



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Máster en evaluación y entrenamiento físico para la salud

Evaluación de la condición física cardiorrespiratoria
en personas con síndrome de Down: Revisión
sistemática

Assessment of cardiorespiratory fitness in people
with Down syndrome: A systematic review

Autor/es

Rocío Mur Boteller

Director/es

Alejandro González de Agüero Lafuente

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte

2021

Resumen

La resistencia cardiorrespiratoria es muy importante y está íntimamente relacionada con la salud cardiovascular, en todas las poblaciones, ya que informa sobre el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. Por ello para valorarla, es relevante utilizar un test que se encuentre validado y sea adecuado para la población específica a la que se va a evaluar.

En concreto, en este Trabajo Fin de Máster, se va a centrar en aquellas pruebas que se han usado para las personas con síndrome de Down (SD). Por ello el objetivo de este trabajo va a ser revisar la literatura científica relacionada con los protocolos utilizados tanto en laboratorio como en campo para personas adultas, mayores de 20 años con SD, ver si se ajustan a las características de esta población y se encuentren validados para la misma.

Para ello, se ha realizado una búsqueda en 3 bases de datos diferentes Pub Med, Sport Discus y Web of Science, en las que se establecieron unos criterios de inclusión que fueron los siguientes: (a) artículos que evaluaran la capacidad cardiorrespiratoria, (b) muestras compuestas por personas mayores de 20 años, y que hubiese al menos un 50% de la muestra compuesta por personas con SD de Down (c) no fueran artículos de validación de fórmulas o test. Finalmente, se seleccionaron 35 artículos, en los que la mayoría de las pruebas realizadas fueron en laboratorio donde se evaluaba la capacidad cardiorrespiratoria a partir de una prueba máxima y con analizador de gases. Las evaluaciones realizadas con un test campo fueron escasas. Las pruebas utilizadas, en ambos ámbitos, en la mayoría de los casos estaban validadas para esta población, pero también hubo bastantes casos en las que no lo estaban. Por último, la búsqueda también hizo hincapié en las escasas pruebas submáximas que se habían realizado. En todos los estudios se realizaron sesiones de familiarización y tuvieron en cuenta las patologías congénitas que puede llevar el SD, descartando a aquellas personas que no podían realizar dichas pruebas.

En base a estos resultados, se podría concluir que es necesario crear y validar un test submáximo para que toda la población con SD con el que se pueda obtener datos fiables con el objetivo de cuantificar la capacidad cardiorrespiratoria, así como validar un test máximo para esta población que tengan diferente condición física.

Palabras clave: Síndrome de Down; capacidad cardiorrespiratoria; $VO_{2\text{pico}}$; Test de laboratorio; Test de campo

Abstract

Cardiorespiratory fitness is very important and is closely related to cardiovascular health in all populations, as it provides information on the risk of cardiovascular disease. Therefore, to assess it, it is relevant to use a test that is validated and suitable for the specific population to be evaluated.

Specifically, this dissertation of the postgraduate master's degree will focus on those that have been used for people with Down syndrome (DS). Therefore, the objective of this work is to review the scientific literature related to the protocols used both in the laboratory and in the field for adults over 20 years of age with DS to see if they adjust to the characteristics of this population and if they are validated for this population.

To this end, a search was carried out in 3 different databases: Pub Med, Sport discuss and Web of Science, the inclusion criteria were established as follows: (a) articles that evaluated cardiorespiratory capacity, (b) samples composed of people over 20 years of age, and that at least 50% of the sample was composed of people with DS (c) articles that did not validate formulas or tests. Finally, 35 articles were selected, in which most of the tests performed were in a laboratory in which cardiorespiratory fitness was evaluated from a maximal test and with a gas analyzer. Field test were scarce. The tests used, in both settings, were in most cases validated for this population, but there were also quite a few cases in which they were not. Finally, the search also emphasized the small number of submaximal had been performed. In all studies, familiarization sessions were performed and took into account the congenital pathologies that DS may carry, discarding those individuals who could not perform such tests.

Based on the results, it could be concluded that it is necessary to create and validate a submaximal test so that the entire population with DS can obtain reliable data with the objective of quantifying cardiorespiratory capacity, as well as to validate a maximal test for this population with different physical condition.

Keywords: Down syndrome; cardiorespiratory capacity; VO_{2peak} ; laboratory test; field test

Índice

1. Introducción	1
1.1. Síndrome de Down.....	1
1.2. Condición física	2
1.3. Métodos de evaluación capacidad cardiorrespiratoria	3
2. Metodología	5
3. Resultados y discusión	6
3.1. Selección de los estudios.....	6
3.2. Características generales de los estudios seleccionados.....	17
3.3. Características generales de los test utilizados.....	17
3.4. Test de laboratorio y protocolos validados.....	18
3.5. Test de laboratorio y protocolos no validados.....	19
3.6. Test de campo	20
3.7. Consideraciones generales	21
4. Conclusiones	22
5. Bibliografía	23

1. Introducción

1.1. Síndrome de Down

El Síndrome de Down (SD) es una condición genética que se produce cuando hay una triplicación cromosómica del par 21, que conlleva consigo diferentes problemas de salud y características físicas asociadas a esta trisomía.(1,2)

Esta población se caracteriza por tener unos rasgos físicos comunes entre ellos, como son la baja estatura, hipotonía muscular, manos anchas y cortas, ojos almendrados con pliegues epicanto, cara aplanada y microcefalia (3,4). Además, también tienen diversas características cognitivo-lingüísticas asociadas a esta condición como por ejemplo, una discapacidad intelectual de leve a moderada, dificultades particulares en la sintaxis, falta de memoria verbal a corto plazo y dificultades para planificar y cambiar estrategias (3,5,6) .

El SD también conlleva algunos problemas de salud como las malformaciones cardíacas, problemas respiratorios, problemas gastrointestinales, celiaquía, problemas auditivos y de vista, e hipotiroidismo entre otros (7–9). Siendo las dos primeras la causa más frecuente de mortalidad en esta población, que podrían ser evitadas o retrasadas con una mejor condición física. (10)

Esta aptitud se caracteriza por ser menor que, en personas con otras discapacidades intelectuales, y que en otras que no tienen ningún tipo de discapacidad. Esta característica está presente en todos los grupos de edades de las personas con SD(11), puede deberse a que tienen una peor economía del esfuerzo debido a una alteración en la biomecánica de la marcha, a una baja fuerza muscular y el más importante, un bajo valor del consumo pico de oxígeno ($VO_{2\text{ pico}}$) (12–15).

La baja condición física, y concretamente la escasa aptitud cardiorrespiratoria, va a provocar que estas personas tengan una menor capacidad de trabajo, lo que a su vez va a afectar a su autonomía, así como a su estado de salud. (1)

Por ello, una mejor condición física y, especialmente una mejor capacidad cardiorrespiratoria, va a ayudar a las personas con SD a tener menos problemas de salud y por tanto una mejor calidad de vida(16)

1.2. Condición física

La condición física es un conjunto de atributos relacionados con la salud y habilidades que las personas poseen o desarrollan para realizar las tareas diarias sin una fatiga que le impida realizar actividades de ocio. Unos bajos niveles se asocian a un incremento del riesgo de sufrir diferentes problemas de salud, como una mayor discapacidad física, una pérdida de independencia y un mayor riesgo de caídas y fracturas. Por lo que es un reconocido indicador de parámetros relacionados con la salud y un determinante de su estado actual y en el futuro (17,18).

Está formada por diferentes componentes, algunos de ellos se encuentran relacionados con la salud, como son: la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza, la composición corporal y la flexibilidad. Siendo el más importante el primero de ellos, ya que, unos valores bajos están asociados con el aumento del riesgo de mortalidad, así como de sufrir diferentes enfermedades coronarias y metabólicas. (18–23). Dada la importancia de este parámetro, es conveniente valorarlo, y para ello se utilizan diferentes métodos, en los que se evalúan diferentes elementos relacionados con la capacidad cardiorrespiratoria, siendo el más importante el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) (24).

