

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental.
Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx:

Revisión documental

Evolution of the equations of the Shuttle Run Test 20m to obtain VO₂max:

Documentary review.

Isabel Sánchez Rojas^{1,2}; Carlos A. Solano Castañeda¹; Yisel Estrada Bonilla¹; Pablo Molina Murcia¹; Yenny Argüello Gutiérrez¹.

¹ Universidad Santo Tomás. Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación, Colombia

² Universidad de Baja California. Doctorado en Educación Deportiva y Ciencias del Deporte. México.

Contacto: isabel.sanchez@usta.edu.co

Cronograma editorial: *Artículo recibido 20/02/2023 Aceptado: 04/12/2023 Publicado: 01/01/2024*

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia:

Sánchez-Rojas, I.; Solano, C.; Estrada-Bonilla, Y.; Molina-Murcia, P.; Argüello-Gutiérrez, Y. (2024). Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. *Sportis Sci J*, 10 (1), 1-x
<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Contribución autores: Introducción: IAS, CAS; Metodología: IAS, YPA Resultados: IAS, YPA, CAS; Discusión: YCE, PSM; Conclusión: IAS, YPA.

Financiación: El presente estudio no tuvo financiación.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún tipo de conflicto

Aspectos éticos: El estudio declara que cumple con los aspectos éticos.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental.
Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Resumen

Para la evaluación del fitness cardiorrespiratorio existen pruebas directas en laboratorio que proporcionan información objetiva respecto a esta cualidad. No obstante, cuando no se cuenta con los recursos se recurre al uso de pruebas de campo como el Shuttle Run Test 20 metros (SRT-20m), el cual busca establecer el VO_{2max} para cada sujeto, relacionando los valores obtenidos con aspectos como la composición corporal, edad y contexto poblacional, siendo una de las pruebas más confiables y con concordancia clínica existente. El propósito fue reconocer los cambios o variaciones presentes en los modelos matemáticos o lineales empleados en esta prueba con diferentes grupos poblacionales. Se realizó una revisión de la literatura bajo el marco básico para revisiones integradoras con algunas precisiones dadas por la guía PRISMA, identificando en su mayoría estudios de corte transversal los cuales evidencian los cambios realizados al planteamiento de la fórmula matemática donde las variables que inciden en el valor resultante para la resistencia aeróbica son: velocidad final, etapa de la prueba, edad y aspectos antropométricos del sujeto. Por lo anterior, se concluye que, para efectos prácticos, la estimación del VO_{2max} debe considerar factores intrínsecos del sujeto y aquellos relacionados con la ejecución de la prueba.

Palabras Clave: consumo máximo de oxígeno; test de Course Navette; test de Léger; test de ida y vuelta de 20 metros.

Abstract

For the evaluation of cardiorespiratory fitness, there are direct laboratory tests that provide objective information regarding this quality. However, when the resources are not available, the use of field tests such as the Shuttle Run Test 20 meters (SRT-20m) is used, which seeks to establish the VO_{2max} for each subject, relating the values obtained with aspects such as body composition, age, and population context, being one of the most reliable tests with existing clinical agreement. The purpose was to recognize the changes or variations present in the mathematical or linear models used in this test with different population groups. A review of the literature was carried out under the basic framework for integrative reviews with some clarifications given by the PRISMA guide, identifying mostly cross-sectional studies which show the changes made to the approach of the mathematical formula where the variables that affect the resulting value for aerobic endurance are final speed, stage of the test, age, and anthropometric aspects of the subject. Therefore, it is concluded that, for practical purposes, the estimation of VO_{2max} should consider intrinsic factors of the subject and those related to the execution of the test.

Keywords: maximal oxygen consumption; Course Navette test; Léger's test; 20-meter round-trip test.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental.
Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Introducción

Desde sus orígenes las pruebas de campo fueron diseñadas con el fin de evaluar la aptitud física y condición de resistencia cardiovascular en distintos grupos poblacionales Santos et al. (2012). Diferentes pruebas de valoración han sido creadas y adaptadas a las condiciones de salud de los sujetos, su ciclo vital y nivel de condición física; uno de los test más aplicados y con mayor validez científica es el Shuttle Run Test (SRT-20m), conocido igualmente como prueba de Course-Navette o test de Léger (Léger et al. 1982), el cual permite estimar la potencia aeróbica y aptitud cardiorrespiratoria usando como medida el valor del consumo máximo de oxígeno (VO₂máx).

Esta prueba cumple con unos criterios metodológicos particulares que al ser ejecutados de manera adecuada garantizan que los resultados obtenidos sean lo más acertados posible; idealmente el SRT-20m se realiza en un campo abierto con una superficie plana y estable, de preferencia pista atlética en la cual se instalan dos conos con una distancia de 20 metros de distancia entre ellos. Los participantes deben recorrer los 20 metros de distancia en ida y vuelta; la velocidad de inicio para esta prueba es de 8.5 km/h y el ritmo de carrera se incrementa cada minuto 0.5 km/h⁻¹; estos cambios se van indicando con una señal sonora que debe ser previamente identificada por los individuos participantes. La prueba finaliza una vez que el participante no logra seguir el ritmo y la velocidad indicada por el audio durante dos vueltas seguidas Sánchez et al. (2021).

De igual forma, cabe resaltar que el SRT-20m tiene veinte etapas las cuales poseen un incremento progresivo para cada una, tanto en ritmo como en velocidad (García et al. 2013), siendo esto equiparable con las pruebas “*Gold Standard*” aplicadas en laboratorio, por lo que su aplicabilidad en el campo del deporte y ciencias de la salud ha sido reproducible y funcional. Sin embargo, ha existido una evolución de los modelos de cálculo del VO₂máx empleados en el SRT-20m, los cuales han tomado variables determinantes como edad y género, factores ligados a la composición corporal como masa muscular, porcentaje

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO_{2max} : Revisión documental.
Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

graso, constitución genética y condiciones medioambientales (altura, humedad, presión barométrica), siendo estos elementos de gran importancia al momento de establecer el VO_{2max} Cadenas et al. (2014).

