialmente atenúa las pérdidas de fuerza muscular y masa magra, además de reducir el porcentaje de grasa y mejorar la capacidad funcional en jóvenes y adultos con SD (COWLEY et al., 2010; COWLEY et al., 2011; SHIELDS; TAYLOR, 2010; SHIELDS; TAYLOR; DODD, 2008).

El EF se caracteriza por ejercicios isotónicos (excéntricos y concéntricos) e isométricos que tienen diferentes variables de control como las series, las repeticiones, los intervalos de descanso y el pico de contracción, que se modulan con diferentes intensidades (IVERSEN et al., 2021). Aunque el número de estudios que investigan los efectos del EF en individuos con SD ha crecido, el número de practicantes que utilizan este tipo de entrenamiento es todavía pequeño (GINIS et al., 2021; SUGIMOTO; BOWEN; MEEHAN III; STRACCIOLINI, 2016). CUNNINGHAM et al. (2022) sugieren que los profesionales pueden no sentirse seguros prescribiendo EF a personas con discapacidad intelectual (DUPLANTY; VINGREN; KELLER, 2014).

Por lo tanto, es necesario proporcionar recomendaciones científicas y basadas en la evidencia para profesores de Educación Física y profesionales de la salud sobre la prescripción individualizada de EF para individuos con SD. Estas observaciones pueden proporcionar información clínicamente útil y ayudar a diseñar intervenciones de EF seguras y eficaces. Es importante destacar que se espera que este libro sirva de base para futuras investigaciones sobre el control y la gestión de la EF, así como para estimular un debate más abierto sobre las implicaciones beneficiosas de la EF en la salud a largo plazo en el contexto del SD. Por lo tanto, es necesario comprender los efectos del EF en la salud de las personas con SD, centrándose en la metodología, la aplicación y la seguridad de esta modalidad de entrenamiento.



SÍNDROME DE DOWN Y DETERIORO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL: ¿ES EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA UNA HERRAMIENTA BENEFICIOSA?

Debido a la anomalía cromosómica, los individuos con SD presentan cambios estructurales y deterioro funcional en la mayoría de los sistemas fisiológicos, incluso en ausencia de enfermedad (BULL, 2020; ROIZEN; PATTERSON, 2003). Esto puede tener un impacto directo en las actividades de la vida diaria y, en consecuencia, en la capacidad funcional de esta población (FOLEY; KILLEEN, 2019; TERBLANCHE; BOER, 2013; PITETTI; RIMMER; FERNHALL, 1993). Entre los descensos funcionales destaca la pérdida de fuerza muscular y la menor capacidad de trabajo, que comienza precozmente y continúa con el avance de la edad (FERNHALL; MENDONCA; BAYNARD, 2013; CARMELI et al., 2002; CIONI et al., 1994). La fuerza de prensión de la mano es un excelente punto de referencia de la fuerza general. Un estudio de personas con discapacidad intelectual (1526 adultos de entre 20 y 90 años) mostró que presentan valores de fuerza de prensión de la mano más bajos a lo largo de su vida en comparación con la población general (CUESTA-VARGAS; HILGENKAMP, 2015). En la Figura 6 (hombres) y la Figura 7 (mujeres) se muestran gráficamente los valores de referencia de la fuerza de prensión de la mano de las personas con DI en función de la edad y el sexo.

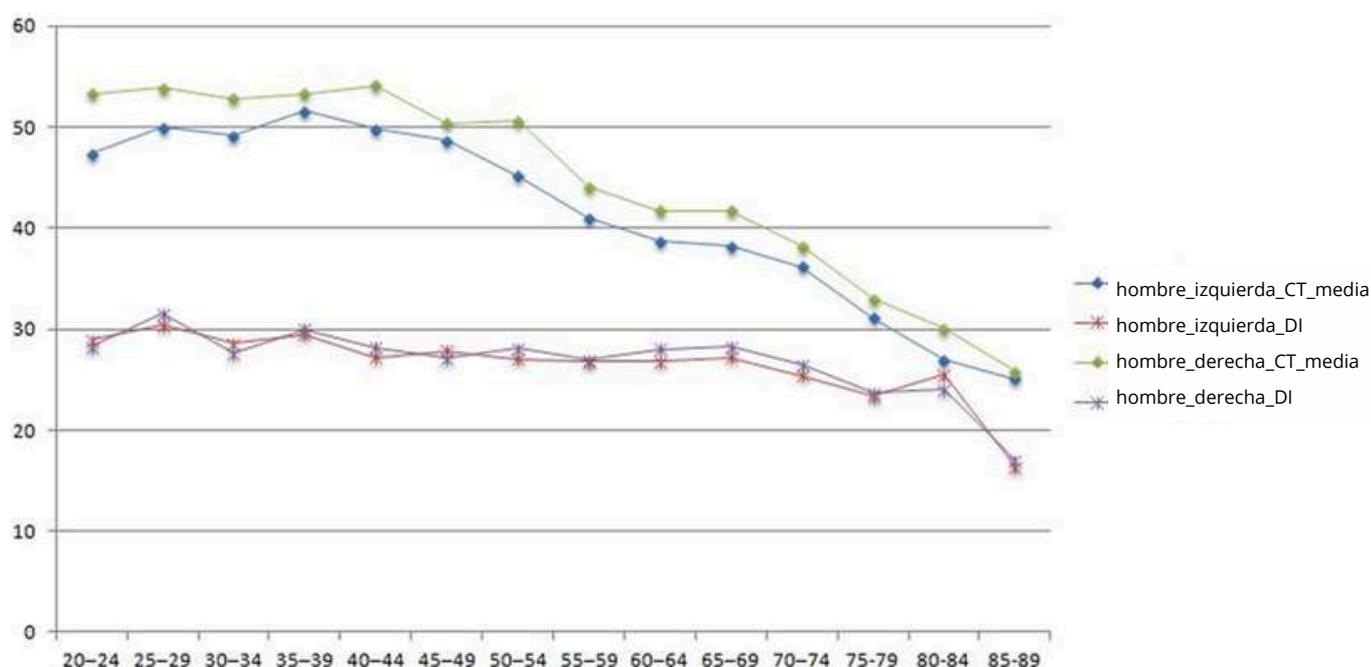


Figura 6. Valores de agarre de la mano en hombres adultos con discapacidad intelectual (DI) en comparación con la población general (CT) en el estudio de Cuesta-Vargas y Hilgenkamp (2015).

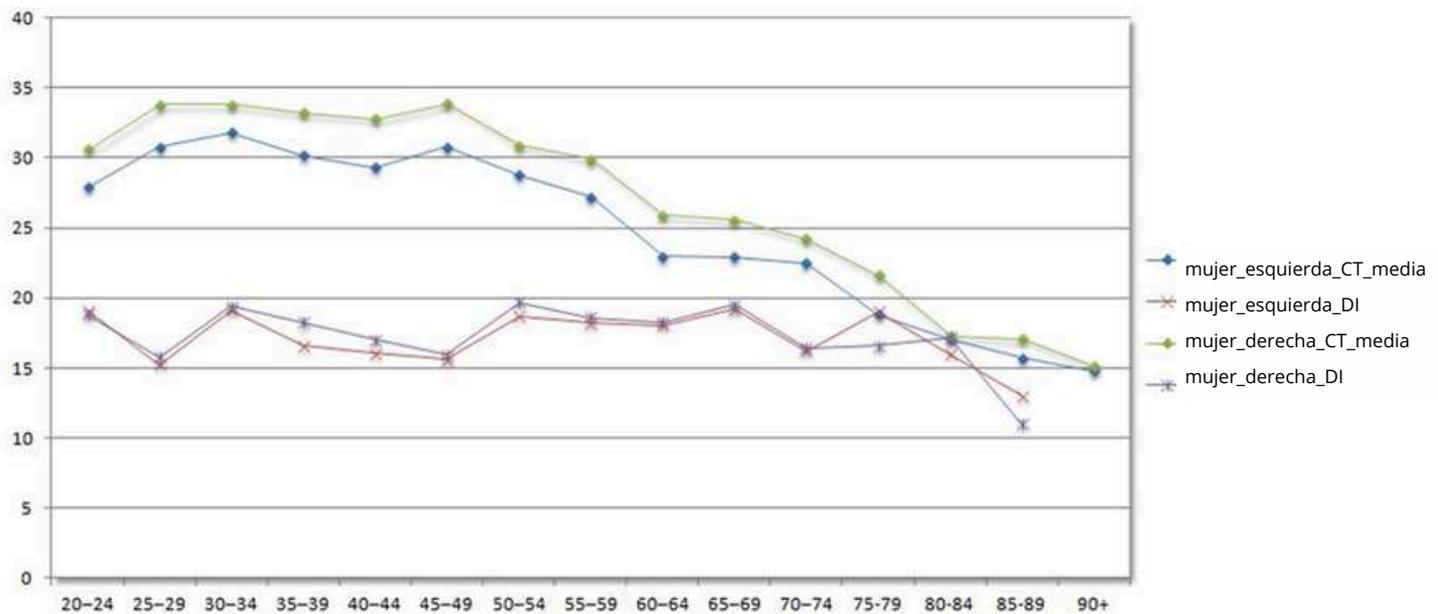


Figura 7. Valores de agarre de la mano para mujeres adultas con discapacidad intelectual (DI) en comparación con la población general (CT) del estudio de Cuesta-Vargas y Hilgenkamp (2015).

Sin embargo, la literatura enfatiza que una buena forma física conduce a un mejor rendimiento en el ejercicio, al aumentar la tolerancia al esfuerzo y mejorar las capacidades funcionales (SUAREZ-VILLADAT et al., 2021; SUGIMOTO; BOWEN; MEEHAN III; STRACCIOLINI, 2016; DODD; SHIELDS, 2005). Así, la AF es particularmente importante para las personas con SD debido a la mayor prevalencia de trastornos de salud mental (por ejemplo, depresión y ansiedad) y al mayor riesgo de enfermedades crónicas, como el ictus [1,8% frente a 0,5% (entre 19 y 50 años); 9,8% frente a 5% (mayores de 51 años)], diabetes (3,5% frente a 0,7%, respectivamente, entre los 16 y los 30 años, y 5,5% frente a 2,7%, respectivamente, a partir de los 30 años), hipotiroidismo [39% (IC 95%, 36%-42%) entre los 18 y los 29 años; 51% (IC 95%, 49%-53%) a partir de los 30 años] y EA (80% a los 65 años) (TSOU et al., 2020; MCCARRON et al., 2017).

Ante esta situación, estudios previos han demostrado que los individuos con DI presentan una baja forma física, lo que se traduce en valores basales de consumo de oxígeno (VO_2) más bajos y un índice de masa corporal (IMC) más elevado en los distintos grupos de edad (WEE et al., 2015; FERNHALL; MENDONCA; BAYNARD, 2013). Esta condición conlleva efectos secundarios como el aumento de la obesidad, el riesgo de caídas, y una mayor incidencia de enfermedades crónicas y neurodegenerativas (SUAREZ-VILLADAT et al., 2021; KOVAČIČ; OVSENIK; ZURC, 2020; BAYEN et al., 2018; DE WINTER et al., 2011; RIMMER; HELLER; WANG; VALERIO, 2004).

El IMC puede ser un factor clave a la hora de evaluar el nivel de forma física de las personas con SD. Aquellas con un peso corporal dentro de los rangos normales presentan valores más elevados de frecuencia cardíaca y consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx) en comparación con quienes se clasifican como personas con obesidad (WEE et al., 2015).

La reducción de la masa magra y de la densidad mineral ósea, así como el aumento del porcentaje de grasa corporal, son características comunes del proceso de envejecimiento en las personas con SD, independientemente del sexo, y tienen efectos significativos sobre la salud física y el funcionamiento general de esta población. Entre dichos efectos se incluyen la acumulación de grasa corporal, su distribución preferente en depósitos centrales y viscerales, el incremento del riesgo de enfermedades metabólicas y cardiovasculares, y la aparición temprana de sarcopenia (COELHO-JUNIOR et al., 2019; KELLY et al., 2019; MAGGE et al., 2019; DE ASUA et al., 2014; BASTIAANSE; HILGENKAMP; ECHELD; EVENHUIS, 2012). En la Tabla 1 se resumen estos y otros efectos del SD.

En este contexto, resulta fundamental considerar si el EF es adecuado para las personas con SD, dado que se trata de una modalidad de ejercicio físico segura, eficaz y ampliamente recomendada tanto para niños como para adultos sin discapacidad (FAIGENBAUM, 2000; FAIGENBAUM; MYER, 2010; FRAGALA et al., 2019; IVERSEN; NORUM; SCHOENFELD; FIMLAND, 2021), así como para personas con discapacidad intelectual (JACINTO et al., 2021; SUGIMOTO et al., 2016).

Una revisión reciente ha evidenciado los beneficios del EF en distintos grupos de edad, destacando su capacidad para atenuar la pérdida de masa y fuerza muscular (ABOU SAWAN et al., 2023). Cuando se combina con ejercicio aeróbico, este tipo de entrenamiento también puede mejorar la composición corporal, la función cognitiva, la función mitocondrial, la homeostasis de la glucosa y la movilidad (ABOU SAWAN et al., 2023).

Asimismo, se ha demostrado que el EF de baja a moderada intensidad (entre el 50% y el 75% de 1RM) estimula la remodelación proteica muscular y mejora la capacidad oxidativa mitocondrial, lo que repercute positivamente en la salud metabólica de personas con obesidad sin SD. La inAF y el tipo de entrenamiento realizado también influyen en la función física y cognitiva a lo largo de la vida, ya que un estilo de vida sedentario compromete las funciones cognitivas y reduce la capacidad funcional (ABOU SAWAN et al., 2023).

Por último, diversos estudios muestran que fomentar la práctica de EF desde edades tempranas —en niños y adolescentes— puede prevenir lesiones en diferentes disciplinas deportivas, aumentar el bienestar psicosocial, incrementar la masa muscular y ósea, y reducir el porcentaje de grasa corporal (FAIGENBAUM, 2000; FAIGENBAUM; MYER, 2010).

Tabla 1. Resumen de los efectos del síndrome de Down en el deterioro estructural y funcional.

VARIABLES	CAMBIOS CARACTERÍSTICOS	FUNCIONALIDAD
<i>Función muscular</i>		
<i>Rendimiento y control motor</i> (MAÍANO; HUE; LEPAGE; MORIN et al., 2019; LIN; WUANG, 2012; RIGOLDI; GALLI; ALBERTINI, 2011; TAYLOR; FERNHALL, 2010)	El tiempo de reacción es mayor en los individuos con SD. La velocidad de movimientos como la prueba de subir y bajar escaleras o la prueba de agilidad es mayor.	Afecta al tono muscular y, en consecuencia, a la coordinación motora. Como resultado, el movimiento será menos eficaz. Además, se tarda más en aprender la tarea.
<i>Flexibilidad y amplitud de movimiento articular.</i> (TSOU; BULOVA; CAPONE; CHICOINE et al., 2020; FOLEY; KILLEEN, 2019; ANGELOPOULOU et al., 1999)	La amplitud de movimiento es mayor en los individuos con SD, especialmente en la abducción de la cadera. Puede producirse una flexibilidad excesiva en la abducción de la cadera debido a hipotonía, hipoplasia pélvica y un acetábulo poco profundo.	La maduración de las estructuras articulares y del sistema neuromuscular reduce gradualmente la flexibilidad y la amplitud de movimiento con la edad.
<i>Función cardiovascular</i>		
<i>Función vascular</i> (HILGENKAMP; et al., 2018; HU; YAN; RANADIVE; AGIOVLASITIS et al., 2013)	La reserva vascular está disminuida y en los individuos con SD se observan respuestas de rigidez arterial embotadas tras el ejercicio máximo. Además, presentan una menor regulación periférica del flujo sanguíneo en respuesta a estímulos simpáticos.	Los individuos con SD tienen diámetros braquiales y velocidades de cizallamiento menores. Esto afectará a la regulación del flujo sanguíneo periférico. Además, la disfunción autonómica afecta a la regulación sistémica y al flujo sanguíneo periférico, repercutiendo directamente en la capacidad de vasoconstricción de diferentes sistemas, especialmente el músculo esquelético y cardiovascular, durante el ejercicio.
<i>Incompetencia cronotrópica</i> (FERNHALL; MENDONCA; BAYNARD, 2013; GUERRA; LLORENS; FERNHALL, 2003)	La mayoría de los individuos con SD presentan incompetencia cronotrópica, independientemente de la edad y el sexo. La frecuencia cardíaca máxima es de 25 a 30 latidos.min-1 más baja en comparación con las personas sin discapacidad.	La disfunción cronotrópica limita la tolerancia al ejercicio.

Continúa...

VARIABLES	CAMBIOS CARACTERÍSTICOS	FUNCIONALIDAD
Capacidad funcional		
<i>Cinemática de la marcha</i> (HENDERSON; FERREIRA; WU, 2021; BEERSE et al., 2019)	La velocidad de la marcha es más lenta. La longitud de zancada es más corta y ancha. Todos los parámetros espaciotemporales muestran una mayor variabilidad, excepto la anchura del paso y el ángulo de rotación del pie.	Implicaciones para la función física (por ejemplo, reducción de la capacidad de trabajo) y riesgo de caídas.
<i>Fuerza de prensión palmar</i> (SUAREZ-VILLADAT et al., 2019; FERNHALL; MENDONCA; BAYNARD, 2013)	La fuerza isométrica máxima es dos veces menor, independientemente de la edad, en los individuos con SD.	Mejorar la fuerza de prensión de la mano en esta población con SD es necesario porque la pérdida de fuerza muscular se asocia a mortalidad prematura, menor capacidad funcional y morbilidad metabólica.
Antropometría		
<i>Altura</i> (AGIOVLASITIS; JIN; YUN, 2020; ZEMEL et al., 2015)	La baja estatura se asoció a un síndrome genético.	La estatura disminuye significativamente con la edad.
<i>Índice del músculo esquelético (IME)</i> (COELHO-JUNIOR et al., 2019)	Un mayor IME se correlacionó positivamente con una reducción del perímetro de cintura y cadera y de la masa grasa.	La pérdida de masa magra y masa ósea reduce el IMC. Un IMC bajo es un conocido factor predictivo de morbilidad y mortalidad.
<i>Adiposidad regional</i> (DE ASUA et al., 2014; DE WINTER; et al., 2012)	Los adultos con SD presentan mayor obesidad abdominal que sus compañeros sin SD. La prevalencia de adiposidad regional fue del 46% en los adultos con DI.	Los individuos con SD que acumulan grasa visceral presentan tasas más elevadas de fuerza a la insulina.
Metabolismo		
<i>Alteraciones metabólicas</i> (PHILLIPS et al., 2013; FLORE et al., 2008; FERNHALL et al., 2005)	La tasa metabólica en reposo y la oxidación de grasas (durante el ejercicio submáximo) son inferiores en los individuos con SD.	Esto puede influir directamente en la utilización del sustrato durante el ejercicio y repercutir en la reducción del tiempo de práctica.

Leyenda: SD, síndrome de Down; EF, entrenamiento de fuerza; FC, frecuencia cardiaca; IMC, índice de masa corporal; IME, índice músculo esquelético; DI, discapacidad intelectual.

Sin embargo, es fundamental tener en cuenta algunas recomendaciones para garantizar la eficacia del EF en niños y adolescentes, tales como: utilizar ejercicios con peso corporal y equipamiento adaptado; elegir ejercicios multiarticulares y pliométricos de baja intensidad; definir el ritmo de progresión en función del número de repeticiones y series; adoptar métodos de fuerza máxima, como 1RM o 10 repeticiones máximas; y definir un modelo de programa de entrenamiento a realizar, como el método lineal (FAIGENBAUM, 2000; FAIGENBAUM; MYER, 2010). Estas mismas recomendaciones se utilizan para prescripciones seguras y adecuadas en personas con discapacidad intelectual (JACINTO et al., 2021).

Los estudios muestran que la mayoría de las lesiones relacionadas con el EF en jóvenes, con y sin discapacidad, son resultado de una supervisión profesional inadecuada, un uso deficiente de las técnicas de ejercicio y cargas de entrenamiento inapropiadas (FAIGENBAUM; MYER, 2010; FAIGENBAUM et al., 2009; SUGIMOTO et al., 2016; JACINTO et al., 2021). Por otro lado, la literatura indica que el EF es seguro, socialmente deseable y una opción viable de ejercicio físico, además de ser eficaz para mejorar la fuerza de las extremidades superiores e inferiores en adultos con SD (SHIELDS; TAYLOR, 2010; SHIELDS et al., 2010). Shields et al. (2008) destacan la importancia de realizar EF en grupo, transformando el ejercicio físico en una actividad social y económica, y el 92 % de las personas con SD consideran que el EF es una modalidad bien aceptada.

En este sentido, Melo et al. (2022) evaluaron los efectos de la contracción isométrica voluntaria máxima (CIVM) en diferentes grupos musculares (prensa de piernas [LEP] y agarre de mano isométrico [IHG]) sobre las respuestas cardiovascular y de óxido nítrico (NO) en adolescentes con y sin SD, con el fin de verificar la seguridad y fiabilidad del ejercicio. Los resultados mostraron que los adolescentes con SD tenían una menor respuesta cardiovascular en reposo y tras las pruebas CIVM, así como una mayor respuesta de NO tras el ejercicio, en comparación con el grupo sin SD. Además, los adolescentes con SD tenían una menor fuerza IHG, tanto absoluta como relativa, en comparación con los que no tenían SD, y la diferencia media entre los grupos (12,61-15,31 kg) era mayor que la diferencia real más pequeña (SRD) de 11,38 kg.

Este resultado indica la aplicabilidad clínica del EF para esta población, ya que una disminución de la fuerza IHG se asocia a un mayor riesgo de mortalidad prematura en adolescentes. La reducción de la fuerza muscular IHG en individuos con SD puede deberse a las características antropométricas de la mano, la laxitud ligamentosa y la hipotonía (FOLEY; KILLEEN, 2019), así como al volumen reducido en el hipocampo, el cerebelo y la sustancia blanca de la corteza motora (SHIOHAMA et al., 2019).

También, en relación con la fuerza muscular, un estudio previo demostró que, a partir de los 11 años, los adolescentes con SD presentan menor fuerza muscular isocinética en extensión de rodilla, y la diferencia encontrada fue de 1,0 torque (Nm × cm por altura) a los 17 años en comparación con los adolescentes sin SD (CIONI et al., 1994).

Hay que tener en cuenta que los individuos con SD presentan alteraciones musculoesqueléticas, como la laxitud articular y la hipotonía muscular, que influirán directamente en la marcha y la funcionalidad. Esto contribuye al riesgo de caídas y lesiones musculoesqueléticas, trastornos motores, baja forma física y retraso en la adquisición del desarrollo motor durante la infancia (FOLEY; KILLEEN, 2019).

Aunque los individuos con SD presentan menor fuerza y anomalías musculoesqueléticas, los estudios muestran un aumento y mejora de la fuerza muscular en los miembros superiores e inferiores en adultos entrenados tras 10 semanas de ER (SHIELDS et al., 2008; SHIELDS et al., 2010).

Con el fin de comprender las anomalías musculoesqueléticas más comunes en niños y adolescentes con SD, un estudio longitudinal evaluó a 503 participantes durante un periodo de 18 meses. El 56 % de la muestra eran varones, con una mediana de edad de 8,1 años (rango 0,6-19,2). De ellos, el 92 % presentaba trisomía 21 libre, el 5 % mosaico, el 1 % translocación robertsoniana y el 2 % presunta trisomía 21 libre. El 91 % de los participantes con SD presentaban pie plano, como se muestra en la figura 8, además de otras veintidós anomalías musculoesqueléticas identificadas (figura 9) (FOLEY; KILLEEN, 2019).

Asimismo, era frecuente el retraso en la deambulación, que se producía a una edad media de 28 meses (rango 12-84). Estos resultados son de suma importancia para una prescripción adecuada y segura del ejercicio físico.



Figura 8. Pie plano, destacando la incapacidad del calcáneo para salir de eversión en un niño con SD. Figura extraída del estudio de Foley y Killeen (2018).

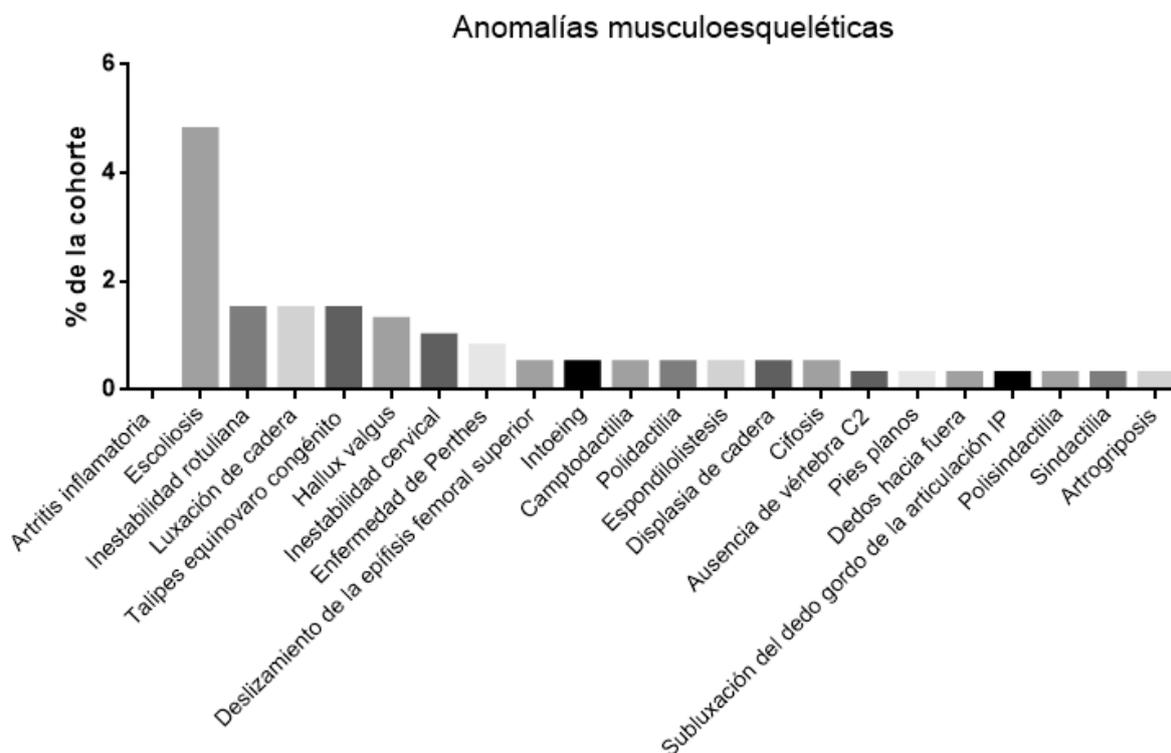


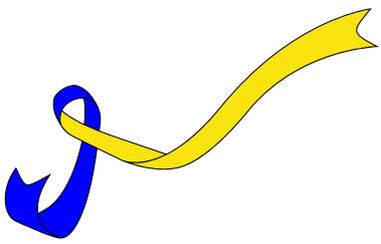
Figura 9. Anomalías musculoesqueléticas detectadas en una cohorte de niños y adolescentes con síndrome de Down. Rango de otras anomalías musculoesqueléticas reportadas y adaptadas del estudio de Foley y Killeen (2018).

La prescripción adecuada es fundamental; sin embargo, los estudios destacan que el apoyo de los familiares es muy importante para la adherencia y la permanencia en el EF (SHIELDS et al., 2008; SHIELDS et al., 2010; SHIELDS et al., 2013). Desde este contexto, los hábitos de vida saludables —en este caso, el ejercicio físico— deben establecerse desde la infancia para que continúen en la edad adulta (SUGIMOTO; BOWEN; MEEHAN III; STRACCIOLINI, 2016).

No obstante, el 80 % de las personas con SD tienen sobrepeso y presentan diez veces más probabilidades de morir por diabetes que la población general (TSOU et al., 2020). Este estilo de vida no solo contribuye a reducir los niveles de forma física y a aumentar el riesgo de sufrir problemas de salud, sino que también limita las oportunidades laborales, sociales y recreativas (DODD et al., 2005).

Por lo tanto, el EF sería una alternativa no farmacológica para atenuar o aumentar la fuerza y la masa muscular en adolescentes y adultos con SD. No obstante, es necesario establecer todas las precauciones, como las adaptaciones y la adherencia al ejercicio desde la infancia, para explorar los beneficios potenciales del EF en adolescentes y adultos con diversas condiciones médicas, incluida la discapacidad intelectual.

Además, Shields et al. (2010) señalan que la mejora de la fuerza muscular influye directamente en las actividades de la vida diaria y en el trabajo de los adultos, dado que el mercado laboral de las personas con SD requiere más habilidades manuales y capacidades físicas —como la fuerza— que capacidades cognitivas.



PRUEBAS PARA LA PRESCRIPCIÓN DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN INDIVIDUOS CON SÍNDROME DE DOWN

Para identificar el mejor protocolo para el EF en individuos con SD, realizamos una revisión científica basada en el nivel de evidencia, con el fin de presentar las vías más sólidas y eficientes para esta práctica. La fuerza de la evidencia se basó y adaptó de las directrices del *American College of Sports Medicine* (ACSM) (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009), la *Health Care Research and Quality* (AHRQ) (WEST, et al., 2002); y el sistema de clasificación de la evidencia del *National Heart Lung and Blood Institute* (Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation and Treatment of Overweight and Obesity in Adults - The Evidence Report National Institutes of Health, 1998). Estas directrices se utilizaron para evaluar los manuscritos publicados y determinar los estudios sobre personas con SD y TR. Los estudios seleccionados se clasificaron según los niveles de evidencia de las posturas postuladas:

1. **Nivel de evidencia A** (conjunto rico de datos): Ensayos controlados aleatorios que cumplieran las preguntas principales de este estudio y población con aleatorización, cegamiento, intervenciones, resultados, análisis estadístico, resultados, discusión y financiación con una muestra amplia y resultados que apuntaban en la misma dirección. También presentó un número considerable de estudios con un número considerable de participantes;
2. **Nivel de evidencia B** (conjunto limitado de datos): número limitado de ensayos clínicos aleatorizados (ECA) o análisis post hoc de subgrupos de ECA, o metaanálisis de ECA que cumplieran todas las preguntas clave como la pregunta del estudio, la población de estudio, la aleatorización, el cegamiento, las intervenciones, los resultados, el análisis estadístico, los resultados, la discusión y la financiación;
3. **Nivel de evidencia C** (ensayos no aleatorios y estudios observacionales): estudios observacionales y no controlados; y
4. **Nivel de evidencia D** (juicio consensuado del panel): opinión consensuada de expertos, estudios de casos y consenso de los miembros del panel basado en la experiencia clínica o en conocimientos que no cumplen los criterios enumerados anteriormente.

