

Artículo original

Consumo máximo de oxígeno y memoria de trabajo en universitarios de Educación Física en Perú

Maximum Oxygen Consumption and Working Memory in Physical Education University Students in Peru

Helder Favio Ñahui Rojas^{1,*} <https://orcid.org/0000-0002-3501-6913>

Javier Casimiro Urcos² <https://orcid.org/0000-0001-5372-2582>

Félix Carlos Portugal Moscoso¹ <https://orcid.org/0000-000-9010-5206>

Wendy Eliana Delgado¹ <https://orcid.org/0000-0001-8280-3744>

Karen Alexandra Samanez Torres³ <https://orcid.org/0000-0002-6808-9537>

¹Universidad Nacional Federico Villareal, Perú

²Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Perú

³Universidad Nacional San Agustín, Perú

Autor para la correspondencia: hñahui@unfv.edu.pe

RESUMEN

Introducción La relación entre el Consumo Máximo de Oxígeno (VO₂ máx) y la Memoria de Trabajo (MT) en universitarios es clave para integrar aspectos físicos y cognitivos en el desarrollo integral del estudiante.

Objetivo: Determinar la relación entre el VO₂ máx y las dimensiones de MT en universitarios de Educación Física en Perú, 2023.

Métodos: Estudio cuantitativo, diseño no experimental, transversal y correlacional

para investigar a estudiantes de Educación Física. Con un muestreo probabilístico, seleccionó 183 participantes de una población de 349, bajo un nivel de confianza del 95 %. Para medir el VO₂ máx, se usó el Test de Course Navette; la MT se evaluó mediante la Escala de Wechsler IV para adultos y la prueba de Rey-Osterrieth. Se aplicaron pruebas estadísticas descriptivas e inferenciales, asegurando el respeto a los principios éticos de la investigación con humanos, incluyendo el consentimiento informado y la confidencialidad de los datos.

Resultados: Se encontró una relación positiva significativa entre la MT y el VO₂ máx, en la dimensión memoria verbal y VO₂ máx se obtuvo un $r = ,448^{**}$ con un $p = ,007$; para la memoria visoespacial y VO₂ máx se obtuvo $r = ,587^{**}$ con un $p = ,000$; para el componente ejecutivo de la MT y el VO₂ máx se obtuvo un $r = ,352^{*}$ con un $p <,05$ y para la MT y el VO₂ máx se obtuvo $r = ,534^{**}$ con un $p <,05$.

Conclusiones: La MT se relaciona de manera positiva y significativa con el VO₂ máx

Palabras clave: Memoria de trabajo; volumen máximo de oxígeno; memoria verbal; memoria visoespacial; componente ejecutivo.

ABSTRACT

Introduction: The relationship between Maximum Oxygen Uptake (VO₂ max) and the dimensions of working memory (WM) in university students is key to integrating physical and cognitive aspects in the holistic development of the student.

Objective: This study aims to determine the relationship between VO₂ max and WM dimensions among Physical Education university students in Peru, 2023.

Methods: A quantitative, non-experimental, cross-sectional, and correlational

design was employed to investigate Physical Education students. Using probabilistic sampling, 183 participants were selected from a population of 349, with a 95 % confidence level. The VO₂ max was measured using the Course Navette Test; WM was assessed through the Wechsler IV Scale for adults and the Rey-Osterrieth test. Descriptive and inferential statistical tests were applied, ensuring adherence to the ethical principles of research with humans, including informed consent and data confidentiality.

Results: A significant positive relationship was found between WM and VO₂ max, with verbal memory and VO₂ max showing a correlation of $r = .448^{**}$ and a p-value of .007; for visuospatial memory and VO₂ max, a correlation of $r = .587^{**}$ with a p-value of .000 was found; for the executive component of WM and VO₂ max, a correlation of $r = .352^*$ with a p-value $< .05$; and for WM and VO₂ max, a correlation of $r = .534^{**}$ with a p-value $< .05$ was observed.

Conclusions: WM is significantly and positively related to VO₂ max.

Keywords: Working memory; maximum oxygen uptake; verbal memory; visuospatial memory; executive component.

Recibido:08/11/2023

Aprobado: 14/12/2023

Introducción

En un mundo cada vez más orientado hacia el rendimiento cognitivo, el estudio

de factores que puedan influir las capacidades mentales ha tomado un papel central en la investigación científica. Dentro de ello, la relación entre la actividad física y la cognición, ofrece un campo de estudio prometedor; particularmente en la intersección de la Memoria de Trabajo (MT) y el Consumo Máximo de Oxígeno (VO₂ máx).