En el caso de las personas con SD, tienen una capacidad cardiorrespiratoria más baja que personas con diferentes discapacidades cognitivas, y también que personas sin discapacidad. Lo que sumado a las características clínicas asociadas a esa condición aumentan aún más el riesgo de sufrir enfermedades. Aunque aún no está claro, algunos autores defienden que puede deberse a los siguientes factores (16,25):

- VO_{2pico} y Frecuencia cardiaca máxima (FC_{max}): Las personas con SD sometidas a un ejercicio máximo alcanzan en un menor tiempo e intensidad estos valores, en comparación con sus semejantes sin esta condición. Esto puede deberse a una incompetencia cronotrópica o incapacidad de aumentar la frecuencia cardiaca, que va a provocar un menor gasto cardiaco máximo, por lo que los valores de VO_{2pico} y FC_{max} sean menores. Su origen no se conoce, pero se postula que puede ser debido a una respuesta androgénica, una función autónoma reducida y una baja respuesta del nivel de catecolaminas al ejercicio, siendo esta última la más razón más demostrada.
- Umbrales ventilatorios: Sobre este factor existe poca evidencia científica, puede ser debido a la dificultad para detectarlo. Los valores de los umbrales en términos absolutos difieren entre personas con y sin SD, sin embargo, si se expresan en términos relativos, a partir del porcentaje del VO_{2pico} , estas diferencias desaparecen.

- Economía del esfuerzo: Las personas con SD muestran una menor economía del esfuerzo a velocidades altas, lo que va a repercutir negativamente en su capacidad aeróbica. De todas las variables biomecánicas que pueden contribuir a esto, es el equilibrio dinámico el factor que mejor puede explicarlo, ya que es el más difícil les resulta mantener, esto puede implicar un mayor coste metabólico, otro factor que puede explicarlo es la mayor rigidez muscular y el impulso angular que emplean las personas con SD durante la marcha.

1.3. Métodos de evaluación capacidad cardiorrespiratoria

Como se ha mencionado anteriormente la capacidad cardiorrespiratoria es un factor importante relacionado con la salud, por lo que el resultado obtenido en la valoración tiene que ser preciso. Para ello, existen diferentes metodologías utilizadas, su elección dependerá de varios factores como el estado de salud del sujeto y las características del mismo. Por lo que los test se pueden clasificar, y pueden ser (26):

- Test de laboratorio: Se realiza la prueba de esfuerzo en un entorno controlado, en el que se suelen utilizar diferentes instrumentos y protocolos específicos para obtener las respuestas fisiológicas deseadas que otorgan fiabilidad a los resultados.
- Test de Campo: Se realiza en una situación que se ajusta a las características de la modalidad deportiva, aunque el grado de similitud dependerá de lo que se quiera valorar. En ellos, es necesario la utilización de instrumentos de medición, más sencillos y económicos que los empleados en los test de laboratorio, ya que los valores obtenidos se pueden extraer a partir de una metodología indirecta, en la que los resultados obtenidos se cuantifican entre otros a partir del tiempo, FC, por lo que únicamente se emplearan instrumentos como el pulsómetro o el cronómetro. Estos serán menos precisos que aquellos que provienen de una prueba con analizador de gases, pero han sido validados en diferentes ocasiones.

Según la intensidad se podrían clasificar

- Máximos: Consisten en ir incrementando la intensidad de la prueba hasta que el sujeto haya alcanzado su máxima capacidad de trabajo, es decir, hasta que los valores se mantengan estables pese a que la carga de siga aumentando. Para ello existen los siguientes criterios de maximalidad (27):
 - Meseta de VO₂. Diferencias entre las dos últimas cargas de trabajo <150mL/min y/o <2mL/kg/min
 - Cociente respiratorio ≥ 1.10
 - Alcanzar un porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima (FC_{max}) mayor o igual al 95% de la FC_{max} teórica.
 - Concentración de lactato en sangre superior a 8mmol/L
 - Deseo del paciente de terminar: Es algo importante a tener en cuenta, pero hay en algunas poblaciones, como es el caso de las personas con SD, que hay que tenerlo en cuenta, pero no es tan destacable.
 - Un valor en la escala de esfuerzo percibido (de 6 a 20) superior a 17-18
- Submáximo: Los test submáximos evalúan la capacidad cardiorrespiratoria, en un esfuerzo que suele estar por debajo del 85% de la FC teórica. Este al igual que el anterior se establecen incrementos de intensidad hasta llegar a los límites establecidos por el protocolo, una vez en este punto se establece la relación entre la carga de trabajo y la frecuencia cardiaca para establecer el VO_{2max}.

La metodología utilizada para llevarlos a cabo puede ser:

- Directa: Se basa en la medición del VO₂ entre otras respuestas fisiológicas, a través de un analizador de gases respiratorios. Este tipo de pruebas se suelen llevar a cabo en el laboratorio, aunque también existen analizadores portátiles para poder realizar la prueba en el terreno donde se practica el deporte. Esta metodología es más fiable que la indirecta, ya que, se recogen los valores directamente del sujeto.
- Indirecta: Se basa en la estimación de los valores de VO₂, sin la utilización de un analizador de gases durante el esfuerzo. El resultado de esta variable se obtiene a partir de ecuaciones que tienen en cuenta diferentes aspectos como puede ser la edad, el sexo o la relación entre la frecuencia cardiaca y la carga de trabajo. En esta metodología se asumen errores procedentes de la ecuación utilizada para realizar la estimación.

Como se ha mencionado anteriormente la capacidad cardiorrespiratoria, tiene una gran importancia para la salud tanto presente como futura de las personas, por lo que es importante que el test utilizado se adecue a las características de la población donde se va a llevar a cabo y el contexto (28).

En el caso de las personas con SD se han utilizado multitud de test, tanto de campo (29,30) como de laboratorio (31–33), pero no existe uniformidad en el uso de los mismos, y debido a sus características clínicas necesitan unos métodos de valoración que se adecuen a estas. Por tanto, el objetivo del trabajo es recoger y analizar todos los estudios donde se ha medido la resistencia cardiorrespiratoria en adultos con SD, mayores de 20 años, para evaluar los test utilizados para valorar esta capacidad y ver si se ajustan a sus características y se encuentran validados para esta población.

2. Metodología

La búsqueda bibliográfica se realizó en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed, SportDiscus y Web of science, con el objetivo de buscar artículos que evaluaran la capacidad cardiorrespiratoria en adultos con SD.

Para ello, se realizó una búsqueda inicial con los siguientes términos generales de búsqueda: Down Syndrome, Trisomy 21, Mongolism, Down's Syndrome, VO_{2peak} , VO_{2max} , Oxygen consumption, cardiorespiratory fitness, aerobic capacity, y cardiorespiratory assement. Estos se combinaron en grupos conectados por "AND" y "OR" con el objetivo de ampliar la búsqueda, y se limitó la búsqueda desde 1966 hasta diciembre del año 2020. Posteriormente estos términos se ajustarían a las características del buscador correspondiente a cada base de datos para obtener el mayor número de resultados posibles.