Es tal la versatilidad de esta prueba que ha sido implementada adicionalmente en poblaciones como: escolares, deportistas de fútbol sala, independiente del nivel bien sea profesional o no y personas con discapacidad intelectual, donde además de las variables ya mencionadas se han empleado para el análisis de la aptitud cardiorrespiratoria, el número de recorridos realizados, la velocidad y la frecuencia cardiaca con el fin de obtener de manera cercana el valor de VO_{2max} (Agiovlasitis et al. 2011). Ahora bien, en niños en edad preescolar se ajustaron variables como la frecuencia cardiaca máxima, ya que esta es considerada un indicador de maximalidad en la prueba; por otra parte, en cuanto a la población con discapacidad intelectual, Serna (2013), en una revisión sistemática concluye que en estas poblaciones es necesario generar adaptaciones que permitan la familiarización de los sujetos con la prueba así como la inclusión de asistentes que guíen a los participantes; no obstante, dentro de los resultados de esta revisión se logró identificar como variable de ajuste la velocidad, es uno de los criterios más significativos y usados con el fin de hallar el VO_{2peak} dado que este factor es independiente de la edad.

En el caso de ciertos deportes, el modelo matemático empleado toma en consideración el recorrido realizado por los sujetos, como herramienta útil en la identificación del perfil aeróbico y la capacidad de recuperación. Adicionalmente, Ouergui et al. (2020), exponen el uso de esta prueba en procesos que permiten evaluar lo conseguido tras semanas de entrenamiento haciendo comparaciones en la aptitud física y los logros alcanzados en diferentes grupos de atletas tras la implementación de dos protocolos (alta intensidad y trabajo de sprints); para este caso, el factor determinante de maximalidad está relacionado con el índice de fatiga el cual se logra obteniendo la diferencia entre la distancia máxima alcanzada y la distancia mínima sobre la distancia máxima alcanzada.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental.
Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Finalmente, cabe resaltar que las interrogantes existentes respecto a la validez en los modelos predictores de esta prueba han contemplado la necesidad de hacer ajustes en consideración del medio ambiente en el que se desarrolla y las condiciones fisiológicas propias de la población a evaluar. Por lo tanto, investigaciones como la de Nevill et al. (2020), ajustó el modelo de ecuación original, a un modelo alométrico alternativo que retoma aspectos básicos del modelo original vinculando la velocidad de la carrera bajo la siguiente fórmula $VO_{2máx} \text{ (ml kg}^{-1}\text{min}^{-1}\text{)} = M^{k1} \times H^{k2} \times S^{k3} \times \exp(a + b_1 \times \text{Age})$; aquí M equivalente a la masa, H al peso y S a la velocidad final de carrera, variables que se alinean con una transformación logarítmica y un análisis de regresión lineal posterior que permita ver el ajuste de la datos obtenidos. No obstante, Sánchez et al. (2021), emplean el modelo matemático descrito por Léger y Lambert vinculando únicamente al análisis matemático, un factor de corrección de 1.11, el cual permite hacer los ajustes en la baremación considerando los niveles de altitud.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es reconocer los cambios en los modelos matemáticos o lineales empleados para estimar el VO₂máx en el test del SRT-20m, en diferentes grupos poblacionales para ello, se emplea como estrategia metodológica una revisión de la literatura basada en criterios claros tomando como modelo los parámetros de la guía PRISMA (2020).

Materiales y métodos

La revisión de la literatura siguió el marco básico para revisiones integradoras descrito por Whittemore et al. (2005), lo que permitió la inclusión de estudios cuantitativos y cualitativos. Además, se utilizó la metodología optimizada establecida por Hopia et al. (2016) para la evaluación y análisis de publicaciones científicas que incluyen: formulación de problemas, búsqueda de literatura, evaluación, análisis y presentación de hallazgos. Los resultados fueron reportados de acuerdo con lo establecido por las directrices de los

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental.
Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis PRISMA (Page et al. 2020).

- **Criterios de elegibilidad**

Los criterios de inclusión de los manuscritos seleccionados contemplan las siguientes características: 1) manuscritos publicados entre el año 1980 al año 2022; 2) estudios longitudinales; estudios transversales; 3) artículos en inglés o español; 4) manuscritos completos y de acceso abierto. Como parte de los criterios de exclusión, no se contemplaron manuscritos cuyos resultados de investigación fuesen confusos o poco claros, tampoco abstracts expuestos en congresos o artículos incompletos o con acceso restringido al documento además de ser publicados en distintos al inglés o español.

Recursos de información

Se seleccionaron las siguientes bases de datos de investigación académica para explorar la literatura: PubMed / MEDLINE, Cochrane, EMBASE, SciELO, Web of Science, Scopus y SportDiscus, el archivo de medicina de deporte y Google académico, empleando como estrategia la búsqueda manual para la selección de la información.

- ***Estrategia de búsqueda***

Para la búsqueda de la información se tomó como referente la estrategia PICO, la cual permite estructurar la pregunta de investigación: P (sujetos en cualquier etapa del ciclo vital); I (aplicación del SRT-20m, test de Léger o test de Course-Navette con sus distintas variaciones matemáticas para el cálculo del VO₂máx); C (manuscritos que comparen esta prueba con pruebas de laboratorio o con otras pruebas de campo); O (artículos que presenten sus resultados mediante el reporte de significancia estadística, tamaño del efecto, medidas de tendencia central o dispersión). Adicionalmente, se realiza la búsqueda de forma independiente utilizando los siguientes algoritmos booleanos: (SRT-20m OR Course-Navette OR Léger test AND calculation AND equations AND oxygen consumption OR maximum oxygen consumption AND scholars OR adolescents OR adults OR older people OR elderly). La selección de las investigaciones estuvo a cargo de tres

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental.
Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

investigadores (C.A.S., I.A.S., Y.P.A) quienes contaron con la supervisión de los coinvestigadores del proyecto; ellos realizaron la búsqueda en las bases de datos asignadas de manera independiente empleando los marcadores booleanos planteados desde los criterios de inclusión. Posteriormente, se registraron los datos en un Excel con el fin de aplicar opciones de filtro de manera manual, que permitieran visualizar los duplicados, los no elegibles y los potencialmente elegibles pero que fueren motivo de discrepancia entre los investigadores. Cuando se presentaron estos aspectos, se solicitó a los coinvestigadores (Y.C.E y P.S.M) que se revisara la información de manera exhaustiva y tomaran decisiones frente a la selección o no de los artículos.

- ***Recolección de la información***

Toda la información recolectada, fue inmersa en una base de datos en Excel, considerando las variables de la estrategia PICO (población, intervención, comparación, resultados y tipos de estudios), y revisado cada manuscrito de manera detallada para el posterior reporte.