Un elemento indispensable de esta investigación es el desarrollo de la MT, la cual facilita el procesamiento simultáneo de información en un sistema de recepción y almacenamiento de capacidad limitada y naturaleza transitoria. La MT se estructura en tres componentes principales: el sistema ejecutivo central, que coordina y regula la información procesada; el bucle fonológico, encargado del manejo de la información verbal y auditiva; y la agenda visoespacial, que procesa la información visual y espacial. Estos componentes trabajan de manera integrada para permitir el manejo temporal y la manipulación de la información necesaria para tareas cognitivas complejas. ⁽¹⁾

La MT es un constructo psicosocial ampliamente estudiado, siendo el modelo de Baddeley y Hitch, 1974, uno de los más influyentes. Este modelo introduce una visión renovada de la MT, distinguiéndola de la memoria a corto plazo y enfatizando su funcionalidad y su papel en los procesos cognitivos complejos. El modelo ofrece una estructura que ha sido aceptada por la comunidad científica para entender lo que también se denomina memoria operativa. ⁽²⁾

A diferencia de la memoria a corto plazo, la MT implica un complejo sistema de recepción y manipulación temporal de información, esencial para realizar tareas cognitivas de alta complejidad, como el razonamiento, el aprendizaje y la comprensión lingüística. ^(3,4) Este enfoque permite almacenar información de manera activa y provisional, relevante únicamente cuando se requiere para tareas

específicas, marcando un paso de un enfoque meramente temporal y estructural a uno funcional, que se centra en operaciones que manejan datos temporalmente para actividades cognitivas.

Baddeley AD, y Hitch G, 1974, argumentan que existe una distinción clara entre almacenar información, característica de la memoria a corto plazo, y procesar u operacionalizar información, una función de la MT que resulta en una mejora del rendimiento. ⁽²⁾ La MT, por lo tanto, se concibe como un sistema dinámico que manipula y actualiza información simultáneamente para cumplir con objetivos específicos en actividades cognitivas. ⁽⁵⁾

El modelo de mencionado se compone de tres dimensiones esenciales:

Componente Bucle Fonológico: es crucial para el manejo de la información relacionada con el lenguaje. Este componente tiene la tarea específica de almacenar información lingüística, ya sea que provenga de estímulos externos o generados internamente. Su función es vital para retener secuencias verbales en el corto plazo, facilitando el procesamiento y la comprensión del lenguaje.

Componente Agenda Visoespacial: juega un rol fundamental en el almacenamiento y procesamiento de información visual y espacial. La información captada por la vista es procesada inicialmente en las cortezas visuales primaria y secundaria, lo que permite al individuo entender y situar objetos en el espacio. Al igual que el bucle fonológico, este componente puede manejar datos provenientes tanto del entorno externo como de representaciones internas.

Componente Ejecutivo Central: actúa como el coordinador de las actividades de los componentes anteriores (agenda visoespacial y bucle fonológico) y tiene un

papel preponderante en el manejo de información visual-espacial y verbal. Este componente permite la selección de estrategias, el mantenimiento y la alternancia de la atención según las demandas de la tarea o del entorno. Su función permite integrar y manipular información de diversas fuentes, facilitando la realización de tareas cognitivas complejas.

En un estudio realizado con una muestra de 145 estudiantes de 6 años en Perú, se evaluaron las capacidades dentro de los diferentes componentes de la MT. Los hallazgos indicaron que, en lo que respecta al bucle fonológico, el 31 % de los participantes se ubicó en un nivel bajo, el 68,3 % en un nivel medio y solo el 0,7 % alcanzó un nivel alto. En cuanto a la agenda visoespacial, el 26,9 % de los estudiantes mostró un nivel bajo, el 22,8 % un nivel medio y un notable 50,3 % alcanzó un nivel alto. Por otro lado, el componente ejecutivo central presentó el mayor porcentaje de estudiantes en un nivel bajo, con un 82 %, mientras que el 10,63 % se encontró en un nivel medio y solo el 0,7 % en un nivel alto. Estos resultados sugieren que el nivel general de MT en estos niños se sitúa entre bajo y regular. ⁽⁶⁾ Adicionalmente, un estudio comparativo entre las capacidades de MT de niños de Huancavelica y niños de Lima - Callao reveló diferencias significativas, mostrando una superioridad notable de los niños de Lima - Callao sobre sus pares de Huancavelica, lo que subraya cómo la situación se agrava en provincias más alejadas. ⁽⁷⁾