Concretamente la estrategia de búsqueda empleada en PubMed fue: ("Down Syndrome"[MeSH Terms]) AND ("Oxygen Consumption"[MeSH Terms]) OR ("Cardiorespiratory Fitness"[MeSH Terms]). En el caso de las dos bases de datos restantes fue: Oxygen Consumption OR VO2 max OR VO2 peak OR consumption oxygen OR Cardiorespiratory Fitness OR Cardiorespiratory Fitness OR aerobic capacity OR assement OR cardiorespiratory AND assement AND Down Syndrome OR Syndrome, Down OR Mongolism OR 47,XY,+21 OR Trisomy G OR 47,XX,+21 OR Down's Syndrome OR Downs Syndrome OR Syndrome, Down's OR Trisomy 21 OR Trisomy 21, Mitotic Nondisjunction OR Down Syndrome, Partial Trisomy 21 OR Partial Trisomy 21 Down Syndrome OR Trisomy 21, Meiotic Nondisjunction OR Down Syndrome OR Trisomy

Se excluyeron del estudio las revisiones, tanto sistemáticas como narrativas, los meta-análisis. No obstante, estas revisiones fueron también leídas para encontrar artículos que no hubieran aparecido en las búsquedas. Los criterios de inclusión fueron: (a) artículos que evaluaran la capacidad cardiorrespiratoria, (b) muestras compuestas por personas mayores de 20 años, y que hubiese al menos un 50% de la muestra compuesta por personas con SD de Down (c) no fueran artículos de validación de fórmulas o test.

Los artículos fueron cribados teniendo en cuenta los criterios de inclusión, por tanto, si el título o el resumen no indicaban claramente si el artículo podía incluirse se leía en su totalidad para determinar si los cumplía. Por lo que, primero hubo una exclusión por título y resumen, y los que quedaron se leyeron en su totalidad para confirmar si eran aptos o no para la revisión. Esto puede verse en el esquema 1.

Los artículos que cumplían con los criterios de inclusión se exponen en las tablas 1 y 2, que se dividen en: (a) autor o autores, (b) año de publicación, (c) muestra, (d) edad de los participantes, (e) protocolo utilizado, (f) características del protocolo y (g) si el protocolo se encuentra validado.

Por último, para conocer la calidad interna de los artículos que finalmente incluyeron en la revisión se aplicó la escala PEDro, en la versión traducida y validada al español. (34)

3. Resultados y discusión

3.1. Selección de los estudios

Tras aplicar los criterios de búsqueda en 3 bases de datos, especificadas anteriormente, se obtuvieron un total de 268 artículos. La siguiente descripción se puede ver más detalladamente en la “figura 1”. Después de realizar una primera selección de los que iban a entrar finalmente en la revisión sistemática, se eliminaron un total de 193, por la duplicación de los mismos en los diferentes buscadores, tipo de artículo y tras la lectura del título y resumen de estos.

Una vez obtenidos los 75 artículos restantes de este primer proceso de selección, se procedió a su lectura para saber si incluían todos los criterios de inclusión y exclusión que se habían establecido. En esta fase de elección, se eliminaron 40, quedando finalmente un total de 35 artículos para la revisión sistemática.

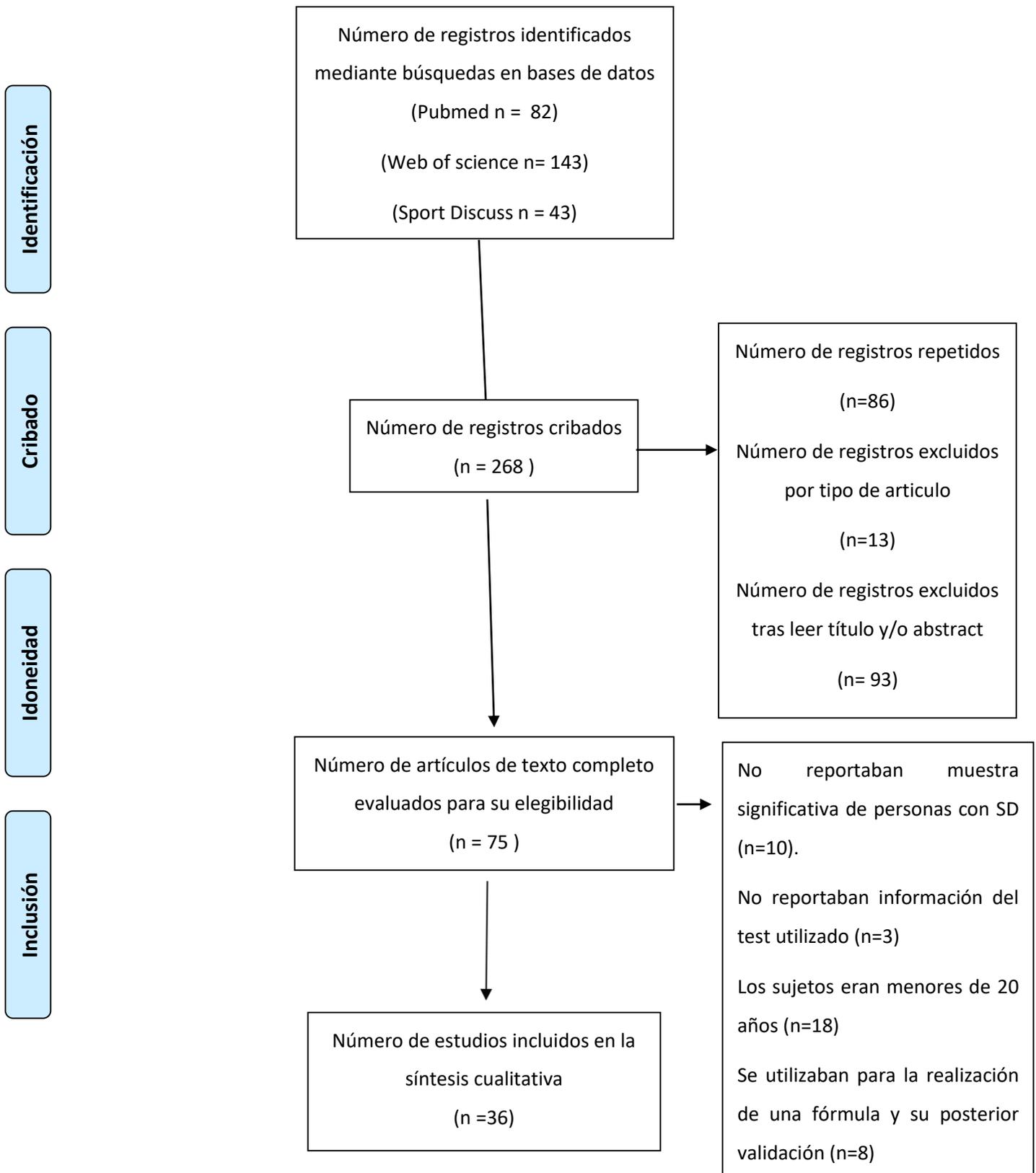


Figura 1 Diagrama de flujo

Tabla 1 Características de los test de laboratorio

Autor	Año	Participantes (% con SD)	Edad	Protocolo	Características del protocolo	Validado para la población
Bennett,F y cols	1989	3 (100%)	24-26	Astrand & Rhyning	Cicloergómetro. Se comienza a 24,5 W de resistencia durante 3 min, después se incrementará la resistencia, hasta la extenuación	No
Pitetti, KH y cols	1992	32 (50%)	25,8 ± 4	Protocolo de Schwinn Air-Dyne ergometer	Air bike. Se comienza a 50 W durante 2 min, se incrementa aproximadamente 25 W cada 2 min hasta la extenuación	Si
				Protocolo Fernhall, y cols	Tapiz rodante. Se comienza a una V de 2,5 mph o 3,0 mph con una inclinación inicial de 0%, y cada 3 min esta aumenta un 4% hasta la extenuación	Si
Pitetti, KH y cols	1994	54 (55,55%)	25,9 ± 4 28,4 ± 4	Protocolo Fernhall, y cols	Tapiz rodante. Se comienza a una V de 2,5 mph o 3,0 mph con una inclinación inicial de 0%, y cada 3 min esta aumenta un 4% hasta la extenuación	Si
Fernhall, BO y cols	1996	111 (42,34%)	26,7 ± 5,9 31,7 ± 7,2	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V se mantiene constante a 2,5-3,5 mph la pendiente aumenta de 2,5% - 4,0% cada 1-3 min dependiendo de las habilidades del sujeto, hasta la extenuación.	Si