La siguiente sección presenta una visión general de los programas de EF para personas con SD con un enfoque específico en la administración de programas de EF seguros, eficaces y agradables. La tabla 2 presenta una visión general de las recomendaciones para la aplicación de EF en personas con SD.

Tabla 2. Resumen de recomendaciones para la prescripción individualizada de entrenamiento de fuerza en individuos con SD.

	Recomendación basada en la evidencia	Categoría de evidencia
Evidencia para prescribir el entrenamiento de fuerza.		
Frecuencia	Los grupos musculares grandes y pequeños deben entrenarse 2-3 veces por semana.	B/C
Duración de los programas	La duración de los programas de formación variaba entre 6 y 21 semanas, pero eran más frecuentes los estudios que prescribían 12 semanas.	B/C
Duración de la sesión (minutos)	La estructura seguía un calentamiento, una sesión de entrenamiento y un enfriamiento de entre 20 y 60 minutos.	B/C
Prueba de carga	1-Repetición máxima (1-RM)	C
	6 RM	C
	8 RM	B
	10 RM	C
	12 RM	B
Carga	60-80% de 1-RM (intensidad moderada a fuerte)	B
	50-70% 1RM (intensidad moderada)	B
	50% de 1-RM (intensidad de la leve)	C
	40-65% de 8RM (intensidad muy leve a moderada)	B
	40-50% 8RM (intensidad muy leve a leve)	B

Continúa...

	Recomendación basada en la evidencia	Categoría de evidencia
Tipo de ejercicios	Grupos musculares grandes y pequeños (brazos y piernas/ bilateral)	B/C
	Para realizar estos ejercicios pueden utilizarse diversos aparatos de gimnasia y/o el peso corporal.	B/C
Repeticiones	Se recomiendan de 6 a 12 repeticiones para mejorar la fuerza en la mayoría de los adultos	B/C
	Se recomiendan 30 repeticiones o repeticiones hasta el fallo para mejorar la fuerza muscular	B
Serie	Se recomiendan de dos a tres series para la mayoría de los adultos para mejorar la fuerza	B
	6 series eficaces para mejorar el entrenamiento abdominal	B
Descanso entre series (s)	Los intervalos de descanso de 90 segundos entre cada serie de repeticiones son eficaces.	B
Ejecución	Hasta el fallo concéntrico o cuando se complete el esquema de repeticiones previsto	B
Progresión	Se recomienda una progresión gradual de mayor fuerza y/o más fuerza y/o mayor intensidad.	B/C

Leyenda: SD, síndrome de Down; RM, repetición máxima; EF, entrenamiento de fuerza. Categorías de evidencia: A, ensayos clínicos aleatorizados (gran cantidad de datos); B, ensayos clínicos aleatorizados (cantidad limitada de datos); C, ensayos no aleatorizados, estudios observacionales; D, opinión consensuada de un panel *National Heart Lung and Blood Institute (Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults--The Evidence Report. National Institutes of Health, 1998).*

CARGA DE EJERCICIO

Los programas de EF incluyeron diferentes evaluaciones de la intensidad del entrenamiento, en función del objetivo de cada estudio. La intensidad se evaluó mediante la prueba de 1 repetición máxima (1-RM) (ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021; DILEK et al., 2018; SHIELDS; TAYLOR; WEE; WOLLERSHEIM et al., 2013; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013; GUPTA; RAO; KUMARAN, 2011; SHIELDS; TAYLOR, 2010; SHIELDS; TAYLOR; DODD, 2008; WEBER; FRENCH, 1988), 6 repeticiones máximas (6RM) (POST et al., 2022), 8 repeticiones máximas (8RM) (DIAZ et al., 2021; FORNIELE et al., 2014; FLORENTINO NETO; PONTES; FERNANDES FILHO, 2010; DAVIS; SINNING, 1987), 10 repeticiones máximas (10RM) (COWLEY et al., 2011) o 12 repeticiones máximas (12RM) (SERON et al., 2017; SERON et al., 2015; SERON; SILVA; GREGUOL, 2014; FLORENTINO NETO; PONTES; FERNANDES FILHO, 2010).

Tras aplicar las diferentes pruebas de EF, la intensidad se expresó mediante el porcentaje de esta carga, que varió entre el 50 % de 1-RM (GUPTA; RAO; KUMARAN, 2011; SHIELDS; TAYLOR; DODD, 2008; WEBER; FRENCH, 1988); 50-70 % de 1-RM (DILEK et al., 2018); 60-80 % de 1-RM (SHIELDS et al., 2013); 40-50 % de 1-RM y 8RM (ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021) y 40-65 % de 1-RM y 8RM (DIAZ et al., 2021; FORNIELES; ROSETY et al., 2014; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013).

Se observó que los estudios no cumplían con las recomendaciones sugeridas por la ACSM, que recomienda un 75-80 % de 1-RM para personas sin discapacidad (RIEBE; EHRMAN; LIGUORI; MAGAL et al., 2018). Sin embargo, a pesar de presentar un rango de diferentes intensidades, los resultados sumativos identificaron efectos beneficiosos del EF en personas con SD.



Recomendaciones. Deben considerarse las prescripciones de baja carga (50% 1-RM o 40-50% 8RM). Esta intensidad es una alternativa eficaz para las personas con SD en las fases iniciales de un programa de EF.

VOLUMEN

El volumen de sesión en el EF se entiende como el número de repeticiones de un ejercicio, que corresponde a la suma de las repeticiones en las series y de los diferentes ejercicios para el mismo o distintos grupos musculares. El número de series por ejercicio varió de una a seis, según la periodización del entrenamiento propuesta en función de los objetivos del estudio (POST et al., 2022; DIAZ et al., 2021; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021; SHIN; JEONG, 2021; DILEK et al., 2018; SERON et al., 2017; GHAEENI; BAHARI; KHAZAEI, 2015; SERON et al., 2015; FORNIELES et al., 2014; SERON; SILVA; GREGUOL, 2014; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013; SHIELDS et al., 2013; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2012; COWLEY et al., 2011; GUPTA; RAO; KUMARAN, 2011; FLORENTINO NETO; PONTES; FERNANDES FILHO, 2010; SHIELDS; TAYLOR, 2010; SHIELDS; TAYLOR; FERNHALL, 2010; TSIMARAS; FOTIADOU, 2004; WEBER; FRENCH, 1988; DAVIS; SINNING, 1987). Sin embargo, la mayoría implementó dos o tres series por ejercicio, y solo un estudio utilizó seis series (GHAEENI; BAHARI; KHAZAEI, 2015).

La ACSM ha identificado un aumento progresivo de la fuerza muscular como resultado de adaptaciones fisiológicas (por ejemplo, adaptación neural) al EF en individuos no entrenados (SIDDIQUE; RAHMAN; FRAZER; PEARCE et al., 2020; RIEBE; EHRMAN; LIGUORI; MAGAL et al., 2018). Así, en individuos sedentarios, dosis mínimas de entrenamiento pueden promover mayores incrementos de fuerza (RHEA; ALVAR; BURKETT; BALL, 2003). Sin embargo, el número de repeticiones por serie varió entre 4 y 30, aunque el 67 % de los estudios prescribieron entre 6 y 12 repeticiones (ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021; DIAZ et al., 2021; SERON et al., 2017; SERON et al., 2015; SERON et al., 2014; FORNIELES et al., 2014; SHIELDS et al., 2013; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013; GUPTA et al., 2011; COWLEY et al., 2011; SHIELDS; TAYLOR, 2010; FLORENTINO NETO et al., 2010; SHIELDS et al., 2008; DAVIS; SINNING, 1987). Además, la prescripción de 6 a 12 repeticiones estaba relacionada con el método de evaluación de 1-RM y repeticiones máximas.

Algunos estudios aplicaron ejercicios en circuito que utilizaban como parámetro el tiempo en cada estación para realizar las repeticiones máximas (SHIN; JEONG, 2021; GONZÁLEZ-AGÜERO; VICENTE-RODRÍGUEZ; GÓMEZ-CABELLO; ARA et al., 2012; GONZÁLEZ-AGÜERO; VICENTE-RODRÍGUEZ; GÓMEZ-CABELLO; ARA et al., 2011; TSIMARAS; FOTIADOU, 2004; WEBER; FRENCH, 1988). Así, el volumen de entrenamiento dependía del número de repeticiones y series, del orden de los ejercicios y de la frecuencia semanal.

Otro punto a destacar es la utilización del principio de sobrecarga progresiva, que aumenta gradualmente el volumen de ejercicio a lo largo del programa.

Independientemente del equipamiento utilizado (peso corporal, bandas elásticas, pesos libres o máquinas de musculación), la progresión del volumen dependerá de la individualidad biológica del participante y del número de semanas de entrenamiento. El principio de sobrecarga progresiva puede aplicarse aumentando el número de series y repeticiones, reduciendo el intervalo de descanso o incrementando el porcentaje de la carga de entrenamiento (RIEBE; EHRMAN; LIGUORI; MAGAL et al., 2018). Cabe destacar que el 60 % de 1-RM es suficiente para aumentar la masa muscular y la fuerza en individuos con desarrollo típico y no entrenados (RHEA; ALVAR; BURKETT; BALL, 2003).

Un estudio mostró que el EF dos veces por semana durante seis semanas condujo a adaptaciones iniciales con aumento de la masa muscular y de la fuerza en adultos entrenados recreativamente; además, la hipertrofia muscular se produjo independientemente del estilo de periodización utilizado (SOUZA; UGRINOWITSCH; TRICOLI; ROSCHEL et al., 2014).



Recomendaciones. Los programas de intervención recomiendan de dos a tres series por grupo muscular y una media de 6 a 12 repeticiones por serie para los principiantes en EF. Durante la práctica, es necesario modificar los estímulos mediante la intensidad o el volumen de entrenamiento.

PAUSA DE DESCANSO

La duración del intervalo de descanso entre series varió de 10 a 120 segundos, con la mayoría de los estudios mostrando un intervalo de descanso de 90s (DIAZ et al., 2021; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013; FORNIELES et al., 2014). Una revisión narrativa reciente informó que los intervalos de descanso de uno a dos minutos son suficientes para maximizar las ganancias de fuerza muscular en individuos no entrenados sin SD (IVERSEN et al., 2021).



Recomendaciones. Los individuos sedentarios con SD necesitan de uno a dos minutos de descanso entre series debido a la tolerancia al ejercicio como resultado de la disfunción mitocondrial. Los individuos entrenados con SD, por otro lado, pueden considerar periodos de descanso más largos (por ejemplo, intervalos de descanso ≥ 90 s). Sin embargo, los intervalos de descanso pueden ser modificados por diferentes métodos de entrenamiento; por ejemplo, los intervalos de descanso del entrenamiento en circuito son más cortos que los del EF tradicional.

DURACIÓN

Las sesiones se estructuraron en tres fases: calentamiento, fase principal y vuelta a la calma. La duración de las sesiones osciló entre 20 y 60 minutos (SHIN et al., 2021; DILEK et al., 2018; SERON et al., 2017; GHAEENI; BAHARI; KHAZAEI, 2015; SERON et al., 2014; SHIELDS et al., 2013; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2012; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2011; TSIMARAS; FOTIADOU, 2004), siguiendo las directrices de la ACSM (RIEBE et al., 2018).

Cabe señalar que muchos estudios no mencionaron la duración de la sesión (POST et al., 2022; DIAZ et al., 2021; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021; FORNIELES et al., 2014; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013; COWLEY et al., 2011; GUPTA et al., 2011; SHIELDS; TAYLOR, 2010; SHIELDS et al., 2008; WEBER; FRENCH, 1988; DAVIS; SINNING, 1987), dado que es más común que reporten los esquemas de series y repeticiones en lugar de la duración de las sesiones.



Recomendaciones. Recomendamos 40 minutos de ejercicio, incluyendo calentamiento, entrenamiento y vuelta a la calma.

FRECUENCIA

La frecuencia del entrenamiento varió entre dos y tres veces por semana, siendo más frecuente tres sesiones semanales (DIAZ et al., 2021; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021; SHIN; JEONG, 2021; DILEK et al., 2018; GHAEENI et al., 2015; FORNIELES et al., 2014; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013; GUPTA et al., 2011; FLORENTINO NETO et al., 2010; TSIMARAS; FOTIADOU, 2004; WEBER; FRENCH, 1988; DAVIS; SINNING, 1987). Esta frecuencia se ajusta a las recomendaciones establecidas por la ACSM (RIEBE et al., 2018).

Se ha demostrado que entrenar dos veces por semana genera resultados en cuanto a ganancias de fuerza en miembros superiores e inferiores, mejora la capacidad funcional, reduce el % grasa y aumenta la masa magra en población con SD (SHIELDS et al., 2013; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2012; COWLEY et al., 2011; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2011b; SHIELDS; TAYLOR, 2010).



Recomendaciones. Las personas con SD deben realizar EF al menos dos veces por semana.

DURACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA

La duración de los programas varió entre 6 - 24 semanas, teniendo la mayoría una duración > 12 semanas (DIAZ et al., 2021; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021; SERON et al., 2017; SERON et al., 2015; FORNIELES et al., 2014; SERON et al., 2014; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013; FLORENTINO NETO et al., 2010; TSIMARAS; FOTIADOU, 2004).

Los programas a corto plazo de 6 semanas, han demostrado efectos positivos sobre la fuerza de las extremidades superiores y el equilibrio en adolescentes con SD (WEBER; FRENCH, 1988; GUPTA et al., 2011). Por otro lado, estudios con intervenciones a más largo plazo, de 21 - 24 semanas, han evidenciado adaptaciones en la composición corporal de adolescentes con SD (DILEK et al., 2018; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2012; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2011b).

Se requieren investigaciones a largo plazo para comprender las respuestas fisiológicas al EF en esta población.



Recomendaciones. La prescripción de EF durante al menos 6 semanas ya indica resultados satisfactorios en la mejora de la fuerza muscular y el equilibrio. Sin embargo, los individuos con SD tendrán efectos adicionales con la EF, como un aumento de la masa magra y de la masa ósea si la EF dura 12 semanas o más.

TIPOS DE EJERCICIO

Los ejercicios incluidos en esta revisión trabajaban los músculos de las extremidades superiores e inferiores, así como el tronco, divididos en multiarticulares y uniarticulares.

Ejercicios multiarticulares

- Músculos cuádriceps femoral, glúteo mayor y aductor mayor.

p. ej., prensa de piernas, prensa de piernas sentado; saltos; peso muerto y sentadilla libre.

- Músculos isquiotibiales.

p. ej., peso muerto; flexión de piernas de pie con pesas en los tobillos; rigidez unilateral.

- Músculos de la espalda.

p. ej., remo unilateral, remo sentado, *pull-down*, remo vertical, *pull-down* del dorsal ancho, *pull-down*, remo lateral, remo frontal.

- Músculos pectorales.

p. ej., press de banca; press de banca sentado; flexiones; flexiones de pared.

- Músculos abdominales.

p. ej., ejercicios abdominales en sus distintas variantes (*crunch* abdominal).

Ejercicios monoarticulares

- Músculo bíceps.

p.ej., curl de bíceps con hilo; curl de brazo y curl de bíceps con cable.

- Músculo tríceps.

p. ej., extensión de tríceps; curl de tríceps, push down de tríceps; extensión de tríceps con cable; tríceps francés

- Músculos de los hombros.

p.ej., desarrollo; elevación frontal y elevación lateral

- Pantorrillas.

p.ej., elevación de pantorrillas sentado; elevación de pantorrillas de pie; elevación de pantorrillas con pesas en los tobillos; elevación de talones

- Músculos cuádriceps.

p.ej., silla extensora

- Músculos isquiotibiales.

p.ej., silla flexora y mesa flexora

- Músculos de la cadera.

p. ej., flexores de la cadera; abductores; aductores y extensores de pie con pesas en los tobillos.

Además, tres estudios incorporaron pliometría con diversas modalidades de ejecución para los miembros inferiores, incluyendo salto vertical desde parado, salto en carrera, salto en caída y salto en caída seguido de salto horizontal (SHIN; JEONG, 2021; DILEK et al., 2018; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2012; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2011b; TSIMARAS; FOTIADOU, 2004).

Para sobrecargar el grupo muscular principal y controlar la carga de entrenamiento, se han utilizado diferentes tipos de equipamiento, tales como máquinas de pesas, mancuernas, sacos de arena, bandas elásticas, balón medicinal, peso corporal y pesos libres (IVERSEN et al., 2021).

En la mayoría de los estudios, se optó por el ejercicio en máquinas debido a que estas guían el movimiento y resultan más seguras durante la fase inicial del entrenamiento (DIAZ et al., 2021; IVERSEN et al., 2021; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021; WEBER; FRENCH, 1988; SHIELDS et al., 2008; SHIELDS; TAYLOR, 2010; SERON et al., 2017; SERON et al., 2015; FORNIELES et al., 2014; SERON et al., 2014; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013; SHIELDS et al., 2013; COWLEY et al., 2011).



La literatura recomienda que los ejercicios seleccionados sean simples y fáciles de entender para personas con discapacidad. Además, los profesionales de Educación Física deben proporcionar un apoyo personalizado, instruyendo y demostrando cada ejercicio de distintas formas para que el individuo pueda ejecutarlo correctamente (JACINTO; OLIVEIRA; BRITO; MARTINS et al., 2021; DUPLANTY; VINGREN; KELLER, 2014). Por ello, un período de familiarización con los ejercicios es fundamental para que las personas con SD aprendan la ejecución adecuada, superen el temor al uso del equipo y asimilen el movimiento, permitiendo así que la EF produzca efectos positivos (JACINTO et al., 2021; DUPLANTY et al., 2014). Según el nivel cognitivo, el seguimiento profesional puede ser menos intensivo, ya que en casos de discapacidad intelectual leve, el individuo podrá aprender rutinas y desarrollar mayor autonomía en algunos ejercicios.



Recomendaciones. Los profesionales de la educación física, los fisioterapeutas y los terapeutas ocupacionales deberían considerar el uso de máquinas de ER para realizar ejercicios multiarticulares y monoarticulares para las extremidades inferiores y superiores, ya que existe un mayor control y precisión del movimiento en la población con SD.

La infografía muestra un resumen de las recomendaciones para prescribir entrenamiento de fuerza a personas con SD.

CONSIDERACIONES SOBRE EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA PARA PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN

ETAPA 1: ANAMNESIS

Características del síndrome de Down

- Hipotonía muscular y laxitud ligamentosa
- Cardiopatías congénitas
- Envejecimiento prematuro
- Equilibrio reducido
- Reducción de la fuerza y la masa muscular
- Pies planos
- Inestabilidad atlantoaxoidea
- Dificultades de comunicación
- Riesgo de síndrome metabólico
- Riesgo de Alzheimer

Comunicación
Oportunidad
Respeto
Diversión

ETAPA 2: PRESCRIPCIÓN DE FORMACIÓN



EMPEZAR CON EL SIMPLE

2 a 3 SERIE

10 a 12 REPETICIONES

90s PAUSAS DE DESCANSO

6 TIPOS DE EJERCICIOS

GRUPOS MUSCULARES GRANDES Y PEQUEÑOS (BRAZOS Y PIERNAS/ BILATERAL)

+ EQUILIBRIO Y ENTRENAMIENTO ABDOMINAL



PARA SABER +



MELO, GLR, ET AL. CONHECENDO A SPECIAL OLYMPICS - SANTOS: PARADESPORTO BRASIL + ACESSÍVEL, 2023. --P. 15: IL: COLOR. ISBM: 978-65-00-70188-3. DOI: 10.13140/RG.2.2.20662.88644





SALUD Y BENEFICIOS POTENCIALES DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN

FUERZA MUSCULAR

La literatura muestra que la EF es una opción segura, socialmente deseable y viable para los individuos con SD a lo largo de sus vidas (SUGIMOTO et al., 2016; SHIELDS et al., 2013; SHIELDS; TAYLOR, 2010; SHIELDS et al., 2008; WEBER; FRENCH, 1988; DAVIS; SINNING, 1987). La EF mejora la fuerza muscular en individuos con SD, representada por aumentos en la fuerza máxima de prensión de la mano, la extensión isocinética de la rodilla y la fuerza de flexión, que tuvieron una magnitud de cambio del 19 % y 27 %, respectivamente, en comparación con el grupo control (COWLEY et al., 2011; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021).

Shields y colegas (2013) informaron de un aumento del 21-30 % en la fuerza muscular entre niños y adultos jóvenes con SD después de 10 semanas de EF. Estos resultados fueron corroborados en adolescentes y adultos con SD que utilizaron programas de EF similares (dos veces por semana durante 10 semanas) (SHIELDS et al., 2008; SHIELDS; TAYLOR, 2010; COWLEY et al., 2011). Los adolescentes experimentaron un aumento del 42 % en la fuerza muscular de las extremidades inferiores, y los adultos ganaron un 25 % de fuerza muscular en las extremidades superiores (SHIELDS et al., 2008; SHIELDS; TAYLOR, 2010).

Estos resultados positivos se verifican en otros estudios que han observado mejoras en la fuerza muscular de los miembros superiores e inferiores tras el entrenamiento (WEBER; FRENCH, 1988; DAVIS; SINNING, 1987). Merece la pena subrayar que el EF es una forma importante de ejercicio que hace algo más que simplemente aumentar la fuerza muscular. Se ha demostrado que unas extremidades más fuertes mejoran la capacidad funcional y, en consecuencia, las tareas cotidianas y las actividades físicas (SHIELDS; TAYLOR, 2010).

Aumentar y mantener la fuerza y la masa muscular desde la infancia es esencial para las personas con SD. Estos individuos presentan índices de masa muscular y capacidad física similares o peores en comparación con personas mayores con sarcopenia (COELHO JUNIOR et al., 2019). Melo et al. (2022) utilizaron un parámetro para rastrear la salud muscular en adolescentes con SD, el índice de calidad muscular (ICM), que es la relación entre la fuerza de prensión de la mano y la masa magra de las extremidades superiores o inferiores. El estudio mostró que los adolescentes con SD tienen ICMs más bajos en comparación con adolescentes sin SD, tanto en el método evaluado en las pruebas de laboratorio (densitometría ósea - DEXA y el dinamómetro handgrip) como en los protocolos de campo (IMC y handgrip), ver figura 10.

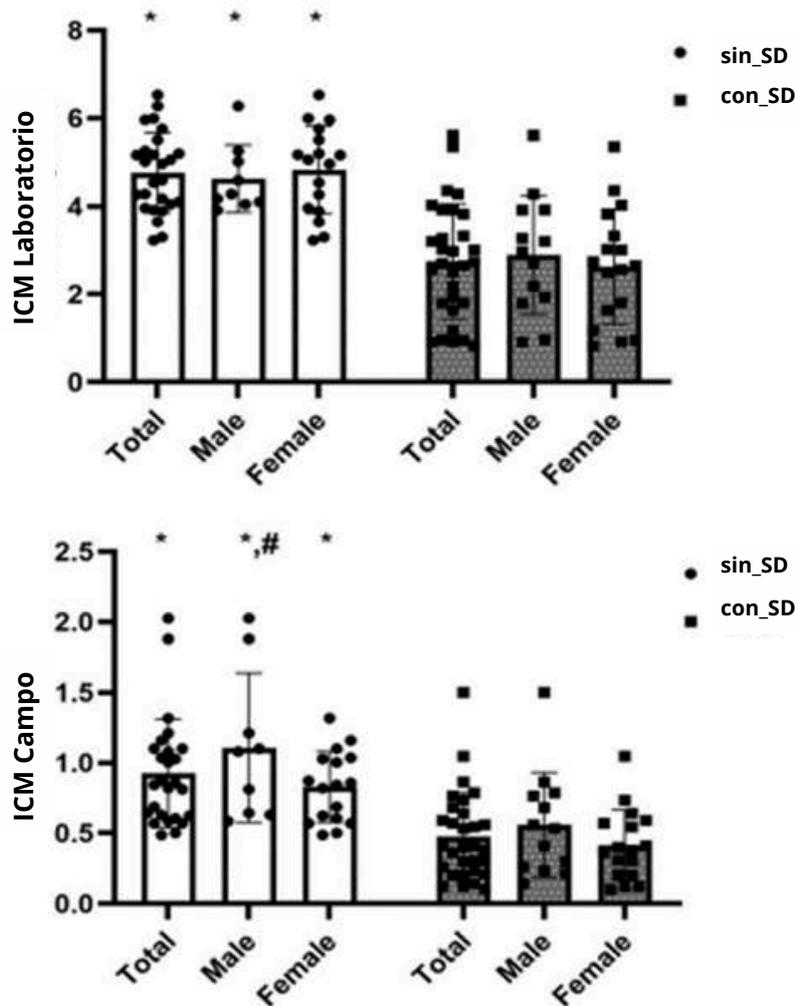


Figura 10. ICM de laboratorio y de campo entre adolescentes con y sin SD. Nota: * $p \leq 0,05$ entre grupos; # $p \leq 0,05$ entre sexos dentro del mismo grupo; ICM = índice de calidad muscular; SD = síndrome de Down. Figura del estudio de Melo et al., (2022).

Así pues, los autores sugieren que la ICM obtenida mediante pruebas de campo puede utilizarse en la práctica clínica diaria, ya que es fácil de aplicar y de bajo coste. Además, puede replicarse en diferentes entornos, ya sea en escuelas, hospitales, gimnasios, deportes, etc.

También puede utilizarse para evaluar la salud muscular de individuos con SD en diferentes contextos socioeconómicos. Por lo tanto, la identificación precoz de valores reducidos de ICM puede contribuir a neutralizar posibles efectos adversos como la sarcopenia, el riesgo de caídas y la hospitalización, independientemente del sexo y la edad.



Recomendaciones. Las personas con SD pueden aumentar sustancialmente su fuerza muscular después de la ER.

¿CÓMO EVALUAR EL ÍNDICE DE CALIDAD MUSCULAR - ICM?

Laboratorio ICM

CÓMO

El ICM de laboratorio es la relación entre la fuerza de prensión y la masa muscular del brazo (en kg) medida mediante DEXA



MATERIAL



DEXA



Estadiómetro



Escalas



Handgrip



DÓNDE



Laboratorio



Universidade



Hospital

Campo IQM

CÓMO

La ICM sobre el terreno puede cuantificarse mediante la relación entre la fuerza de prensión y el índice de masa corporal.



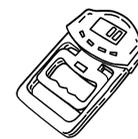
MATERIAL



Estadiómetro



Escalas



Handgrip



DÓNDE



Gimnasios



Escuelas



Polideportivo

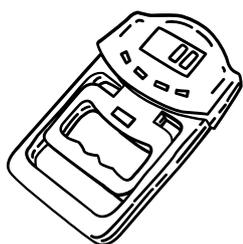
PARA SABER +



MELO, G.; MORAES, M.; NASCIMENTO, E.; BOATO, E. et al. Field-based versus laboratory-based estimates of muscle quality index in adolescents with and without Down syndrome. Journal of Intellectual Disability Research, 2022.



CÓMO REALIZAR UNA EVALUACIÓN ¿EN MANO?



El **Handgrip** test es un método estandarizado para evaluar la fuerza de los músculos de la mano y el antebrazo, que se ha correlacionado con la función de las extremidades superiores. También evalúa la fuerza general. La prueba consiste en completar tres (3) flexiones a cada lado y registrar el mejor valor.

Procedimiento

- Utilizar un dinamómetro de mano con empuñadura ajustable, para que se adapte mejor al tamaño de la mano y a la longitud de los dedos del individuo (segunda falange), y registrar el ajuste según el tipo de dinamómetro.
- Registrar la mano dominante en el formulario (mano utilizada para comer o escribir).
- Explique al alumno/deportista que no debe mover el resto del cuerpo durante la realización de la prueba. También deben mantener el brazo y la mano a su lado con el codo doblado a 90 grados mientras realizan la prueba.
- El deportista debe realizar tres (3) intentos de apretar lo más fuerte posible.
- El deportista debe sentarse erguido con la espalda recta en una silla o silla de ruedas para realizar la prueba.
- Poner el marcador a cero.
- El evaluador debe entrenar al deportista para que inicie la prueba a su señal, “prepárate, aprieta, fuerza”, así como estimularle durante la prueba con información verbal.
- Indique al atleta que apriete con fuerza durante seis segundos y luego suelte.
- Tras la prueba, el evaluador debe anotar la marca conseguida y poner el marcador a cero para el siguiente intento.
- Registre los resultados de cada intento en kilogramos/fuerza.
- El evaluador debe realizar la prueba alternando los lados (derecho e izquierdo).
- Anote el mejor resultado de cada lado.
- Compare el resultado de cada lado con las normas estandarizadas del percentil 10 para la edad y el sexo*.
- Un resultado inferior al percentil 10 de la normalidad para la edad y el sexo puede indicar la necesidad de una mayor familiarización.

***Véase la tabla de normas de agarre por edades en la página siguiente.**

PARA SABER +

FUNFITNESS. <https://resources.specialolympics.org/health/funfitness?locale=en>
CABEZA-RUIZ, Ruth et al. Feasibility and reliability of a physical fitness test battery in individuals with Down syndrome. International journal of environmental research and public health, v. 16, n. 15, p. 2685, 2019.



¿CÓMO REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE LA EMPUÑADURA?