Respecto a la práctica de actividad física, está ampliamente reconocida por su vinculación con una salud óptima. De hecho, ofrece numerosos beneficios para el bienestar, todo ello a un costo significativamente reducido. ⁽⁸⁾ En este contexto, el VO₂ máx, es un indicador crucial de la capacidad aeróbica. Este umbral determina la intensidad del esfuerzo o el ritmo que puede sostenerse durante el ejercicio, siendo posible extender el esfuerzo más allá del alcance del VO₂ máx por un breve

periodo; aprovechando las reservas anaeróbicas del cuerpo, aunque éstas también están limitadas en capacidad.

Por otro lado, los comportamientos sedentarios, emergen como consecuencia de influencias sociales y culturales que desalientan la participación en actividades físicas, llevando a una variedad de complicaciones de salud. ⁽⁹⁾ Es imperativo implementar medidas preventivas y de intervención enfocadas en la salud del sistema cardiovascular y la aptitud aeróbica. El propósito es prevenir un eventual rendimiento académico deficiente, fundamentado en que investigaciones experimentales y análisis de estudios han demostrado consistentemente una relación positiva entre la aptitud aeróbica y las funciones cognitivas en individuos de diversas edades. ^(10,11)

El VO₂ máx refleja la capacidad oxidativa del organismo durante el ejercicio máximo. ⁽¹²⁾ Asimismo, está asociado con el grosor de varias regiones corticales, incluyendo áreas temporales, frontales y cingulares, esta última vinculada con el circuito de memoria topocinética y la orientación visoespacial. ^(13,14) Además, se ha encontrado una relación entre el VO₂ máx y el grosor del precúneo y la ínsula, regiones implicadas en la integración de información somática y visual, la percepción del dolor y las emociones como el asco y la angustia. ^(15,16)

En un estudio con 2,013 sujetos de entre 21 y 84 años, se observó una correlación positiva entre el VO₂ máx y el volumen cerebral absoluto, incluyendo el hipocampo, crucial para el aprendizaje espacial y la consolidación de la memoria a corto y largo plazo, así como con la circunvolución temporal media, la corteza cingulada y la corteza orbitofrontal, todas áreas relacionadas con procesos de memoria y específicamente con la MT. ^(17,18)

El nivel de consumo máximo de oxígeno adecuado o bueno, según el Colegio

Americano de Medicina Deportiva (ACSM) en adultos de 20 a 29 años debe estar entre 42,5 a 46,4 ml/kg/min y en adultos de 30 a 39 años entre 41,0 a 44,9 ml/kg/min (Heyward, 1998), de esa manera podríamos asegurar beneficios a nivel cognitivo y memorísticos sustentados en el párrafo anterior, así también predecir una buena salud y como el rendimiento humano y la capacidad funcional. ⁽¹⁹⁾ En el estudio Ñahui Rojas HF, Olivero Pacheco N, 2022, en 12 estudiantes universitarios de Educación Física también se encontró un VO₂ máx promedio de 48,62 ± 8,895 ml.kg.min. ⁽²⁰⁾

Según ACSM, un nivel adecuado o bueno de VO₂ máx en adultos de 20 a 29 años debería oscilar entre 42,5 y 46,4 ml/kg/min, mientras que, en adultos de 30 a 39 años, debería estar entre 41,0 y 44,9 ml/kg/min. ⁽²¹⁾ Estos rangos indican no solo un potencial para beneficios cognitivos y memorísticos, como se sustenta en discusiones previas, sino también una predicción de buena salud general, rendimiento humano y capacidad funcional. ⁽²²⁾

En una investigación con 200 estudiantes de entre 18 y 40 años, se encontró un VO₂ máx promedio de 20,29 ± 1,184 ml/kg/min, lo cual se considera bajo según los estándares del ACSM. Por otro lado, en un estudio con 12 estudiantes universitarios de Educación Física reportó un VO₂ máx VO₂ máx VO₂ máx promedio de 48,62 ± 8,895 ml/kg/min. ⁽²³⁾ Los resultados de este estudio superan los valores considerados como buenos por el ACSM. No obstante, el uso de mascarillas, una práctica aún común, reduce estos valores a 40,94 ± 9,917 ml/kg/min, situándose por debajo del umbral recomendado por el ACSM.