Resultados

- ***Selección de estudios***

La búsqueda inicial con algoritmos booleanos recuperó un total de 3.200 artículos. Sin embargo, después de filtrar las publicaciones, solo 65 eran artículos potencialmente elegibles. Un total de 15 artículos cumplieron los criterios de inclusión (Figura 1) que posteriormente fueron empleados para la presentación de resultados.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental.
 Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

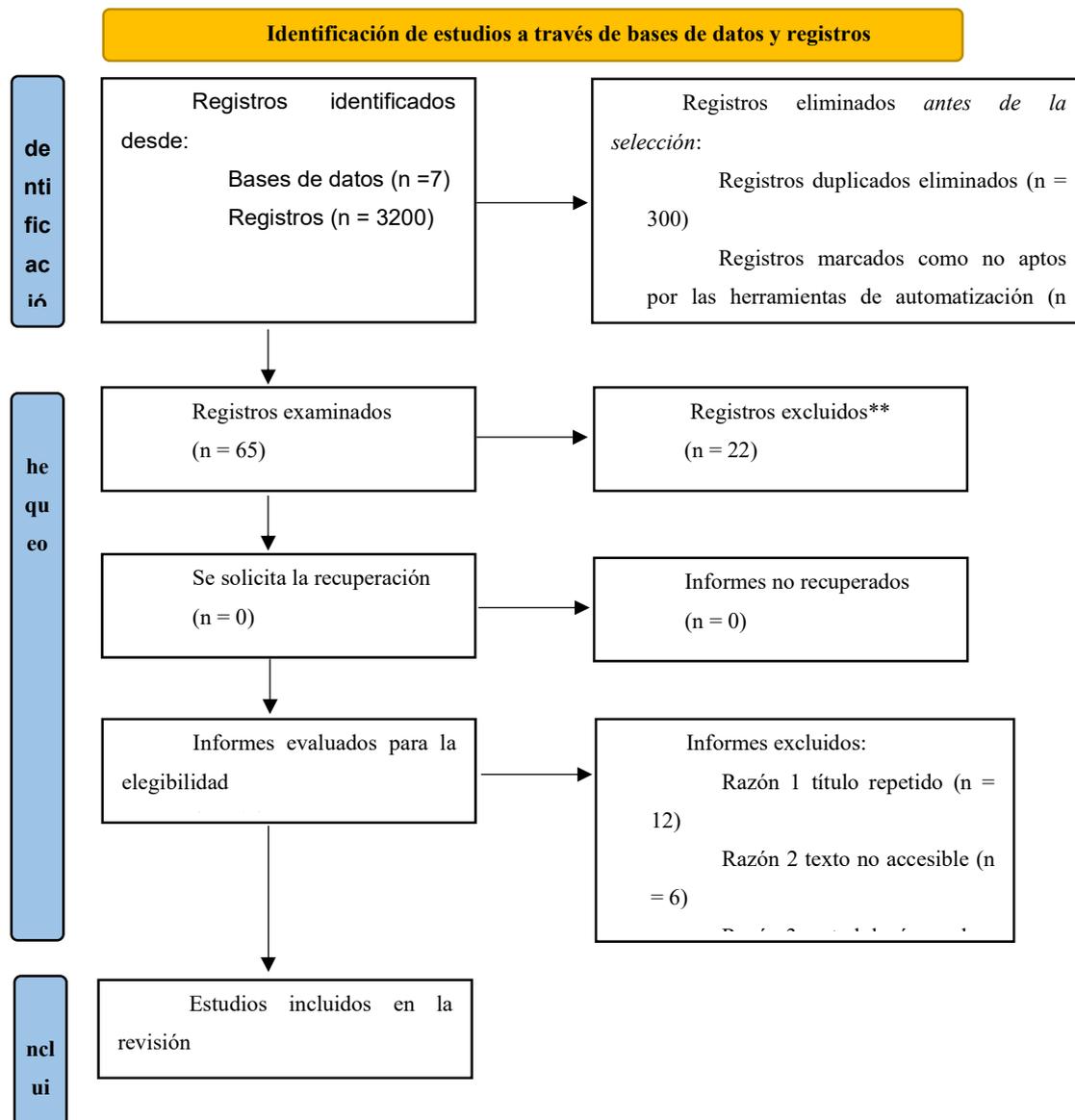


Figura 1. PRISMA. Diagrama de flujo

Analizando la aplicación del modelo de regresión lineal y la obtención de la fórmula para la estimación del consumo máximo de oxígeno, varios estudios realizan test

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental.
Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

comparativos en diferentes grupos poblacionales, la fórmula a utilizar fue: $VO_{2máx} = 31,025 + 3,238V - 3,248E + 0,1536VE$ donde se debe introducir la edad (E) y la velocidad final ($V = 8 + 0,5 \times$ último estadio completado); la validación de dicha ecuación se replicó en gran medida para los menores de edad.

De igual manera, encontramos también la fórmula: $VO_{2máx} \text{ (ml/kg/min)} = 31.025 + (3.238V) - (3.248e) + (0.1536Ve)$ Donde: V = velocidad de carrera en km/h del último periodo completado; e = edad del sujeto. Está empleada en los jugadores profesionales y no profesionales de fútbol sala. Para calcular el VO_{2máx} de las personas con discapacidad intelectual (DI) se formuló la siguiente ecuación $VO_{2peak} \text{ (ml/kg/min)} = 0,35$ (Número de vueltas en el 20m SRT) – 0,59(IMC) – 4,5 (género: 1 para hombres y 2 para mujeres) + 50,8; finalmente, en los preescolares dado que no existen ecuaciones para estimar la FCmáx, se sugiere utilizar la ecuación $208 - 0,7(\text{edad})$, propuesta por Tanaka (Mahon, 2014), como estrategia de maximalidad, pues es una de las ecuaciones que más se acerca al momento de medir la frecuencia máxima (FCM) de un deportista, por otra parte, la modificación del test consistió en la reducción de la velocidad de inicio de 8,5 km/h a 6,5 km/h, dado que fue mejor asimilado por los participantes.