Límites de fuerza de prensión de la mano en el percentil 10 por edad con mediciones en kilogramos (kg) en atletas de Special Olympics (FUNFitness, 2023)

Hombres			Mujeres				
Edad	Una mano	Dos manos	Edad	Una mano	Dos manos		
10	5.5	11.0	10	5.0	10.0		
11	8.0	16.0	11	6.0	12.0		
12	11.5	23.0	12	9.0	18.0		
13	14.0	28.0	13	13.0	26.0		
14	19.5	39.0	14	13.5	27.0		
15	27.7	55.0	15	15.5	31.0		
16	34.0	68.0	16	16.5	33.0		
17	35.0	70.0	17	15.5	31.0		
18	40.5	81.0	18	15.5	31.0		
19	42.0	84.0	19	18.0	36.0		
Edad	Derecha	Izquierda	Dos manos	Edad	Derecha	Izquierda	Dos manos
20-24	44.5	40.8	85.3	20-24	21.8	18.6	40.4
25-29	42.6	39.0	81.6	25-29	20.9	17.7	38.6
30-34	40.8	37.2	78.0	30-34	20.4	17.2	37.6
35-39	39.0	35.4	74.4	35-39	19.5	16.3	35.8
40-44	36.3	33.6	69.9	40-44	18.6	15.9	34.5
45-49	34.5	31.3	65.8	45-49	18.1	15.0	33.1
50-54	32.7	29.5	62.1	50-54	17.2	14.5	31.8
55-59	30.8	27.7	58.5	55-59	16.8	13.6	30.4
60-64	28.6	25.4	54.0	60-64	15.9	13.2	29.0
65-69	26.8	23.6	50.3	65-69	15.0	12.2	27.2
70-74	24.5	21.8	46.3	70-74	14.5	11.8	26.3
75-79	22.7	20.0	42.6	75-79	13.6	10.9	24.5
80-84	20.9	18.1	39.0	80-84	13.2	10.4	23.6

PARA SABER +

FUNFITNESS. <https://resources.specialolympics.org/health/funfitness?locale=en>
 CABEZA-RUIZ, R. et al. Feasibility and reliability of a physical fitness test battery in individuals with Down syndrome. International Journal of environmental research and public health, v. 16, n. 15, p. 2685, 2019.



DAÑOS MUSCULARES

Hay que tener en cuenta que el EF puede provocar daños musculares, especialmente cuando se prescribe de forma inadecuada o cuando el individuo tiene un control motor limitado, una técnica incorrecta o contracciones excéntricas excesivas, lo que provoca dolor muscular de aparición tardía (CLARKSON; HUBAL, 2002). Por ello, es fundamental realizar un programa de entrenamiento adecuado, con progresión de cargas y respetando la individualidad de las personas con SD, ya que presentan baja forma física, menor fuerza y masa muscular (MELO et al., 2022; COELHO-JUNIOR et al., 2019; FERNHALL et al., 2013).

Esta condición se observa en el estudio de DIAZ et al. (2021), quienes evaluaron el impacto del EF sobre los marcadores de daño muscular en adultos con SD. Los marcadores de daño muscular no mostraron cambios significativos tras 12 semanas de EF: creatina quinasa ($196,4 \pm 39,8$ U/L vs. $211,1 \pm 40,7$ U/L), concentración de mioglobina ($63,1 \pm 6,7$ ng/mL vs. $68,4 \pm 7,4$ ng/mL) y actividad de lactato deshidrogenasa ($128,0 \pm 26,9$ U/L vs. $135,9 \pm 27,8$ U/L). A pesar de ello, hubo un aumento de 1,5 kg en la masa muscular y de 0,6 kg/m² en el índice musculoesquelético en el grupo de intervención, mientras que no hubo cambios en el grupo control (DIAZ et al., 2021). Otro punto a destacar es la adherencia al EF, que fue del 96 % a lo largo de 12 semanas. Además, los participantes no sufrieron lesiones ni abandonos relacionados con la práctica; estas condiciones han sido reportadas de forma consistente por otros estudios (COWLEY et al., 2011; DIAZ et al., 2021; SHIELDS et al., 2013; SHIELDS et al., 2008).



Recomendaciones. El daño muscular no cambia tras la EF utilizando un protocolo de intensidad leve a moderada. Sin embargo, se necesita más información para comprender la naturaleza precisa de la relación entre el EF y el daño muscular en individuos con SD.

CAPACIDAD FUNCIONAL

Para evaluar la capacidad funcional, pueden emplearse diversos protocolos destinados a medir las tareas funcionales asociadas a las capacidades físicas de las extremidades superiores e inferiores en adolescentes y adultos con SD. Algunas incluyen: sentarse y levantarse de una silla; subir y bajar diez escalones; velocidad de la marcha; y la prueba cronometrada de subida y bajada de escaleras (POST et al., 2022; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013; COWLEY et al., 2011; SHIELDS; TAYLOR, 2010; SHIELDS et al., 2008). La ACSM recomienda una serie de pruebas de tareas laborales para la evaluación de la capacidad funcional (RIEBE et al., 2018), entre las que se encuentran el apilamiento repetitivo de cajas con peso y la prueba de transporte de cubos (FORNIELES et al., 2014; SHIELDS et al., 2013).

El programa de EF, con una duración de 10 y 12 semanas, mostró que los participantes experimentaron una mejora significativa en todas las puntuaciones relacionadas con la función física de las extremidades inferiores, salvo en la prueba cronometrada de subir y bajar escaleras (SHIELDS; TAYLOR, 2010; SHIELDS et al., 2008). No obstante, los mismos estudios no evidenciaron diferencias significativas entre los grupos (experimental frente a control) en las actividades funcionales del tren superior, como en la tarea de colocar productos en estanterías (SHIELDS; TAYLOR, 2010; SHIELDS et al., 2008). Se sugiere que tanto la intensidad como el volumen del entrenamiento podrían haber sido insuficientes para inducir mejoras en la capacidad funcional. La transferencia de los resultados del programa de EF no evidenció mejoras en el desempeño de las tareas funcionales de apilar cajas y transportar cubos con peso, a pesar de observarse un incremento del 21-30 % en la fuerza (SHIELDS et al., 2013).

Shields et al. (2013) señalaron que tanto la especificidad como la duración del programa de EF podrían haber influido en los resultados, dado que la prueba de apilamiento de cajas suele requerir un mínimo de diez semanas para reflejar un cambio significativo. Tras 12 semanas de EF, se observó una mejora en la prueba de apilamiento repetitivo de cajas con peso ($19,1 \pm 3,0$ frente a $23,3 \pm 2,7$ cajas/min; $p = 0,0141$), y también mejoraron las puntuaciones en la prueba de carga de cubos en el grupo de intervención con SD ($33,1 \pm 5,7$ m frente a $41,8 \pm 6,0$ m; $p = 0,004$) (DÍAZ et al., 2021; FORNIELES et al., 2014). Aunque la duración del programa pudo haber influido en los resultados divergentes, también cabe argumentar que el modelo de entrenamiento adoptado entre los distintos estudios pudo haber condicionado los hallazgos. Shields et al. (2013) optaron por un modelo tradicional de EF —esto es, menor carga de ejercicio distribuida en un periodo más prolongado—, mientras que Post et al. (2022), Díaz et al. (2021) y Fornieles et al. (2014) incrementaron la intensidad y el volumen de entrenamiento cada quince días.

Post et al. (2022) demostraron que un programa de 10 semanas era suficiente para mejorar pruebas de aptitud física, como la prueba de flexibilidad de sentarse y alcanzar, la flexión de brazos en 30 segundos, los abdominales en 30 segundos y el test de sentarse y levantarse de la silla en 30 segundos, obteniéndose tamaños del efecto de moderados a elevados, tal como se muestra en la figura 11. La mejora de las tareas laborales reviste una importancia crucial para las perspectivas de empleo de los adultos con SD, dado que sus actividades en el entorno laboral suelen exigir más habilidades físicas que cognitivas (SHIELDS et al., 2008).

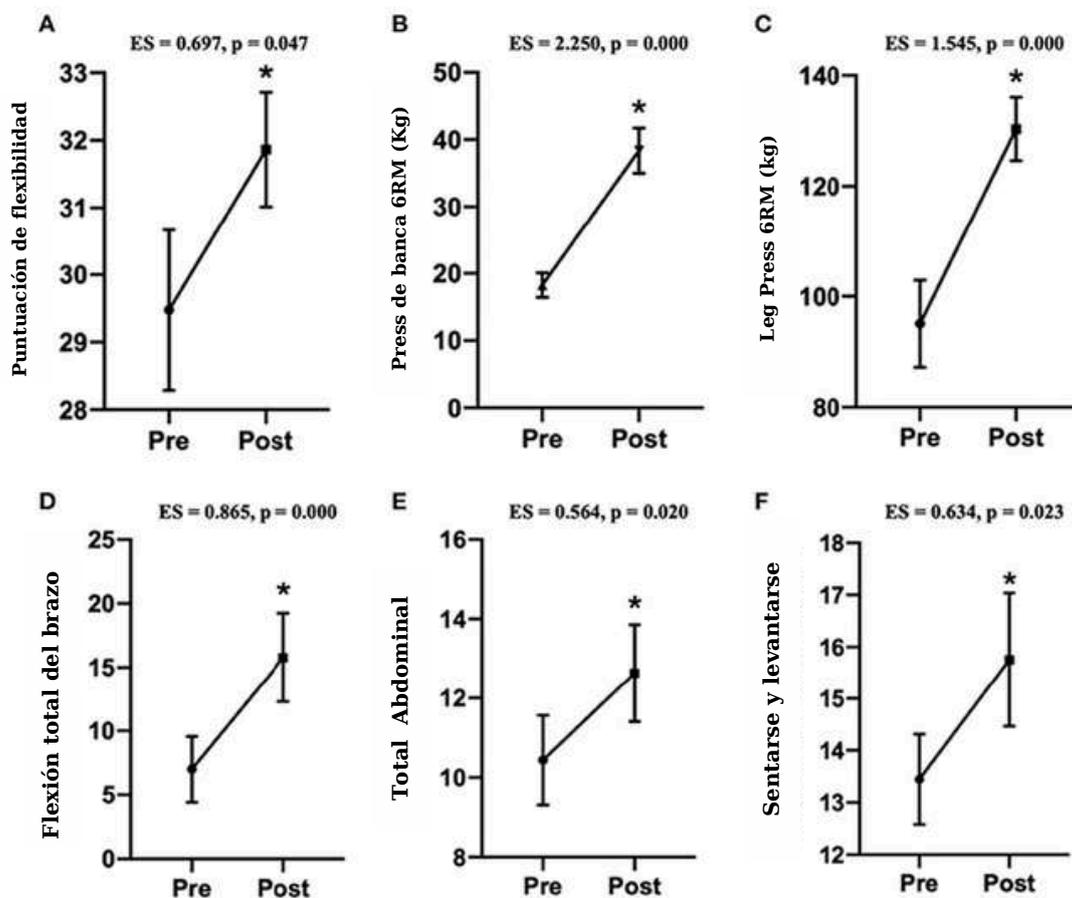


Figura 11. Los datos se presentan como media \pm error estándar. El *indica una diferencia significativa en comparación con antes de la intervención (n = 11). (A) Puntuación en la prueba de flexibilidad. (B) Cambio en la prueba de press de banca 6 RM. (C) Cambio en la prueba de press de pierna tumbado 6 RM. (D) Cambio en la prueba de flexión de brazos 30s modificada. (E) Cambio en la prueba de abdominales completos 30s. (F) Cambio en la prueba de abdominales 30s. Figura del estudio de Post et al., (2022).



Recomendaciones. Se han descrito mejoras de la capacidad funcional tras la ER utilizando protocolos de intensidad moderada a vigorosa. Es posible que los programas deban durar diez semanas y aumentar progresivamente el volumen/la carga.

¿CÓMO REALIZAR UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL?



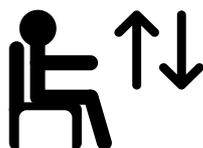
Las pruebas de evaluación funcional que se presentan a continuación son pruebas aisladas que el profesor/entrenador puede utilizar en función del objetivo de la prescripción de formación o del plan de clases.



Prueba repetitiva de apilamiento de cajas
"repetitive weighted-box-stacking test"

Posición inicial: de pie frente a la caja. A la orden de inicio, la persona sometida a la prueba debe agacharse, recoger la caja colocada en el suelo y colocarla sobre la mesa de 75 cm de altura. La medida es el número de repeticiones en 1 minuto.

Equipamiento: Cronómetro, mesa y cajas de 10 kg



Prueba de abdominales en silla para 30

Posición inicial: Sentado en una silla, con las manos cruzadas delante del cuerpo y tocando el hombro opuesto a la altura de la muñeca. Los pies deben estar apoyados en el suelo, la espalda recta. A la señal de "Adelante", levantarse completamente y volver a sentarse. La señal verbal de inicio no es necesaria para los siguientes intentos. Registrar el número de repeticiones en 30s.

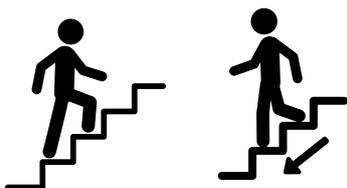
Material: Cronómetro y silla



Prueba de carga del cubo
"weighted pail carry test"

Posición inicial: De pie con los cubos en cada mano. A la orden "Adelante", empezar a caminar llevando los cubos. Medir la distancia total que los participantes pueden caminar en 30 segundos llevando dos cubos de 20 litros, cada uno de 10 kg, en un recorrido de 10 metros.

Material: Cronómetro, dos cubos de 20 L y dos pesas de 10 kg.



Prueba de subir y bajar escaleras

Posición de partida: De pie a la orden "Adelante", los participantes deben subir, girar y bajar un tramo de escaleras lo más rápidamente posible. Pueden elegir cualquier método para realizar la prueba, como alternar los escalones, subir las escaleras corriendo o utilizar las barandillas como apoyo. El tiempo empleado para completar la tarea se registra en segundos utilizando un cronómetro. La escalera debe tener 10 peldaños.

Material: Cronómetro y escalera.

¿CÓMO REALIZAR UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL?



Las pruebas de evaluación funcional que se presentan a continuación son pruebas aisladas que el profesor/entrenador puede utilizar en función del objetivo de la prescripción de formación o del plan de clases.



**Estanterías de comestibles
"Grocery Shelving Task"**



Flexión del tronco 30s

Para realizar la prueba de Tarea de Estantería de Comestibles, se utiliza una estantería con un estante fácilmente ajustable. Frente al estante, el paciente en posición ortostática se ajusta a 15 cm por encima del nivel de los hombros. Delante de la estantería se coloca una mesa de 30 cm de ancho y 90 cm de alto. Veinte latas o pesas de comestibles de 420 g se dividen a partes iguales y se colocan en dos bolsas de la compra en el suelo a ambos lados de la mesa. Se coloca una silla para que el sujeto se sienta a una distancia de 1 metro de la mesa.

Posición inicial: a la orden de "inicio", el sujeto debe levantarse y colocar los objetos de las dos bolsas de la compra en el estante que tiene delante lo más rápidamente posible. Lo único que no puede hacer es poner más de una lata en la mano a la vez o levantar las bolsas directamente sobre la estantería. Cuando terminen, coloquen ambos brazos a los lados. Completa la prueba lo más rápidamente posible y anota el tiempo empleado.

Material: Cronómetro, dos bolsas y 10 pesas de 410 g y un estante.

Posición inicial: el sujeto se tumba boca arriba con las rodillas flexionadas y los pies apoyados en el suelo. Los codos doblados y los brazos por encima del torso. El profesor mantiene los pies del sujeto en el suelo. Comience cada sesión con la espalda apoyada en el suelo. Levántese hasta 90 grados de flexión del tronco y vuelva a la posición inicial. Complete tantas repeticiones como sea posible en 30 segundos. Cuente cada movimiento completo.

Equipamiento: Cronómetro.

¿CÓMO REALIZAR UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL?



Las pruebas de evaluación funcional que se presentan a continuación son pruebas aisladas que el profesor/entrenador puede utilizar en función del objetivo de la prescripción de formación o del plan de clases.



Flexiones 30s

Posición inicial: La persona que se somete a la prueba se tumba en el suelo, boca abajo; apoya las manos en el suelo, por debajo de los hombros y separadas un poco más que la anchura de los hombros; extiende los codos, levantando todo el cuerpo a la vez; mantiene la espalda recta, alineada; flexiona los codos y vuelve casi a la posición inicial, sin tocar el suelo con el cuerpo. Si el participante no puede flexionar el brazo, puede utilizar ambas rodillas para apoyarse en el suelo.

Material: Cronómetro



Prueba de sentarse y alcanzar

Posición inicial: La prueba comienza con el sujeto sentado con las piernas extendidas (extensión de rodillas, pies apoyados en una caja y alcanzando los dedos de los pies. No se debe llevar calzado. El individuo se estira todo lo que puede, doblando las caderas y la cintura. Se mide la distancia que alcanzan las puntas de los dedos de los pies.

Material: Cronómetro y banco Welles

Dicas

- Demuestre siempre la prueba de antemano y asegúrese de que los alumnos realizan el movimiento hasta que comprendan el procedimiento antes de empezar a evaluar.
- Colóquese delante del alumno para animarle a continuar o garantizar su seguridad.
- Ayudar al alumno a colocarse en posición o el alumno puede utilizar la silla para ayudarle a colocarse en posición.
- El recuento del tiempo comienza cuando el deportista está en la posición sin ayuda y continúa hasta que el alumno haya realizado el número máximo de movimientos establecido en la prueba (tiempo máximo en segundos).

PARA SABER +



FUNFITNESS. <https://resources.specialolympics.org/health/funfitness?locale=en>



EQUILIBRIO

Los individuos con SD presentan un déficit en el equilibrio postural que puede explicarse por alteraciones estructurales como la hipoplasia del cerebelo, un tronco encefálico de menor tamaño y un cuerpo calloso reducido. Estos factores son responsables de la hipotonía muscular, la disminución en la fluidez de los movimientos y del control axial, así como de la merma en la coordinación, el equilibrio y una lateralidad atípica. Las alteraciones en la regulación del equilibrio o en el sistema de control postural pueden asociarse a debilidad muscular, disfunciones en los procesos de integración sensorial, hipoplasia cartilaginosa y baja densidad ósea, lo que conduce a contracciones musculares inadecuadas y a cambios anatómicos. Por su parte, la laxitud ligamentosa en las articulaciones está provocada por la hipotonía (MALAK et al., 2022; FOLEY; KILLEEN, 2019; SHIOHAMA et al., 2019; GUZMÁN-MUÑOZ; GUTIÉRREZ-NAVARRO; MIRANDA-DÍAZ, 2017; KIM et al., 2017; LAUTESLAGER; VERMEER; HELDERS, 1998).

Estas alteraciones estructurales originan un retraso significativo en el desarrollo de las habilidades motoras en niños con SD, tales como rodar, coger, saltar, lanzar, dar patadas, sentarse y ponerse de pie. Como resultado, la mayoría de estos niños alcanzará la bipedestación independiente entre los 3 y los 4 años, y solo entre un 18 % y un 25 % serán capaces de correr, subir escaleras y saltar hacia delante a la edad de 4 años (MALAK et al., 2022). Además, la literatura señala que los déficits de equilibrio en jóvenes con SD pueden incrementar el riesgo de caídas, reducir la capacidad funcional y provocar limitaciones en el desarrollo de las actividades de la vida diaria (KIM et al., 2017; PAILLARD, 2017; LAUTESLAGER et al., 1998).

En este sentido, el ejercicio físico ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar el equilibrio estático y dinámico en niños con SD, con avances observados mediante la aplicación de distintos tipos de ejercicios, tales como juegos electrónicos con movimiento, vibración de cuerpo completo, estiramientos, trabajo de fuerza y ejercicios de equilibrio (MAÑANO et al., 2019), o mediante caminatas en cinta rodante y fortalecimiento de la musculatura abdominal (ALSAKHAWI; ELSHAFFEY, 2019). Estos hallazgos refuerzan la recomendación de iniciar y/o mantener la práctica regular de ejercicio físico desde la infancia en personas con SD.

En este contexto, la literatura ha documentado que diversos programas de EF han resultado eficaces para mejorar el equilibrio. Gupta et al. (2011) informaron de una mejora significativa en las puntuaciones de la subescala de equilibrio del Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP), que pasaron de 10,50 a 19,50 en el grupo de intervención tras un programa de fortalecimiento de los músculos de la cintura pélvica y de las extremidades inferiores durante seis semanas (tres sesiones semanales al 50 % de 1RM) (GUPTA et al., 2011).

En el protocolo BOTMP se evaluaron los siguientes movimientos de equilibrio: equilibrio con una pierna; equilibrio con una pierna sobre una barra de equilibrio; equilibrio con una pierna sobre una barra de equilibrio con los ojos cerrados; caminar hacia delante sobre una línea; caminar hacia delante sobre una barra de equilibrio; caminar de puntillas; caminar de puntillas sobre una barra de equilibrio; y equilibrio con una pierna y tronco inclinado con extensión del codo sobre una barra de equilibrio (GUPTA et al., 2011). Resultados similares se observaron tras la EF asociada al entrenamiento del equilibrio, dando lugar a una mejora del equilibrio estático en niños y adultos con SD después de ocho semanas (3x a la semana) (SHIN et al., 2015). Además, Tsimaras y Fotiadou (2004) encontraron un aumento significativo en la fuerza muscular de las piernas y en la capacidad de equilibrio dinámico tras una intervención de 12 semanas (3 sesiones por semana) en adultos con SD.

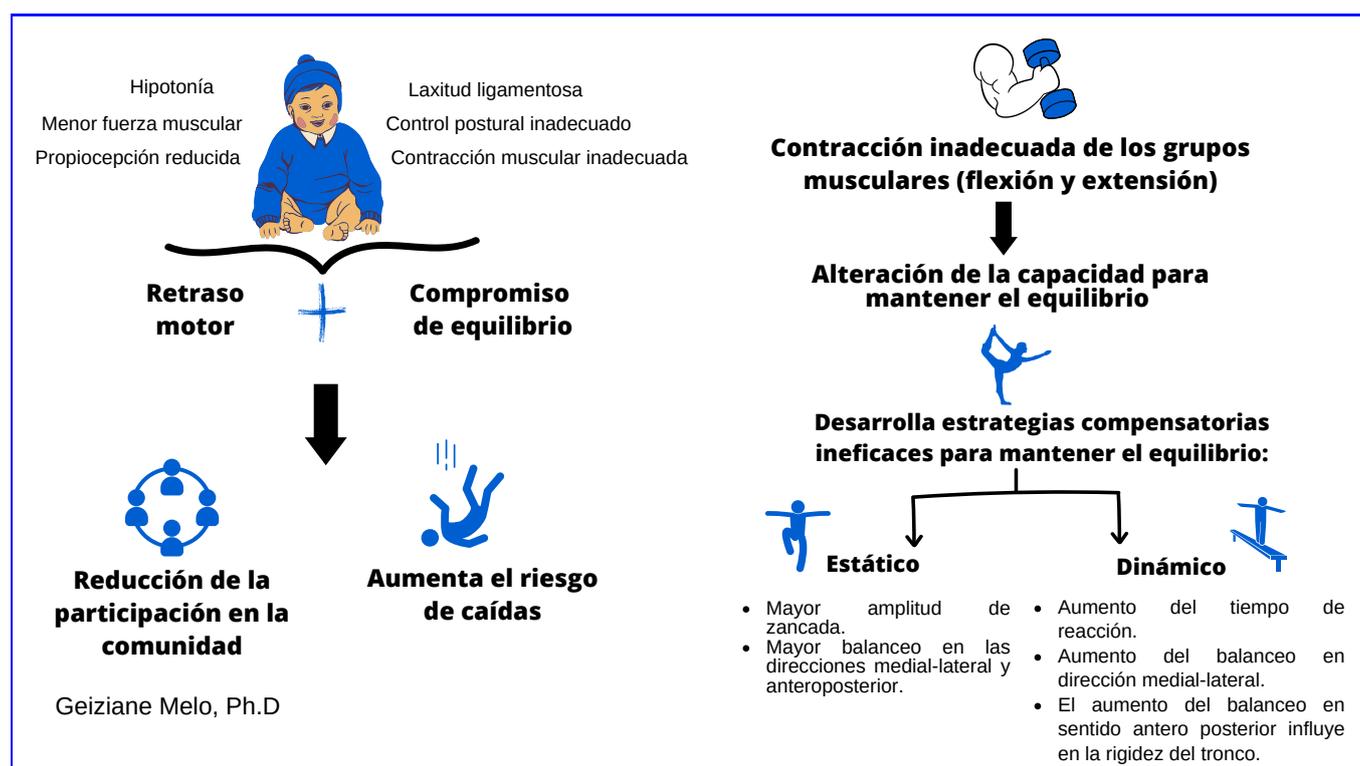


FIGURA 12. Resumen del equilibrio en individuos con SD. Adaptado del estudio de Jain et al. (2022).

Se pudo observar que tanto el equilibrio estático como el dinámico mejoraron tras la EF. Pero, ¿a qué se debió esta mejora? Las personas con SD presentan una reducción de la sustancia blanca del cerebelo, hipotonía muscular, pies planos y una mayor distancia entre los hallux (dedos gordos del pie), factores que contribuyen a disminuir tanto el equilibrio estático como el dinámico. Por lo tanto, una forma de mitigar esta afección consiste en aumentar la estabilidad articular y reforzar la pared abdominal mediante el fortalecimiento muscular. Asimismo, caminar en una cinta a una velocidad máxima de 4 km/h, en función de la edad y la estatura del individuo, contribuye a trabajar el control postural (ALSAKHAWI; ELSHAFFEY, 2019).

En cuanto a la zancada, los niños con SD tienen dificultades para ajustar el centro de presión durante la marcha y el control postural, por lo que la amplitud de la zancada es mayor y presenta poca oscilación medio-lateral (CHEN; YEH; HOWE, 2011). Por su parte, los adolescentes con SD muestran una mayor oscilación de la zancada, debido a mayores desplazamientos del centro de presión en sentido anteroposterior y mediolateral (RIGOLDI et al., 2011). Esto se traduce en una pérdida de equilibrio estático, y para compensarla, los niños con SD utilizan una mayor amplitud de zancada con el fin de ganar más estabilidad. En cambio, los adolescentes con SD aceleran la zancada para mantener un ritmo rápido y aumentan las oscilaciones en dirección medio-lateral como estrategia para ajustar el equilibrio estático y, en actividades dinámicas, mantener el equilibrio (FIGURA 12) (CHEN; YEH; HOWE, 2011; RIGOLDI et al., 2011; MALAK et al., 2022).

En cuanto al equilibrio dinámico, a los individuos con SD les resulta extremadamente difícil mantenerse de pie y caminar debido a la contracción inadecuada de los grupos musculares flexores y extensores, esenciales para mantener el equilibrio (CHEN; YEH; HOWE, 2011). Así, cuando comienzan a caminar, alrededor de los 3 o 4 años de edad, se observa una mayor inestabilidad y un mayor gasto energético. Esto se traduce en una menor aptitud cardiorrespiratoria y en una fatiga precoz, que se manifiesta en la acción muscular (por ejemplo, en la fuerza y la fuerza muscular) durante la AF de intensidad moderada a vigorosa. También cabe destacar el aumento del tiempo de reacción, una mayor oscilación postural en dirección medio-lateral y una menor oscilación anteroposterior en actividades que requieren mantener el equilibrio dinámico (FIGURA 12) (MALAK et al., 2022). Para compensar esta falta de equilibrio, los niños y adolescentes con SD recurren a otras estrategias posturales, como el endurecimiento del tronco y un mayor desplazamiento posterior, con el fin de ganar y controlar el impulso motor y completar eficazmente la tarea motora (MALAK et al., 2022).

Por otro lado, estas estrategias pueden influir negativamente en el equilibrio y aumentar el riesgo de caídas, así como reducir la capacidad funcional y la participación comunitaria en esta población (TSIMARAS; FOTIADOU, 2004).



Recomendaciones. Los individuos con SD pueden aumentar sustancialmente su equilibrio estático y dinámico después de la EF.

¿CÓMO EVALUAR EL EQUILIBRIO?

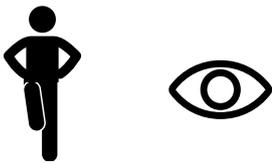
EQUILIBRIO ESTÁTICO

La prueba de la postura en tándem se realiza con los ojos abiertos y es un método para cuantificar la estabilidad postural y el equilibrio cuando la base de apoyo (latero-lateral) es estrecha, con la ayuda de señales visuales. *Posición inicial:* de pie, con una pierna directamente delante de la otra, el talón del pie delantero tocando los dedos del pie trasero. El equilibrio debe mantenerse durante **30 segundos**. Se realizarán tres intentos en cada lado (derecho e izquierdo, alternando la posición del pie delantero). Si el sujeto es incapaz de adoptar la posición de tándem, deberá adoptar la posición de tándem modificada. Se registrará el número de segundos que el sujeto es capaz de mantener la postura de tándem.



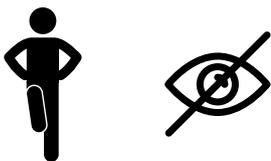
**Postura Tándem -
Ojos abiertos**

La prueba de postura unipodal con los ojos abiertos es un método sencillo para cuantificar el equilibrio con la ayuda de señales visuales. Posición inicial: La prueba requiere que el deportista se ponga de pie sobre una pierna con los ojos abiertos. El equilibrio debe mantenerse durante el mayor tiempo posible, **hasta 20 segundos**. Se registra el tiempo completado antes de perder el equilibrio



**Postura sobre una pierna -
Ojos abiertos**

La prueba de postura unilateral con los ojos cerrados es un método sencillo para cuantificar el equilibrio sin ayuda de señales visuales. Esta prueba requiere que el participante se ponga de pie sobre una pierna con los ojos cerrados o con los ojos vendados. El equilibrio debe mantenerse durante el mayor tiempo posible, **hasta 10 segundos**, y se registra el tiempo obtenido antes de perder el equilibrio.



**Postura sobre una pierna -
Ojos cerrados**

Dicas

- Colocar una silla al alcance del deportista para que se agarre si se desequilibra.
- El profesor debe:
- Demostrar la prueba.
- Indicar al alumno que coloque las manos en las caderas.
- Situarse delante del alumno para animar al deportista a continuar sin miedo a caerse.
- Ayudar al alumno a colocarse en posición o el alumno puede utilizar la silla para ayudarse a colocarse en posición.
- Tener una mano libre para cronometrar, y el conteo de tiempo comienza cuando el atleta está en la posición sin ayuda y continúa hasta que el atleta pierde el equilibrio (tiempo máximo en segundos).
- Registre el tiempo que el atleta permanece en la posición antes de perder el equilibrio.
- Recuerde realizar la prueba en ambos lados del atleta (pierna derecha e izquierda).



PARA SABER +

FUNfitness (physical therapy)

[.https://resources.specialolympics.org/health/funfitness?locale=en](https://resources.specialolympics.org/health/funfitness?locale=en)



¿CÓMO EVALUAR EL EQUILIBRIO?

EQUILIBRIO DINAMICO



Teste Timed Up and Go (TUG)

El Timed Up and Go (TUG) es una prueba de equilibrio dinámico y cambio de posición. Posición inicial: La prueba requiere levantarse desde una posición sentada, caminar a un ritmo normal durante 3 metros, darse la vuelta, volver a la silla, darse la vuelta y sentarse. Se debe mantener el equilibrio y completar la prueba en **12 segundos** o menos.