Guerra, M y cols	2000	20 (100%)	23,4 ± 3,7 25,9 ± 2,5	Incremental continua máxima	Tapiz rodante. Se camina 8 min a 4km/h y 5% de pendiente como calentamiento y aclimatación. En este punto, la V incrementa en 0,5 km/h cada 2 min hasta la extenuación	No
Guerra, M y cols	2003	40 (50%)	24,2 ± 3,5	Incremental continua máxima	Tapiz rodante. Se camina 8 min a 4km/h y 5% de pendiente como calentamiento y aclimatación. En este punto, la V incrementa en 0,5 km/h cada 2 min hasta la extenuación	No
Tsimaras, V. y cols	2003	25 (100%)	45-60	Protocolo en tapiz rodante	Tapiz rodante. Se comienza a caminar a 4,0 km/h durante 4 min, posteriormente se incrementa la V a 6,0 km/h durante 2 min y por último cada min se incrementa la V 1,0 km/h hasta la extenuación.	No
Baynard, T y cols	2004	31 (51,61%)	20,8 ± 0,9	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 4 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 7,5%, posteriormente se aumentaba la pendiente cada 2 min un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 0,8 km/h hasta la extenuación.	Si
Eberhard, Y y cols	2006	14 (100%)	22	Protocolo de Balke modificado	Tapiz rodante. La prueba comienza a 4km/h, cada 2 min se aumentaba la pendiente un 2%, hasta la extenuación	No

Cowley, P y cols	2008	35 (100%)	$27 \pm 7,5$	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Agiovlasitis, S y cols	2009	30 (50%)	$27,7 \pm 7,5$ $28,2 \pm 5,7$	Prueba submáxima	Tapiz rodante. Se camina a diferentes V durante 5 min, estas se establecieron a partir de números de Froude de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, y 0.6	No
Mendonca, G y cols	2009	23 (52,17%)	$34,5 \pm 7,0$	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Mendonca, G y cols	2009	23 (52,17%)	$34,5 \pm 7,0$	Continua submáxima	Tapiz rodante. Los sujetos caminan, tras 5 min sentados, durante 8 min a una V de 2,5 km/h y sin pendiente.	No
Mendonca, G y cols	2009	12 (100%)	$34,5 \pm 7,0$	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Mendonca, G y cols	2009	12 (100%)	$34,5 \pm 7,0$	Continua submáxima	Tapiz rodante. Los sujetos caminan, tras 5 min sentados, durante 8 min a una V de 2,5 km/h y sin pendiente.	No

Fernhall, B y cols	2009	41 (48,78%)	24 ± 7	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Mendonca, y cols	2010	36 (50%)	33,6 ± 7,6	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 5 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 7,5%, una vez en este punto se incrementaba 2,5% cada 2 min hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Mendonca, GV y cols	2011	25 (52%)	34,9 ± 1,1	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 5 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 7,5%, una vez en este punto se incrementaba 2,5% cada 2 min hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Cowley, PM y cols	2011	30 (100%)	29 ± 9 27 ± 7	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Casey y cols	2013	1 (100%)	20	Rampa lenta	Tapiz rodante. La V permanece constante a 3,2 km/h y cada minuto aumenta la inclinación (0; 1,7; 3,4; 6,8; 8,5; 10,2). Al finalizar hay un periodo de vuelta a la calma de 5 min	No

Ordoñez, F y cols	2013	20 (100%)	18-30	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Ordoñez, F y cols	2013	20 (100%)	18-30	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Hu, M., Yan y cols	2013	27 (44,44%)	26,6 ± 2,6	Protocolo de cicloergometría	Cicloergómetro. Se comienza sin resistencia durante 2 min, luego se establece una carga de 25 W, durante 2 minutos y la intensidad se incrementó en 25 W cada 2 min hasta la extenuación.	No
Leti, T y cols	2015	51 (50%)	22,2 ± 3,2	Prueba máxima	Tapiz rodante. Comienza a 4km/h, cada 1 min aumentan alternativamente la V y la pendiente, 1km/h y 2% respectivamente hasta la extenuación	No
Leti, T y cols	2015	51 (50%)	22,2 ± 3,2	Prueba submáxima escalonada	Tapiz rodante. 3 etapas, la primera tiene una duración de 8 min y los sujetos deben ir al 30% VO ₂ pico, el siguiente misma duración pero al 50% VO ₂ pico y el último dura hasta la extenuación, intentando completar 30 min en total, al 75% VO ₂ pico	No
Wee, S.O. y cols	2015	654 (23,1%)	21 ± 8	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si

Bunsawat, K y cols	2016	27 (59,25%)	30 ± 2	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Boer, PH y col	2017	42 (100%)	34,4 ± 8,6	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si
Mendonca y cols	2018	47 (50%)	18-50	Protocolo Fernhall, y cols 1990	Tapiz rodante. La V es constante a 4,0 km/h, se inicia con una pendiente de 0%, tras 2 minutos la pendiente aumentaba un 2,5% hasta llegar a 12,5%. A partir de aquí se mantuvo constante y aumentaba la V 1,6 km/h hasta la extenuación.	Si

SD = Síndrome de Down; V = Velocidad; W = Vatios; Min = Minutos; Mph = Millas por horas; M = metros; FC = Frecuencia cardiaca; FC_{max} = Frecuencia cardiaca máxima; Seg = segundos

Tabla 2 Características de los test de campo

Autor	Año	Participantes (% con SD)	Edad	Protocolo	Características del protocolo	Que se hace con los datos	Validado
Agiovasitis, S y cols	2012	40 (45%)	25 ± 7	6 walking trials	Las pruebas duraban 6 min y se realizaron a V de 0,50, 0,75, 1,00, 1,25 y 1,50 m/s. Había 2 investigadores el primero de ellos marcaba el ritmo de paso 1m por delante del sujeto, y el segundo iba a su lado animándole para que siguiese el ritmo marcado.	Analizador de gases portátil, para calcular el VO ₂	No
Terblanche, E y cols	2012	371 (100%)	34,0 ± 10,4 34,2 ± 10,7	16-m modified shuttle-run test	Los participantes deben recorrer una distancia de 16m en un tiempo marcado por dos señales acústicas que determinan la velocidad a la que deben ir. La prueba finaliza una vez el sujeto no ha llegado a su destino cuando la señal lo marca	Se analizan el estadio al que ha llegado el sujeto	Si
Agiovasitis, S. y cols	2014	36 (50%)	25 ± 7	6 walking trials	Los sujetos debían recorrer un rectángulo de 90m de perímetro durante 6 min a una V de 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 y 1,50 m/s. Había 2 investigadores el primero de ellos marcaba el ritmo de paso 1m por delante del sujeto, y el segundo iba a su lado animándole para que siguiese el ritmo marcado.	Analizador de gases portátil, para calcular el VO ₂	No
Boer, P y cols	2017	42 (100%)	34,4 ± 8,6	6MWD	Los participantes debían caminar durante 6 min a la V que ellos quisieran la mayor distancia posible.	Se analiza la distancia recorrida por el sujeto	Si