Considerando las constantes analizadas, no se evidencia información en la cual se incorporen factores medioambientales anteriormente señalados ni se estiman cambios en la baremación previamente establecida, dado que ésta pondera los resultados inicialmente en sujetos entrenados y cuya residencia es a baja altitud (Léger, et al. 1984); no obstante, se encontraron estudios que reportan variables relacionadas con la composición corporal como factor determinante en la depleción u optimización de la resistencia cardiovascular; tales aspectos se muestran en la tabla 1.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024.
<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Tabla 1. Evidencia de la literatura consultada

Referencia	Población (H:M)	Edad	Ecuación	Variables calculadas /prueba estadística	Resultados	Conclusiones
Léger et al. 1984	H: 3669 M: 3355	6 – 17 años	VO ₂ máx= 5.857 x velocidad (km/h) – 19.458	Edad y velocidad / prueba T de Student.	Existe relación significativa entre el peso y talla como variables que modulan el VO ₂ máx. Exceptuando el grupo de 6 años, los niños obtienen resultados superiores (p<0,001). Sólo a partir de los 14 años hubo diferencias significativas entre el peso y talla por sexo (p<0,001).	Las etapas fueron desarrolladas en lapsos de tiempo de 1 minuto, encontrando variaciones importantes entre el sexo y la edad.
Léger et al. 1988	Grupo 1: 188 niños Grupo 2: H:53 y M: 24. Grupo 3: 139 niños y 81 H y M.	Grupo 1: 8-19 años Grupo 2: promedio 35 años. Grupo 3: niños de 16 años y adultos de 20-45 años	VO ₂ máx= ml kg ⁻¹ min ⁻¹ (Y) Velocidad= 8+0,5 + etapa final (X) Edad = años (A) VO ₂ máx= 31,025+3,238 X-3,248+0,1536*AX	Edad y velocidad / prueba de regresión lineal.	Se observó que el test de carrera de ir y volver de 20 m es una prueba confiable para niños (r=0,89) y adultos (r=0,95). No se observaron diferencias significativas (p>0,05) entre los test y re-test.	Esta ecuación se desarrolló para la versión de modificación de la velocidad por etapa cada minuto. Fueron encontradas variaciones entre la edad biológica y la edad cronológica, siendo esta última una variable de tipo predictivo. En adultos puede ser usada la misma ecuación manteniendo la edad como constante en 18 años, sin que se evidencien modificaciones

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Barnett et al. 1993	H:27 M:28	12 – 17 años	$VO_{2peak} = 28.3 \times 2.1 \times S \times 0.7 \times Z + 2.6 \times V$	Sexo, pliegues cutáneos y velocidad / prueba de regresión múltiple	Realizaron el MSR en el entorno escolar y se les determinó el VO _{2peak} en el laboratorio. Se encontró una correlación de 0,72 (p<0,001) entre el VO _{2máx} y el VO _{2máx} previsto utilizando una ecuación desarrollada previamente con niños canadienses. Sin embargo, la velocidad máxima de carrera de ida y vuelta por sí sola fue un mejor predictor en este grupo (r = 0,74, SEE = 4,6 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ , (p<.001)	Aquí se usan valores de la composición corporal que inciden en la reducción del consumo de oxígeno
Barnett et al. 1993	12 escolares	12 – 17 años	$VO_{2peak} = 24.2 \times 5.0 \times S \times 0.8 \times A + 3.4 \times V$	Sexo, pliegues cutáneos y velocidad final	Para aplicación práctica en el entorno escolar, la ecuación $VO_{2peak} = 24,2 - 5,0$ (sexo) – 0,8 (edad) + 3,4 (velocidad máxima) (r = 0,82, SEE = 4,0), donde para el sexo, masculino = 0 y femenino = 1.	A diferencia de la anterior usa como parámetro de comparación la velocidad final
Medina et al. 2001	H:33 jugadores de fútbol sala 14 profesionales 19 amateurs	NR	$VO_{2máx}$ (ml/kg/min) = $31.025 + (3.238v) - (3.248e) + (0.1536Ve)$	velocidad y edad / prueba T Student no pareada	Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de duración de la prueba, número de periodos terminados y en los valores medios de VO _{2máx} , siendo de 57,80 ± 2,53 ml/kg/min. en	Aspectos como la duración y etapa alcanzada se convierten en elementos sensibles para determinar el perfil aeróbico y la capacidad de recuperación.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024.
<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Vinet et al. 2002	H: 47 M: 9 Atletas en silla de ruedas	30,3 ±4	VO _{2peak} = 0,22 Va (máx) - 0,63 log (edad)+0,05 IMC 0,25 nivel+0,52 Va(máx)= velocidad máxima	Talla, peso, IMC, masa magra, longitud del brazo y volumen del brazo / prueba de regresión múltiple	los profesionales por 54,86 ± 3,21 ml/kg/min en los no profesionales. Se empleó el test propuesto por Léger y Boucher (1980). Considerando la ecuación propuesta se logra obtener el valor del VO _{2peak} en población con discapacidad (p<0,05).	El VO _{2peak} es predecible siempre y cuando se tomen en consideración aspectos como: distancia recorrida, velocidad máxima alcanzada en el último minuto y número de propulsiones.
Matsuzaka et al. 2004	H: 62 M: 70	8-17 años	VO _{2peak} = 25.9 x 2.21 x G x 0.449 x A x 0.831 x IMC + 4.12 x V	Sexo, edad, índice de masa corporal y velocidad / prueba de correlación	Se obtuvieron correlaciones altas (r = .92, p < .001) entre el VO _{2peak} y el rendimiento de 20-MST para adultos jóvenes. Las correlaciones fueron menores, sin embargo, para niños y adolescentes (r = .75 y .76, p < .001).	Toma otros referentes o variables que inciden en el VO _{2máx} como los es la relación peso talla.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Mahar et al. 2006	H:61 M:74	12-14 años	$VO_{2peak} = 47.438 + (E \times 0.242) + (S \times 5.134) \times P \times 0.197$	Etapa finalizada, sexo y peso / prueba de regresión lineal múltiple	Se realizan modelos de regresión lineal para las dos modalidades de ecuación existentes entre PACER y SRT-20m. La correlación múltiple para ambas pruebas fue (r=0,66)	Variables como el género e índice de masa corporal conducen a modificaciones en el VO ₂ máx La ecuación es altamente válida siempre y cuando se aplique en sujetos con el mismo rango de edad, se precisan de ajustes en relación con la edad para futuros modelos.
Chatterjee et al. 2010	M:40	22.04 años	$Y = -27.4 + 6.0X$	VO ₂ máx y velocidad máxima alcanzada/ Prueba T pareada, correlación de Pearson y Regresión lineal.	Correlación altamente significativa entre la velocidad máxima y el VO ₂ máx (r=0,94) (p<0,01).	Los datos y la ecuación aplicada son coherentes con la población evaluada, considerando la altitud del contexto donde habitan.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Silva et al. 2012	H:60 M:54	10-18 años	$VO_{2max} = 43.313 + 4.567 * sex - 0.560 * BMI + 2.785 * stage$	Composición corporal y variables de rendimiento físico/ Estadística descriptiva, prueba T para muestras independientes para comparar entre grupos y regresión lineal.	La ecuación mostró ser válida para la población de jóvenes y niños portugueses.	Aunque la ecuación predice la aptitud cardiorrespiratoria de la población, se advierte que no es sensible para la detección de pequeños cambios en los individuos si se vieran sometidos a un análisis longitudinal.
Serna J. B.2013	DI Leve: 4 DI Mod: 3 DI Sev: 1	8-44 años	$VO_{2peak} = 0,35$ (no de vueltas en el 20m SRT) – 0,59 (IMC) – 4,5 (género: 1 para varones y 2 para féminas) + 50,8.	Recorridos y Género	Se realizó la prueba de 20 metros ida y vuelta. De los ocho artículos analizados, tres de ellos demostraron la validez de la prueba y cinco de los ocho fueron fiables. Las fórmulas utilizadas hasta el momento para predecir el consumo máximo de oxígeno (VO ₂ máx) en personas con SD no son válidas, por lo que se requieren nuevos estudios que analicen la validez de la prueba de 20 metros ida y vuelta en personas SD.	Para evaluar la contribución de estas variables, así como el rendimiento en los test de campo para hallar el VO ₂ peak. ya que este en personas con DI no mejora con la edad.
Ramírez et al. 2015	H:124 M:105	9- 17,9 años	$VO_{2peak} = 24.2 \times 5.0 \times S \times 0.8 \times A + 3.4 \times V$	Sexo, pliegues cutáneos y velocidad final	Se realizaron las pruebas de aptitud física relacionadas con la salud que se utilizaron en el estudio	Se recomienda esta ecuación con fines de establecer el riesgo cardiometabólico potencial