Dentro de este contexto, la MT, emerge como un área de interés particular debido a su papel fundamental en el aprendizaje, la comprensión y el razonamiento. Investigaciones previas han sugerido una relación potencial entre el VO₂ máx y la

capacidad cognitiva, incluida la MT. Sin embargo, los estudios realizados hasta la fecha presentan resultados mixtos y a menudo se limitan a poblaciones específicas o no consideran variables intermedias que podrían influir en esta relación.

En Perú, la investigación respecto a esta problemática es aún escasa, especialmente aquellos estudios con muestras amplias sobre el VO₂ máx; emergiendo una necesidad crítica de estudios que exploren esta dinámica en poblaciones específicas como los estudiantes universitarios de Educación Física, quienes, por su entrenamiento, podrían presentar patrones distintivos en relación a la MT y el VO₂ máx. En tal sentido, se propone estudiar; ¿cuál es la relación entre el VO₂ máx y la MT en estudiantes universitarios de Educación Física en Perú?

El propósito de esta investigación es determinar la relación entre el VO₂ máx y las dimensiones de la MT en estudiantes universitarios de Educación Física en Perú, con el fin de proporcionar razones válidas para fundamentar intervenciones dirigidas a optimizar tanto la capacidad física como cognitiva en esta población. Este enfoque busca no solo contribuir al cuerpo de conocimiento existente sobre la interacción entre la actividad física y la cognición, sino también ofrecer datos relevantes que puedan guiar estrategias educativas y de entrenamiento en el ámbito de la Educación Física, maximizando el bienestar y el rendimiento académico de los estudiantes.

Métodos

La investigación responde a un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, transversal y correlacional. Se realizó en el año 2023, en la Escuela

Profesional de Educación Física de la Facultad de Educación de la Universidad Federico Villarreal (UNFV), ubicada en Lima, Perú, 2023.

La población se constituyó por 349 estudiantes de la Escuela Profesional de Educación Física de la UNFV. Se empleó un muestreo probabilístico para seleccionar la muestra, la cual quedó determinada con un nivel de confianza del 95 %, para un total de estudiantes incluidos de 183 estudiantes. La unidad de análisis fueron los estudiantes universitarios de Educación Física de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Para medir el VO₂ máx, se empleó la técnica del Test de Course Navette, utilizando como instrumento la ficha de observación específica para este test. Este método permitió recopilar información sobre la resistencia cardiorrespiratoria de los sujetos. El Test de Course Navette ha demostrado niveles de confiabilidad de 0,77⁽²⁴⁾ y una validez que varía entre 0,50 y 0,90 en un amplio rango de edades, que va de los 8 a los 47 años.⁽²⁵⁾ Este test mide la velocidad aeróbica máxima (VAM) y estima el VO₂ máx mediante la fórmula $VO_2 \text{ máx} = (6 \times FA) - 27,4$; donde FA es la velocidad aeróbica máxima por el sujeto durante la prueba.

Para la medición de la MT, y en particular para estimar las dimensiones del bucle fonológico y el ejecutivo central, se utilizó la Escala de Wechsler IV para adultos. Esta herramienta incluyó dos subpruebas que permitieron la estimación cuantitativa de ambas dimensiones.⁽¹⁾ Los niveles de validez y confiabilidad de estas pruebas, según estudios previos, rondan el 0,90.⁽²⁶⁾ Por otro lado, la agenda visoespacial, que constituye la tercera dimensión de la MT, se estimó mediante la prueba de Rey-Osterrieth. Esta prueba ha demostrado poseer niveles adecuados de confiabilidad, que oscilan entre 0,783 y 0,828.⁽²⁷⁾

La investigación se llevó a cabo siguiendo los protocolos establecidos en la

normativa de la Resolución N° 077-222-UNFV.⁽²⁸⁾ Los instrumentos de estimación se aplicaron de manera presencial a todos los estudiantes que conformaron la muestra. La recopilación de datos se realizó presencialmente, mediante la aplicación de dichos instrumentos. Posteriormente, los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente, utilizando métodos de estadística descriptiva y análisis inferenciales. Inicialmente, se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de los datos; seguidamente, se aplicó el estadístico de Pearson para analizar las correlaciones.