Silva y cols	2017	32 (100%)	18-60	6 MWD	Los participantes debían caminar durante 6 min a la V que ellos quisieran la mayor distancia posible.	Se analiza la distancia recorrida por el sujeto	Si
Cabeza-Ruiz, R	2019	37 (100%)	21-58	6 MWD	Los sujetos debían caminar lo más lejos posible en 6 min sin correr o trotar y sin pendientes	Se analiza la distancia recorrida por el sujeto	Si
Boer, P y cols	2019	25 (100%)	31,2 ± 6,9 31.7± 8,4	16-m modified shuttle-run test	Los participantes deben recorrer una distancia de 16m en un tiempo marcado por dos señales acústicas que determinan la V a la que deben ir. La prueba finaliza una vez el sujeto no ha llegado a su destino cuando la señal lo marca	Se analizan el estadio al que ha llegado el sujeto	Si
	2019	25 (100%)	31,2 ± 6,9 31.7±8, 4	6 MWD	Los participantes debían caminar durante 6 min a la V que ellos quisieran la mayor distancia posible.	Se analiza la distancia recorrida por el sujeto	Si
Boer, PH	2020	26 (100%)	34,2 ± 5 30,3± 7,2.	16-m modified shuttle-run test	Los participantes deben recorrer una distancia de 16m en un tiempo marcado por dos señales acústicas que determinan la V a la que deben ir. La prueba finaliza una vez el sujeto no ha llegado a su destino cuando la señal lo marca	Se analizan el estadio al que ha llegado el sujeto	Si
	2020	26 (100%)	34,2 ± 5 30,3±7, 2.	6 MWD	Los participantes debían caminar durante 6 min a la V que ellos quisieran la mayor distancia posible	Se analiza la distancia recorrida por el sujeto	Si
<p><i>SD = Síndrome de Down; V = Velocidad; W = Vatios; Min = Minutos; Mph = Millas por horas; M = metros; FC = Frecuencia cardiaca; FC_{max} = Frecuencia cardiaca máxima; Seg = segundos</i></p>							

Tabla 3 Escala de calidad PEDro

AUTOR	AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bennett, f y cols	1989	S	N	N	S	N	N	N	S	S	S	S
Kenneth, h y cols	1992	S	N	N	S	N	N	N	S	S	S	S
Kenneth, h y cols	1994	S	N	N	S	N	N	N	S	S	S	S
Fernhall, bo y cols	1996	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N
Guerra, m y cols	2000	S	N	N	N	N	N	N	S	N	S	S
Guerra, m y cols	2003	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Tsimaras, v. Y cols	2003	S	N	N	S	N	N	N	S	S	S	N
Baynard, t y cols	2004	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Eberhard, y y cols	2006	N	N	N	S	N	N	N	S	S	N	S
Cowley, p y cols	2008	S	N	N	N	N	N	N	S	S	N	N
Agiovlasitis, s y cols	2009	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Mendonca, g y cols	2009	S	N	N	S	N	N	N	S	S	S	S
Mendonca, g y cols	2009	S	N	N	S	N	N	N	S	S	S	S
Fernhall, b y cols	2009	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Mendonca, y cols	2010	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Mendonca, gv y cols	2011	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Cowley, pm y cols	2011	S	N	N	S	N	N	N	S	S	S	S
Agiovlasitis, s y cols	2012	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Terblanche, e y cols	2012	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Casey y cols	2013	N	N	N	S	N	N	N	S	S	N	S
Ordonez, f y cols	2013	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N
Hu, m., yan y cols	2013	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Agiovlasitis, s. Y cols	2014	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Leti, t y cols	2015	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Wee, s.o. y cols	2015	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Bunsawat, k y cols	2016	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N
Boer, ph y col	2017	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	N
Silva y cols	2017	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S
Mendonca y cols	2018	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S
Cabeza-ruiz, r	2019	S	N	N	S	N	N	N	S	S	N	N
Boer, p y cols	2019	S	N	N	S	N	N	N	S	S	S	S
Boer, ph	2020	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S

N= No S= Si

3.2. Características generales de los estudios seleccionados

De los 35 artículos seleccionados para la revisión, 27 incluían test para valorar la capacidad cardiorrespiratoria en laboratorio, 7 realizaban test de campo y 1 incluía ambos métodos de evaluación. La mayoría de los estudios analizados utilizaban un diseño transversal de casos y controles, en los que comparaban a las personas con SD con otras con diferentes discapacidades intelectuales o sin ellas y con otras personas con la misma condición, pero con diferentes características, 4 de los artículos analizados utilizan un diseño controlado aleatorizado (35–38), y 3 tenían un diseño longitudinal de casos y controles, en los que se comprobaban diferentes entrenamientos (39–41).

El total de la muestra empleada en los diferentes artículos incluidos en la revisión es de 2.133 sujetos, de los cuales tenían SD 1.217, un 57% de la muestra total del estudio, con una discapacidad intelectual media-moderada. Ninguno de los sujetos incluidos en los estudios tenían problemas clínicos que les impidiesen realizar pruebas de esfuerzo máximas, para ayudar a la comprensión de estas los investigadores realizaron sesiones de familiarización con el material que iban a llevar las personas evaluadas y la prueba a llevar a cabo con el objetivo de que los resultados obtenidos sean los más fiables posibles.

3.3. Características generales de los test utilizados

Tal y como se ha mencionado anteriormente de los 35 artículos incluidos en la revisión, se realizaban un total de 40 pruebas de valoración, la mayoría realizaban test de laboratorio (n=30), el resto realizaban test de campo (n=10), y uno realizaba ambos. De las llevadas a cabo en un laboratorio, 27 se llevaron a cabo en tapiz rodante, y 3 en cicloergómetro (42–44), mayoritariamente fueron máximas, exceptuando 3 estudios que aplicaron test submáximos (12,45,46). En ellas, los investigadores utilizaban un analizador de gases para la medición del $VO_{2\text{pico}}$.

En el caso de los test de campo, se realizaron 10 mediciones, en las que 2 contaron con un analizador de gases portátil para valorar el $VO_{2\text{pico}}$ (30,47), 5 de ellos utilizan la distancia recorrida en un tiempo determinado (29,37,38,41,48), y los 3 restantes emplean el último estadio completado por personas evaluadas (41,48,49).

3.4. Test de laboratorio y protocolos validados

De los artículos analizados que incluían test de laboratorio, únicamente habían dos protocolos validados, el primero de ellos fue utilizado en 18 de 30 pruebas realizadas en este ámbito, mientras que el segundo se empleó una única vez(50).

El primero se realiza en tapiz rodante y fue creado por Fernhall, Millar, Tymeson, y Burkett, en 1990 (51) para personas con discapacidades intelectuales, incluido el SD. En este los sujetos comienzan a caminar a una velocidad constante de 4 km/h y sin inclinación, esta última va aumentando un 2,5% cada 2 minutos hasta alcanzar una pendiente de 12,5%. A partir de este punto se mantiene constante la inclinación, la velocidad se incrementa 1,6 km/h cada minuto hasta que el sujeto no pudiese seguir el ritmo. (51)

Para su validación, realizaron la prueba, en dos ocasiones separadas entre sí por 4 meses a 21 sujetos con SD, los datos obtenidos se compararon entre ellos, y no se encontraron diferencias significativas entre ellos por lo que la prueba fue válida para personas con diversidad intelectual, incluyendo el SD. (51)

El test fue modificado en 5 de los estudios que lo utilizan, de dos maneras distintas, ninguna de ellas ha sido validada para esta población, la primera de ellas aparece en 2 estudios (13,50) en este los autores optan con que sea la pendiente la que aumenta un 4% hasta la extenuación, mientras que la segunda de ellas aparece en 4 test realizados (25,52–54), en este por el contrario, la modificación realizada es el aumento del tiempo en el que se incrementa la pendiente de 2 minutos a 4, hasta que el grado de inclinación sea del 7,5%, posteriormente se mantienen las características iniciales de la prueba.