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024.
<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

					FUPRECOL de promoción de la salud en Colombia. No se encontraron sesgos sistemáticos ni diferencias en el sexo para ninguna de las pruebas estudiadas.	en escolares.
Przednowek et al. 2018	H:154 M:154	20.3 20.8	(RMSECV=4,07 ml kg ⁻¹ min ⁻¹) mujeres (RMSECV=5,30 ml kg ⁻¹ min ⁻¹) hombres.	23 variables de composición corporal además del consumo de oxígeno y el género/ modelo de regresión de mínimos cuadrados, regresión de Lasso y redes neuronales.	Los análisis mostraron diferencias importantes entre los modelos aplicados por género.	Existen menos diferencias entre los modelos empleados para calcular el VO ₂ máx en mujeres comparados con los modelos convencionales, por lo que se sugiere que el género es fundamental al momento de determinar el VO ₂ máx.
Nevill et al. 2021	Jóvenes:306 Adultos: 105	9-17 años	VO ₂ máx (ml kg ⁻¹ min ⁻¹) = M ^{k1} × H ^{k2} × S ^{k3} × exp (a + b ₁ × Age)	VO ₂ máx, masa, peso y velocidad final de carrera.	Se aplicó un modelo alométrico considerando además de los elementos ya planteados en la ecuación, la velocidad final de carrera.	El modelo mostró mayor validez de constructo y de criterio con resultados importantes entre grupos y niveles de predicción más adecuados, comprendiendo la demanda de energía implicada en la velocidad final de carrera.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Sánchez et al. 2021	H:496 M:118	20.2±2.3 años	VO ₂ máx= km/h *6 -27.4	Edad, velocidad, factor de corrección a la altitud (1,11)	Con respecto a la prueba de SRT-20m, se encontraron diferencias significativas en los valores de VO ₂ máx entre sexos a 2001 – 3000 msnm (p<0.01); sin embargo, no hubo diferencia entre hombres y mujeres que residen a 3001 – 4000 msnm (p=0.073)	En esta ecuación se empleó un factor de corrección (1,11) a la altitud para validar el consumo de oxígeno en la población que habita en altitud moderada.
---------------------	----------------	---------------	------------------------------------	---	--	---

MSR: Multistage Shuttle Run; SEE: Sistema Estadístico Europeo; MSRT: Multistage Shuttle Run Test; PACER: Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run; DI: Discapacidad Intelectual; IMC: Índice de Masa Corporal; BMI: Body Mass Index; SD: Síndrome de Down; CRT: Cooper Run Test; SRT-20m: Shuttle Run Test 20m; NR: No reporta. M: masa; H: peso; S: velocidad final de Carrera.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

La aplicación del test de SRT-20m fue aplicada en mayor proporción a escolares y jóvenes que cumplieran con los requerimientos para dichos estudios; sin embargo, existieron investigaciones en deportistas y personas en situación de discapacidad. Gran parte de las investigaciones reportadas vinculan estudios de corte transversal y sólo una hace parte de una revisión sistemática en población con discapacidad intelectual. No obstante, se encuentra como base de los elementos determinantes del VO₂máx, que la composición corporal sigue siendo un aspecto útil dentro de los análisis de la aptitud cardiorrespiratoria; por otra parte, en varias de las investigaciones se buscó establecer la ecuación más asertiva con base en el género de los participantes encontrando que, los modelos empleados para las mujeres son más cercanos a la realidad al compararlos contra los modelos convencionales. Finalmente, dos investigaciones vinculan aspectos como la velocidad final de carrera puesto que analiza el gasto energético empleado durante esa etapa de trabajo y otra investigación empleó el factor de corrección que busca ajustar aspectos como la altitud para ser óptimos y confiables los resultados. Ahora bien, con el ánimo de identificar el nivel de calidad de las investigaciones seleccionadas se presenta a continuación cada una de ellas con su nivel de evidencia y grado de recomendación, considerando la escala SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network).

Tabla 2. Nivel de evidencia y grados de recomendación escala SIGN

Referencia	País	Objetivo	Protocolo	Limitaciones	Nivel de evidencia	Grado de recomendación
a					a	n
Léger et al. 1984	Canadá	Describir las normas para la prueba de SRT-20m	Prueba grupal donde se evaluaron los grupos por región y estrato social.	NR	2++	B
Léger et al. 1988	Canadá	Determinar la potencia aeróbica en escolares y adultos sanos.	Prueba de 20m ida y vuelta con velocidad de inicio de	NR	2++	B