Dicas

Ejecución

- Se indica al alumno/atleta que se sienta en una silla estándar de respaldo duro y sin brazos.
- El alumno/atleta debe llevar calzado normal y puede utilizar un andador si es necesario.
- Se explica al deportista la secuencia de la prueba: ponerse de pie, caminar a paso normal hasta la línea, darse la vuelta, volver a la silla, darse la vuelta y sentarse.
- El profesor demuestra la prueba.
- El profesor se sitúa junto al deportista para animarle a continuar la prueba sin miedo a caerse.
- El profesor entrena al deportista con un «listos, levantaos, ya».
- La prueba comienza cuando el alumno/atleta comienza a levantarse de la silla y termina cuando el alumno/atleta se sienta en la silla, o cuando el alumno/atleta se niega a continuar la prueba.
- Un tiempo de TUG superior a 12 segundos puede indicar la necesidad de una mayor familiarización.

Cronometraje

- El profesor pone en marcha el cronómetro cuando el atleta se levanta.
- El cronómetro continúa hasta que el atleta vuelve a sentarse o se niega a continuar.
- Se registra el tiempo para completar la posición de pie, caminar 3 metros, dar la vuelta, volver a caminar 3 metros, dar la vuelta y sentarse.



PARA SABER +

FUNfitness (physical therapy)

[.https://resources.specialolympics.org/health/funfitness?locale=en](https://resources.specialolympics.org/health/funfitness?locale=en)



CAPACIDAD CARDIORRESPIRATORIA

Alrededor del 45 % al 65 % de las personas con SD presentan una cardiopatía congénita que afecta a la estructura y función del corazón y del sistema vascular (CAPONE et al., 2018). Además, existen alteraciones en el sistema nervioso autónomo y una menor frecuencia cardíaca (FC) intrínseca, lo que se traduce en una menor aptitud cardiorrespiratoria. Esto se debe a una atenuación y reducción de los sistemas parasimpático y simpático, así como de la sensibilidad barorrefleja, lo que conlleva una disminución de las respuestas vagales y adrenérgicas al estrés (por ejemplo, catecolaminas). En consecuencia, se observa una limitación cronotrópica, menor presión arterial (PA) y una FC más baja tanto en reposo como durante el ejercicio submáximo en comparación con individuos sin SD (figura 13) (DE CARVALHO et al., 2015; FERNHALL; MENDONCA; BAYNARD, 2013; AGIOVLASITIS et al., 2010; IELLAMO et al., 2005; FERNHALL; OTTERSTETTER, 2003).

Según Carvalho et al. (2015), la disfunción autonómica se debe a cambios en el tono simpático y parasimpático, asociados a una mayor morbilidad y mortalidad temprana. Existen además otros factores que pueden influir en el sistema nervioso autónomo de las personas con SD, entre ellos: niveles más bajos de AF, obesidad, apnea del sueño, síndrome metabólico, prevalencia de enfermedades cardíacas y pulmonares, así como alteraciones musculoesqueléticas, laxitud articular, hipotonía muscular y pie plano. Todo ello afecta a la economía del ejercicio al alterar la cinética y la cinemática de la marcha, así como el patrón de contracción muscular (MENDONCA; PEREIRA; FERNHALL, 2010; FERNHALL et al., 2009; IELLAMO et al., 2005; GUERRA; LLORENS; FERNHALL, 2003).

En relación con la PA, los adultos con SD suelen presentar valores más bajos debido a déficits colinérgicos (como de norepinefrina) y de glutamato, que pueden alterar la transmisión sináptica de los neurotransmisores implicados en su regulación (MORRISON et al., 1996). Otra posible causa de la PA reducida es el aumento de la enzima cistationina beta sintasa, que se ha asociado con un menor riesgo de cardiopatía coronaria (MURDOCH et al., 1977). Sin embargo, la relación entre dicha enzima y la PA baja no está completamente clara (MORRISON; MCGRATH; DAVIDSON; BROWN et al., 1996). Por otro lado, el aumento de la PA en adultos con SD se ha asociado con un mayor IMC (PUCCI; MACHADO; SOLERA; CENOVICZ et al., 2016). La figura 14 muestra las posibles vías para reducir la PA en individuos con SD, basadas en el estudio de Santoro et al. (2020).

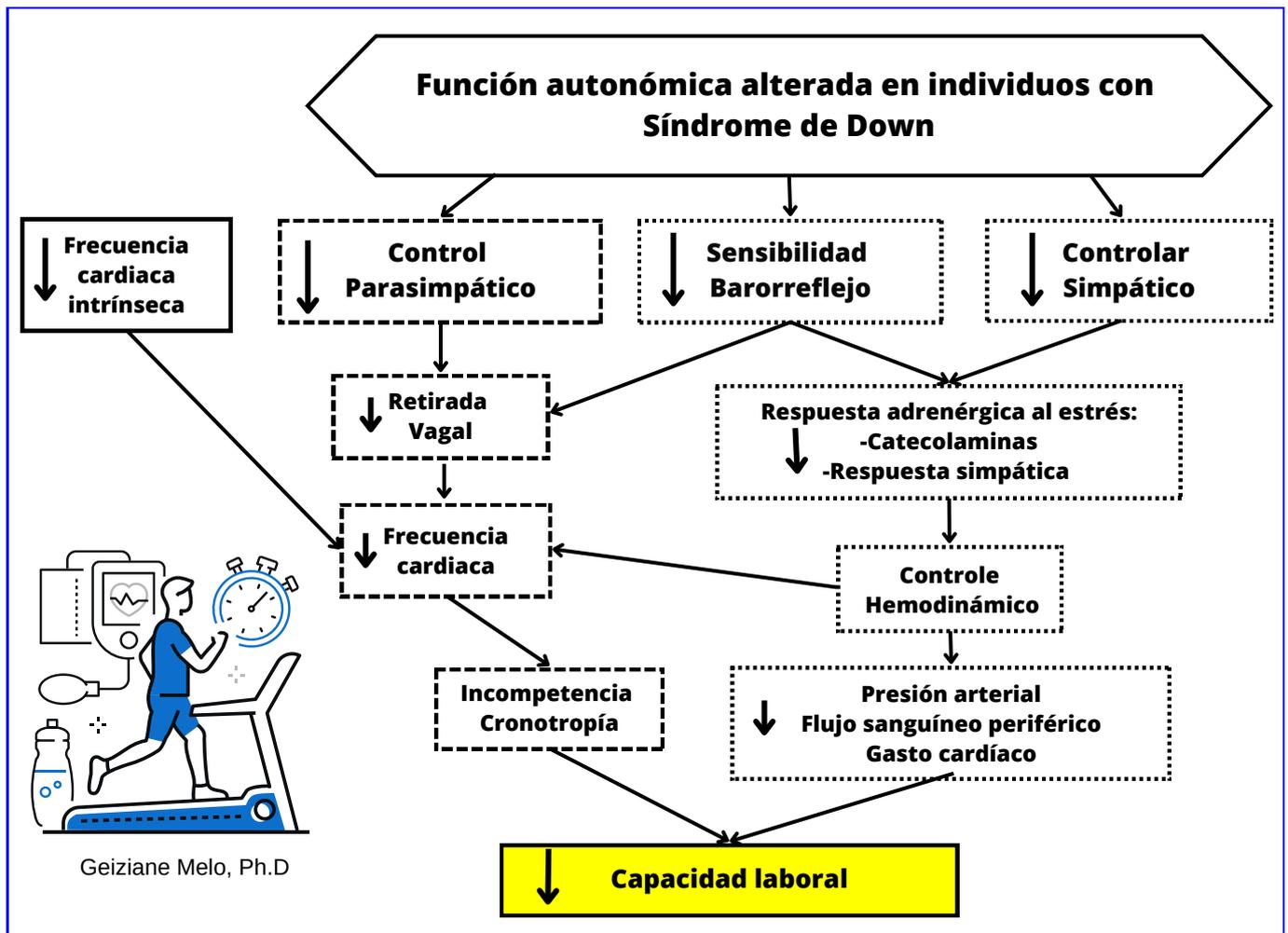


FIGURA 13. Modelo propuesto para la influencia de la función autonómica alterada sobre la capacidad de trabajo en personas con SD. Tanto la reducción de la tasa de calor intrínseca como la función autonómica alterada contribuyen a la incompetencia cronotópica y, en última instancia, reducen la capacidad de trabajo. La alteración de la función autonómica se manifiesta por reducciones en el control simpático y parasimpático, contribuyendo tanto a la incompetencia cronotrópica como a la reducción del control hemodinámico, lo que conduce a una reducción de la capacidad laboral. Adaptado del estudio de Fernhall, Mendonça; Baynard (2013).

En la bibliografía se han analizado los mecanismos de protección cardíaca en las personas con SD, derivados de la reducción de la PA y la FC. Además de los aspectos ya mencionados, la mayor esperanza de vida y los menores niveles de AF provocan que estos individuos desarrollen enfermedades cardiometabólicas adquiridas (por ejemplo, infarto de miocardio, diabetes mellitus tipo 2) y enfermedades secundarias como la enfermedad de Alzheimer (TSOU et al., 2020). En este contexto, el ejercicio físico debería considerarse cada vez más como una herramienta no farmacológica frente a estas comorbilidades frecuentes en el SD. El ejercicio físico puede aumentar el consumo máximo de oxígeno (VO_2 pico), reducir los marcadores relacionados con la composición corporal y mejorar la salud cardiovascular, aspectos fundamentales para la calidad de vida y la autonomía a lo largo del ciclo vital de esta población con SD (DODD; SHIELDS, 2005; CILHOROZ et al., 2022).

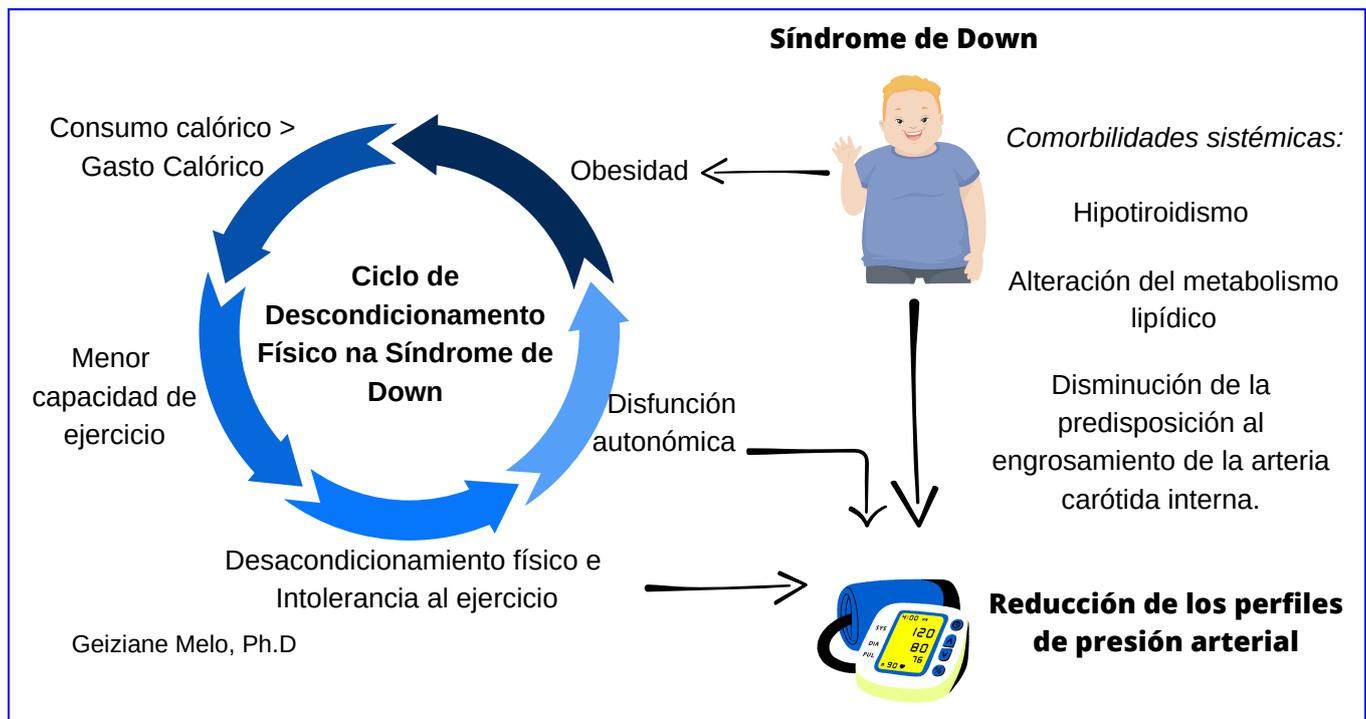


FIGURA 14. Muestra las posibles formas de reducir la PA en individuos con síndrome de Down. Figura adaptada del estudio de Santoro et al. (2020).

En relación con la salud cardiovascular, Mendonça et al. (2013) analizaron el efecto de 12 semanas de entrenamiento aeróbico combinado (3x30 min al 65-85 % del VO₂ máximo) y EF (2x12 repeticiones con 9 ejercicios) sobre la actividad autonómica (variabilidad de la FC) en individuos con SD. Los autores observaron mejoras en el equilibrio simpático-vagal, es decir, se produjo un aumento de la actividad parasimpática y/o una disminución de la actividad simpática. Además, la literatura ha demostrado que, tras 12 semanas de EF, los adultos con sobrepeso con SD presentaron una reducción significativa en los niveles de PA (Δ PA sistólica = -6,2 mmHg; Δ PA diastólica = -4,8 mmHg; Δ PA media = -4,2 mmHg) (SERON et al., 2015).

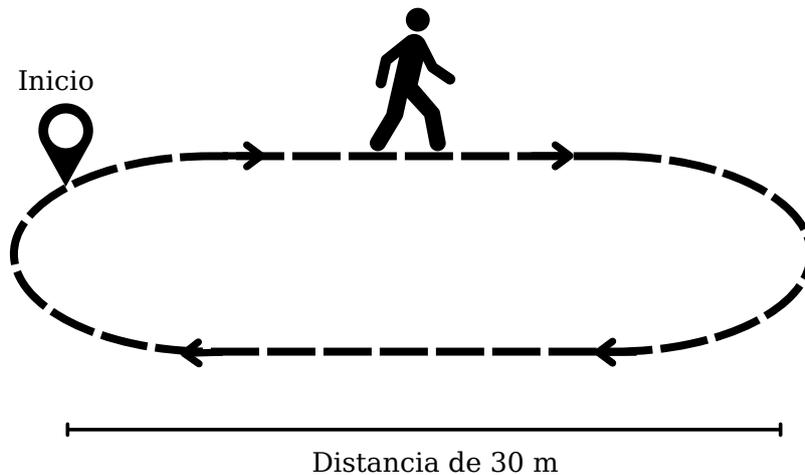
Seron et al. (2017) mostraron que 12 semanas de EF aumentaron la ventilación pulmonar y el tiempo total en cinta rodante en adultos jóvenes con SD. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en los niveles máximos de VO₂ tras el ejercicio aeróbico o la EF. Aumentar la ventilación pulmonar máxima es de gran importancia para las personas con SD, ya que presentan alteraciones anatómicas en el tracto respiratorio, como un pasaje nasal estrecho, lo que puede dificultar la mecánica respiratoria durante el ejercicio (MENDONÇA et al., 2010). Además, el mismo estudio demostró que aumentar el tiempo hasta el agotamiento puede mejorar la capacidad cardiorrespiratoria durante el ejercicio (DODD; SHIELDS, 2005), retrasar la aparición de la fatiga neuromuscular y mejorar la fuerza y la funcionalidad muscular (EMERSON et al., 2015).

Estos resultados son prometedores teniendo en cuenta que los individuos con SD presentan una mayor incidencia de factores de riesgo cardiovascular, baja capacidad cardiorrespiratoria, pérdida de fuerza muscular y obesidad (HU et al., 2013). Así, numerosos estudios han demostrado los efectos beneficiosos del ejercicio físico que se traducen en una mejora de la capacidad cardiopulmonar, la fuerza y la composición corporal y, en consecuencia, en una mejora de los parámetros cardiovasculares (JACINTO et al., 2021; SUGIMOTO et al., 2016; WEE et al., 2015; FERNHALL et al., 2013; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2011b).



Recomendaciones. Ningún estudio controlado ha examinado el efecto de la EF sobre la PA y la capacidad cardiorrespiratoria en individuos con SD. Existen algunas pruebas de que la EF puede reducir o controlar la PA, así como mejorar la capacidad de ejercicio funcional; sin embargo, no se ha establecido la prescripción precisa de la EF.

¿CÓMO REALIZAR UNA EVALUACIÓN CARDIORRESPIRATORIA?



La prueba de los seis minutos caminando (6MWT). La 6MWT consiste en caminar lo más rápido posible sobre una superficie plana y dura a lo largo de un recorrido de al menos 30 metros durante 6 minutos.

- NO hay calentamiento.
- A lo largo de la prueba, DEBEN decirse frases estándar de ánimo cada minuto;
- El profesor/ayudante debe caminar de 1 a 3 metros delante del participante;
- Es importante que los alumnos/deportistas se familiaricen con el protocolo, el equipo, el entorno y el personal.

Durante la 6MWT modificada, la frecuencia cardiaca DEBE recogerse cada 15 segundos, preferiblemente utilizando un monitor de frecuencia cardiaca, o deben realizarse recuentos manuales al principio, a la mitad y al final de la prueba.

La ecuación utilizada para predecir la frecuencia cardiaca (FC) máxima es:

$$\text{FC: } 210 - 0,56 (\text{edad}) - 15,5 (\text{factor})$$

FATOR - poner 1 si el individuo tiene discapacidad intelectual pero no SD, y 2 para individuos con SD; porque se ha demostrado que los adultos con SD tienen una FC máxima inferior a la de sus compañeros sin SD (Fernhall et al., 2001).

Para los individuos sin discapacidad intelectual, puede adoptarse la fórmula

$$\text{FC: } 205 - 0,64 (\text{edad})$$

PARA SABER +



NASUTI, Gabriella; STUART-HILL, Lynne; TEMPLE, Vivienne A. The six-minute walk test for adults with intellectual disability: A study of validity and reliability. *Journal of Intellectual and Developmental Disability*, v. 38, n. 1, p. 31-38, 2013.

FERNHALL, B. O. et al. Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 33, n. 10, p. 1655-1660, 2001.



¿CÓMO REALIZAR UNA EVALUACIÓN CARDIORRESPIRATORIA?



La **prueba de esfuerzo máximo en cinta rodante** (GXTT). El GXTT DEBE realizarse en un tapiz rodante, con un protocolo adaptado de Fernhall y Tymeson (1987) y siguiendo las sugerencias proporcionadas por Pitetti y Fernhall (2005) con recogida de gases.

- La prueba comienza con la cinta rodante al 0% de inclinación y a una velocidad de entre 3,2 y 5,6 km/h durante 2 minutos. La velocidad permanece constante mientras la inclinación aumenta un 2,5% cada 2 minutos, hasta alcanzar una inclinación del 12,5%. Después de 2 min al 12,5%, la velocidad aumenta 0,8 km/h cada minuto hasta el agotamiento.
- El volumen de oxígeno consumido (VO_2) y la frecuencia cardiaca se recogen cada 15 segundos. El VO_2 más alto obtenido durante la última etapa completada se registra como VO_2 pico. Estos datos metabólicos se recogen y analizan mediante un analizador metabólico y de gases. Por lo tanto, este protocolo con análisis de VO_2 se lleva a cabo en el laboratorio.
- Antes de la prueba, se debe realizar un calentamiento.
- A lo largo de la prueba, se DEBEN decir frases estándar de ánimo cada minuto;
- Es importante que los alumnos/deportistas se familiaricen con el protocolo, el equipo, el entorno y el personal.

Dicas

Ecuaciones predictivas para estimar la capacidad aeróbica máxima y la frecuencia cardiaca máxima en adultos (18 a 45 años) con SD (MEDONÇA et al., 2022)

- VO_{2pico} (mL.min⁻¹) hombres = $-509,338 - 11,773 \times \text{edad (años)} + 27,507 \times \text{altura (cm)} + 17,296 \times \text{peso corporal (kg)} - 8,884 \times \text{FCpico (bpm)}$
- VO_{2pico} (mL.min⁻¹) mujeres = $-1052,378 - 11,773 \times \text{edad (años)} + 27,507 \times \text{altura (cm)} + 17,296 \times \text{peso corporal (kg)} - 8,884 \times \text{FCpico (bpm)}$
- $FCpico$ (bpm) hombres y mujeres = $181,81 - 0,665 \times \text{edad (anos)}$

PARA SABER +

Pitetti, K. H., & Fernhall, B. (2005). Mental retardation. In J. S. Skinner (Ed.), Exercise testing and exercise prescription for special cases: Theoretical basis and clinical application (3rd ed., pp. 392 - 404). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.

MENDONÇA, Goncalo V. et al. Predictive equations to estimate peak aerobic capacity and peak heart rate in persons with Down syndrome. Journal of Applied Physiology, v. 132, n. 2, p. 423-433, 2022.



HORMONAS TESTOSTERONA E INMUNOGLOBULINA A

Los individuos con SD presentan una mayor prevalencia de enfermedades relacionadas con el sistema inmunitario, debido a una baja inmunidad celular y humoral (ILLOUZ et al., 2021). Esta deficiencia se debe, en parte, a una grave alteración en la secreción de inmunoglobulinas (Ig) en la saliva (CHAUSHU et al., 2002), lo que la convierte en un factor predictivo de la susceptibilidad a las infecciones de las vías respiratorias (CHAUSHU et al., 2002).

Estudios realizados en personas sin SD han demostrado los efectos positivos del EF sobre la respuesta inmunitaria de la mucosa, así como sobre los niveles de hormonas salivales (SCHWANBECK et al., 2020; TSAI et al., 2012). El RT mostró efectos acumulativos en las respuestas de IgA y cortisol en levantadores de pesas de élite (TSAI et al., 2012), así como un aumento significativo de los niveles salivales de testosterona y cortisol en adultos (SCHWANBECK et al., 2020).

Se observaron resultados similares en adultos sedentarios con SD tras 12 semanas de EF (3 veces por semana, al 40-65 % de 8RM), en quienes se observó una mejora en la respuesta inmunitaria de las mucosas, con un aumento de la concentración de IgA ($88,5 \pm 19,2 \mu\text{g/mL}$ frente a $106,0 \pm 19,9 \mu\text{g/mL}$, $p < 0,05$). Este aumento es clínicamente relevante, ya que puede reducir la recurrencia de infecciones del tracto respiratorio en individuos con SD. Es importante destacar que las enfermedades respiratorias constituyen la principal causa de muerte en esta población (ILLOUZ et al., 2021).

Además, los estudios han demostrado un aumento de los niveles de testosterona salival ($12,6 \pm 3,4 \text{ pg/mL}$ frente a $18,1 \pm 3,1 \text{ pg/mL}$, $p < 0,05$) en el grupo de intervención (FORNIELES et al., 2014). Esta mejora en los niveles de testosterona salival tiene implicaciones positivas para la salud de los hombres con SD, ya que, al asociarse con cambios no significativos en la concentración de cortisol, sugiere un estado anabólico adecuado para mejorar la fuerza y la masa muscular (FORNIELES et al., 2014). Así, el EF a corto plazo puede considerarse una alternativa no farmacológica para mejorar la respuesta inmune de la mucosa y el perfil hormonal salival en individuos con SD (FORNIELES et al., 2014). Sin embargo, se necesitan más estudios que confirmen estos resultados en diferentes grupos de edad.



Recomendaciones. Existen pruebas de que la EF puede alterar el sistema inmunitario y la hormona testosterona, pero se necesita más investigación para comprender si se observarán resultados similares con diferentes intensidades y protocolos de volumen en la población con SD.

COMPOSICIÓN CORPORAL

La literatura informa de que los niños y adolescentes con SD están predispuestos a la obesidad (BERTAPELLI et al., 2016). Esta acumulación excesiva de grasa, causada por un balance energético positivo, se asocia con un impacto perjudicial para la salud (ASLAM et al., 2022). A medida que avanza la edad, los adultos con SD tienen el doble de probabilidades de ser obesos en comparación con los adultos sin SD, especialmente las mujeres (ORESKOVIC et al., 2023).

Por otra parte, un estudio reciente demostró que el sobrepeso y la obesidad no parecen conferir un riesgo significativamente mayor de enfermedad cardiometabólica en los individuos con síndrome de Down, a diferencia de la población general, ya que esta población parece presentar perfiles cardiometabólicos únicos no relacionados con la adiposidad (ORESKOVIC et al., 2023).

A pesar de este hallazgo, en el Reino Unido se llevó a cabo un estudio de cohortes con casi 10.000 pacientes con SD entre 1990 y 2020, en el que la edad media al diagnóstico de diabetes fue 15 años más temprana en los pacientes con SD, y su prevalencia fue cuatro veces mayor en niños y adultos jóvenes con SD en comparación con los pacientes del grupo control (ASLAM et al., 2022). También se observó una mayor incidencia de obesidad en niños y adultos jóvenes con SD, con tasas que aumentaban con el tiempo. El mismo estudio mostró que las tasas de diabetes mellitus tipo 2 (DM2) eran más altas en pacientes con SD en comparación con los del grupo control en los grupos de edad de 5 a 34 años (ASLAM et al., 2022).

En los pacientes con SD, el valor medio del IMC máximo fue más elevado y se alcanzó a una edad más temprana (hombres: 31,2 kg/m² a los 31 años; mujeres: 32,1 kg/m² a los 43 años) en comparación con los del grupo control (hombres: 29,5 kg/m² a los 54 años; mujeres: 29,2 kg/m² a los 51 años). La obesidad se asoció a una mayor incidencia de diabetes y, además, se observó que, en los pacientes con SD, esta afecta a grupos de edad más jóvenes (ASLAM et al., 2022) - Figuras 15 y 16.

Los estudios demuestran que, independientemente del grupo de edad, las personas con SD realizan menos AF que sus compañeros sin SD (IZQUIERDO-GÓMEZ et al., 2013; IZQUIERDO-GÓMEZ et al., 2015). Asociado a esta condición, esta población envejece de forma prematura y se vuelve menos activa a medida que envejece. El IMC y el peso aumentan de forma constante entre los 18 y los 39 años, y disminuyen después de los 40 años, lo que puede indicar una asociación con una enfermedad degenerativa (por ejemplo, la enfermedad de Alzheimer) en individuos con SD (CAPONE et al., 2018). En la Figura 17 se describen los posibles factores que contribuyen al aumento del tejido adiposo en esta población.

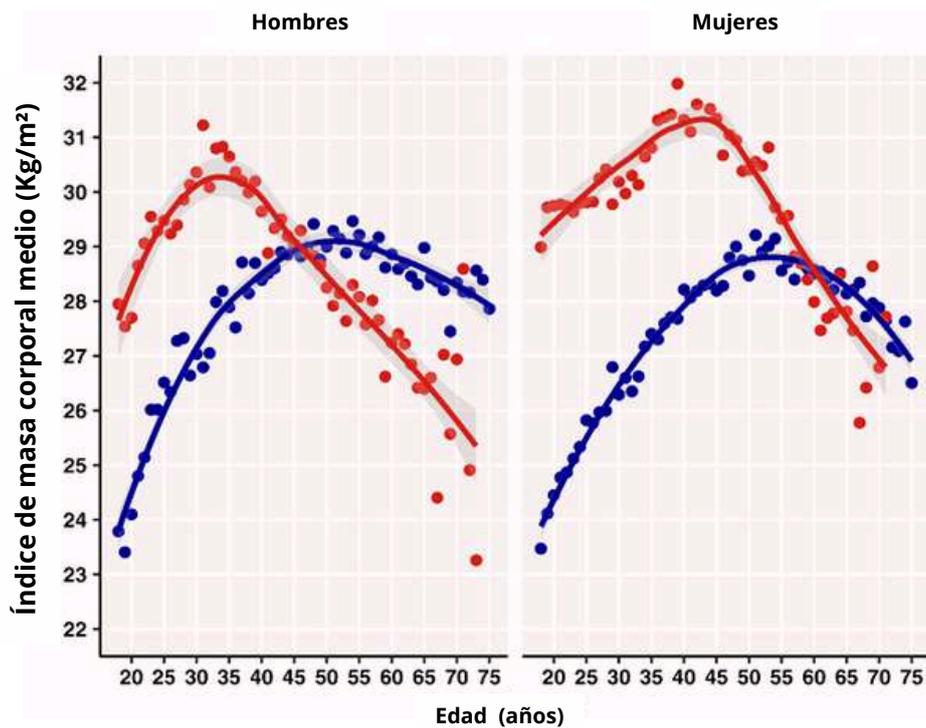


Figura 15. Índice de masa corporal medio por año a partir de la edad y el sexo para pacientes con síndrome de Down (SD) (rojo) y pacientes sin SD (azul) del estudio de Aslam et al. (2022).