Mientras que el segundo de los test utilizados y validados en esta población se realiza en “Air Bike” y fue validado por Pitetti, KH y Tan, DM en 1990 (55), este consistía en durante los 2 primeros minutos se tiene que mantener una intensidad de 50 Vatios (W), que una vez se haya cumplido este tiempo se irá incrementando la velocidad 25W cada 2 minutos hasta la extenuación.

Los valores obtenidos de VO_{2pico} en ambos protocolos son inferiores a los que obtienen las personas de características similares, pero sin SD (56). Esto puede ser debido al sedentarismo de los sujetos incluidos en los estudios, de los que reportan información sobre el estado físico previo, la mayoría de los sujetos evaluados no llega a cumplir las recomendaciones de actividad física de la Organización Mundial de la Salud, entre 150 y 300 minutos a la semana de actividad física aeróbica moderada, o entre 75 y 150 minutos de actividad física aeróbica vigorosa a la semana o bien una combinación equivalente de las dos (57).

3.5. Test de laboratorio y protocolos no validados

De los artículos analizados, 12 de las 30 pruebas realizadas en laboratorio para valorar la capacidad cardiorrespiratoria no estaban validadas para esta población. Entre ellos, existe una gran heterogeneidad, ya que, únicamente se repite un test de los 12 realizados. Todos ellos, excepto 3 (45,46,58), fueron máximos, en su mayoría realizados en tapiz rodante; solamente 2 se llevaron a cabo en cicloergómetro (42,44).

Bennet utilizó el protocolo de Astrand y Rhyming para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria en personas con SD, en ella no se realizó ninguna modificación para las características propias de esta población y utilizaron una calorimetría indirecta para conocer el $VO_{2\text{pico}}$ (42). Hu en su estudio también llevó a cabo un test máximo en cicloergómetro para medir la capacidad cardiorrespiratoria, pero en este caso modificó el test utilizado para las personas con SD reduciendo a la mitad la intensidad del ejercicio (44). En este último, los valores obtenidos, contando la modificación del protocolo para las personas con SD, en comparación de sus semejantes sin diversidad funcional sigue siendo significativamente inferior, esto puede deberse a que tienen una capacidad menor de trabajo (11).

Guerra, por el contrario, empleo un test en tapiz rodante en sus estudios publicados en 2000 y 2003, en ellos las personas incluidas con SD y sin SD, los que eran deportistas, obtenían valores similares de VO_2 , pero aquellas que eran sedentarias los tenían más bajos que sus compañeros, con edades similares. Esto puede deberse a que, al igual que ocurre con las personas sin diversidad funcional, los sedentarios tienen unos valores más bajos que aquellos, como demuestra Boer en su estudio publicado en 2018, donde los sujetos se someten a un periodo de entrenamiento, en el que su valor de VO_2 aumenta, y después, coincidiendo con un periodo vacacional en el que los sujetos regresaban a sus casas, se les vuelve a medir, y en todos ellos resultados disminuyen. (59)

Tsimaras (39) y Leti (58) tienen a sujetos de edades comprendidas entre los 22 y 24 años a los que les miden la capacidad cardiorrespiratoria con dos pruebas diferentes, ambas realizadas en tapiz rodante, la del primer autor únicamente aumentaba la velocidad escalonadamente, mientras que el segundo incrementaba la velocidad y la pendiente de forma alternativa. Los datos de $VO_{2\text{pico}}$ obtenidos por ambos autores son similares, salvo en uno de los grupos evaluados, concretamente en el estudio de Leti, las personas con SD sin incompetencia cronotrópica, por lo que podría ser una razón por la cual los valores obtenidos son mayores (25).

Eberhard (60) y Casey (61) utilizaron test máximos, en tapiz rodante, en sus estudios para evaluarla, ambos partían de una velocidad inicial similar, 4 km/h y 3,2 km/h respectivamente, que se mantenía constante durante toda la prueba y lo que modificaban era la pendiente, el primero de ellos la elevaba un 2% cada 2 minutos, mientras que el segundo elevaba un 1,7% cada minuto. De los 3 sujetos evaluados en los 2 estudios los valores de VO_{2pico} obtenidos en 2 de ellos eran similares, la persona restante obtuvo resultados mayores que el resto, este sujeto tenía un estilo de vida más activo, lo que podría ser la explicación de esta diferencia.

Todos los estudios mencionados anteriormente utilizaban test máximos para cuantificar el VO_{2pico} , pero 3 de los estudios incluidos empleaban además un test submáximo, estos eran los realizados por Mendonca (45,46) y Leti (58), ambas pruebas se realizan en tapiz rodante, y la llevada a cabo por el primer autor se caracteriza por que los sujetos debían caminar a una velocidad constante de 2,5 km/h durante 8 minutos, mientras que la realizada por Leti se cuantificaba por el porcentaje del VO_{2pico} , obtenido en la prueba máxima que también se incluía en este estudio, y se dividía en 3 estadios el primero de ellos tenía una intensidad del 30% VO_{2pico} , el segundo del 50% VO_{2pico} y el último del 75% VO_{2pico} .

3.6. Test de campo

En los estudios incluidos en la revisión sistemática, se realizaron 10 test de campo (Tabla 2). De estas, 5 utilizaron la prueba de los 6 minutos (6MWD), 3 llevaron a cabo el test de “16 m shuttle run modificado” y 2 “6 Walking trials”. 2 de los 3 protocolos utilizados en los artículos están validados para esta población, el primero de ellos, 16 m shuttle run modificado, lo validó Boer y Moss en 2016 (62) y el segundo, 6MWD, lo realizaron los mismos autores (63).

Para el cálculo del VO_{2pico} en el test “16 m shuttle run modificado”, en el estudio realizado por Boer 2019 (41), utilizó una fórmula validada por Boer y Moss en 2016 (63), este es el único artículo que emplea una fórmula para obtener el VO_{2pico} de los sujetos evaluados en la prueba, el resto de estudios que emplean, tanto esta prueba como la prueba “6MWD” únicamente valoran los estadios completados o metros recorridos por los sujetos. En el caso del test “6 waking trials”, las personas evaluadas llevaban durante la prueba un analizador de gases portátil, con el que obtenían datos directos del VO_2 de los sujetos durante toda la prueba.

3.7. Consideraciones generales

En vista al número de estudios que utilizan el protocolo de Fernhall y cols (64), y su aplicación en diversas poblaciones, personas con discapacidad intelectual, y sin ninguna discapacidad, así como en las diversas edades de los sujetos y encontrarse validado para todas ellas, parece ser el test, realizado en laboratorio, más adecuado para la evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria en personas con SD. Pero las características de los sujetos a los que se les ha sometido indican que es un test para personas con SD sedentarias.

El uso de las pruebas submáximas no destaca entre los estudios incluidos en la revisión sistemática, para la predicción del $VO_{2\text{pico}}$, y las empleadas no se encuentran validadas para esta población, y esto puede ser debido a que este tipo de test suelen sobreestimar el valor de VO_2 en estas personas. A pesar de las características flexibles, para ajustar la intensidad, que posibilitan estas pruebas, al no estar validadas no ofrecen el nivel de fiabilidad y reproductividad para posteriormente comparar los resultados con los obtenidos en otros estudios.

Sin embargo, independientemente de la validez de la prueba para la evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria, en esta población hay que tomar algunas precauciones cuando se realizan pruebas máximas, ya que, la cardiopatía congénita es una condición clínica asociada al SD, aproximadamente el 50% de la población con esta condición sufre esta enfermedad (65), además de otras características clínicas, ortopédicas, cardiovasculares neurológicas y hormonales que también pueden afectar a la realización de las pruebas (66). Por lo que, a la hora de realizar un test hay que tener en cuenta dichas características y sobre todo si este es máximo, por esta razón todos los estudios incluidos en la revisión excluían a aquellas personas que tuviesen algún problema cardíaco que le impidiese realizar una prueba de esfuerzo máxima.