La presente investigación se ha desarrollado en estricta adherencia a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki para la investigación con seres humanos. Por tanto, los participantes fueron informados detalladamente sobre los objetivos, procedimientos, beneficios potenciales y riesgos del estudio, asegurando su consentimiento informado. La confidencialidad de los datos recabados se ha mantenido en todo momento, garantizando el anonimato de los participantes mediante la asignación de códigos identificativos únicos. Además, se respetó el derecho de los participantes a retirarse del estudio en cualquier momento sin ninguna repercusión.^{(29),(30)}

Resultados

En la tabla 1 la edad promedio de los hombres fue de 18,90 años y la de las mujeres de 18,04 años, indicando una muestra predominantemente joven. En cuanto al VO₂ máx, los valores promedio fueron de 43,70 (DE ± 7,75) para los hombres y 38,58 (DE ± 7,86) para las mujeres. Estos valores se situaron en un rango de 31,00 a 57,30 en hombres y de 26,60 a 52,40 en mujeres, reflejando la variabilidad de la capacidad aeróbica dentro de cada grupo.

Tabla 1. Promedios del VO₂ máx en hombres y mujeres

Sexo	Cantidad	Edad	VO2 máx	Mínimo	Máximo
Hombre	109	18,90	43,70 DE \pm 7,75	31,00	57,30
Mujer	74	18,04	38,58 DE \pm 7,86	26,60	52,40

La Tabla 2 muestra que, en promedio, los hombres obtuvieron un puntaje de 17,24 (DE \pm 1,87) en memoria verbal y 53,80 (DE \pm 4,34) en memoria visoespacial, mientras que en las funciones ejecutivas centrales y MT alcanzaron puntajes de 16,28 (DE \pm 3,67) y 87,33 (DE \pm 8,79), respectivamente. Por otro lado, las mujeres registraron puntajes ligeramente superiores en memoria verbal (17,29 DE \pm 1,44) y memoria visoespacial (54,00 DE \pm 3,70), junto con valores de 16,86 (DE \pm 3,61) en funciones ejecutivas centrales y 88,14 (DE \pm 7,62) en MT.

Tabla 2. Promedios de la MT y de sus dimensiones en hombres y mujeres

Sexo	Cantidad	Edad	Memoria Verbal	Memoria Visoespacial	Ejecutivo Central	Memoria de Trabajo
HOMBRE	109	18,90	17,24 DE \pm 1,87	53,80 DE \pm 4,34	16,28 DE \pm 3,67	87,33 DE \pm 8,79
MUJER	74	18,04	17,29 DE \pm 1,44	54,00 DE \pm 3,70	16,86 DE \pm 3,61	88,14 DE \pm 7,62

En la tabla 3 se observa una correlación significativa ($r = 0,448$, $p < 0,01$) entre ambas variables, indicando una relación moderada y positiva. Esto sugiere que a medida que el VO2 máx aumenta, lo hace también la capacidad de memoria verbal en la muestra estudiada. La significancia bilateral ($p = 0,007$) confirma la relevancia estadística de esta correlación, superando el umbral convencional de 0,05 para la significancia estadística.

Tabla 3. Relación entre la MT verbal y el VO2 máx

MEMOVER	Correlación de Pearson	1	0,448**
	Sig. (bilateral)		0,007
	N	183	183
VO2MÁX	Correlación de Pearson	0,448**	1
	Sig. (bilateral)	0,007	

	N	183	183
--	---	-----	-----

La tabla 4 muestran una correlación positiva y moderadamente fuerte ($r = 0,587$, $p < 0,001$) entre el VO2 máx y la MEMOVISUA, indicando que un aumento en el VO2 máx está asociado con mejoras en la capacidad de memoria visual. La significancia bilateral reportada es menor que 0,001, lo que subraya la robustez estadística de la correlación observada entre estas dos variables.

Tabla 4. Relación entre la MT visoespacial y el VO2 máx

VO2MÁX	Correlación de Pearson	1	0,587**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	183	183
MEMOVISUA	Correlación de Pearson	0,587**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	183	183

La tabla 5 presenta una correlación positiva significativa ($r = 0,352$, $p = 0,038$) entre el VO2 máx y la memoria ejecutiva, lo que indica una relación moderada entre estas dos variables. Este resultado sugiere que mayores niveles de condición física, medidos a través del VO2 máx, podrían estar asociados con un mejor desempeño en tareas que requieren memoria ejecutiva. El nivel de significancia bilateral (0,038) supera el umbral convencional para determinar significancia estadística ($p < 0,05$), reafirmando la relevancia de la correlación encontrada.