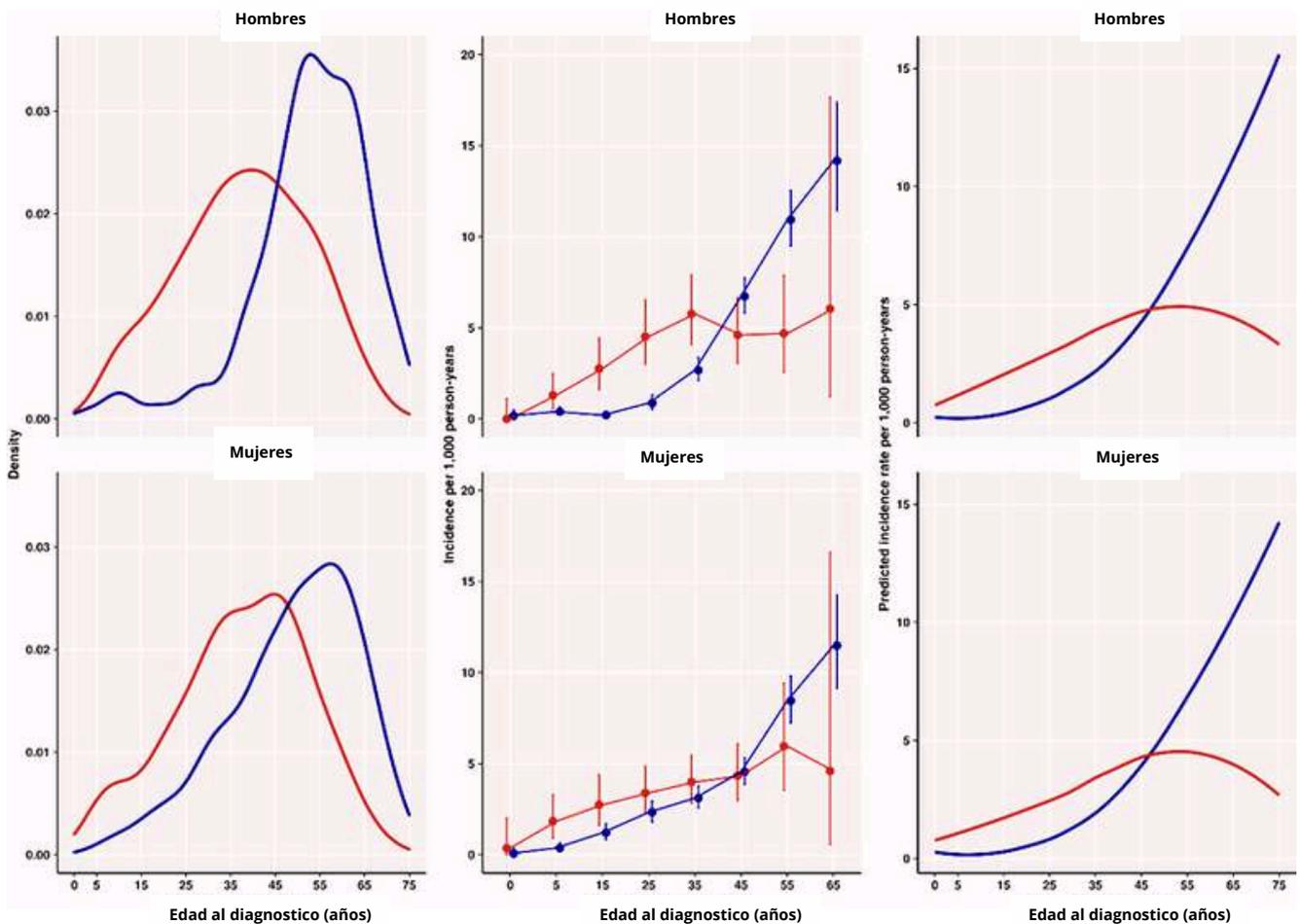


Figura 16. Distribución de la edad al diagnóstico de diabetes por sexo para pacientes con síndrome de Down (SD) (rojo) y pacientes sin SD (azul) del estudio de Aslam et al. (2022). Izquierda: gráfico de densidad de casos incidentes. Centro: Tasas de incidencia por edad (IC 95%). Derecha: Incidencia predicha por edad a partir del modelo de regresión.

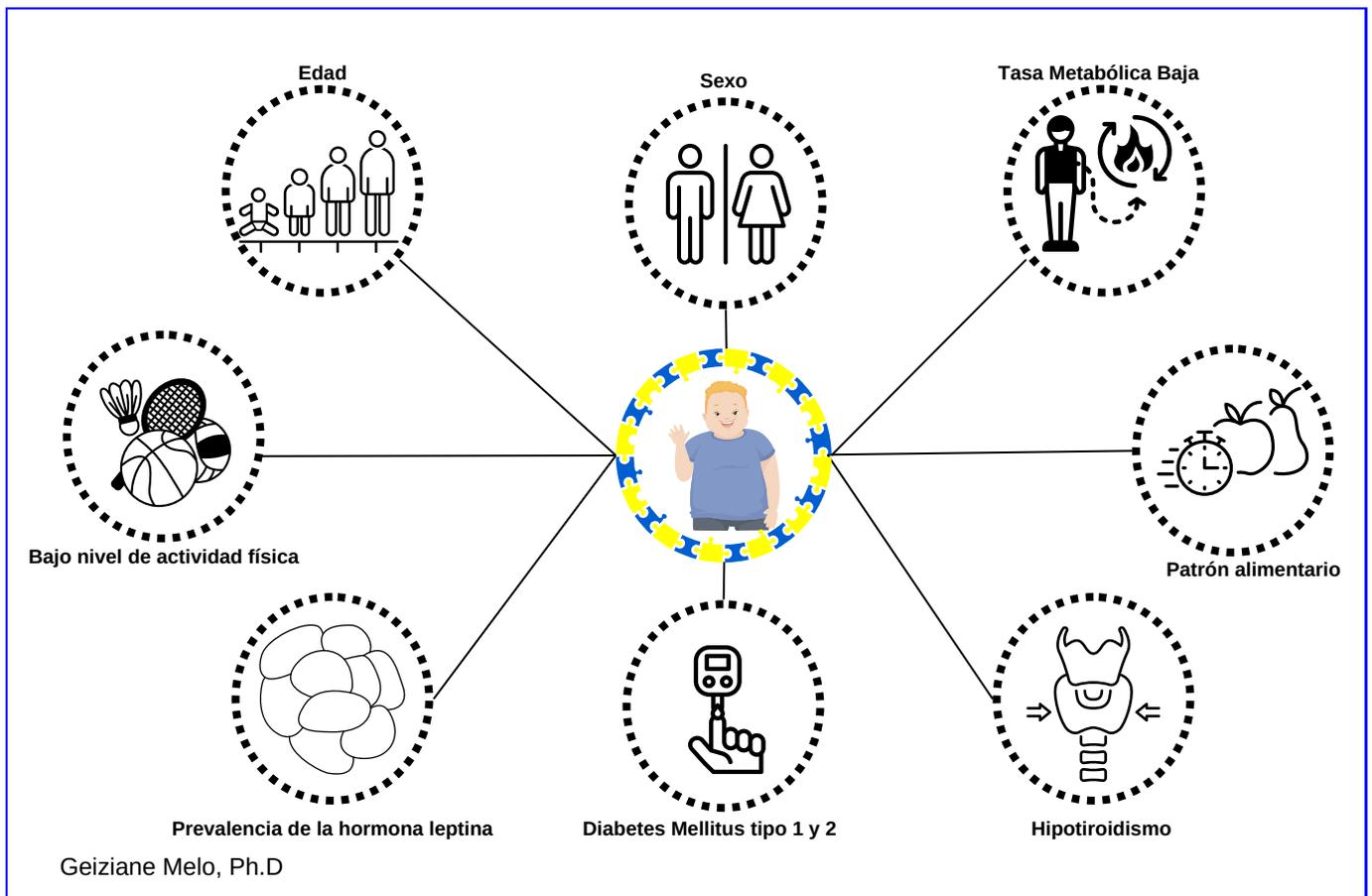


Figura 17. Factores que influyen en el aumento de peso de las personas con SD.

Como se puede observar en la Figura 17, existen varios factores clave que pueden contribuir a la obesidad. Por ello, es necesario adoptar una actitud proactiva en la prevención de la pérdida de masa muscular y del aumento de la hipotonía, ya que ambas condiciones repercuten en el incremento de la adiposidad y en la disminución de la densidad mineral ósea (CAPONE et al., 2018; PRESSON et al., 2013; BARNHART; CONNOLLY, 2007).

Coelho-Júnior et al. (2019) encontraron que, a medida que los individuos con SD envejecen, su masa magra total disminuye, independientemente de su índice de masa corporal. Para llevar a cabo una evaluación pronóstica de la salud muscular de esta población, Melo et al. (2022) utilizaron el ICM, definido como la relación entre la fuerza de prensión manual y la masa magra de las extremidades superiores o inferiores (véase la página 38 para más información).

El estudio mostró que los adolescentes con SD presentan valores de ICM inferiores en comparación con adolescentes sin SD, tanto en pruebas de laboratorio como de campo. El ICM de campo, al ser más sencillo, puede emplearse en la práctica clínica diaria, con especial atención a las personas con SD. Además, los adolescentes con SD presentan una menor fuerza de prensión manual y un mayor índice cintura-cadera (WHR) en comparación con el grupo sin SD.

Estos resultados sugieren que los científicos y los profesionales de la salud pueden utilizar el ICM como herramienta para evaluar el rendimiento físico, así como para controlar y mitigar la pérdida precoz del ICM en personas con SD. Por lo tanto, deben llevarse a cabo más investigaciones que comparen las mediciones de ICM obtenidas en el campo y en el laboratorio en individuos con SD desde la adolescencia hasta la edad adulta. La identificación temprana de la pérdida de ICM puede contrarrestar posibles efectos adversos, como la sarcopenia, el riesgo de caídas y la hospitalización.

En relación con la densidad mineral ósea (DMO), una reciente revisión sistemática mostró que los individuos con SD presentan una disminución de la DMO total y regional (cadera total, columna lumbar y cuello femoral) en comparación con la población general (ZHANG et al., 2022). En un estudio retrospectivo con 297 adultos con SD (edad media $\pm 10,9$ años; el 51 % eran mujeres), se realizó una densitometría ósea. El estudio halló que las personas con SD alcanzan antes el pico de masa ósea, aunque este es inferior al de la población general. Entre los individuos con SD, los varones tenían un riesgo 2,58 veces mayor de presentar una DMO reducida en la columna lumbar que las mujeres. Según las puntuaciones en dicha región, el 54 % de los sujetos se clasificaron como osteopénicos y el 25 % como osteoporóticos. A pesar de estos resultados, la curva de distribución de la masa ósea es muy similar a la de la población general, aunque los valores de DMO son significativamente inferiores en las personas con SD.

Ante este escenario, caracterizado por un aumento de la obesidad, la incidencia de diabetes y la aparición precoz de osteoporosis —con disminución de la masa ósea y deterioro microarquitectónico del tejido óseo, lo que conlleva un aumento de la fragilidad ósea, especialmente en cadera, columna y muñeca—, crece la preocupación por la salud pública en la población con SD (ZHANG et al., 2022; ASLAM et al., 2022). Otro punto relevante es que, a medida que ha aumentado la esperanza de vida de esta población, los problemas clínicos característicos del envejecimiento progresivo han generado cambios en la atención sanitaria, con especial foco en áreas específicas como el síndrome metabólico, el riesgo de caídas y fracturas tempranas, y la enfermedad de Alzheimer.

En este contexto, es fundamental que los individuos comiencen a practicar ejercicio físico desde la infancia, con el fin de prevenir el riesgo de enfermedad en la edad adulta. Así, algunos estudios han demostrado que, tras 18 meses de seguimiento, una dieta equilibrada y saludable, junto con un aumento de la AF de intensidad moderada a vigorosa y una reducción del comportamiento sedentario, resultaron eficaces para reducir el peso corporal en adolescentes y adultos con SD (PTOMEY et al., 2020; PTOMEY et al., 2022).

Basándose en estos resultados, la literatura pone de manifiesto la importancia de la EF para los individuos con SD. González-Aguero et al. (2011b) encontraron que 21 semanas de EF combinada con pliometría aumentaron la masa magra total de las extremidades superiores e inferiores, así como la masa ósea. Sin embargo, no se observaron cambios en la masa grasa en niños y adolescentes con SD. Estos hallazgos fueron corroborados por otros estudios (DIAZ et al., 2021; ROSETY-RODRÍGUEZ et al., 2013; FLORENTINO NETO et al., 2010).

Curiosamente, un estudio informó de que un programa de EF de 12 semanas fue suficiente para reducir la masa grasa en adultos con SD (FLORENTINO NETO et al., 2010). No obstante, este no es un hallazgo respaldado de forma unánime, ya que otros estudios no informaron de cambios en el porcentaje de grasa corporal tras 12 semanas de EF. Alternativamente, esta “ausencia de cambio” podría considerarse un resultado positivo, dado que el grupo de control aumentó su porcentaje de grasa en un 2,3 % durante el mismo periodo (SERÓN et al., 2014).

Además, el grupo activo experimentó un aumento del contenido mineral óseo total (CMO), en caderas y en la zona lumbar (6,7 %, 14,6 % y 6,4 %, respectivamente), en comparación con el grupo de control (GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2012). Estos resultados prometedores podrían deberse a la inclusión de saltos pliométricos junto con la EF, estrategia utilizada para mejorar el CMO en jóvenes con SD (GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2012). En general, se ha observado un efecto positivo del ejercicio pliométrico sobre la osteogénesis (VICENTE-RODRÍGUEZ, 2006).

Este vínculo puede explicarse por la relación directa entre la masa ósea y la masa magra total (KIM; BAEK; PARK; SHIN, 2020; COELHO-JUNIOR et al., 2019). La práctica de ejercicios de impacto, como correr, la pliometría y la EF, se asocia con una mayor captación de calcio y vitamina D, lo cual contribuye a mitigar o prevenir la osteoporosis en individuos con SD (REZA; RASOOL; MANSOUR; ABDOLLAH, 2013; GONZÁLEZ-AGÜERO et al., 2012; ANGELOPOULOS et al., 2000).



Recomendaciones. El EF mejora la masa magra en comparación con las personas sedentarias con SD que entrenan a una intensidad de ligera a moderada; los estudios indican que la masa grasa no cambia con el entrenamiento. Se ha demostrado un aumento de la masa ósea tras el EF en adolescentes con SD.

¿CÓMO REALIZAR UNA EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA?



Índice de Masa Corporal

El Índice de Masa Corporal - IMC es un método sencillo y un indicador de la obesidad en la población general. Para calcular el IMC, hay que dividir la masa corporal en kilogramos (kg) por la estatura en metros (m) al cuadrado.²

$$\text{IMC} = \text{MC (Kg)} / \text{Estatura}^2 \text{ (m)}$$



Perímetro de la cintura

El alumno debe permanecer de pie con los brazos relajados a los lados. La medición se realiza en la zona más pequeña de la circunferencia entre las costillas y la cresta ilíaca, por encima de la cicatriz umbilical.



Circunferencia del abdomen

El alumno debe permanecer de pie con los brazos relajados a los lados. La medida se toma en la cicatriz umbilical.



Circunferencia de la cadera

El alumno debe permanecer de pie con los brazos relajados a los lados y el peso del cuerpo distribuido por igual entre los pies. La medida se toma en el punto de mayor circunferencia aparente de la región glútea.



Pliegues cutáneos -PC

Melo et al. (2018) mostraron que la ecuación más utilizada para predecir el porcentaje de grasa (%F) en individuos con SD mediante el PC fue propuesta por Slaughter et al. (1988) para niños y adolescentes.

- Todas las chicas:

Si la \sum de los pliegues del tríceps (TR) y subescapular (SE) es $> 35\text{mm}$. se utiliza:

$$\% G = 0,546 * (\text{TR} + \text{SE}) + 9,7$$

Si la \sum de los pliegues TR + SE es $< 35\text{mm}$, se utiliza:

$$\% G = 1,33 * (\text{TR} + \text{SE}) - 0,013 (\text{TR} + \text{SE})^2 - 2,5$$

-Todos los chicos:

Si la \sum de los pliegues TR y SE es $> 35 \text{ mm}$, se utiliza:

$$\% G = 0,783 * (\text{TR} + \text{SE}) + 1,6$$

Si el \sum de los pliegues TR + SE es $< 35 \text{ mm}$, utilice:

$$\% G = 1,21 * (\text{TR} + \text{SE}) - 0,008 (\text{TR} + \text{SE})^2 - 1,7 \text{ (niños blancos prepúberes)}$$

$$\% G = 1,21 * (\text{TR} + \text{SE}) - 0,008 (\text{TR} + \text{SE})^2 - 3,2 \text{ (niños negros prepúberes)}$$

$$\% G = 1,21 * (\text{TR} + \text{SE}) - 0,008 (\text{TR} + \text{SE})^2 - 3,4 \text{ (Niños blancos púberes)}$$

$$\% G = 1,21 * (\text{TR} + \text{SE}) - 0,008 (\text{TR} + \text{SE})^2 - 5,2 \text{ (Niños negros púberes)}$$

$$\% G = 1,21 * (\text{TR} + \text{SE}) - 0,008 (\text{TR} + \text{SE})^2 - 5,5 \text{ (Niños blancos postpuberales)}$$

$$\% G = 1,21 * (\text{TR} + \text{SE}) - 0,008 (\text{TR} + \text{SE})^2 - 6,8 \text{ (Niños negros postpuberales)}$$

Ecuación predictiva del porcentaje de grasa basada en el índice de masa corporal para adolescentes con síndrome de Down (NASCIMENTO et al., 2016)

- SD: %G = $2,006 \times \text{IMC} - 20,36$
- sin SD: %F = $2,199 \times \text{IMC} - 20,86$

PARA SABER +



MELO, Geiziane Leite Rodrigues et al. Métodos de avaliação para predição da composição corporal utilizados em adolescentes com SD: uma revisão sistemática. *Adolescência e Saúde*, v. 15, n. 4, p. 82-91, 2018.

NASCIMENTO, Edilson et al. Predictive Equation for Fat Percentage Based on Body Mass Index for Adolescents with Down Syndrome, v.19, n. 4, 2016.



INFLAMACIÓN

La obesidad y la baja fuerza muscular representan un importante problema de salud en las personas con discapacidad. La bibliografía muestra que la obesidad incrementa la prevalencia del síndrome metabólico en un 25,1 % en personas con DI, siendo significativamente mayor que en la población general mayor de 50 años (de WINTEF et al., 2011). El aumento del tejido adiposo provoca una inflamación sistémica de bajo grado, en la que la interleucina 6 (IL-6), el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), la proteína C reactiva y la leptina se elevan en los individuos con SD en todas las etapas de la vida (HUGGARD et al., 2020; CORSI et al., 2009).

Un metaanálisis que revisó 19 estudios con la participación de 957 niños con SD y 541 en los grupos de control encontró niveles significativamente más altos de interleucina 1 beta (IL-1 β), TNF- α , interferón gamma (IFN- γ) y neopterin en individuos con SD (ZHANG et al., 2017). No obstante, el mismo estudio mostró que los niveles circulantes de IL-4, IL-6, IL-8 e IL-10 no presentaban diferencias significativas entre los grupos con SD y control (ZHANG et al., 2017). Por otro lado, se observó que las mujeres obesas con SD presentaban valores más altos de leptina; sin embargo, tras un programa de entrenamiento aeróbico (3 sesiones por semana, de 30 a 40 minutos en cinta rodante al 55-65 % de la FC máxima), se produjo una reducción en los niveles plasmáticos de leptina ($54,2 \pm 6,7$ frente a $45,7 \pm 6,1$ ng/ml; $p = 0,026$) y un aumento en el consumo de oxígeno ($20,2 \pm 5,8$ frente a $23,7 \pm 6,3$ ml·kg⁻¹·min⁻¹; $p < 0,001$) después de 12 semanas de entrenamiento. Además, se observó una asociación entre los índices de obesidad (perímetro de cintura, relación cintura-estatura y porcentaje de grasa) y los niveles plasmáticos de leptina (ORDÓÑEZ et al., 2013).

En relación con la EF, se constató una reducción de los marcadores de inflamación sistémica de bajo grado tras 12 semanas (3 días por semana / 40-65 % 8RM). En el grupo de hombres con SD, se redujeron significativamente los niveles plasmáticos de leptina ($50,6 \pm 6,4$ ng/ml frente a $45,1 \pm 6,2$ ng/ml), TNF- α ($10,6 \pm 1,5$ pg/ml frente a $9,0 \pm 1,6$ pg/ml) e IL-6 ($7,1 \pm 1,2$ pg/ml frente a $5,8 \pm 1,0$ pg/ml), mientras que en el grupo control con SD no se observaron cambios (ROSETY-RODRÍGUEZ et al., 2013). El mismo estudio también destaca una asociación positiva entre la leptina, la IL-6, el TNF- α y la circunferencia de la cintura (ROSETY-RODRÍGUEZ et al., 2013).

Los efectos antiinflamatorios de la EF podrían estar mediados tanto por la reducción de la masa grasa visceral (con la consiguiente disminución en la liberación de adipoquinas) como por la inducción de un entorno antiinflamatorio tras cada sesión de ejercicio, lo cual favorece la producción de interleucina 10 (IL-10), que contrarresta el estado proinflamatorio (STRASSER; ARVANDI; SIEBERT, 2012).

También debe tenerse en cuenta que los cambios en la composición corporal pueden influir directamente en las adipocinas, lo que refuerza la importancia del ejercicio físico en este contexto fisiológico (ORDONEZ et al., 2013). A pesar de la reducción de la inflamación tras el ejercicio, surge una cuestión relevante: ¿cuánto dura este efecto? Rosety-Rodríguez et al. (2014) demostraron que, tres meses después de finalizar el entrenamiento aeróbico (fase de desentrenamiento), los niveles plasmáticos de IL-6 y hs-CRP (proteína C reactiva de alta sensibilidad) aumentaron significativamente en mujeres obesas con SD. Tras un periodo de desentrenamiento de seis meses, tanto la inflamación como la composición corporal retornaron a los niveles iniciales en el grupo de intervención. Otro hallazgo relevante fue que los niveles plasmáticos de citocinas inflamatorias se incrementaron más rápidamente que los indicadores antropométricos durante el seguimiento posterior al entrenamiento. Asimismo, el VO_2 máx disminuyó significativamente tres meses después de finalizar el programa. Aunque no se observaron diferencias significativas en la ingesta alimentaria seis meses después del entrenamiento (2008 ± 226 frente a 1996 ± 273 kcal/día; $p > 0,05$).

Por tanto, aunque aún no existen estudios específicos sobre el efecto del ejercicio físico a largo plazo (desentrenamiento) sobre los parámetros inflamatorios en individuos con SD, puede inferirse la importancia de establecer una dosis mínima de ejercicio físico para mantener la reducción del estado inflamatorio en esta población. Este aspecto cobra especial relevancia dado el aumento de la esperanza de vida en personas con SD, lo que conlleva un incremento del riesgo de desarrollar enfermedades crónicas como la diabetes mellitus.



Recomendaciones. Existen evidencias de que el EF puede reducir la inflamación, con efectos beneficiosos hasta 3 meses después de finalizar el entrenamiento.

ESTRÉS OXIDATIVO

El estrés oxidativo puede producirse cuando existe un desequilibrio entre la generación y la eliminación de especies reactivas del oxígeno (ROS) en el organismo. Desafortunadamente, el estrés oxidativo está elevado desde el nacimiento en personas con SD (MUCHOVÁ; ZITNANOVA; DURACKOVA, 2014; JOVANOVIC; CLEMENTS; MACLEOD, 1998). Esto se debe a la sobreexpresión de la superóxido dismutasa-1 (SOD1), localizada en el cromosoma 21 y codificada por el gen SOD1. La SOD cataliza la dismutación del anión superóxido en peróxido de hidrógeno, que posteriormente se convierte en agua mediante la acción de la glutatión peroxidasa (GPX) y la catalasa (CAT) (véase Figura 18) (MUCHOVÁ; ZITNANOVA; DURACKOVA, 2014).

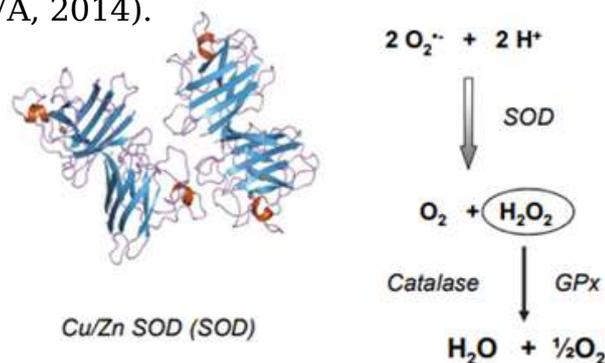


Figura 18. Función de la superóxido dismutasa (SOD) de Cu/Zn en el organismo. CAT = catalasa, GPx = glutatión peroxidasa. Figura extraída del estudio de Muchová; Zitnanova; Durackova (2014).

En las personas con SD, se produce una mayor cantidad de peróxido de hidrógeno de la que pueden catabolizar la CAT y la GPX, ya que la proporción de SOD es superior a la de GPX y CAT. De este modo, el exceso de peróxido de hidrógeno y/o su producto de conversión (radical hidroxilo) da lugar a un estado de estrés oxidativo. En este contexto, la literatura señala el daño oxidativo celular como el principal factor contribuyente al envejecimiento prematuro, la neurodegeneración y la acumulación intracelular de depósitos de beta-amiloide. Esto se traduce en una mayor prevalencia de la enfermedad de Alzheimer en individuos con SD, lo que conduce al deterioro cognitivo y a la demencia (ANTONARAKIS et al., 2020). Además, el aumento en la producción de ROS conduce a la degeneración y apoptosis de las neuronas en adultos con SD (MUCHOVÁ; ZITNANOVA; DURACKOVA, 2014; ANTONARAKIS et al., 2020).

La literatura muestra que el ejercicio físico induce un aumento de ROS como consecuencia de la contracción del músculo esquelético (POWERS et al., 2020; POWERS; JACKSON, 2008). Por tanto, existe una relación dosis-respuesta entre la intensidad del ejercicio y la producción de ERO, de modo que un ejercicio de alta intensidad y volumen puede provocar daño oxidativo en los miocitos contraídos y acelerar la fatiga muscular (POWERS et al., 2020).

Por otro lado, una revisión sistemática con 144 individuos con SD, con una edad media de 18,4 años y un IMC de 23,9 kg/m², indicó una reducción del estrés oxidativo y un aumento de las defensas antioxidantes tras la práctica de ejercicio aeróbico y entrenamiento de judo. El programa se caracterizó por una duración de 12 semanas, con tres sesiones por semana de 34 minutos cada una. La intensidad reportada fue del 60-75 % de la frecuencia cardíaca máxima, y el entrenamiento se llevó a cabo de forma progresiva (SHIELDS et al., 2018).

Con respecto al EF, un estudio reciente en adultos con SD demostró que este modelo de entrenamiento mejoraba el sistema de defensa antioxidante y conducía a una reducción del daño oxidativo (ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021). Tras 12 semanas de EF (3 sesiones por semana; 40-50 % de 8 RM), las personas activas con SD aumentaron los antioxidantes totales ($0,38 \pm 0,07$ vs. $0,45 \pm 0,05$ nmol/l), la actividad de la glutatión reductasa ($11,8 \pm 2,6$ vs. $13,2 \pm 2,7$ mg/ml) y los niveles plasmáticos de glutatión ($8,3 \pm 0,8$ vs. $9,6 \pm 0,9$ U/gHb), en comparación con un grupo control con SD (ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021). El mismo estudio encontró una reducción de ambos marcadores de daño oxidativo [malondialdehído ($1,76 \pm 0,61$ vs. $1,38 \pm 0,50$ μ mol/l) y grupos carbonilo ($7,82 \pm 2,90$ vs. $6,19 \pm 2,38$ nmol/mg)] en el grupo de intervención.

A pesar de los resultados positivos del EF sobre el daño oxidativo, se necesitan más estudios para comprender el efecto del ejercicio de fuerza sobre las respuestas de estrés oxidativo en diferentes grupos de edad, lo que subraya el papel potencial del EF como estímulo para la adaptación.



Recomendaciones. Se han demostrado mejoras en el estrés oxidativo tras la ER en adultos con SD.



DISFUNCIÓN MITOCONDRIAL: ¿CUÁL ES SU INFLUENCIA EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN INDIVIDUOS CON SÍNDROME DE DOWN?

Las mitocondrias son orgánulos dinámicos cuya función es mantener la homeostasis celular. Desempeñan un papel esencial en la conversión de energía, así como en la regulación de la apoptosis y la señalización del calcio. Por otra parte, el mantenimiento de la integridad mitocondrial requiere un equilibrio entre la dinámica mitocondrial, que implica la sustitución de las mitocondrias perdidas (biogénesis mitocondrial), la escisión de las partes dañadas de las mitocondrias y la fusión de las sanas (fisión/fusión) y la eliminación de las mitocondrias irreversiblemente dañadas (mitofagia) (SORRIENTO; DI VAIA; IACCARINO, 2021).

Sin embargo, cuando alguna de estas etapas se altera, el metabolismo celular se ve comprometido, lo que se conoce como disfunción mitocondrial. Esta puede contribuir al envejecimiento prematuro, a los bajos niveles de AF y a la enfermedad de Alzheimer en individuos con SD (VALENTI et al., 2018). Esto se debe al defecto mitocondrial primario (ya sea en el número de mitocondrias o en la actividad mitocondrial intrínseca), que conduce a un desequilibrio entre la fusión y la fisión mitocondrial, lo que resulta en una producción de energía mitocondrial inadecuada, una tolerancia al ejercicio deteriorada, así como una disfunción bioenergética y metabólica intrínseca en el músculo esquelético en el SD (PECZE; RANDI; SZABO, 2020; VALENTI; BRAIDY; DE RASMO; SIGNORILE et al., 2018).

Por lo tanto, para mantener la homeostasis mitocondrial, es necesario entender cómo la triplicación del cromosoma 21 influye en este mecanismo. Así, la figura 19 muestra cómo se produce el proceso de biogénesis mitocondrial, mitofagia y fusión/fisión que regulan la organización mitocondrial intracelular en personas con SD de diferentes grupos de edad, de ahí el potencial papel del EF como estímulo para la adaptación.

Mientras tanto, el receptor coactivador del receptor gamma 1α (PGC- 1α) es activado por el proliferador de peroxisomas, un regulador nodal de la biogénesis mitocondrial. Esto puede determinarse por variaciones en el número, tamaño y masa de las mitocondrias. El PGC- 1α induce la síntesis y/o actividad de varios factores de transcripción, entre ellos el factor respiratorio nuclear 1 (NRF1), que regula los genes mitocondriales codificados nuclearmente (NEMG), y el factor de transcripción A (TFAM), que controla la transcripción, replicación y reparación del ADN mitocondrial (FIGURA 19) (MOLLO et al., 2020; SORRIENTO; DI VAIA; IACCARINO, 2021).