4. Conclusiones

La elección del protocolo adecuado para analizar la capacidad cardiorrespiratoria de las personas con SD debe tener en cuenta algunos factores importantes para obtener un resultado fiable, como son el tipo de prueba aplicada, la viabilidad, la fiabilidad, familiaridad y la comprensión de la misma por parte de los sujetos. Además, de tener en cuenta las características individuales como pueden ser la condición física, el grado de discapacidad intelectual y si tienen alguna característica clínica que les impida realizar algún tipo de esfuerzo.

De los estudios incluidos en la revisión destaca el uso de una de las pruebas máximas realizadas en laboratorio, los artículos que incluían este test valoraban la capacidad cardiorrespiratoria en personas con SD sedentarias. Además de esto hay que recalcar el escaso uso de pruebas submáximas y que estas no se encuentren validadas para esta población.

Por lo que, se podría concluir que es necesario la creación y validación de pruebas máximas para la valoración de la capacidad cardiorrespiratoria en personas con SD de diferentes niveles de condición física, así como la de test submáximos para que aquellas personas con esta condición y que no puedan realizar un esfuerzo máximo se pueda evaluar esta capacidad.

5. Bibliografía

1. Fernhall B, Mendonca G V., Baynard T. Reduced work capacity in individuals with down syndrome: A consequence of autonomic dysfunction? *Exerc Sport Sci Rev.* 2013;41(3):138-47.
2. Saunders KJ. Down syndrome. *Clin Cases Eye Care.* 2018;158-63.
3. Tungate AS, Connors FA. Executive function in Down syndrome: A meta-analysis. *Res Dev Disabil* [Internet]. 2021;108(January 2020):103802. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103802>
4. Korenberg JR, Chen XN, Schipper R, Sun Z, Gonsky R, Gerwehr S, et al. Down syndrome phenotypes: The consequences of chromosomal imbalance. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1994;91(11):4997-5001.
5. Silverman W. Down Syndrome: Cognitive Phenotype. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev.* 2007;13(3):228-36.
6. Malt E a, Dahl RC, Haugsand TM, Ulvestad IH, Emilsen NM, Hansen B, et al. Health and disease in adults with Down syndrome. *Tidsskr den Nor Laegeforening* [Internet]. 2013;133(3):290-4. Disponible en: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=fulltext&D=medl&AN=23381164%5Cnhttp://sfx.scholarsportal.info/uhn?sid=OVID:medline&id=pmid:23381164&id=doi:10.4045/tidsskr.12.0390&issn=0029-2001&isbn=&volume=133&issue=3&page=290&pages=290-4&date>
7. Hutaff-Lee C, Cordeiro L, Tartaglia N. Cognitive and medical features of chromosomal aneuploidy [Internet]. 1.^a ed. Vol. 111, *Handbook of Clinical Neurology.* Elsevier B.V.; 2013. 273-279 p. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-52891-9.00030-0>
8. González-Agüero A, Vicente-Rodríguez G, Moreno LA, Guerra-Balic M, Ara I, Casajús JA. Health-related physical fitness in children and adolescents with Down syndrome and response to training. *Scand J Med Sci Sport.* 2010;20(5):716-24.
9. Bertapelli F, Pitetti K, Agiovlasis S, Guerra-Junior G. Overweight and obesity in children and adolescents with Down syndrome—prevalence, determinants, consequences, and interventions: A literature review. *Res Dev Disabil* [Internet]. 2016;57:181-92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2016.06.018>
10. Cooper SA, Allan L, Greenlaw N, McSkimming P, Jasilek A, Henderson A, et al. Rates, causes, place and predictors of mortality in adults with intellectual disabilities with and without down syndrome: Cohort study with record linkage. *BMJ Open.* 2020;10(5):1-12.
11. Baynard T, Pitetti KH, Guerra M, Unnithan VB, Fernhall B. Age-related changes in aerobic capacity in individuals with mental retardation: A 20-yr review. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(11):1984-9.
12. Agiovlasis S, McCubbin JA, Yun J, Pavol MJ, Widrick JJ. Economy and preferred speed of walking in adults with and without Down syndrome. *Adapt Phys Act Q.* 2009;26(2):118-30.
13. Fernhall BO, Pitetti KH, Rimmer JH, McCubbin JA, Rintala P, Lynn Millar A, et al. Cardiorespiratory capacity of individuals with mental retardation including Down syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(3):366-71.
14. Mendonca G V., Pereira FD. Heart Rate Recovery After Exercise in Adults With the Down Syndrome. *Am J Cardiol* [Internet]. 2010;105(10):1470-3. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.12.073>
15. Stancliffe RJ, Lakin KC, Larson S, Engler J, Bershadsky J, Taub S, et al. Overweight and obesity among adults with intellectual disabilities who use intellectual

- disability/developmental disability services in 20 U.S. States. *Am J Intellect Dev Disabil.* 2011;116(6):401-18.
16. Paul Y, Ellapen TJ, Barnard M, Hammill H V., Swanepoel M. The health benefits of exercise therapy for patients with Down syndrome: A systematic review. *African J Disabil.* 2019;8.
 17. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Rep.* 1985;100(228):126-31.
 18. Silva FM, Duarte-Mendes P, Rusenhack MC, Furmann M, Nobre PR, Fachada MÂ, et al. Objectively measured sedentary behavior and physical fitness in adults: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(22):1-23.
 19. Qiu S, Cai X, Yang B, Du Z, Cai M, Sun Z, et al. Association Between Cardiorespiratory Fitness and Risk of Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis. *Obesity.* 2019;27(2):315-24.
 20. Myers J, McAuley P, Lavie CJ, Despres JP, Arena R, Kokkinos P. Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness as Major Markers of Cardiovascular Risk: Their Independent and Interwoven Importance to Health Status. *Prog Cardiovasc Dis [Internet].* 2015;57(4):306-14. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pcad.2014.09.011>
 21. Myers J, Vainshelboim B, Kamil-Rosenberg S, Chan K, Kokkinos P. Physical Activity, Cardiorespiratory Fitness, and Population-Attributable Risk. *Mayo Clin Proc [Internet].* 2021;96(2):342-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.04.049>
 22. Ketels M, Rasmussen CL, Korshøj M, Gupta N, De Bacquer D, Holtermann A, et al. The relation between domain-specific physical behaviour and cardiorespiratory fitness: A cross-sectional compositional data analysis on the physical activity health paradox using accelerometer-assessed data. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(21):1-17.
 23. Warburton DER, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: A systematic review of current systematic reviews. *Curr Opin Cardiol.* 2017;32(5):541-56.
 24. Medicine AC of S. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8th ed. Baltimore; 2009.
 25. Mendonca G, Pereira, Fernhall. Reduced exercise capacity in persons with Down syndrome: cause, effect, and management. *Ther Clin Risk Manag.* 2010;601.
 26. Fernhall B, Unnithan VB. Physical activity, metabolic issues, and assessment. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2002;13(4):925-47.
 27. Casajús JA, Piedrafita E, Aragonés MT. Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Rev Int Med y Ciencias la Act Fis y del Deport.* 2009;9(35):217-31.
 28. Sartor F, Vernillo G, De Morree HM, Bonomi AG, La Torre A, Kubis HP, et al. Estimation of maximal oxygen uptake via submaximal exercise testing in sports, clinical, and home settings. *Sport Med.* 2013;43(9):865-73.
 29. Cabeza-Ruiz R, Alcántara-Cordero FJ, Ruiz-Gavilán I, Sánchez-López AM. Feasibility and reliability of a physical fitness test battery in individuals with down syndrome. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(15).
 30. Agiovlasitis S, Rossow LM, Yan H, Ranadive SM, Fahs CA, Motl RW, et al. Predicting METs from the heart rate index in persons with Down syndrome. *Res Dev Disabil [Internet].* 2014;35(10):2423-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.06.005>
 31. Bunsawat K, Baynard T. Cardiac autonomic modulation and blood pressure responses to isometric handgrip and submaximal cycling exercise in individuals with down syndrome. *Clin Auton Res.* 2016;26(4):253-60.