Tabla 5. Relación entre el VO2 máx y el componente ejecutivo central en la MT

VO2MÁX	Correlación de Pearson	1	0,352*
	Sig. (bilateral)		0,038
	N	183	183
MEMO EJECUTIVO	Correlación de Pearson	0,352*	1
	Sig. (bilateral)	0,038	
	N	183	183

La tabla 6 presenta una correlación positiva significativa ($r = 0,534$, $p < 0,001$) entre

estas dos variables, indicando una asociación moderadamente fuerte. Esto sugiere que un incremento en el VO₂ máx está relacionado con una mejora en el desempeño de la memoria en general. La significancia bilateral ($p = 0,001$) fortalece la validez estadística de estos hallazgos, señalando una baja probabilidad de que estos resultados sean producto del azar.

Tabla 6. Relación entre la MT y el consumo máximo de oxígeno

VO2MÁX	Correlación de Pearson	1	0,534**
	Sig. (bilateral)		0,001
	N	183	183
MEMOTOTAL	Correlación de Pearson	0,534**	1
	Sig. (bilateral)	0,001	
	N	183	183

Discusión

La presente investigación exploró la relación entre el VO₂ máx y las dimensiones de la MT en estudiantes universitarios de Educación Física en Perú. Los hallazgos revelan una correlación positiva y significativa entre el VO₂ máx y las capacidades de MT, específicamente en las dimensiones verbal y visoespacial, así como en el componente ejecutivo. Estos resultados son consistentes con la literatura existente que sugiere una vinculación entre una mayor capacidad aeróbica y mejoras en funciones cognitivas específicas, incluida la MT. ^(11,17)

Este estudio encuentra paralelismo con investigaciones previas que han demostrado que la práctica de ejercicios físicos, especialmente aquellos que mejoran el VO₂ máx, puede tener efectos positivos en la cognición y en la salud general de las personas. Por ejemplo, el estudio de Fitriani ZA y colaboradores, mostró que los ejercicios de juegos pequeños mejoraban significativamente el

VO2 máx y la precisión en pases en jugadores de fútbol sala. ⁽³¹⁾ Aunque el enfoque principal de este estudio era el rendimiento deportivo, la mejora en el VO2 máx subraya la relevancia de la condición aeróbica para funciones que pueden extenderse más allá del ámbito físico, posiblemente afectando también capacidades cognitivas.

La investigación de Enríquez-Del-castillo LA y col., que destaca los beneficios de un programa de entrenamiento físico de seis semanas en la fuerza muscular y el VO2 máx en niños, junto con los hallazgos de Hwang J y col., que demuestran una relación directa entre la aptitud aeróbica y mejoras significativas en funciones neurocognitivas en adultos jóvenes, subrayan de manera conjunta la importancia trascendental del ejercicio físico en el desarrollo integral a lo largo de las diversas etapas de la vida. ^(10,32) Estos estudios, en concordancia con nuestros resultados, refuerzan la noción de que las intervenciones físicas no solo son cruciales para el desarrollo físico, sino que también tienen un impacto profundo y beneficioso en el desarrollo cognitivo. La implementación de programas de ejercicio que buscan mejorar la capacidad aeróbica, como el VO2 máx, no solo promueve un estilo de vida saludable, sino que también prepara el terreno para un desarrollo cognitivo óptimo, influenciando positivamente en el rendimiento académico y en habilidades vitales para el aprendizaje y la resolución de problemas.

El estudio de Malkinson TJ, el cual explora la importancia del VO2 máx para el rendimiento en maratones y triatlones Ironman®, resalta la capacidad aeróbica como un factor clave no solo para atletas de alto rendimiento sino también para la salud y el desempeño general de la población. ⁽³³⁾ Este hallazgo se alinea con los resultados de nuestra investigación, sugiriendo que una mayor capacidad aeróbica, reflejada en un VO2 máx elevado, podría conferir beneficios cognitivos extendidos más allá del ámbito deportivo, influenciando positivamente el

rendimiento académico de estudiantes de Educación Física. La convergencia de estos estudios subraya la relación entre una buena condición física y mejoras en la función cognitiva, indicando que los beneficios de una capacidad aeróbica óptima son multifacéticos, abarcando mejoras en la salud física, el rendimiento deportivo y, potencialmente, las capacidades cognitivas y el éxito académico.