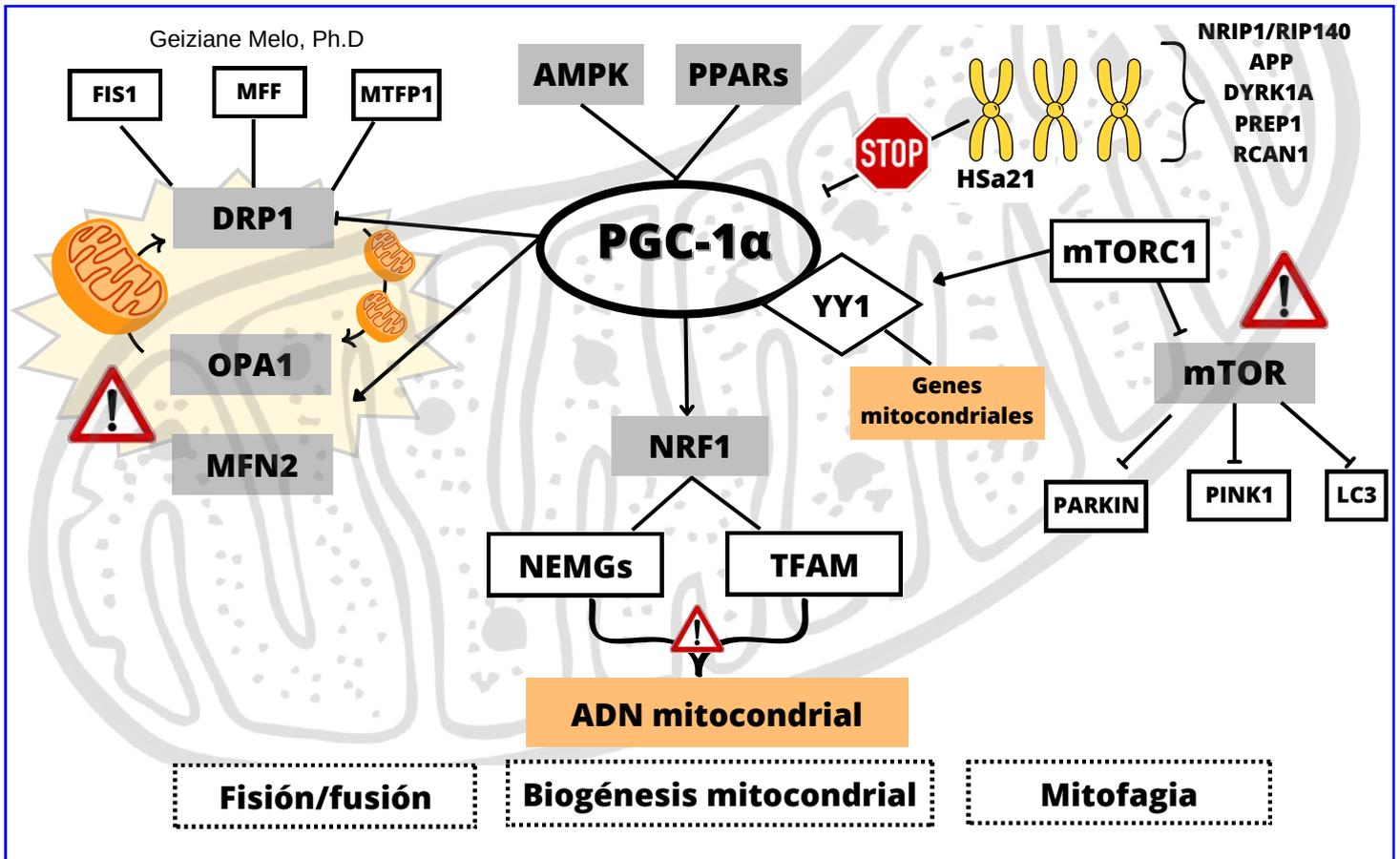


Figura 19. Mecanismo de organización mitocondrial intracelular en personas con SD. PGC-1α, coactivador 1α del receptor gamma activado por el proliferador de peroxisomas; NRF1, factor respiratorio nuclear 1; NEMGs, genes mitocondriales codificados nuclearmente; TFAM, factor de transcripción A; PPARs, proliferadores de peroxisomas; AMPK, proteína cinasa activada por AMP; YY1, Yin-Yang 1 mTOR, diana de rapamicina en mamíferos; mTORC1, complejo proteico diana mecanicista 1 de rapamicina; PINK1, quinasa putativa inducida por PTEN 1; PARKIN, parkinRBR E3 ubiquitina-proteína ligasa; CL3, cadena ligera 3; MFN1/2, mitofusina 1/2; OPA1, gen atrofólicico 1; DRP1, proteína relacionada con la dinamina 1; FIS1, proteína de fisión 1; MFF, factor de fisión mitocondrial; MTFP1, proteína del proceso de fisión mitocondrial 1; NRIP1/RIP140, proteína que interactúa con el receptor nuclear 1. Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, para que se active, PGC-1α se regula tanto a nivel transcripcional como postraduccional. A nivel transcripcional, existen receptores activos que regulan su expresión, como los proliferadores de peroxisomas (PPAR), mientras que, a nivel postraduccional, la proteína quinasa activada por AMP (AMPK) promueve la transactivación de genes nucleares implicados en la biogénesis y función mitocondrial (FIGURA 19) (SORRIENTO; DI VAIA; IACCARINO, 2021). Por otro lado, un estudio previo demostró que los genes del cromosoma 21 (Hsa21), como la proteína que interactúa con el receptor nuclear 1 (NRIP1/RIP140), APP, DYRK1A, PREP1 y RCAN1, pueden reprimir la expresión y/o actividad de PGC-1α — Figura 19— (IZZO et al., 2018).

Además, PGC-1 α realiza la autotranscripción a través del factor Yin-Yang 1 (YY1), activado por la proteína diana de la rapamicina en mamíferos (mTOR). Los genes mitocondriales se unen directamente a YY1, mientras que PGC-1 α actúa como coactivador transcripcional de YY1 de forma dependiente de mTOR. Al mismo tiempo, PGC-1 α interactúa con mTOR a través del complejo 1 de activación de rapamicina (mTORC1), permitiendo que mTOR controle la función oxidativa mitocondrial modificando la interacción física entre YY1 y PGC-1 α (FIGURA 19) (MOLLO et al., 2020; SORRIENTO; DI VAIA; IACCARINO, 2021).

La señalización de mTORC1 regula dos procesos sinérgicos en la eliminación de mitocondrias dañadas: (i) el inicio de la autofagia y (ii) la selección de objetivos mediada por la quinasa putativa inducida por PTEN 1 (PINK1) y la proteína ubiquitina ligasa parkina RBR E3 (PARKIN) de mitocondrias desacopladas hacia la maquinaria autofágica (SORRIENTO; DI VAIA; IACCARINO, 2021). Cabe señalar que PGC-1 α es un regulador del aclaramiento de mitocondrias dañadas para influir en la mitofagia. Esto depende de las vías PINK1 y PARKIN. Tras la despolarización mitocondrial, PINK1 se acumula en la membrana externa mitocondrial, donde recluta a PARKIN hacia las mitocondrias dañadas, mientras que la cadena ligera 3 (CL3) promueve la formación de autofagosomas (FIGURA 19) (MOLLO; CICATIELLO; AURILIA; SCOGNAMIGLIO et al., 2020).

Por último, PGC-1 α estimula la expresión génica de mitofusina 1/2 (MFN1/2) para controlar la fisión/fusión. La sobreexpresión de PGC-1 α induce un cambio en la red mitocondrial hacia la fusión, impactando en la expresión del gen de la atrofia óptica 1 (OPA1), MFN1 y MFN2, al reprimir la expresión de la proteína relacionada con la dinamina 1 (DRP1) (IZZO et al., 2018). DRP1 desempeña un papel central en este proceso, ya que posiblemente interactúa con la proteína de fisión 1 (FIS1), el factor de fisión mitocondrial (MFF) y la proteína del proceso de fisión mitocondrial 1 (MTFP1) en la superficie mitocondrial, donde forma un anillo de constricción de membrana (FIGURA 19) (MOLLO et al., 2020).

Por otro lado, debido a la trisomía 21, la activación de PGC-1 α está deteriorada por la regulación positiva de NRIP1/RIP140, asociada a la codificación negativa de los genes HSA21 (IZZO et al., 2018). Esto conduce a la hiperactivación de mTOR, dando lugar a cambios mitocondriales en estos individuos. Mollo et al. (2020) demostraron que la red mitocondrial de fibroblastos humanos con SD estaba muy fragmentada, con un mayor número de mitocondrias más cortas y un menor volumen mitocondrial medio, lo que provocaba una acumulación de mitocondrias dañadas.

Así, esta arquitectura mitocondrial altamente fragmentada en individuos con SD influirá directamente en PGC-1 α , ya que la expresión de los dos genes inductores de fusión, OPA1 y MFN2, está disminuida mientras que la expresión de DRP1 está aumentada (IZZO et al., 2018). Esto genera una hiperactivación exacerbada de la vía de señalización de la proteína quinasa B (AKT) junto con mTOR dando lugar a un desequilibrio en la regulación del flujo de autofagia que conlleva efectos negativos sobre el recambio mitocondrial en células y tejidos de personas con SD (MOLLO et al., 2020). En la Figura 20 se presenta un resumen de los mecanismos mitocondriales que pueden mediar en la disfunción muscular.

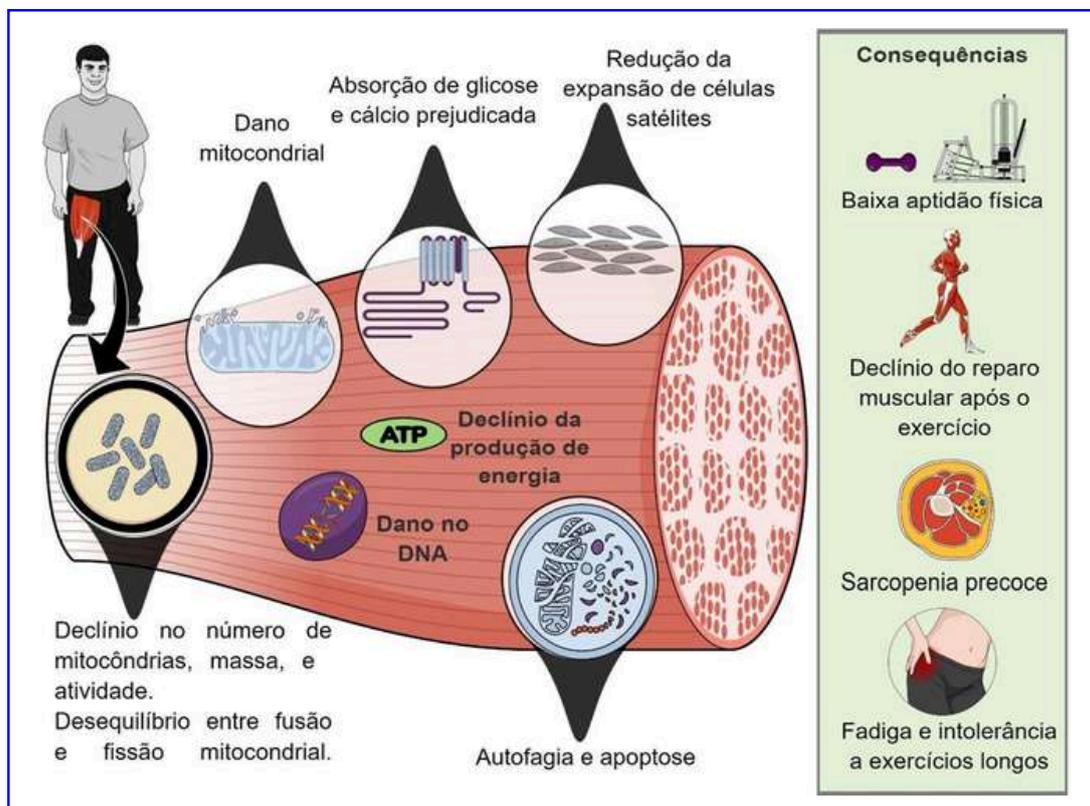


Figura 20. Papel de la disfunción mitocondrial en las anomalías del músculo esquelético (MELO et al., 2022).

En este contexto, Cowley et al. (2012) demostraron que los ratones SD (modelo Ts65Dn) mostraban fatiga muscular esquelética progresiva en protocolos repetidos de activación/recuperación. Esta debilidad muscular contráctil se asoció a alteraciones en diferentes mecanismos metabólicos (por ejemplo, captación de glucosa y calcio), así como a disfunción mitocondrial (HAWLI; NASRALLAH; FULEIHAN, 2009; PECZE; RANDI; SZABO, 2020). Así pues, las personas con SD son más propensas a la fatiga y no toleran periodos prolongados de ejercicio (PECZE; RANDI; SZABO, 2020). La literatura muestra que después de una sesión aguda, resultante de la prueba de torsión isocinética máxima del músculo cuádriceps, la resíntesis de fosfocreatina (PCr) evaluada por espectroscopia de resonancia magnética fue un 16% más lenta en adultos con SD en comparación con los controles sin SD pero con discapacidad intelectual (PHILLIPS et al., 2013).

Este resultado indicaba una deficiencia en la función respiratoria mitocondrial y mecanismos bioquímicos alterados en el músculo esquelético de esta población (PHILLIPS et al., 2013).

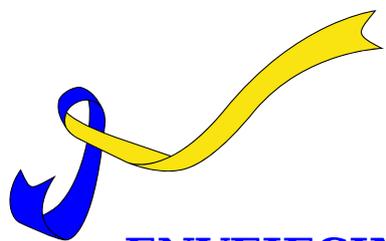
Además, un estudio reciente realizado en ratones con SD (modelo Ts65Dn) mostró que un mes de entrenamiento (ejercicio aeróbico) no mejoraba la composición corporal, pero se descubrió que la trisomía afectaba directamente a la respuesta metabólica del sistema musculoesquelético al ejercicio (CISTERNA et al., 2022). El mismo estudio mostró que los ratones euploides tienen una mejor capacidad para restaurar el almacenamiento de energía (por ejemplo, PCr) que los ratones trisómicos. Por lo tanto, es posible deducir que un programa de EF dos veces por semana en el primer microciclo (de 4 semanas de duración) sería adecuado para que los individuos sedentarios con SD lleven a cabo el aprendizaje motor y la adaptación neural.

Desafortunadamente, se ha observado que la regeneración muscular en ratones trisómicos está atenuada debido a una reducción en la expansión de las células satélite, que mantienen el músculo esquelético y son esenciales para la reparación muscular después del ejercicio (PAWLIKOWSKI et al., 2018). Por lo tanto, se sugiere que el aumento de la intensidad y el volumen de entrenamiento comience en el segundo microciclo, siguiendo los principios de la sobrecarga progresiva. Ya que la forma de mejorar la salud mitocondrial sería a través de estrategias terapéuticas (por ejemplo, medicación) y no farmacológicas (por ejemplo, ejercicio físico).

El ejercicio físico induce la biogénesis mitocondrial y permite la reparación/eliminación de las mitocondrias dañadas mediante el aumento del recambio mitocondrial, que activa mecanismos como la AMPK y aumenta la expresión de mitofusinas en el músculo esquelético, lo que activa la vía PGC-1 α y estimula la fusión mitocondrial (SORRIENTO; DI VAIA; IACCARINO, 2021). Por lo tanto, el aumento de la expresión de PGC-1 α en el músculo mejora la salud mitocondrial y la tolerancia al ejercicio. Por lo tanto, el ejercicio es esencial para las personas con SD.



Recomendaciones. Los individuos con SD son más propensos a la fatiga y no toleran periodos prolongados de ejercicio. Por lo tanto, se sugiere que los microciclos de entrenamiento tengan una duración de 4 semanas y se centren en la intensidad del entrenamiento (sobrecarga progresiva) más que en el volumen de entrenamiento. Los mesociclos deben tener al menos 3 microciclos. Cada mesociclo debe incluir un nuevo tipo de ejercicio, pero siempre respetando el proceso de enseñanza y aprendizaje del movimiento.



ENVEJECIMIENTO PRECOZ, ENFERMEDAD DE ALZHEIMER Y EJERCICIO FÍSICO EN EL SÍNDROME DE DOWN

El SD está causado por una anomalía genética que da lugar a una copia extra del cromosoma humano 21 (HSA21) (BULL, 2020). Debido a ello, se produce un aumento en el número de copias de los genes HSA21, lo que puede desencadenar diversas patologías, como el estrés oxidativo, la disfunción mitocondrial e incluso la enfermedad de Alzheimer.

Como resultado, muchas personas con SD manifiestan síntomas clínicos relacionados con el envejecimiento acelerado, como arrugas prematuras en la piel, canas tempranas, pérdida de audición, disminución de la inmunidad, menopausia precoz y demencia de aparición temprana similar a la enfermedad de Alzheimer (BULL, 2020; TSOU, 2021). El envejecimiento es un proceso natural que implica la pérdida progresiva de funciones fisiológicas y de integridad a lo largo del tiempo, y que afecta a todos los seres humanos. En el SD, el envejecimiento puede representarse mediante un modelo con doce características interconectadas, como se ilustra en la figura 21 (PENG et al., 2023).

Los estudios han demostrado que, en las últimas décadas, se ha producido un aumento significativo de la esperanza de vida de las personas con SD (IULITA et al., 2022). Sin embargo, este aumento ha ido acompañado de un incremento de las enfermedades relacionadas con la edad, como el síndrome metabólico y las cataratas, y especialmente de la enfermedad de Alzheimer, que constituye un problema común en los adultos con SD. A los 40 años, casi el 100 % de las personas con SD ya presentan lesiones características de la enfermedad de Alzheimer en el cerebro, como se ilustra en la figura 22 (MCCARRON et al., 2017).

La EA es un trastorno neurodegenerativo progresivo relacionado con la edad, caracterizado por la pérdida neuronal progresiva y la presencia de ovillos neurofibrilares y placas seniles en el cerebro. La sobreexpresión del gen de la proteína precursora de amiloide (APP), asociada a una triplicación del cromosoma 21, es la principal causa del aumento de la prevalencia de EA en individuos con SD (IULITA et al., 2022). Esta sobreexpresión da lugar a una acumulación excesiva de β -amiloide ($A\beta$) y de ovillos neurofibrilares compuestos por Tau hiperfosforilada. Esta condición puede observarse en personas con SD a la edad de 40 años y constituye el principal componente de las placas seniles en el cerebro, como se ilustra en la figura 23 (IULITA et al., 2022).



Figura 21. Resumen del envejecimiento prematuro en personas con SD. Las doce características del envejecimiento que potencialmente subyacen al envejecimiento prematuro en el SD. Adaptado del estudio de Peng et al. (2023).

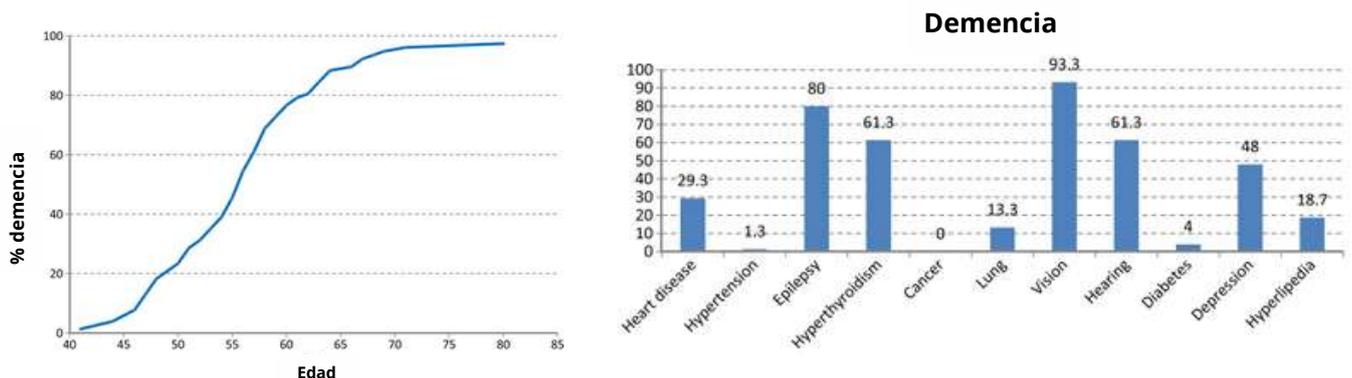


Figura 22. Representa el aumento exponencial del % de demencia acompañada de sus comorbilidades: cardiopatías, hipertensión, epilepsia, hipertiroidismo, problemas pulmonares, de visión y audición, diabetes, depresión. Figura extraída del estudio de MCCARRON et al., 2017.

Además, la literatura muestra que el estrés oxidativo y la disfunción mitocondrial presentes en la población con SD, debido al cromosoma HSA21, contribuyen a acelerar la enfermedad neurodegenerativa. Esto se debe a que la afección mitocondrial induce un aumento en la producción de EROS a través del estado defectuoso de este orgánulo. Este incremento degrada procesos mitocondriales como la biogénesis mitocondrial y reduce la eficacia de la mitofagia, lo que conduce a un aumento del estrés oxidativo (FIGURA 23) (VALENTI et al., 2018).

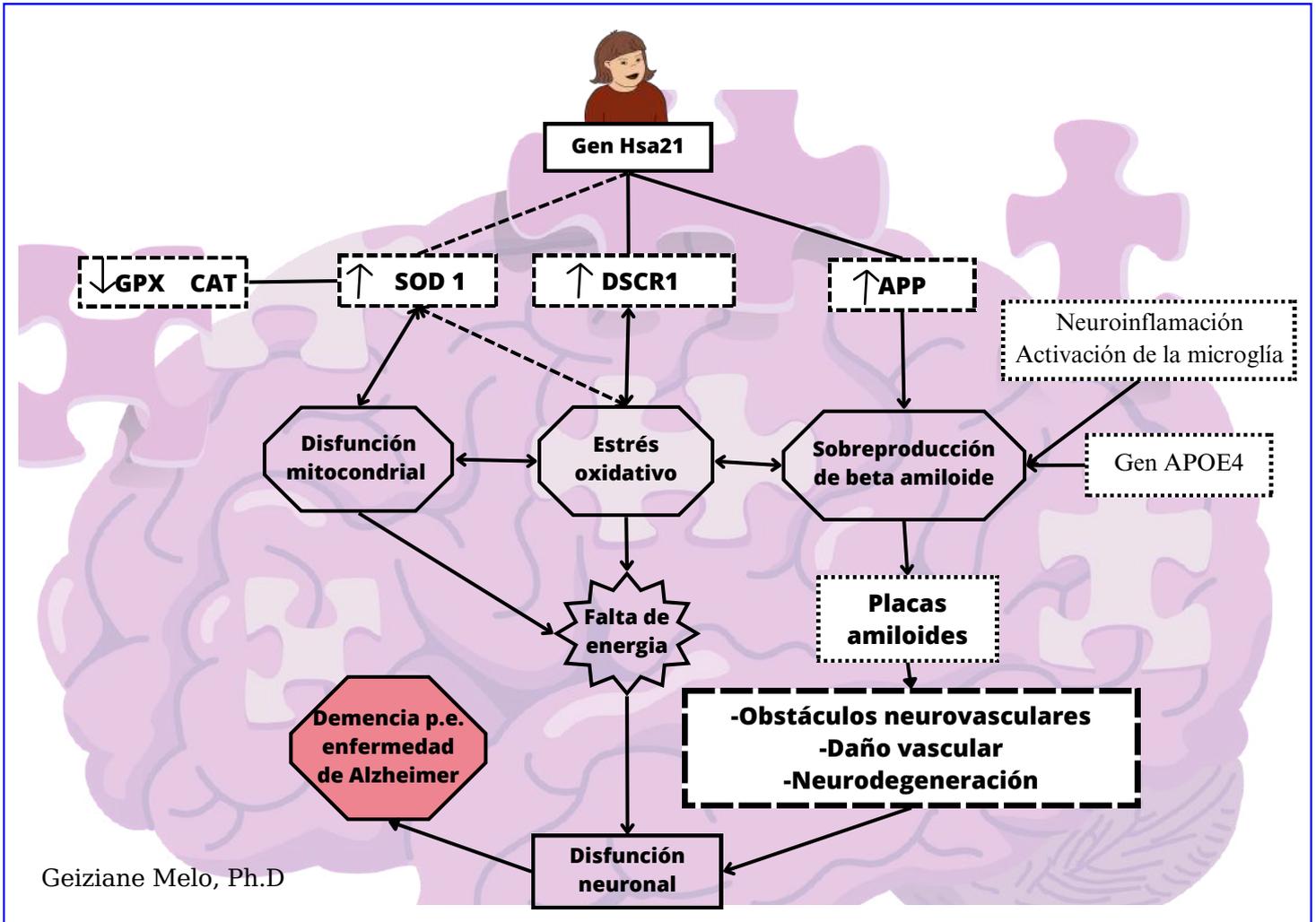


Figura 23. Envejecimiento prematuro en personas con síndrome de Down. Gen APP: gen de la proteína precursora de amiloide, DYRK1A: quinasa regulada por fosforilación de tirosina de doble especificidad 1, ApoE4: apolipoproteína E4, SOD1: superóxido dismutasa-1, GPX: glutatión peroxidasa y CAT: catalasa. Adaptado del estudio de Valenti et al. (2018).

Los síntomas de la EA observados con frecuencia en adultos con SD incluyen pérdida de memoria, pérdida de peso, disminución de las habilidades en las actividades de la vida diaria —que conduce a una mayor dependencia—, cambios de personalidad, apatía, epilepsia de aparición tardía y pérdida de habilidades conversacionales (BARNHART; CONNOLLY, 2007).

Sin embargo, a pesar de la presencia de un factor genético común, existen variaciones considerables en la edad de inicio de los síntomas, la velocidad de progresión y el patrón de deterioro en la enfermedad de Alzheimer. Algunas de estas manifestaciones son atribuibles a otros factores genéticos, como la presencia de alelos APOε4, los cuales se asocian a un mayor riesgo de EA en la población general y a una edad más temprana de aparición en individuos con SD (IULITA et al., 2022). Además, los efectos del estrés oxidativo y la disfunción mitocondrial pueden acelerar el envejecimiento prematuro en personas con SD (figura 23).

Por otro lado, la literatura destaca la importancia de los efectos neuroprotectores y neuromoduladores de la AF y su relación inversa con el riesgo de demencia en adultos con SD. El ejercicio de intensidad moderada redujo el riesgo de deterioro de la memoria y la orientación en un 62 %, mientras que el ejercicio de alta intensidad redujo el riesgo de deterioro de la personalidad y el comportamiento en un 87 % en adultos con SD sin diagnóstico de demencia (PAPE et al., 2021).

Además, el ejercicio físico tiene el potencial de mejorar la función ejecutiva en personas con SD. Ringenbach et al. (2016) demostraron que el ejercicio aeróbico realizado en un ergómetro de bicicleta motorizado, a una cadencia un 80 % superior a la velocidad autoseleccionada, durante ocho semanas, mejoró la memoria de trabajo, la planificación, la inhibición y el tiempo de reacción, aunque no la memoria a corto plazo, en comparación con el ciclismo voluntario a una velocidad autoseleccionada. Se obtuvieron resultados similares con el entrenamiento combinado (aeróbico y de fuerza) en adultos con SD (23 años), tras doce semanas de intervención, en quienes se observó una mejora en el funcionamiento ejecutivo diario (actividades de la vida diaria), pero no se produjeron cambios en la función ejecutiva, la memoria ni el lenguaje (SHIELDS et al., 2022).

En cuanto al EF, Post et al. (2022) mostraron que, tras diez semanas de entrenamiento en adultos con SD, se produjo una reducción significativa de los trastornos del estado de ánimo, así como una mejora del rendimiento cognitivo, concretamente en la función ejecutiva, la memoria de trabajo visuoespacial y la actividad del lóbulo frontal.

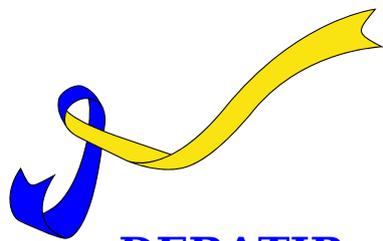
Aunque los resultados son clínicamente relevantes, las condiciones asociadas al SD y las limitaciones en las funciones ejecutivas pueden repercutir en la práctica del ejercicio. Lamentablemente, las personas con SD no suelen alcanzar los niveles recomendados de AF debido a barreras fisiológicas, ambientales, sociales y actitudinales relacionadas con su discapacidad, incluida la necesidad de apoyo social (MAHY et al., 2010).

También hay que recordar que, aunque el ejercicio físico no cura la EA, puede proteger contra el deterioro cognitivo relacionado con la edad y retrasar la aparición de la EA en la población con SD. Los estilos de vida físicamente activos pueden seguir teniendo efectos beneficiosos sobre el funcionamiento cognitivo en la edad adulta. En concreto, los adultos jóvenes y de mediana edad con SD que realizan AF en intensidades adecuadas muestran un mejor funcionamiento ejecutivo, memoria episódica y capacidad de construcción visoespacial, así como menos síntomas de demencia que los adultos con SD que llevan estilos de vida menos activos físicamente (FLEMING et al., 2021). De este modo, la AF y el ejercicio pueden promover un envejecimiento saludable en esta población.

Además, es importante destacar que el ejercicio físico tiene beneficios para la salud mental y emocional, como la reducción del estrés y la ansiedad. Esto es especialmente relevante para las personas con SD, que a menudo se enfrentan a retos emocionales y sociales. La AF puede ser una forma de mejorar la autoestima y la confianza en uno mismo, así como de fomentar la interacción social y el sentimiento de pertenencia a un grupo. Por lo tanto, es esencial que los programas de ejercicio físico sean accesibles e inclusivos para las personas con SD, teniendo en cuenta sus necesidades y limitaciones individuales. De este modo, podemos garantizar que esta población tenga acceso a los beneficios de la AF y pueda disfrutar de una vida más sana y plena.



Recomendaciones. Se han demostrado mejoras en la función cognitiva tras la EF en adultos con SD. Sin embargo, se necesita más investigación sobre las variaciones en la población (diferentes grupos de edad, niveles de AF, con y sin diagnóstico de demencia) y cómo la función cognitiva puede verse influida por el ejercicio físico regular.



DEBATIR Y REPENSAR LA PRÁCTICA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN

Las pruebas recopiladas y recogidas en este libro muestran beneficios prometedores del EF para la salud de las personas con SD. Los estudios demuestran que el EF aumenta la fuerza muscular, mejora la composición corporal, la capacidad funcional y el equilibrio, al tiempo que reduce la inflamación y el estrés oxidativo, y mejora el sistema inmunológico. Estos efectos pueden ser relevantes para promover la salud, el bienestar y la longevidad de las personas con SD. Además, cada vez hay más datos convincentes que evidencian que diferentes protocolos de EF pueden inducir efectos beneficiosos en distintos tejidos, órganos y sistemas fisiológicos de las personas con SD (figura 24).

Sin embargo, la calidad metodológica general de la bibliografía actual es heterogénea en varios aspectos clave. Para mejorar la calidad de la evidencia, se requieren investigaciones bien diseñadas y estandarizadas, con muestras amplias, que permitan establecer los parámetros óptimos para la prescripción del ejercicio.