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Barnett et al. 1993	China	Determinar la validez del test en estudiantes chinos de 12 a 17 años.	8,5km/h Protocolo Léger y Lambert y VO _{2peak} en el laboratorio	NR	2++	C
Barnett et al. 1993	China	Determinar la validez del test en estudiantes chinos de 12 a 17 años.	Protocolo Léger y VO _{2peak} en el laboratorio	Tamaño de la muestra	2++	C
Medina et al. 2001	España	Determinar el VO _{2máx} y la capacidad de recuperación de jugadores profesionales y no profesionales de fútbol-sala.	Prueba Léger con velocidad inicial fue de 8.5 km·h ⁻¹ y el ritmo de carrera se incrementaba a 0.5 km·h ⁻¹ cada minuto	NR	2++	C
Vinet et al. 2002	Francia	Proporcionar una ecuación predictiva del VO _{2máx} en atletas dependientes de silla de ruedas.	Prueba de Léger y Boucher adaptada	NR	2++	B
Matsuzaka et al. 2004	Japón	Determinar la validez del test en niños, adolescentes y adultos jóvenes	Prueba Léger con velocidad inicial fue de 8.5 km·h ⁻¹ y el ritmo de carrera se incrementaba a 0.5 km·h ⁻¹ cada minuto	NR	2++	C
Mahar et al. 2006	Estados Unidos	Validación del protocolo mediante un análisis de regresión para establecer el VO _{2peak} .	Prueba de ida y vuelta de 20 m con ajustes en la velocidad inicial para hombres y mujeres, basados en el	NR	2++	C

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Chatterjee et al. 2010	Nepal	Validar el SRT-20m en la población de Nepal.	Prueba Léger con velocidad inicial fue de 8.5 km·h ⁻¹ y el ritmo de carrera se incrementaba a 0.5 km·h ⁻¹ cada minuto	Incrementar la base muestral con grupos de disciplinas deportivas diferentes	2++	B
Silva et al. 2012	Portugal	Calcular y validar dos modelos de estimación del VO ₂ máx en jóvenes.	Protocolo PACER con velocidad inicial fue de 8.0 km·h ⁻¹ y el ritmo de carrera se incrementaba a 0.5 km·h ⁻¹ cada minuto	NR	2++	C
Serna J. B.2013	España	Revisión sistemática del SRT-20m en personas con discapacidad intelectual	Análisis de los modelos de ecuación descriptos y empleados para esta población.	Limitado número de investigaciones en este campo	2++	D
Ramírez et al. 2015	Colombia	Determinar la confiabilidad de las pruebas empleadas para establecer la aptitud cardiorrespiratoria	Prueba Léger con velocidad inicial fue de 8.5 km·h ⁻¹ y el ritmo de carrera se incrementaba a 0.5 km·h ⁻¹ cada minuto	Baja capacitación y estandarización para la aplicación de las pruebas.	2++	B
Przednowek et al. 2018	Polonia	Establece los modelos matemáticos para el SRT-20m en relación con perfiles antropométricos	Prueba Léger con velocidad inicial fue de 8.5 km·h ⁻¹ y el ritmo de carrera se incrementaba a 0.5 km·h ⁻¹ cada minuto	Uso de modelos en la práctica, ya que la prueba debe realizarse con grupos sanos de la misma edad que los sujetos de	2++	B

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Nevill et al. 2021	Colombia/Reino Unido	Establecer si la alometría puede convertirse en un predictor válido para predecir la aptitud cardiorrespiratoria al compararla con los modelos y ecuaciones de Léger	Prueba Léger con velocidad inicial fue de 8.5 km·h ⁻¹ y el ritmo de carrera se incrementaba a 0.5 km·h ⁻¹ cada minuto	investigación Base muestral y la posibilidad de que los participantes hayan llegado a un acuerdo voluntario de fatiga previo a la finalización de la prueba.	2++	B
Sánchez et al. 2021	Colombia	Reportar los valores de referencia para el VO ₂ máx indirecto obtenido en las pruebas de Cooper Run Test (CRT) y Shuttle Run Test (SRT-20m) en población adulta entrenada que reside a una altitud entre los 2600 y 3700 msnm.	Prueba Léger con velocidad inicial fue de 8.5 km·h ⁻¹ y el ritmo de carrera se incrementaba a 0.5 km·h ⁻¹ cada minuto	NR	2++	C

NR: No reporta; PACER: Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run; VO₂máx: consumo máximo de oxígeno; VO₂peak: consumo máximo de oxígeno pico; 2++: RS de alta calidad de estudios de cohortes o de casos y controles. Estudios de cohortes o de casos y controles con riesgo muy bajo de sesgo y con alta probabilidad de establecer una relación causal.

Discusión

Tomando como referencia el objetivo del presente estudio el cual se centró en reconocer los cambios en los modelos matemáticos o lineales empleados para estimar el VO₂máx en el test del SRT-20m, en diferentes grupos poblacionales, se encuentra que inicialmente, las modificaciones que tuvo esta prueba desde su primera aplicación en el año 1982, se fundamentaron en la velocidad de inicio ya que esta partía desde 7,5km/h con incrementos de 0,6 km/h cada dos minutos; no obstante, para el año 1984 momento en que el test fue validado, se generó una variación en el modelo matemático estableciendo un cambio en la velocidad de inicio de 8,5 km/h con variaciones de 0,5 km/h, cada minuto (Léger, et al., 1984).

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del $VO_{2\text{máx}}$: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Varios autores afirman, que las diferentes fórmulas establecidas para la estimación del $VO_{2\text{máx}}$ no reflejan ningún cambio significativo en cuanto a la variación de las constantes utilizadas en los distintos modelos de regresión lineal (García, et al., 2014). El SRT-20m, permite valorar a los sujetos en relación con el esfuerzo cardiopulmonar de manera indirecta; la utilización de diferentes constantes no varía la estimación del $VO_{2\text{máx}}$, pero sí puede determinar los factores de riesgo a los que pueden estar expuestos diferentes grupos poblacionales.

En este mismo sentido, se puede identificar que en adolescentes cuya capacidad aeróbica es superior comparada a otras personas dentro del ciclo vital humano, la estimación del $VO_{2\text{máx}}$ a partir de esta prueba, ha mostrado rasgos de riesgo cardiovascular para ellos, convirtiendo esta herramienta en un modelo predictor no sólo para el cálculo del $VO_{2\text{máx}}$, sino para la estratificación de riesgo en varios grupos poblacionales (Mayorga-Vega et al., 2013). Así mismo, la presente revisión pudo evidenciar que es importante la valoración de la aptitud física en distintos grupos poblacionales, sin embargo, las ecuaciones para estimar el $VO_{2\text{máx}}$ por medio de las prueba de campo, presentan ajustes en sus modelos de regresión lineal, ya que toman indicadores como la velocidad final, o la velocidad inicial como predictores de la potencia aeróbica, pero, por otro lado, estos ajustes vincularon variables como el índice de masa corporal, el porcentaje graso, el peso y los pliegues cutáneos como factores de análisis que permiten relacionar aspectos antropométricos con niveles de resistencia o de riesgo cardiovascular; lo anterior obedece a la alta similitud de los resultados obtenidos mediante esta prueba con las evaluadas en ambientes controlados en laboratorio (León et al., 2015).