32. Matute-Llorente A, González-Agüero A, Gómez-Cabello A, Vicente-Rodríguez G, Casajús Mallén JA. Actividad física y estado de forma cardiovascular en adolescentes con síndrome de Down. *Nutr Hosp*. 2013;28(4):1151-5.
33. Agiovlasitis S, Mendonca G V., McCubbin JA, Fernhall B. Prediction of energy expenditure during walking in adults with down syndrome. *J Appl Res Intellect Disabil*. 2018;31(July):151-6.
34. Cardoso Ribeiro C, Gómez-Conesa A, Hidalgo Montesinos MD. Metodología para la adaptación de instrumentos de evaluación. *Fisioterapia*. 2010;32(6):264-70.
35. Ordonez FJ, Fornieles G, Rosety MA, Rosety I, Diaz AJ, Camacho A, et al. Mejoras del porcentaje y distribución abdominal de masa grasa en mujeres con discapacidad intelectual tras entrenamiento aeróbico de 10 semanas. *Int J Morphol*. 2013;31(2):570-4.
36. Ordonez FJ, Fornieles-Gonzalez G, Camacho A, Rosety MA, Rosety I, Diaz AJ, et al. Anti-inflammatory effect of exercise, via reduced leptin levels, in obese women with Down syndrome. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2013;23(3):239-44.
37. Boer PH. Accuracy of the prediction equation for the determination of maximum heart rate in adults with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res*. 2017;61(1):83-8.
38. Silva V, Campos C, Sá A, Cavadas M, Pinto J, Simões P, et al. Wii-based exercise program to improve physical fitness, motor proficiency and functional mobility in adults with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res*. 2017;61(8):755-65.
39. Tsimaras V, Giagazoglou P, Fotiadou E, Christoulas K, Angelopoulou N. Jog-walk training in cardiorespiratory fitness of adults with Down syndrome. *Percept Mot Skills*. 2003;96(3 II):1239-51.
40. Cowley PM, Ploutz-Snyder LL, Baynard T, Heffernan KS, Young Jae S, Hsu 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. *Disabil Rehabil*. 2011;33(23-24):2229-36.
41. Boer PH, de Beer Z. The effect of aquatic exercises on the physical and functional fitness of adults with Down syndrome: A non-randomised controlled trial. *J Intellect Disabil Res*. 2019;63(12):1453-63.
42. Bennet F, Eisenman P, French R, Henderson H, Shultz B. The Effect of a Token Economy on the Exercise Behavior of Individuals With Down Syndrome. *Adapt Phys Act Q*. 1989;230-46.
43. CLIMSTEIN M, PITETTI KH, BARRETT PJ, CAMPBELL KD. The accuracy of predicting treadmill VO₂max for adults with mental retardation, with and without Down's syndrome, using ACSM gender- and activity-specific regression equations. *J Intellect Disabil Res*. 1993;37(6):521-31.
44. Hu M, Yan H, Ranadive SM, Agiovlasitis S, Fahs CA, Atiq M, et al. Arterial stiffness response to exercise in persons with and without Down syndrome. *Res Dev Disabil* [Internet]. 2013;34(10):3139-47. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.06.041>
45. Mendonca GV, Pereira FD. Influence of long-term exercise training on submaximal and peak aerobic capacity and locomotor economy in adult males with Down's syndrome. *Med Sci Monit*. 2009;15(2):33-9.
46. Mendonça G V., Pereira FD, Fernhall B. Walking economy in male adults with Down syndrome. *Eur J Appl Physiol*. 2009;105(1):153-7.
47. Agiovlasitis S, Beets MW, Motl RW, Fernhall B. Step-rate thresholds for moderate and vigorous-intensity activity in persons with Down syndrome. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2012;15(5):425-30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2012.03.001>

48. Boer PH. The effect of 8 weeks of freestyle swim training on the functional fitness of adults with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res.* 2020;64(10):770-81.
49. Terblanche E, Boer PH. The functional fitness capacity of adults with Down syndrome in South Africa. *J Intellect Disabil Res.* 2013;57(9):826-36.
50. Kenneth H, Pitetti MC, Kathryn D, Campbell P, Barrett J, Jackson JA. The cardiovascular capacities of adults with Down syndrome: a comparative study. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24:13-9.
51. Pitetti KH, Millar AL, Fernhall B. Reliability of a peak performance treadmill test for children and adolescents with and without mental retardation. *Adapt Phys Act Q.* 1991;17(3):322-32.
52. Baynard T, Pitetti KH, Guerra M, Fernhall B. Heart rate variability at rest and during exercise in persons with down syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(8):1285-90.
53. Mendonca G V., Pereira FD, Fernhall B. Cardiac autonomic function during submaximal treadmill exercise in adults with Down syndrome. *Res Dev Disabil.* 2011;32(2):532-9.
54. Wee SO, Pitetti KH, Goulopoulou S, Collier SR, Guerra M, Baynard T. Impact of obesity and Down syndrome on peak heart rate and aerobic capacity in youth and adults. *Res Dev Disabil* [Internet]. 2015;36:198-206. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.10.002>
55. Ptetti K, Tan D. Cardiorespiratory responses of mentally retarded adults to air-brake ergometry and treadmill exercise. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;75:318-21.
56. Herdy AH, Uhlendorf D. Reference values for cardiopulmonary exercise testing for sedentary and active men and women. *Arq Bras Cardiol.* 2011;96(1):54-9.
57. OMS OM de la S. Directrices de la OMS sobre actividad física y hábitos sedentarios: de un vistazo. *Organ Mund la Salud* [Internet]. 2020;24. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1318324/retrieve>
58. Leti T, Guinot M, Favre-Juvin A, Bricout VA. Difference of catecholamine responses to exercise in men with trisomy 21, with or without chronotropic incompetence. *Physiol Behav* [Internet]. 2015;142:97-103. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.02.007>
59. Boer PH. Effects of detraining on anthropometry, aerobic capacity and functional ability in adults with Down syndrome. *J Appl Res Intellect Disabil.* 2018;31(November 2016):144-50.
60. Eberhard Y, Favre-Juvin A, Bricout V, Flore P, Garnier P, Guinot M, et al. Fitness scorers variability of two young active men with down syndrome during an intensive treadmill test. *Acta Kinesiol Univ.* 2006;11:7-19.
61. Casey AF, Mackay-Lyons M, Connolly EM, Jennings C, Rasmussen R. A comprehensive exercise program for a young adult male with Down syndrome who experienced a stroke. *Disabil Rehabil.* 2014;36(17):1402-8.
62. Boer PH, Moss SJ. Test-retest reliability and minimal detectable change scores of twelve functional fitness tests in adults with Down syndrome. *Res Dev Disabil* [Internet]. 2016;48:176-85. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2015.10.022>
63. Boer PH, Moss SJ. Validity of the 16-metre PACER and six-minute walk test in adults with Down syndrome. *Disabil Rehabil.* 2016;38(26):2575-83.
64. Fernhall B, Millar A, Tymeson G, Burkett L. Maximal exercise testing of mentally retarded adolescents and adults: Reliability study. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71:1065-8.
65. Morales-Demori R. Congenital heart disease and cardiac procedural outcomes in patients

- with trisomy 21 and Turner syndrome. *Congenit Heart Dis.* 2017;12(6):820-7.
66. Mahy J, Shields N, Taylor NF, Dodd KJ. Identifying facilitators and barriers to physical activity for adults with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res.* 2010;54(9):795-805.