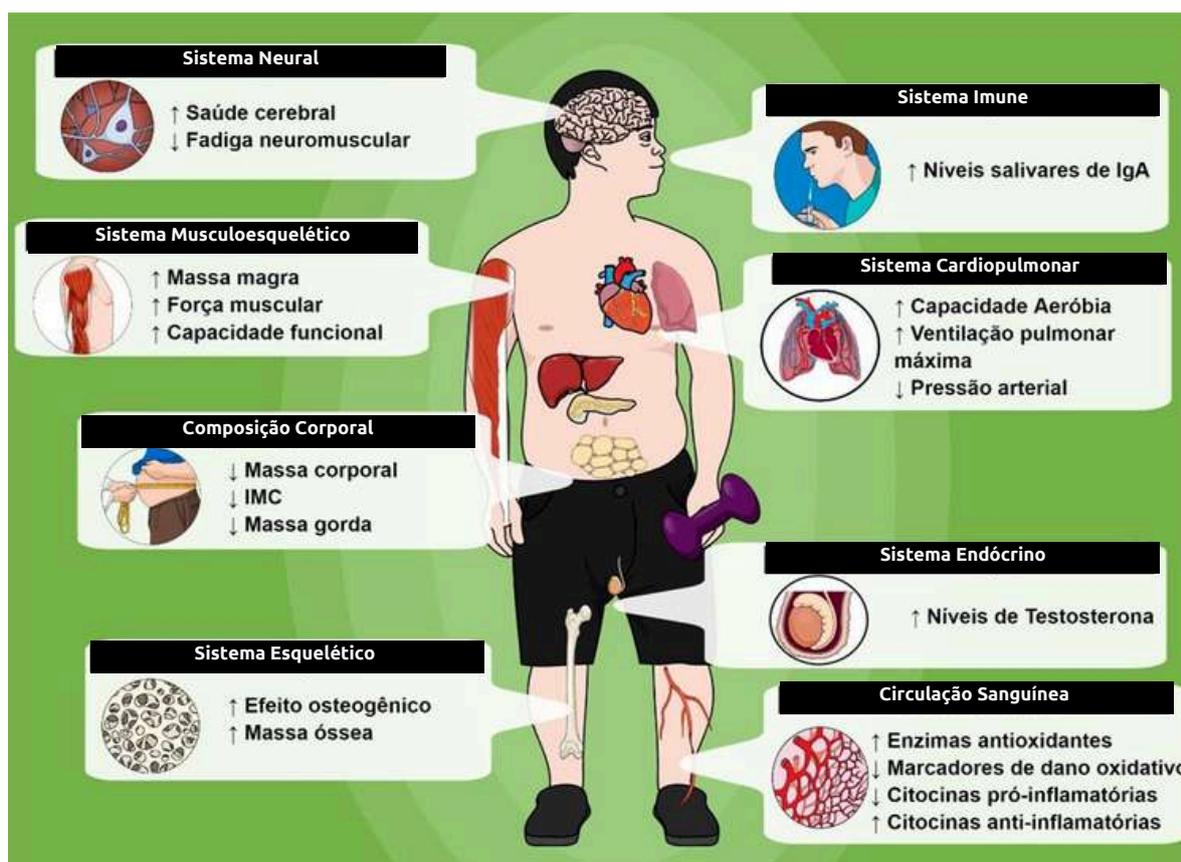


Figura 24. Visión general de los efectos de la EF sobre los sistemas fisiológicos en personas con síndrome de Down. El ejercicio puede promover respuestas positivas para la salud en diferentes órganos (MELO et al., 2022).

De este modo, se intentó resumir la solidez de la evidencia científica disponible sobre el EF y los individuos con SD, tal como se expone a lo largo de los capítulos de este libro. Asimismo, se observó la existencia de lagunas en la literatura respecto a los efectos del EF sobre las respuestas cardiovasculares, el daño muscular, el estrés oxidativo, la inflamación y las hormonas testosterona e inmunoglobulina A. Cabe señalar que, entre estos temas, solo se encontró un estudio por cada uno en la literatura (DIAZ et al., 2021; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2021; SERON et al., 2015; FORNIELES et al., 2014; ROSETY-RODRIGUEZ et al., 2013). Además, la mayoría de estos estudios se realizaron en adultos jóvenes con SD, a excepción del estudio sobre respuestas cardiovasculares y EF en adolescentes, con una edad media de $15,7 \pm 2,82$ años (SERON et al., 2015).

A partir de la identificación de estas lagunas, futuros estudios deberían evaluar la asociación entre la masa y la fuerza muscular y los factores de riesgo de enfermedades crónicas (biomarcadores inflamatorios, niveles de colesterol, insulina, PA sistólica, PA diastólica y FC) en individuos con SD. Este tema debería recibir alta prioridad, dado que estudios de cohortes han demostrado que la disminución de la masa y la fuerza muscular es un predictor de factores de riesgo de enfermedades crónicas y de mortalidad por todas las causas (GARCÍA-HERMOSO et al., 2018; VOLAKLIS; HALLE; MEISINGER, 2015; RUIZ et al., 2008). Esta cuestión resulta especialmente relevante, ya que puede aportar nuevos enfoques e implicaciones para la salud pública en el contexto del SD.

Independientemente de las ventajas del EF, la participación de las personas con SD en programas regulares sigue siendo baja en la práctica clínica, probablemente debido a diversos factores, como la falta de tiempo, la elevada dificultad, y el acceso limitado a gimnasios, profesionales cualificados y equipos adecuados. Por tanto, resulta necesario identificar enfoques de ejercicio que minimicen las barreras a la participación y favorezcan el compromiso con el EF, mejorando así los resultados en salud. Se ha propuesto que las dosis mínimas de ejercicio, caracterizadas por volúmenes de sesión inferiores a los recomendados en las directrices tradicionales de EF, pueden mejorar la masa muscular, la fuerza y la capacidad funcional en personas jóvenes y mayores (FYFE; HAMILTON; DALY, 2021). Estas estrategias de EF de dosis mínima podrían reducir muchas de las barreras para la participación y resultar viables y escalables en el contexto del SD.

Las personas con SD presentan distintos grados de discapacidad intelectual, que pueden ir desde muy leve hasta grave. Además, las deficiencias visuales y auditivas varían considerablemente entre los individuos con SD, lo que puede influir en el aprendizaje de los ejercicios.

Junto con estos factores, el 70% de los adultos con SD desarrollan neuropatología similar a la enfermedad de Alzheimer a la edad de 40 años, y la adherencia al ejercicio en personas con EA puede resultar muy difícil debido a la combinación única de síntomas que presenta esta enfermedad (por ejemplo, síntomas conductuales y psicológicos de la demencia) (ANTONARAKIS et al., 2020; YU; GREIMEL; KELLY; WYMAN, 2017). Lamentablemente, no existen intervenciones eficaces que retrasen o prevengan de forma significativa la aparición de la EA; sin embargo, las personas con SD deben mantenerse físicamente activas como parte de un plan de envejecimiento saludable (PAPE; BAKSH; STARTIN; HAMBURG et al., 2021). Por otro lado, la investigación ha demostrado que el ejercicio físico puede contribuir a la prevención y al tratamiento de la EA al favorecer la modulación del recambio de β -amiloide, la inflamación, la síntesis y liberación de neurotrofinas, así como el flujo sanguíneo cerebral en personas mayores sin SD (DE LA ROSA et al., 2020).

La prescripción óptima del entrenamiento requiere un enfoque centrado en la persona, que utilice estrategias individualizadas y garantice un equilibrio adecuado entre el estímulo del ejercicio y una recuperación óptima, con el fin de lograr beneficios fisiológicos significativos. Desde un punto de vista clínico, parece fundamental iniciar el EF lo antes posible para alcanzar un mejor rendimiento físico, mejorar los parámetros de salud y aumentar la calidad de vida.

No obstante, para que la práctica del EF tenga éxito en individuos con SD, es necesario considerar, debatir y evaluar las razones de adherencia, cumplimiento y abandono de un programa de ejercicio, en colaboración con los profesionales de la educación física y los cuidadores (familiares y/o tutores). Asimismo, no debe descartarse la posibilidad de que las personas con SD sean atendidas por un equipo multidisciplinar que aplique un enfoque multifactorial a largo plazo (incluyendo terapias cognitivo-conductuales, intervención nutricional y atención médica), con el objetivo de comprender el impacto real del EF en la vida diaria.

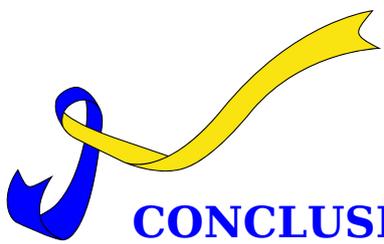
En consecuencia, se propone que las variables del entrenamiento agudo (intensidad, duración, volumen, frecuencia e intervalos) sean controladas, abordadas e integradas de forma adecuada para crear una intervención eficaz, independientemente del tipo de ejercicio de fuerza. La interacción óptima de estas variables puede mejorar notablemente los resultados del entrenamiento y requiere especial atención, en particular en individuos sedentarios con SD. Se recomienda la inclusión de la sobrecarga progresiva para maximizar las adaptaciones. Sin embargo, se necesitan más estudios para comprender las posibles diferencias en la respuesta a distintos protocolos de EF según el tipo de SD (libre, por translocación o mosaico), la edad y el sexo, así como los efectos de la interrupción del ejercicio o del desentrenamiento.

Debido a la hipermovilidad articular, la baja calidad muscular y la menor densidad ósea asociadas al SD, la prescripción de ejercicio debe realizarse con mayor precaución que en adultos jóvenes sin discapacidad. Es fundamental prestar especial atención a la correcta instrucción de los movimientos, siendo esenciales las indicaciones verbales claras y asertivas. La selección de ejercicios de fuerza para personas con SD debe basarse en necesidades específicas, orientadas a mejorar el equilibrio estático y dinámico, la coordinación motora, la movilidad funcional y, en consecuencia, la independencia funcional. Aquellos individuos que toleran ejercicios bilaterales de cadena cinética cerrada representan una indicación óptima de la capacidad de fuerza intermuscular coordinada (VALENTI et al., 2018; FRAGALA et al., 2019).

El entrenamiento físico debe incluir todos los grupos musculares principales de las extremidades superiores e inferiores, priorizando los movimientos multiarticulares. En personas mayores con SD, un programa de ejercicio multicomponente puede constituir una estrategia eficaz para mejorar la marcha, el equilibrio y la fuerza, así como para reducir la incidencia de caídas (FRAGALA et al., 2019).

Aunque el EF presenta una aplicabilidad práctica inmediata y beneficios contrastados para la salud de las personas con SD, es fundamental que futuras investigaciones evalúen sus efectos en distintos grupos etarios, especialmente en mayores de 30 años, dado que la literatura actual se ha centrado principalmente en adolescentes y adultos jóvenes. Además, las personas con SD viven más años y experimentan un envejecimiento prematuro, lo que incrementa el riesgo de comorbilidades y mortalidad en esta población (TENENBAUM; CHAVKIN; WEXLER; KOREM et al., 2012; TSOU; BULOVA; CAPONE; CHICOINE et al., 2020). Por ello, dada la rápida evolución de la investigación en este ámbito, se recomienda actualizar anualmente esta revisión para incorporar los hallazgos más recientes sobre la prescripción de EF en individuos con SD.

Asimismo, es importante subrayar que el EF debe adaptarse a las características individuales de cada persona con SD, como la edad, el nivel de AF y las comorbilidades existentes. Es esencial que el programa de entrenamiento esté supervisado por un profesional cualificado, con experiencia en el trabajo con personas con discapacidad. La intensidad del entrenamiento debe incrementarse de forma progresiva, en función de la capacidad del individuo, y resulta imprescindible una evaluación continua del rendimiento y los progresos obtenidos. En definitiva, el EF puede constituir una herramienta clave para mejorar la salud y la calidad de vida de las personas con SD, siempre que se prescriba y se implemente de forma adecuada.



CONCLUSIÓN

Esta guía recomienda que las personas sedentarias con SD realicen un protocolo de EF que comience con un primer microciclo de cuatro semanas de duración, con una intensidad moderada (40-65 % de 8RM), una frecuencia semanal de dos días y un intervalo mínimo de 24 horas entre sesiones. El protocolo debe seguir un modelo alterno por segmentos, iniciando con los grandes grupos musculares y progresando hacia los más pequeños (por ejemplo: prensa de piernas, bíceps en polea, silla de flexores, tríceps en polea, entre otros). Se aconseja el uso de máquinas de EF para guiar los movimientos, facilitar el aprendizaje motor y garantizar la seguridad durante la ejecución.

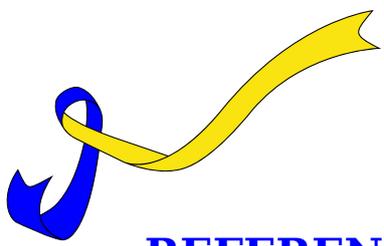
Se ha constatado que realizar de dos a tres series de seis a doce repeticiones es eficaz para mejorar la fuerza muscular. Es imprescindible respetar un intervalo mínimo de 90 segundos entre series para mantener la eficacia del entrenamiento. La sobrecarga progresiva debe integrarse como un principio clave para asegurar mejoras continuas en la calidad del entrenamiento y en los beneficios obtenidos.

El programa de EF debe ajustarse a las características, limitaciones y potencial de cada individuo. Es esencial emplear un lenguaje claro y directo, así como apoyarse en demostraciones visuales que faciliten la comprensión de los movimientos. La participación de compañeros de entrenamiento o la selección de música preferida por los individuos durante la sesión se han revelado como herramientas didácticas eficaces. Asimismo, los sistemas de recompensa intrínseca han demostrado ser útiles para fomentar la motivación y adherencia al ejercicio en personas con SD.

El EF genera beneficios relevantes como el aumento de la fuerza, la mejora de la composición corporal, de la capacidad funcional y del equilibrio, así como la reducción de la inflamación y del estrés oxidativo, y una mejora del sistema inmunológico. Los protocolos de EF propuestos en esta guía pueden servir como herramienta valiosa para profesionales de la Educación Física, profesionales sanitarios e investigadores, en la planificación eficaz de programas de entrenamiento dirigidos a personas con SD.

Además, es fundamental subrayar que la supervisión por parte de un profesional de la Educación Física es clave para el éxito del entrenamiento. Este debe conocer las condiciones de salud del individuo, ajustar las cargas conforme evolucione el programa y prevenir lesiones. Igualmente, la supervisión médica resulta esencial para evaluar la adaptación del individuo al ejercicio y determinar la necesidad de ajustes adicionales.

Por último, es fundamental fomentar la práctica regular de AF y la implicación activa de la familia del individuo con SD en el proceso de entrenamiento. La participación familiar no solo puede aumentar la motivación del individuo, sino también garantizar un entorno seguro, estructurado y acogedor para la práctica del ejercicio físico. Con un programa de EF adecuado, adaptado y personalizado, es posible promover de forma significativa la salud y mejorar la calidad de vida de las personas con SD.



REFERENCIAS

ABOU SAWAN, S.; NUNES, E. A.; LIM, C.; MCKENDRY, J. et al. The Health Benefits of Resistance Exercise: Beyond Hypertrophy and Big Weights. *Exercise, Sport, and Movement*, 1, n. 1, p. e00001, 2023.

AGIOVLASITIS, S.; COLLIER, S. R.; BAYNARD, T.; ECHOLS, G. H. et al. Autonomic response to upright tilt in people with and without Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 31, n. 3, p. 857-863, 2010.

AGIOVLASITIS, S.; JIN, J.; YUN, J. Age-Group Differences in Body Mass Index, Weight, and Height in Adults With Down Syndrome and Adults With Intellectual Disability From the United States. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 38, n. 1, p. 79-94, 2020.

ALSAKHAWI, R. S.; ELSHAFFEY, M. A. Effect of core stability exercises and treadmill training on balance in children with Down Syndrome: randomized controlled trial. *Advances in therapy*, 36, n. 9, p. 2364-2373, 2019.

ANGELOPOULOU, N.; MATZIARI, C.; TSIMARAS, V.; SAKADAMIS, A. et al. Bone mineral density and muscle strength in young men with mental retardation (with and without Down syndrome). *Calcified Tissue International*, 66, n. 3, p. 176-180, 2000.

ANGELOPOULOU, N.; TSIMARAS, V.; CHRISTOULAS, K.; MANDROUKAS, K. Measurement of range of motion in individuals with mental retardation and with or without Down syndrome. *Perceptual and motor skills*, 89, n. 2, p. 550-555, 1999.

ANTONARAKIS, S. E.; SKOTKO, B. G.; RAFII, M. S.; STRYDOM, A. et al. Down syndrome. *Nature Reviews Disease Primers*, 6, n. 1, p. 1-20, 2020.

ASLAM, Aisha A. et al. Diabetes and obesity in Down Syndrome across the lifespan: a retrospective cohort study using UK electronic health records. *Diabetes care*, v. 45, n. 12, p. 2892-2899, 2022.

BARNHART, R. C.; CONNOLLY, B. Aging and Down syndrome: implications for physical therapy. *Physical therapy*, 87, n. 10, p. 1399-1406, 2007.

BARR, M.; SHIELDS, N. Identifying the barriers and facilitators to participation in physical activity for children with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 55, n. 11, p. 1020-1033, 2011.

BASTIAANSE, L. P.; HILGENKAMP, T. I.; ECHELDE, M. A.; EVENHUIS, H. M. Prevalence and associated factors of sarcopenia in older adults with intellectual disabilities. *Research in developmental disabilities*, 33, n. 6, p. 2004-2012, 2012.

BAYEN, E.; POSSIN, K. L.; CHEN, Y.; DE LANGAVANT, L. C. et al. Prevalence of aging, dementia, and multimorbidity in older adults with Down syndrome. *JAMA neurology*, 75, n. 11, p. 1399-1406, 2018.

BEERSE, M.; HENDERSON, G.; LIANG, H.; AJISAFE, T. et al. Variability of Spatio-temporal gait parameters in children with and without Down syndrome during treadmill walking. *Gait & posture*, 68, p. 207-212, 2019.

BERTAPELLI, Fabio et al. Overweight and obesity in children and adolescents with Down syndrome—prevalence, determinants, consequences, and interventions: a literature review. *Research in developmental disabilities*, v. 57, p. 181-192, 2016.

BOSCHIERO, M. N.; PALAMIM, C. V. C.; ORTEGA, M. M.; MARSON, F. A. L. Clinical characteristics and comorbidities of COVID-19 in unvaccinated patients with Down syndrome: first-year report in Brazil. *Human Genetics*, 141, n. 12, p. 1887- 1904, 2022.

BULL, F. C.; AL-ANSARI, S. S.; BIDDLE, S.; BORODULIN, K. et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*, 54, n. 24, p. 1451-1462, 2020.

BULL, M. J. Down syndrome. *New England Journal of Medicine*, 382, n. 24, p. 2344-2352, 2020.

CAPONE, G. T.; CHICOINE, B.; BULOVA, P.; STEPHENS, M. et al. Co-occurring medical conditions in adults with Down syndrome: A systematic review toward the development of health care guidelines. *American Journal of Medical Genetics Part A*, 176, n. 1, p. 116-133, 2018.

CARMELI, E.; AYALON, M.; BARCHAD, S.; SHEKLOW, S. L. et al. Isokinetic leg strength of institutionalized older adults with mental retardation with and without Down's syndrome. *Journal of strength and conditioning research*, 16, n. 2, p. 316-320, 2002.

CILHOROZ, Burak T. et al. Cardiovascular physiology and pathophysiology in Down syndrome. *Physiological Research*, v. 71, n. 1, p. 1, 2022.

CHAUSHU, S.; YEFENOF, E.; BECKER, A.; SHAPIRA, J. et al. A link between parotid salivary Ig level and recurrent respiratory infections in young Down's syndrome patients. *Oral microbiology and immunology*, 17, n. 3, p. 172-176, 2002.

CHEN, Hao-Ling; YEH, Chun-Fu; HOWE, Tsu-Hsin. Postural control during standing reach in children with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, v. 38, p. 345-351, 2015.

CHODZKO-ZAJKO, W. J.; PROCTOR, D. N.; SINGH, M. A. F.; MINSON, C. T. et al. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41, n. 7, p. 1510-1530, 2009.

CIONI, M.; COCILOVO, A.; DI PASQUALE, F.; ARAUJO, M. et al. Strength deficit of knee extensor muscles of individuals with Down syndrome from childhood to adolescence. *American Journal of mental retardation: AJMR*, 99, n. 2, p. 166-174, 1994.

CISTERNA, B.; BONTEMPI, P.; SOBOLEV, A. P.; COSTANZO, M. et al. Quantitative magnetic resonance characterization of the effect of physical training on skeletal muscle of the Ts65Dn mice, a model of Down syndrome. 2022.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of physical medicine & rehabilitation*, 81, n. 11, p. S52-S69, 2002.

Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults--The Evidence Report. National Institutes of Health. *Obes Res*, 6 Suppl 2, p. 51S-209S, Sep 1998.

COELHO-JUNIOR, H. J.; VILLANI, E. R.; CALVANI, R.; CARFÌ, A. et al. Sarcopenia-related parameters in adults with Down syndrome: a cross-sectional exploratory study. *Experimental gerontology*, 119, p. 93-99, 2019.

CORSI, M. M.; DOGLIOTTI, G.; PEDRONI, F.; GALLIERA, E. et al. Adipocytokines in Down's syndrome, an atheroma-free model: Role of adiponectin. *Archives of gerontology and geriatrics*, 48, n. 1, p. 106-109, 2009.

COSTA, Ramón et al. Bone mineral density distribution curves in Spanish adults with Down syndrome. *Journal of Clinical Densitometry*, v. 21, n. 4, p. 493-500, 2018.

COVELLI, V.; RAGGI, A.; MEUCCI, P.; PAGANELLI, C. et al. Ageing of people with Down's syndrome: a systematic literature review from 2000 to 2014. *International Journal of Rehabilitation Research*, 39, n. 1, p. 20-28, 2016.

COWLEY, P. M.; KESLACY, S.; MIDDLETON, F. A.; DERUISSEAU, L. R. et al. Functional and biochemical characterization of soleus muscle in Down syndrome mice: insight into the muscle dysfunction seen in the human condition. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 303, n. 12, p. R1251-R1260, 2012.

COWLEY, P. M.; PLOUTZ-SNYDER, L. L.; BAYNARD, T.; HEFFERNAN, K. et al. Physical fitness predicts functional tasks in individuals with Down syndrome. *Med Sci Sports Exerc*, 42, n. 2, p. 388-393, 2010.

COWLEY, P. M.; PLOUTZ-SNYDER, L. L.; BAYNARD, T.; HEFFERNAN, K. S. et al. The effect of progressive resistance training on leg strength, aerobic capacity and functional tasks of daily living in persons with Down syndrome. *Disability and Rehabilitation*, 33, n. 22-23, p. 2229-2236, 2011.

Cuesta-Vargas A, Hilgenkamp T. Reference Values of Grip Strength Measured with a Jamar Dynamometer in 1526 Adults with Intellectual Disabilities and Compared to Adults without Intellectual Disability. *PLoS One*. 2015 Jun 8;10(6):e0129585. doi: 10.1371/journal.pone.0129585. PMID: 26053852; PMCID: PMC4460022.

CUNNINGHAM, C.; O'DONOGHUE, G.; COSGRAVE, S.; SANDS, T. et al. Gym staff perspectives on disability inclusion: a qualitative study. *Disability and rehabilitation*, p. 1-8, 2022.

DAVIS, W. E.; SINNING, W. E. Muscle stiffness in Down syndrome and other mentally handicapped subjects: a research note. *Journal of motor behavior*, 19, n. 1, p. 130-144, 1987.

DEASUA, D. R.; PARRA, P.; COSTA, R.; MOLDENHAUER, F. et al. Evaluation of the impact of abdominal obesity on glucose and lipid metabolism disorders in adults with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 35, n. 11, p. 2942-2949, 2014.

DECARVALHO, T. D.; DE ABREU, L. C.; MUSTACCHI, Z.; VANDERLEI, L. C. M. et al. Cardiac autonomic modulation of children with Down syndrome. *Pediatriccardiology*, 36, n. 2, p. 344-349, 2015.

DE GRAAF, G.; BUCKLEY, F.; SKOTKO, B. People living with down syndrome in the USA: Births and population. *Down Syndrome Education International* <https://dsuri.net/us-population-factsheet>, 2019.

DE GRAAF, G.; BUCKLEY, F.; SKOTKO, B. G. Estimation of the number of people with Down syndrome in Europe. *European Journal of Human Genetics*, 29, n. 3, p. 402-410, 2021.

DE LA ROSA, A.; OLASO-GONZALEZ, G.; ARC-CHAGNAUD, C.; MILLAN, F. et al. Physical exercise in the prevention and treatment of Alzheimer's disease. *Journal of Sport and Health Science*, 9, n. 5, p. 394-404, 2020.

DE WINTER, C. D.; BASTIAANSE, L.; HILGENKAMP, T.; EVENHUIS, H. et al. Overweight and obesity in older people with intellectual disability. *Research in developmental disabilities*, 33, n. 2, p. 398-405, 2012.

DE WINTER, C. F.; MAGILSEN, K. W.; VAN ALFEN, J. C.; WILLEMSSEN, S. P. et al. Metabolic syndrome in 25% of older people with intellectual disability. *Family Practice*, 28, n. 2, p. 141-144, 2011.

DIAZ, A. J.; ROSETY, I.; ORDONEZ, F. J.; BRENES, F. et al. Effects of Resistance Training in Muscle Mass and Markers of Muscle Damage in Adults with Down Syndrome. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, n. 17, p. 8996, 2021.

DILEK, G.; ÖZTÜRK, C.; HEPGULER, A.; OZKINAY, F. et al. The effect of exercise on bone mineral density in patients with Down syndrome. *JOURNAL OF PEDIATRIC RESEARCH*, 5, n. 3, 2018.

DODD, K. J.; SHIELDS, N. A systematic review of the outcomes of cardiovascular exercise programs for people with Down syndrome. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86, n. 10, p. 2051-2058, 2005.

DOWN, J. L. H. Observations on an ethnic classification of idiots. *London hospital reports*, 3, n. 1866, p. 259-262, 1866.

DUPLANTY, A.; VINGREN, J.; KELLER, J. Exercise training recommendations: Working with individuals with intellectual disabilities. *Strength & Conditioning Journal*, 36, n. 2, p. 29-31, 2014.

EMERSON, N. S.; STOUT, J. R.; FUKUDA, D. H.; ROBINSON, E. H. et al. Resistance training improves capacity to delay neuromuscular fatigue in older adults. *Archives of Gerontology and geriatrics*, 61, n. 1, p. 27-32, 2015.

FAIGENBAUM, A. D. Strength training for children and adolescents. *Clinics in sports medicine*, 19, n. 4, p. 593-619, 2000.

FAIGENBAUM, A. D.; KRAEMER, W. J.; BLIMKIE, C. J.; JEFFREYS, I. et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23, p. S60-S79, 2009.

FAIGENBAUM, A. D.; MYER, G. D. Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Current sports medicine reports*, 9, n. 3, p. 161-168, 2010.

FERNHALL, B.; BAYNARD, T.; COLLIER, S. R.; FIGUEROA, A. et al. Catecholamine response to maximal exercise in persons with Down syndrome. *The American Journal of Cardiology*, 103, n. 5, p. 724-726, 2009.

FERNHALL, B.; FIGUEROA, A.; COLLIER, S.; GOULOPOULOU, S. et al. Resting metabolic rate is not reduced in obese adults with Down syndrome. *Mental retardation*, 43, n. 6, p. 391-400, 2005.

FERNHALL, B.; MENDONCA, G. V.; BAYNARD, T. Reduced work capacity in individuals with Down syndrome: a consequence of autonomic dysfunction? *Exercise and sport sciences reviews*, 41, n. 3, p. 138-147, 2013.

FERNHALL, B.; OTTERSTETTER, M. Attenuated responses to sympathoexcitation in individuals with Down syndrome. *Journal of Applied Physiology*, 94, n. 6, p. 2158-2165, 2003.

FLEMING, Victoria et al. Physical activity and cognitive and imaging biomarkers of Alzheimer's disease in Down syndrome. *Neurobiology of Aging*, v. 107, p. 118-127, 2021.

FLORE, P.; BRICOUT, V.-A.; BIESEN, D. V.; GUINOT, M. et al. Oxidative stress and metabolism at rest and during exercise in persons with Down syndrome. *European Journal of Preventive Cardiology*, 15, n. 1, p. 35-42, 2008.

FLORENTINO NETO, J.; PONTES, L. M. D.; FERNANDES FILHO, J. Body composition alterations resulting from weight training in subjects with Down Syndrome. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 16, n. 1, p. 09-12, 2010.

FOLEY, C.; KILLEEN, O. G. Musculoskeletal anomalies in children with Down syndrome: an observational study. *Archives of disease in childhood*, 104, n. 5, p. 482-487, 2019.

FORNIELES, G.; ROSETY, M.; ELOSEGUI, S.; ROSETY, J. et al. Salivary testosterone and immunoglobulin A were increased by resistance training in adults with Down syndrome. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 47, p. 345-348, 2014.

FRAGALA, M. S.; CADORE, E. L.; DORGO, S.; IZQUIERDO, M. et al. Resistance training for older adults: a position statement from the National Strength and Conditioning Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33, n. 8, 2019.

FRASER, J.; MITCHELL, A. Kalmuc idiocy: report of a case with autopsy. *Journal of Mental Science*, 22, n. 98, p. 169-179, 1876.

FYFE, J. J.; HAMILTON, D. L.; DALY, R. M. Minimal-dose resistance training for improving muscle mass, strength, and function: a narrative review of current evidence and practical considerations. *Sports medicine*, p. 1-17, 2021.

GARCÍA-HERMOSO, A.; CAVERO-REDONDO, I.; RAMÍREZ-VÉLEZ, R.; RUIZ, J. R. et al. Muscular strength as a predictor of all-cause mortality in an apparently healthy population: a systematic review and meta-analysis of data from approximately 2 million men and women. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 99, n. 10, p. 2100-2113. e2105, 2018.

GHAEEENI, S.; BAHARI, Z.; KHAZAEI, A. A. Effect of core stability training on static balance of the children with Down syndrome. *Physical Treatments-Specific Physical Therapy*, 5, n. 1, p. 49-54, 2015.