Se debe considerar que el $VO_{2\text{máx}}$ está relacionado con la función cardiopulmonar, masa muscular y nivel de actividad y con ello la habilidad de tomar y utilizar el oxígeno; por tanto, se encuentra relacionado con variables tales como la edad, el género y el ejercicio desarrollado por cada persona, reconociendo que éstos a su vez involucran otros aspectos como frecuencia cardíaca máxima (Liang y Yu, 2022) y la frecuencia cardíaca de reposo, dada la utilidad de la FC como indicador de la intensidad del ejercicio y riesgo de mortalidad (Yang, et al., 2021). Variables que son consideradas

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del $VO_{2\text{máx}}$: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

en las diferentes fórmulas y modelos matemáticos revisados.

Finalmente, es importante considerar que la evolución que ha tenido esta prueba ha partido no solo de la modificación en términos de la velocidad por etapa de ejecución, que si bien se propuso por los autores en 1982 se llevaría a cabo cada 2 minutos; no obstante, en 1984 se reduce el tiempo por cada etapa ajustándolo a 1 minuto; las razones de este ajuste se generaron a causa de la población dado que se trabajó con un grupo poblacional cuyas edades oscilaron entre los 6 a 18 años. Es importante resaltar que la validación del test establece una velocidad de arranque de 8,5 km/h con incrementos de 0,5 km cada minuto (García, et al., 2014).

De acuerdo con lo anterior, se puede establecer que los ajustes en los modelos matemáticos del SRT-20m propuesto inicialmente en 1982, han presentado ajustes considerando los niveles de condición física de los sujetos así como la etapa del ciclo vital en la cual se encuentran; por otra parte, dado que el test hasta la actualidad ha mostrado una adecuada correlación con los análisis realizados en pruebas de laboratorio con ambientes bien controlados ha podido ser considerado como una herramienta válida para identificar aspectos propios de la salud, inferir diagnósticos asociados con la aptitud cardiopulmonar, identificar cambios post entrenamiento, corregir y ajustar aspectos relacionados con la planificación de este. Esto le ha permitido ser versátil y acoplar otras variables relacionadas de manera indirecta o directa con el $VO_{2\text{máx}}$, (IMC, edad, sexo, composición corporal, nivel de condición física o disciplina deportiva) y en otras situaciones ha sido adaptado con gran éxito en sujetos con discapacidad tomando como referente las longitudes de las extremidades o aditamentos protésicos como indicadores factibles de propulsión y rendimiento (Przednowek, et al., 2018).

Conclusiones

Los estudios consultados evidencian que la estimación del $VO_{2\text{máx}}$ a partir de la prueba de SRT-20m ha empleado diversos modelos matemáticos los cuales consideran variables como la edad, la velocidad de ejecución y variables antropométricas como elementos que permiten identificar el fitness cardiorrespiratorio en sujetos en cualquier etapa del ciclo vital y sus resultados son equiparables con los obtenidos en ambientes controlados.

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Dado que la estimación del VO_{2max} se hace de forma indirecta pero confiable a través de la implementación del SRT-20m, se debe tener en cuenta aspectos que influyen desde una perspectiva fisiológica y funcional en parte como determinantes de la aptitud y el desempeño cardiorrespiratorio. Es de esta forma que los artículos analizados mencionan relaciones importantes entre la aptitud cardiorrespiratoria con variables antropométricas, así como con la edad, el sexo biológico y la fase del ciclo de vida en la que el individuo evaluado se encuentra.

De esta forma, la implementación del SRT-20m no solo considera y evalúa aspectos fisiológicos y de rendimiento propios de un sujeto sino que permite ser aplicable en distintas etapas del ciclo vital; Así mismo, es posible que además de identificar la aptitud cardiorrespiratoria de un sujeto, estos mismos datos puedan ser usados en el deporte, como parte también de los criterios de selección de personal, a nivel clínico e incluso en procesos de inclusión social cuando se trabaja en población con discapacidad, convirtiéndolo en una herramienta potente en diversos escenarios.

Referencias Bibliográficas

Agiovlasitis, S., Pitetti, K. H., Guerra, M., & Fernhall, B. (2011). Prediction of VO₂peak from the 20-m Shuttle-Run Test in Youth with Down Syndrome. Adapted *Physical Activity Quarterly*, 28(2), 146-156. <https://doi.org/10.1123/apaq.28.2.146>

Alvarez-Medina, J., Giménez-Salillas, L., Manonelles-Marqueta, P., & Corona-Virón, P. (2001). Importancia del VO₂ máx. y de la capacidad de recuperación en los deportes de prestación mixta. Caso práctico: fútbol-sala. *Archivos Medicina del Deporte*, 18(86), 577-583.

Barnett, A., Chan, L. Y. S., & Bruce, L. C. (1993). A Preliminary Study of the 20-m Multistage Shuttle Run as a Predictor of Peak VO₂ in Hong Kong Chinese Students. *Pediatric Exercise Science*, 5(1), 42-50. <https://doi.org/10.1123/pes.5.1.42>

Bayón-Serna, J. (2013). El test de 20 metros ida y vuelta. Revisión sistemática de su aplicación en personas con discapacidad intelectual. *Archivos de Medicina del Deporte*, 30(6), 365-372.

Cadenas-Sánchez, C., Alcántara-Moral, F., Sánchez-Delgado, G., Mora-González, J.,

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Martínez-Téllez, B., Herrador-Colmenero, Jiménez-Pavón, D., Femia, P., Ruiz, J. R., & Ortega, F. B. (2014). Evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria en niños de edad preescolar: adaptación del test de 20m de ida y vuelta. *Nutrición Hospitalaria*, 30(6), 1333-1343. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.30.6.7859>

Chatterjee, P., Banerjee, A. K., Das, P., & Debnath, P. (2010). A Regression Equation for the Estimation of Maximum Oxygen Uptake in Nepalese Adult Females. *Asian Journal of Sports Medicine*, 1(1), 41-45. <https://doi.org/10.5812/asjasm.34873>

García, A. I., Pachón, A. L., Garay, P., & Santiago, L. F. (2014). Análisis de la aptitud aeróbica en jóvenes fumadores aparentemente sanos. *Revista Colombiana de Cardiología*, 21(5), 294-300. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2014.05.002>

García, G. C., Secchi, J. D., & Cappa, D. F. (2013). Comparación del consumo máximo de oxígeno predictivo utilizando diferentes test de campo incrementales: UMTT, VAM-EVAL y 20m-SRT. *Archivos de Medicina del Deporte*, 30(3), 156-162.