La evidencia de nuestra investigación, en armonía con estudios como el de Hwang J y col., que vincula la aptitud aeróbica con la función cerebrovascular y las capacidades cognitivas, robustece la noción de que el VO₂ máx trasciende su papel como marcador de salud física para emerger como un influenciador clave en la cognición. ⁽¹⁰⁾ Este vínculo sugiere que los programas de Educación Física universitarios ganarían en riqueza y profundidad al integrar enfoques que no solo apunten a la mejora de la condición física, sino que también exploren y fomenten las mejoras cognitivas asociadas. Así, nuestra investigación subraya la importancia de diseñar intervenciones de ejercicio físico que promuevan un VO₂ máx óptimo, no solo para el beneficio físico de los estudiantes sino también para potenciar su rendimiento cognitivo y académico, ofreciendo una perspectiva integral sobre el bienestar y el desarrollo estudiantil.

Es importante destacar que mientras nuestros hallazgos apoyan la relación entre el VO₂ máx y la mejora en la MT, se necesitan investigaciones adicionales para entender completamente los mecanismos subyacentes de esta asociación. Los estudios futuros deberían explorar cómo intervenciones específicas orientadas a mejorar el VO₂ máx pueden ser utilizadas para optimizar las funciones cognitivas en estudiantes universitarios y en otras poblaciones.

Finalmente, nuestro estudio contribuye al cuerpo de evidencia que respalda una relación beneficiosa entre el VO₂ máx y las capacidades cognitivas,

particularmente la MT. Estos hallazgos no solo tienen implicaciones para el diseño de programas de Educación Física sino también para estrategias educativas y de intervención más amplias que busquen maximizar el bienestar y el rendimiento académico de los estudiantes.

La correlación positiva entre la memoria verbal y el VO₂ máx sugiere que intervenciones dirigidas a mejorar la capacidad aeróbica podrían tener beneficios tangibles en procesos cognitivos relacionados con el procesamiento del lenguaje. Este vínculo apunta a la necesidad de integrar programas de acondicionamiento físico en currículos educativos, especialmente en disciplinas que requieren habilidades verbales agudas.

En cuanto a la relación significativa entre la memoria visoespacial y el VO₂ máx, la actividad física puede ser particularmente beneficiosa para mejorar la capacidad de trabajo de los estudiantes para procesar y manipular información espacial. Este hallazgo tiene implicaciones para el diseño de entrenamientos específicos que no solo busquen mejorar la salud física sino también potenciar habilidades cognitivas críticas para campos como el diseño, la arquitectura, y las ciencias.

Por su parte, la asociación positiva entre el componente ejecutivo central de la MT y el VO₂ máx refuerza la idea de que una mayor aptitud aeróbica está vinculada a una mejor capacidad para realizar tareas que requieren atención sostenida, planificación y multitarea. Este aspecto es de particular interés para programas de desarrollo profesional y educativo que enfatizan la gestión del tiempo y la eficiencia.

Nuestros hallazgos destacan, además, la conexión entre salud física y cognición, sugiriendo la necesidad de estrategias educativas integrales que promuevan el

bienestar general de los estudiantes de Educación Física. Se recomienda la implementación de programas de ejercicio bien estructurados que atiendan tanto aspectos físicos como mentales. Es crucial que investigaciones futuras ahonden en estas relaciones mediante estudios longitudinales y experimentales para establecer causalidad y eficacia. Extender estos estudios a diferentes grupos y contextos educativos ampliará nuestro entendimiento, enfatizando el valor del VO₂ máx y la actividad física regular para mejorar la cognición en estudiantes universitarios.

Referencias bibliográficas

1. Baddeley A, Eysenck MW, Anderson MC. Memoria [Internet]. 2nd ed. Alianza Editorial; 2020 [cited 2023 Apr 8]. 1–16 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324783273_TRANSLATOR_FROM_ENGLISH_INTO_SPANISH_OF_Baddeley_A_Eysenck_MW_Anderson_MC_authors_2020_Memoria_2nd_Edition_reviewed_and_updated_Madrid_Alianza_Editorial
2. Baddeley AD, Hitch G. Working Memory. Psychol Learn Motiv - Adv Res Theory [Internet]. 1974 Jan 1 [cited 2023 Apr 8];8(C):47–89. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
3. Gathercole SE, Alloway TP, Willis C, Adams AM. Working memory in children with reading disabilities. J Exp Child Psychol [Internet]. 2006 Mar [cited 2023 Apr 8];93(3):265–81. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16293261/>
4. Just MA, Carpenter PA. A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. Psychol Rev [Internet]. 1992 [cited 2024 Apr 8];99(1):122–49. Disponible en: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-295X.99.1.122>