GINIS, K. A. M.; VAN DER PLOEG, H. P.; FOSTER, C.; LAI, B. et al. Participation of people living with disabilities in physical activity: a global perspective. *The Lancet*, 2021.

GLASSON, E.; DYE, D.; BITTLES, A. H. The triple challenges associated with age-related comorbidities in Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 58, n. 4, p. 393-398, 2014.

GONZÁLEZ-AGÜERO, A.; ARA, I.; MORENO, L. A.; VICENTE-RODRÍGUEZ, G. et al. Fat and lean masses in youths with Down syndrome: gender differences. *Research in developmental disabilities*, 32, n. 5, p. 1685-1693, 2011.

GONZÁLEZ-AGÜERO, A.; VICENTE-RODRÍGUEZ, G.; GÓMEZ-CABELLLO, A.; ARA, I. et al. A 21-week bone deposition promoting exercise program increases bone mass in young people with Down syndrome. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54, n. 6, p. 552-556, 2012.

GONZÁLEZ-AGÜERO, A.; VICENTE-RODRÍGUEZ, G.; GÓMEZ-CABELLO, A.; ARA, I. et al. A combined training intervention program increases lean mass in youths with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 32, n. 6, p. 2383-2388, 2011.

GUERRA, M.; LLORENS, N.; FERNHALL, B. Chronotropic incompetence in persons with Down syndrome. *Archives of physical medicine and Rehabilitation*, 84, n. 11, p. 1604-1608, 2003.

GUPTA, S.; RAO, B. K.; KUMARAN, S. Effect of strength and balance training in children with Down's syndrome: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 25, n. 5, p. 425-432, 2011.

GUZMÁN-MUÑOZ, E.; GUTIÉRREZ-NAVARRO, L.; MIRANDA-DÍAZ, S. Postural control in children, adolescents and adults with Down syndrome. *International Medical Review on Down Syndrome*, 21, n. 1, p.12-16, 2017.

HAWLI, Y.; NASRALLAH, M.; FULEIHAN, G. E.-H. Endocrine and musculoskeletal abnormalities in patients with Down syndrome. *Nature Reviews Endocrinology*, 5, n. 6, p. 327-334, 2009.

HENDERSON, G.; FERREIRA, D.; WU, J. The effects of direction and speed on treadmill walking in typically developing children. *Gait & posture*, 84, p. 169-174, 2021.

HILGENKAMP, T. I.; WEE, S. O.; SCHROEDER, E. C.; BAYNARD, T. et al. Peripheral blood flow regulation in response to sympathetic stimulation in individuals with Down syndrome. *Artery research*, 24, p. 16-21, 2018.

HU, M.; YAN, H.; RANADIVE, S. M.; AGIOVLASITIS, S. et al. Arterial stiffness response to exercise in persons with and without Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 34, n. 10, p. 3139-3147, 2013.

HUGGARD, D.; KELLY, L.; RYAN, E.; MCGRANE, F. et al. Increased systemic inflammation in children with Down syndrome. *Cytokine*, 127, p. 154938, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2022.

IELLAMO, F.; GALANTE, A.; LEGRAMANTE, J. M.; LIPPI, M. E. et al. Altered autonomic cardiac regulation in individuals with Down syndrome. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 289, n. 6, p. H2387-H2391, 2005.

ILLOUZ, T.; BIRAGYN, A.; IULITA, M. F.; FLORES-AGUILAR, L. et al. Immune Dysregulation and the Increased Risk of Complications and Mortality Following Respiratory Tract Infections in Adults With Down Syndrome. *Frontiers in immunology*, 12, p. 2375, 2021.

IULITA, Maria Florencia et al. Association of Alzheimer's disease with life expectancy in people with Down syndrome. *JAMA network open*, v. 5, n. 5, p. e2212910-e2212910, 2022.

IVERSEN, V. M.; NORUM, M.; SCHOENFELD, B. J.; FIMLAND, M. S. No time to lift? Designing time-efficient training programs for strength and hypertrophy: a narrative review. *Sports medicine*, 51, n.10, p. 2079-2095, 2021.

IZQUIERDO-GOMEZ, R.; MARTÍNEZ-GÓMEZ, D.; TEJERO-GONZALEZ, C. M.; CABANAS-SÁNCHEZ, V. et al. ¿ Are poor physical fitness and obesity two features of the adolescent with Down syndrome? *Nutricion hospitalaria*, 28, n. 4, p. 1348-1351, 2013.

IZQUIERDO-GOMEZ, R.; VEIGA, Ó. L.; VILLAGRA, A.; DIAZ-CUETO, M. Correlates of sedentary behavior in youths with Down syndrome: the UP&DOWN study. *Journal of Sports Sciences*, 33, n. 14, p. 1504-1514, 2015.

IZZO, A.; MOLLO, N.; NITTI, M.; PALADINO, S. et al. Mitochondrial dysfunction in Down syndrome: molecular mechanisms and therapeutic targets. *Molecular Medicine*, 24, p. 1-8, 2018.

JACINTO, M.; OLIVEIRA, R.; BRITO, J. P.; MARTINS, A. D. et al. Prescription Effects of Strength Training in Individuals with Intellectual Disability—A Systematic Review. *Sports*, 9, n. 9, p. 125, 2021.

JOVANOVIC, S. V.; CLEMENTS, D.; MACLEOD, K. Biomarkers of oxidative stress are significantly elevated in Down syndrome. *Free Radical Biology and Medicine*, 25, n. 9, p. 1044-1048, 1998.

KELLY, A.; GIDDING, S. S.; WALEGA, R.; COCHRANE, C. et al. Relationships of body composition to cardiac structure and function in adolescents with down syndrome are different than in adolescents without down syndrome. *Pediatric cardiology*, 40, n. 2, p. 421-430, 2019.

KIM, A.; BAEK, S.; PARK, S.; SHIN, J. Bone mineral density of femur and lumbar and the relation between fat mass and lean mass of adolescents: based on Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHNES) from 2008 to 2011. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, n. 12, p. 4471, 2020.

KIM, H. I.; KIM, S. W.; KIM, J.; JEON, H. R. et al. Motor and cognitive developmental profiles in children with Down syndrome. *Annals of rehabilitation medicine*, 41, n. 1, p. 97, 2017.

KOVAČIČ, T.; KOVAČIČ, M.; OVSENIK, R.; ZURC, J. The impact of multicomponent programmes on balance and fall reduction in adults with intellectual disabilities: a randomised trial. *Journal of Intellectual Disability Research*, 64, n. 5, p. 381-394, 2020.

LAUTESLAGER, P.; VERMEER, A.; HELDERS, P. Disturbances in the motor behaviour of children with Down's syndrome: The need for a theoretical framework. *Physiotherapy*, 84, n.1, p. 5-13, 1998.

LI, N.; LI, P.; LU, Y.; WANG, Z. et al. Effects of resistance training on exercise capacity in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease: A meta-analysis and systematic review. *Aging Clinical and Experimental Research*, 32, n. 10, p. 1911-1922, 2020.

LIN, H.-C.; WUANG, Y.-P. Strength and agility training in adolescents with Down syndrome: A randomized controlled trial. *Research in developmental disabilities*, 33, n. 6, p.2236-2244, 2012.

MAGGE, S. N.; ZEMEL, B. S.; PIPAN, M. E.; GIDDING, S. S. et al. Cardiometabolic risk and body composition in youth with Down syndrome. *Pediatrics*, 144, n. 2, 2019.

MAHY, J.; SHIELDS, N.; TAYLOR, N.; DODD, K. Identifying facilitators and barriers to physical activity for adults with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54, n. 9, p.795-805, 2010.

MAÏANO, C.; HUE, O.; LEPAGE, G.; MORIN, A. J. et al. Do exercise interventions improve balance for children and adolescents with Down syndrome? A systematic review. *Physical therapy*, 99, n. 5, p. 507-518, 2019.

MALAK, Roksana et al. Delays in motor development in children with Down syndrome. *Medical Science Monitor: international medical journal of Experimental and clinical research*, v. 21, p. 1904, 2015.

MARTTALA, J.; YLINIEMI, O.; GISSLER, M.; NIEMINEN, P. et al. Prevalence of down's syndrome in a pregnant population in Finland. *Acta obstetrica et gynecologica scandinavica*, 89, n. 5, p. 715-717, 2010.

MCCARRON, M.; MCCALLION, P.; REILLY, E.; DUNNE, P. et al. A prospective 20-year longitudinal follow-up of dementia in persons with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 61, n. 9, p. 843-852, 2017.

MÉGARBANÉ, A.; RAVEL, A.; MIRCHER, C.; STURTZ, F. et al. The 50th anniversary of the discovery of trisomy 21: the past, present, and future of research and treatment of Down syndrome. *Genetics in Medicine*, 11, n. 9, p. 611-616, 2009.

MELO, Geiziane Leite Rodrigues et al. Resistance training and Down Syndrome: A narrative review on considerations for exercise prescription and safety. *Frontiers in Physiology*, p. 1802, 2022. DOI: [10.3389/fphys.2022.948439](https://doi.org/10.3389/fphys.2022.948439).

MELO, G.; MORAES, M.; NASCIMENTO, E.; BOATO, E. et al. Field-based versus laboratory-based estimates of muscle quality index in adolescents with and without Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 2022.

MELO, G. L. R.; MORAES, M. R.; ABREU, W. F.; OLHER, R. R. et al. Cardiovascular and nitric oxide response after maximal voluntary isometric contraction in adolescents with and without Down Syndrome. *Research, Society and Development*, 11, n. 1, p. e50011125342-e50011125342, 2022.

MENDONCA, G.; PEREIRA, F.; MORATO, P.; FERNHALL, B. Walking economy of adults with Down syndrome. *International Journal of sports medicine*, 31, n. 01, p. 10-15, 2010.

MENDONCA, G. V.; PEREIRA, F. D.; FERNHALL, B. Reduced exercise capacity in persons with Down syndrome: cause, effect, and management. *Therapeutics and clinical risk management*, 6, p. 601, 2010.

MENDONCA, Goncalo V.; PEREIRA, Fernando D.; FERNHALL, Bo. Heart rate recovery and variability following combined aerobic and resistance exercise training in adults with and without Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, v. 34, n. 1, p. 353-361, 2013.

MOLLO, N.; CICATIELLO, R.; AURILIA, M.; SCOGNAMIGLIO, R. et al. Targeting mitochondrial network architecture in Down syndrome and aging. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, n. 9, p. 3134, 2020.

MORRISON, R. A.; MCGRATH, A.; DAVIDSON, G.; BROWN, J. J. et al. Low blood pressure in Down's syndrome: a link with Alzheimer's disease? *Hypertension*, 28, n. 4, p. 569-575, 1996.

MUCHOVÁ, J.; ZITNANOVA, I.; DURACKOVA, Z. Oxidative stress and Down syndrome. Do antioxidants play a role in therapy? *Physiological research*, 63, n. 5, p. 535, 2014.

MURDOCH, J.; RODGER, J. C.; RAO, S.; FLETCHER, C. et al. Down's syndrome: an atheroma-free model? *Br Med J*, 2, n. 6081, p. 226-228, 1977.

MUSTACCHI, Z.; PERES, S. *Genética baseada em evidências: síndromes e heranças*. Cid Editora, 2000.

NAIDOO, R.; SMITH, B.; FOSTER, C.; CHETTY, V. Physical activity for adults with disabilities: designing a South African infographic to communicate guidelines. *BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine* 2021.

NATIONAL DOWN SYNDROME SOCIETY. NDSS..Disponível em: < [About Down Syndrome | National Down Syndrome Society \(NDSS\)](#)>. Acesso em: 01 fev. 2023.

ORDONEZ, F. J.; FORNIELES-GONZALEZ, G.; CAMACHO, A.; ROSETY, M. A. et al. Anti-inflammatory effect of exercise, via reduced leptin levels, in obese women with Down syndrome. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23, n. 3, p. 239-244, 2013.

ORESKOVIC, Nicolas M. et al. Cardiometabolic profiles in children and adults with overweight and obesity and down syndrome. *American Journal of Medical Genetics Part A*, v. 191, n. 3, p. 813-822, 2023.

PAILLARD, T. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 72, p. 129-152, 2017.

PAPE, S. E.; BAKSH, R. A.; STARTIN, C.; HAMBURG, S. et al. The Association between Physical Activity and CAMDEX-DS Changes Prior to the Onset of Alzheimer's Disease in Down Syndrome. *Journal of Clinical Medicine*, 10, n. 9, p. 1882, 2021.

PAWLIKOWSKI,B.; BETTA, N. D.; ELSTON,T.; WILLIAMS, D. A. et al. Muscle stem cell dysfunction impairs muscle regeneration in a mouse model of Down syndrome. *Scientific reports*, 8, n. 1, p. 1-11, 2018.

PECZE, L.; RANDI, E. B.; SZABO, C. Meta-analysis of metabolites involved in bioenergetic pathways reveals a pseudo hypoxic state in Down syndrome. *Molecular Medicine*,26, n. 1, p. 1-26, 2020.

PENG, Lianli et al. Cellular senescence and premature aging in Down Syndrome. *Mechanisms of Aging and Development*, v. 212, p. 111824, 2023.

PHILLIPS, A. C.; SLEIGH, A.; MCALLISTER, C. J.; BRAGE, S. et al. Defective mitochondrial function in vivo in skeletal muscle in adults with Down's syndrome:a 31P-MRS study.*PloS one*, 8, n. 12, p. e84031, 2013.

PITETTI, K. H.; CLIMSTEIN, M.; MAYS, M. J.; BARRETT,P. J. Isokinetic arm and leg strength of adults with Down syndrome: a comparative study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 73, n.9, p. 847-850, 1992.

PITETTI, K. H.; RIMMER,J. H.; FERNHAL, B. Physical fitness and adults with mentalretardation. *Sports medicine*, 16, n. 1, p. 23-56,1993.

POST, Emily M. et al. The Effects of Resistance Training on Physical Fitness and Neuromotor-Cognitive Functions in Adults With Down Syndrome. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, v. 3, 2022.

POWERS, S. K.; DEMINICE, R.; OZDEMIR, M.; YOSHIHARA, T. et al. Exercise-induced oxidative stress: Friend or foe? *Journal of Sport and Health Science*, 9, n. 5, p. 415-425, 2020.

POWERS, S. K.; JACKSON, M. J. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological Reviews*, 88, n. 4, p. 1243-1276, 2008.

PRESSON, A. P.; PARTYKA, G.; JENSEN, K. M.; DEVINE, O. J. et al. Current estimate of Down syndrome population prevalence in the United States. *The Journal of pediatrics*, 163, n. 4, p. 1163-1168, 2013.

PTOMEY, Lauren T. et al. Exploring the effectiveness of a 18-month weight management intervention in adults with Down syndrome using propensity score matching. *Journal of Intellectual Disability Research*, v. 64, n. 3, p. 221-233, 2020.

PTOMEY, Lauren T. et al. Weight loss in adolescents with Down syndrome compared to adolescents with other intellectual disabilities enrolled in an 18-month randomized weight management trial. *Frontiers in Pediatrics*, v. 10, 2022.

PUCCI, F.; MACHADO, G.; SOLERA, E.; CENOVICZ, F. et al. Blood pressure levels and body mass index in Brazilian adults with Down syndrome. *São Paulo Medical Journal*, 134, p. 330-334, 2016.

REZA, S. M.; RASOOL, H.; MANSOUR, S.; ABDOLLAH, H. Effects of calcium and training on the development of bone density in children with Down syndrome. *Researching developmental disabilities*, 34, n. 12, p. 4304-4309, 2013.

RHEA, M. R.; ALVAR, B. A.; BURKETT, L. N.; BALL, S. D. A meta-analysis to determine the dose-response for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, n. 3, p. 456-464, 2003.

RIEBE, D.; EHRMAN, J. K.; LIGUORI, G.; MAGAL, M. et al. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Wolters Kluwer, 2018. 1496339061.

RIGOLDI, C.; GALLI, M.; ALBERTINI, G. Gait development during lifespan in subjects with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 32, n. 1, p. 158-163, 2011.

RIMMER, J. H.; HELLER, T.; WANG, E.; VALERIO, I. Improvements in physical fitness in adults with Down syndrome. *American Journal on Mental Retardation*, 109, n. 2, p. 165-174, 2004.

RINGENBACH, S. D. R. et al. The effects of assisted cycling therapy (ACT) and voluntary cycling on reaction time and measures of executive function in adolescents with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, v. 60, n. 11, p. 1073-1085, 2016.

ROIZEN, N. J.; PATTERSON, D. Down's syndrome. *The Lancet*, 361, n. 9365, p. 1281-1289, 2003.

ROSETY-RODRIGUEZ, M.; BERNARDI, M.; ELOSEGUI, S.; ROSETY, I. et al. A short-term resistance training circuit improved antioxidants in sedentary adults with Down Syndrome. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021, 2021.

ROSETY-RODRIGUEZ, M.; CAMACHO, A.; ROSETY, I.; FORNIELES, G. et al. Resistance circuit training reduced inflammatory cytokines in a cohort of male adults with Down syndrome. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 19, p. 949, 2013.

ROSETY-RODRIGUEZ, M. et al. Exercise reduced inflammation, but for how long after training?. *Journal of Intellectual Disability Research*, v. 58, n. 9, p. 874-879, 2014.

RUIZ, J. R.; SUI, X.; LOBELO, F.; MORROW, J. R. et al. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *Bmj*, 337, 2008.

SCHWANBECK, S. R.; CORNISH, S. M.; BARSS, T.; CHILIBECK, P. D. Effects of training with free weights versus machines on muscle mass, strength, free testosterone, and free cortisol levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34, n. 7, p. 1851-1859, 2020.

SERON, B. B.; GOESSLER, K. F.; MODESTO, E. L.; ALMEIDA, E. W. et al. Blood pressure and hemodynamic adaptations after a training program in young individuals with Down syndrome. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 104, p. 487-491, 2015.

SERON, B. B.; MODESTO, E. L.; STANGANELLI, L. C. R.; CARVALHO, E. M. O. D. et al. Effects of aerobic and resistance training on the cardiorespiratory fitness of young people with Down Syndrome. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 19, p. 385-394, 2017.

SHIELDS, Nora et al. A 12-week exercise programme has a positive effect on everyday executive function in young people with Down syndrome: a pilot non-randomized controlled trial. *Journal of Intellectual Disability Research*, v. 66, n. 12, p. 924-938, 2022.

SERON, B. B.; SILVA, R. A. C.; GREGUOL, M. Effects of two programs of exercise on body composition of adolescents with Down syndrome. *Revista Paulista de Pediatria*, 32, p. 92-98, 2014.

SHIELDS, Nora et al. What effect does regular exercise have on oxidative stress in people with Down syndrome? A systematic review with meta-analyses. *Journal of science and medicine in sport*, v. 21, n. 6, p. 596-603, 2018.

SHIELDS, N.; DODD, K. J.; ABBLITT, C. Do children with Down syndrome perform sufficient physical activity to maintain good health? A pilot study. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 26, n. 4, p. 307-320, 2009.

SHIELDS, N.; HUSSEY, J.; MURPHY, J.; GORMLEY, J. et al. An exploratory study of the association between physical activity, cardiovascular fitness and body size in children with Down syndrome. *Developmental neurorehabilitation*, 20, n. 2, p. 92-98, 2017.

SHIELDS, N.; TAYLOR, N. F. A student-led progressive resistance training program increases lower limb muscle strength in adolescents with Down syndrome: a randomized controlled trial. *Journal of physiotherapy*, 56, n. 3, p. 187-193, 2010.

SHIELDS, N.; TAYLOR, N. F.; DODD, K. J. Effects of a community-based progressive resistance training program on muscle performance and physical function in adults with Down syndrome: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 89, n. 7, p. 1215-1220, 2008.

SHIELDS, N.; TAYLOR, N. F.; FERNHALL, B. A study protocol of a randomized controlled trial to investigate if a community-based strength training program improves work task performance in young adults with Down syndrome. *BMC pediatrics*, 10, n. 1, p.1-7, 2010.

SHIELDS, N.; TAYLOR, N. F.; WEE, E.; WOLLERSHEIM, D. et al. A community-Based strength training program increases muscle strength and physical activity in young people with Down syndrome: a randomized controlled trial. *Research in developmental disabilities*, 34, n. 12, p.4385-4394, 2013.

SHIN, Y.-A.; JEONG, H.-B. The Effect of Resistance and Balance Training on Postural Control and Physical Fitness in Adults with Down Syndrome. *Exerc Sci.* ,30, n. 2, p. 175-182, 2021.

SHIOHAMA, T.; LEVMAN, J.; BAUMER, N.; TAKAHASHI, E. Structural magnetic resonance imaging-based brain morphology study in infants and toddlers with Down syndrome: the effect of comorbidities. *Pediatric neurology*, 100, p. 67-73, 2019.

SIDDIQUE, U.; RAHMAN, S.; FRAZER, A. K.; PEARCE, A. J. et al. Determining the sites of neural adaptations to resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 50, n. 6, p. 1107-1128, 2020.

SORRIENTO, D.; DI VAIA, E.; IACCARINO, G. Physical exercise: a novel tool to protect mitochondrial health. *Frontiers in Physiology*, 12, p. 660068, 2021.

SOUZA, E. O.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V.; ROSCHEL, H. et al. Early adaptations to six weeks of non-periodized and periodized strength training regimens in recreational males. *Journal of sports science medicine*, 13, n. 3, p. 604, 2014.

STANCLIFFE, R. J.; ANDERSON, L. L. Factors associated with meeting physical activity guidelines by adults with intellectual and developmental disabilities. *Research in developmental disabilities*, 62, p. 1-14, 2017.

STRASSER, B.; ARVANDI, M.; SIEBERT, U. Resistance training, visceral obesity and inflammatory response: a review of the evidence. *Obesity Reviews*, 13, n. 7, p. 578-591, 2012.

SUAREZ-VILLADAT, B.; VEIGA, O. L.; VILLAGRA, A.; IZQUIERDO-GOMEZ, R. et al. Changes in body composition and physical fitness in adolescents with Down syndrome: The UP&DOWN Longitudinal study. *Childhood Obesity*, 15, n. 6, p. 397-405, 2019.

SUAREZ-VILLADAT, B.; VILLAGRA, A.; VEIGA, O. L.; CABANAS-SANCHEZ, V. et al. Prospective Associations of Physical Activity and Health-Related Physical Fitness in Adolescents with Down Syndrome: The UP&DOWN Longitudinal Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, n. 11, p. 5521, 2021.

SUGIMOTO, D.; BOWEN, S. L.; MEEHAN III, W. P.; STRACCIOLINI, A. Effects of neuromuscular training on children and young adults with Down syndrome: systematic review and meta-analysis. *Research in developmental disabilities*, 55, p. 197-206, 2016.

TENHOOR, G. A.; SLEDDENS, E. F.; KREMERS, S. P.; SCHOLS, A. M. et al. Aerobic and strength exercises for youngsters aged 12 to 15: what do parents think? *BMC public health*, 15, n. 1, p. 1-9, 2015

TENENBAUM, A.; CHAVKIN, M.; WEXLER, I. D.; KOREM, M. et al. Morbidity and hospitalizations of adults with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 33, n. 2, p. 435-441, 2012.

TERBLANCHE, E.; BOER, P. H. The functional fitness capacity of adults with Down syndrome in South Africa. *Journal of Intellectual Disability Research*, 57, n. 9, p. 826-836, 2013.

TSAI, M.-L.; LI, T.-L.; CHOU, L.-W.; CHANG, C.-K. et al. Resting salivary levels of IgA and cortisol are significantly affected during intensive resistance training periods in elite male weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26, n. 8, p. 2202-2208, 2012.

TSIMARAS, V. K.; FOTIADOU, E. G. Effect of training on the muscle strength and dynamic balance ability of adults with down syndrome. *Journal of strength and conditioning research*, 18, n. 2, p. 343-347, 2004.

TSOU, A. Y.; BULOVA, P.; CAPONE, G.; CHICOINE, B. et al. Medical care of adults with Down syndrome: A clinical guideline. *JAMA*, 324, n. 15, p. 1543-1556, 2020.

VALENTI, D.; BRAIDY, N.; DE RASMO, D.; SIGNORILE, A. et al. Mitochondria as pharmacological targets in Down syndrome. *Free Radical Biology and Medicine*, 114, p. 69-83, 2018.

VICENTE-RODRÍGUEZ, G. How does exercise affect bone development during growth? *Sports medicine*, 36, n. 7, p. 561-569, 2006.

VOLAKLIS, K. A.; HALLE, M.; MEISINGER, C. Muscular strength as a strong predictor of mortality: a narrative review. *European Journal of Internal Medicine*, 26, n. 5, p.303-310, 2015.

WEBER, R.; FRENCH, R. Down's syndrome adolescents and strength training. *Clin Kinesiol*, 42, p. 13-21, 1988.

WEE, S. O.; PITETTI, K. H.; GOULOPOULOU, S.; COLLIER, S. R. et al. Impact of obesity and Down syndrome on peak heart rate and aerobic capacity in youth and adults. *Research in developmental disabilities*, 36, p. 198-206, 2015.

YU, F.; GREIMEL, S.; KELLY, K.; WYMAN, J. F. Strategies to engage older adults with behavioral and psychological symptoms of dementia in exercise: A multiple case study. *Applied nursing research: ANR*, 36, p. 77, 2017.

ZEMEL, B. S.; PIPAN, M.; STALLINGS, V. A.; HALL, W. et al. Growth charts for children with Down syndrome in the United States. *Pediatrics*, 136, n. 5, p. e1204-e1211, 2015.

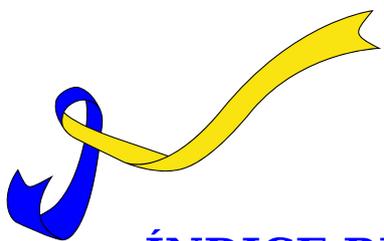
ZHANG, Y.; CHE, M.; YUAN, J.; YU, Y. et al. Aberrations in circulating inflammatory cytokine levels in patients with Down syndrome: a meta-analysis. *Oncotarget*, 8, n. 48, p. 84489, 2017.

ZIGMAN, W. B. Atypical aging in Down syndrome. *Developmental disabilities research reviews*, 18, n. 1, p. 51-67, 2013.

ZHANG, Y. et al. Changes in bone mineral density in Down syndrome individuals: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International*, v. 33, n. 1, p. 27-37, 2022.

ZWOLSKI, C.; QUATMAN-YATES, C.; PATERNO, M. V. Resistance training in youth: laying the foundation for injury prevention and physical literacy. *Sports Health*, 9, n. 5, p. 436-443, 2017.

Idade



ÍNDICE REMISSIVO

- A**
- Adaptación neuronal 29,74,84
 - Adolescente 15,16,19,22,23,24,32,36,37,42,49,60,62,63,64,65,81,83
 - Adulto 15,16,17,19,21,22,23,24,25,27,30,36,41,42,43,48,53,55,57,58,59,60,63,64,68,69,73,75,77,78,79,81,82,83
 - Anomalías musculoesqueléticas 23,24,53
 - Condición física 16,18,23,24,41,43,49,53
 - Actividad física 10,15,18,53,54,60,62,63,70,78,79
 - Evaluación cardiorrespiratoria 57,58
 - Evaluación funcional 44,45,46
- B**
- Biogénesis mitocondrial 70,71,74,77
- C**
- Capacidad laboral 17,21,54
 - Capacidades funcional 16,17,19,20,21,31,36,42,43,45,46,47,49,56,78,81,83,84
 - Sedentarismo 10,15,19,63,74,82
 - Composición corporal 14,19,32,54,56,60,65,67,74,80,84
 - Consumo máximo de oxígeno 16,18,19,54,58,66
 - Control postural 10,47,48,49
- D**
- Daño muscular 41,81
 - Daño oxidativo 68,69
 - Discapacidad intelectual 10,12,16,17,18,19,21,22,34,57,73
 - Demencia 68,75,76,77,78,79,82
 - Densidad mineral ósea 15,19,62,63
 - Demencia 67,82
 - Diabetes 18,24,54,60,61,62,63,67
 - Disfunción autonómica 20,53,55
 - Enfermedad de Alzheimer 12,18,35,54,60,63,68,70,75,77,82
- E**
- Envelhecimento 15,18,35,62,63,70,75,76,77,79,82

Envejecimiento precoz 12,15,35,60,68,75,78,83
Equilibrio 14,32,35,47,48,49,50,51,52,80,82,83,84
Estrés oxidativo 68,69,75,77,78,80,81,84
Ejercicio físico 10,15,18,19,22,23,24,30,31,54,56,67,68,74,75,78,79,82,84
Esperanza de vida 12,15,54,63,67,75

F

Fatiga 49,55,68,73,74
Flexibilidad 20,43
Fuerza global 17,38
Fuerza muscular 15,16,17,19,21,22,23,24,29,30,31,36,37,42,48,56,66,80,81,84
Frecuencia cardiaca 14,19,20,21,53,54,57,58,66,68,81
Laxitud ligamentosa 12,20,22,35,47,48
Función cardiovascular 20
Función cognitiva 19,29
Función ejecutiva 78
Función muscular 20

H

Handgrip 17,18,21,22,36,38,39,40
Hipotiroidismo 12,18
Hipotonía muscular 12,13,14,20,22,23,35,47,48,53,62

I

Inmunoglobulina A 59,881
Incapacidad funcional 14
Incompetencia cronotrópica 14,20,54
Índice de masa corporal 18,19,21,36,53,60,65,69
Índice de masa muscular 15,20,62
Índice de calidad muscular 15,36,37,38,62,83
Inflamación 66,67,76,77,81,82

L

Leptina 62,66

M

Masa muscular 19,24,30,35,36,38,41,59,62,81

N

Nivel de evidencia 25,26

O

Obesidade 18,21,25,53,55,56,60,62,63,65,66

P

Pies planos 23,35,48

Porcentaje de grasa 16,19,21,31,60,64,65,66

Personas con discapacidad 10,12,15,17,19,22,34,66

Empuñadura 17,21,36,62

Tensión arterial 14,53,54,55

R

Repeticiones máximas 22,27,28,29,35

S

Sarcopenia 15,19,36,37,63

Salud mental 15,18

Sobrecarga progresiva 29,30,35,74,82,84

T

Tiempo de reacción 20,48,49,78

Testosterona 59,81

Tolerancia al ejercicio 18,20,30,70,74

Entrenamiento de fuerza 16,17,21,22,25,28,36,70,78,80

Trisomía simple o libre 10,11,23,72,74

Trisomía en mosaico 12,23

Trisomía por translocación 12,23