García, G.C., & Secchi, J. D. (2014). Test course navette de 20 metros con etapas de un minuto. Una idea original que perdura hace 30 años. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 49(183), 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2014.06.001>

Hopia, H., Latvala, E., & Liimatainen, L. (2016). Reviewing the methodology of an integrative review. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 30(4), 662-669. <https://doi.org/10.1111/scs.12327>

Léger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂max. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 49(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/BF00428958>

Léger, L., Lambert, J., Goulet, A., Rowan, C., & Dinelle, Y. (1984). Capacité aérobie des Québécois de 6 à 17 ans--test navette de 20 mètres avec paliers de 1 minute. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 9(2), 64-69.

Léger, L.A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 meters shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93-101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>

León, H. H., Ramírez, J. F., Sánchez, A., Salazar, J. D., Orjuela, L., & Anzola, S. V. (2015). Comparison of maximum lactate between course navette test and hoff

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

test in soccer players at 2600 meters above sea level. *Journal of Human Sport & Exercise*, 10(1), 104-112. <https://doi.org/10.14198/jhse.2015.101.09>

Liang, Y., & Yu, Q. (2022). Study on Maximal Oxygen Uptake of Respiration and Heart Rate in Exercise Training Based on Regression Equation. *Journal of Healthcare Engineering*, 5961197 (Retraction published). <https://doi.org/10.1155/2022/5961197>

Mahar, M. T., Welk, G. J., Rowe, D. A., Crotts, D. J., & McIver, K. L. (2006). Development and Validation of a Regression Model to Estimate VO₂peak From PACER 20-m Shuttle Run Performance. *Journal of Physical Activity & Health*, 3(2), S34-S46. <https://doi.org/10.1123/jpah.3.s2.s34>

Mahon, A. D., Marjerrison, A. D., Lee, J. D., Woodruff, M. E., & Hanna, L. E. (2010). Evaluating the prediction of maximal heart rate in children and adolescents. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(4), 466-471. <https://doi.org/10.1080/02701367.2010.10599707>

Matsuzaka, A., Takahashi, Y., Yamazoe, M., Kumakura, N., Ikeda, A., Wilk, B., & Bar-Or O. (2004). Validity of the Multistage 20-M Shuttle-Run Test for Japanese Children, Adolescents, and Adults. *Pediatric Exercise Science*, 16, 113-125. <https://doi.org/10.1123/pes.16.2.113>

Mayorga-Vega, D., Merino-Marban, R., & Rodríguez-Fernández, E. (2013). Relación entre la capacidad cardiorrespiratoria y el rendimiento en los tests de condición física relacionada con la salud incluidos en la batería ALPHA en niños de 10-12 años. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 8(22), 41-47. <https://doi.org/10.12800/ccd.v8i22.222>

Nevill, A. M., Ramsbottom, R., Sandercock, G., Bocachica-González, C. E., Ramírez-Vélez, R., & Tomkinson, G. (2021). Developing a New Curvilinear Allometric Model to Improve the Fit and Validity of the 20-m Shuttle Run Test as a Predictor of Cardiorespiratory Fitness in Adults and Youth. *Sports Medicine*, 51(7), 1581-1589. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01346-0>

Ouergui, I., Messaoudi, H., Chtourou, H., Wagner, M. O., Bouassida, A., Bouhlel, E., Franchini, E., & Engel, F. A. (2020). Repeated Sprint Training vs. Repeated High-Intensity Technique Training in Adolescent Taekwondo Athletes-A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4506. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124506>

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E. A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M. Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L.A., Stewart, L.A. Thomas, J., Tricco, A.C., Welch, V.A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *British Medical Journal*, 71, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Przednowek, K., Barabasz, Z., Zadarko-Domaradzka, M., Przednowek, K., Nizioł-Babiarz, E., Huzarski, M., Sibiga, K., Dziadek, B., & Zadarko, E. (2018). Predictive Modeling of VO₂max Based on 20 m Shuttle Run Test for Young Healthy People. *Applied Sciences*, 8(11), 2213. <https://doi.org/10.3390/app8112213>

Ramírez-Vélez, R., Rodrigues-Bezerra, D., Correa-Bautista, J. E., Izquierdo, M., & Lobelo, F. (2015). Reliability of Health-Related Physical Fitness Tests among Colombian Children and Adolescents: The FUPRECOL Study. *PloS One*, 10(10), e0140875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140875>

Sánchez-Rojas, I. A.; Mendoza-Romero, D.; Argüello-Gutiérrez, Y. P.; Castro-Jiménez, L. E.; Triana-Reina, H. R.; Pérez-Cebreros, E. A.; Petro, J. L., y Bonilla, D. A. (2021). Valores de referencia para las pruebas de Cooper y de 20m de ida y vuelta en población residente en altitud elevada. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 65(17), 221-233. <https://doi.org/10.5232/ricyde2021.06502>

Santos-Rodríguez, L., Prieto-Saborit, J. A., & González-Díez, V. (2012). Analysis on judo specific and unspecific test. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 3(1), 46-59. <https://doi.org/10.18002/rama.v3i1.346>

Silva, G., Oliveira, N. L., Aires, L., Mota, J., Oliveira, J., & Ribeiro, J. C. (2012). Calculation and validation of models for estimating VO₂max from the 20-m shuttle run test in children and adolescents. *Archives of Exercise in Health and Disease*, 3(1-2), 145-152.

Vinet, A., Le Gallais, D., Bouges, S., Bernard, P. L., Poulain, M., Varray, A., & Micallef, J. P. (2002). Prediction of VO₂peak in wheelchair-dependent athletes from the adapted Léger and Boucher test. *Spinal Cord*, 40(10), 507-512. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101361>

Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52(5), 546-553. <https://doi.org/10.1111/j.1365->

Revisiones. Evolución de las ecuaciones del Shuttle Run Test 20m para la obtención del VO₂máx: Revisión documental. Vol. 10, n.º 1; p. 131-157, enero 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637>

[2648.2005.03621.x](https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.1.9637)

Yang, H. I., Cho, W., Lee, D. H., Suh, S.H., & Jeon, J. Y. (2021). Development of a New Submaximal Walk Test to Predict Maximal Oxygen Consumption in Healthy Adults. *Sensors* (Basel), 21(17):5726. <https://doi.org/10.3390/s21175726>