5. Unsworth N, Engle RW. On the division of short-term and working memory: an examination of simple and complex span and their relation to higher order abilities. Psychol Bull [Internet]. 2007 Nov [cited 2024 Apr 8];133(6):1038–66. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17967093/>

6. Padilla Carrasco LM, Lam Flores SL, Tello Cabrera C, Boza Rosario J, Vásquez Castañeda A. Memoria de trabajo en estudiantes de primer grado de primaria de Institución Educativa Nacional Nuevo Chimbote, 2015. Conoc PARA EL Desarro [Internet]. 2016 [cited 2023 Apr 8];7(1):17–24. Disponible en: <https://revista.usanpedro.edu.pe/index.php/CPD/article/view/55>

7. Canales Gabriel R, Velarde Consoli E, Lingán Huamán KS, Ramírez Mendoza J. Diferencias en memoria y funciones ejecutivas en niños con diferente nivel lector de Huancavelica y Lima- Callao. Rev Investig en Psicol [Internet]. 2020 Jan 2 [cited 2023 Apr 8];22(2):217–32. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rinvp.v22i2.17422>

8. Fiuza-Luces C, Garatachea N, Berger NA, Lucia A. Exercise is the real polypill. Physiology [Internet]. 2013 Sep 1 [cited 2023 Apr 8];28(5):330–58. Disponible en: <https://journals.physiology.org/doi/10.1152/physiol.00019.2013>

9. García-Laguna DG, García-Salamanca GP, Tapiero-Paipa YT, Ramos DM. Determinantes de los estilos de vida y su implicación en la salud de jóvenes universitarios. Hacia la Promoción la Salud [Internet]. 2012 [cited 2023 Aug 12];17(2):182–98. Disponible en: <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/hacialapromociondelasalud/articloe/view/2041/1957>

10. Hwang J, Kim K, Brothers RM, Castelli DM, Gonzalez-Lima F. Association

between aerobic fitness and cerebrovascular function with neurocognitive functions in healthy, young adults. *Exp Brain Res* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2023 Apr 8];236(5):1421–30. Disponible en:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00221-018-5230-6>

11. Ludyga S, Gerber M, Brand S, Holsboer-Trachsler E, Pühse U. Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: A meta-analysis. *Psychophysiology* [Internet]. 2016 Nov 1 [cited 2023 Apr 8];53(11):1611–26. Disponible en:

<https://doi.org/10.1111/psyp.12736>

12. Nieto Barco A, Wollman Engeby T, Barroso Ribal J. Cerebelo y procesos cognitivos. *An Psicol* [Internet]. 2004 [cited 2023 Nov 21];20(2):205–21.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/167/16720204.pdf>

13. Scheewe TW, van Haren NEM, Sarkisyan G, Schnack HG, Brouwer RM, de Glint M, et al. Exercise therapy, cardiorespiratory fitness and their effect on brain volumes: A randomised controlled trial in patients with schizophrenia and healthy controls. *Eur Neuropsychopharmacol* [Internet]. 2013 Jul 1 [cited 2023 Apr 8];23(7):675–85. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2012.08.008>

14. Filer BB. Neurociencia y arquitectura. Un sistema innovador de coordenadas para la autonomía espacial. *Limaq* [Internet]. 2022 Jul 31 [cited 2023 Apr 8];(009):77–96. Disponible en: <https://doi.org/10.26439/limaq2022.n009.5380>

15. Bruner E, Pereira-Pedro AS, Chen X, Rilling JK. Precuneus proportions and cortical folding: A morphometric evaluation on a racially diverse human sample. *Ann Anat - Anat Anzeiger* [Internet]. 2017 May 1 [cited 2023 Apr 8];211:120–8.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2017.02.003>

16. Reiter K, Nielson KA, Smith TJ, Weiss LR, Alfini AJ, Carson Smith J. Improved Cardiorespiratory Fitness Is Associated with Increased Cortical Thickness in Mild Cognitive Impairment. *J Int Neuropsychol Soc* [Internet]. 2015 [cited 2023 Nov 12];21(10):757–67. Disponible en:

<https://doi.org/10.1017/S135561771500079X>

17. Wittfeld K, Jochem C, Dörr M, Schminke U, Gläser S, Bahls M, et al. Cardiorespiratory Fitness and Gray Matter Volume in the Temporal, Frontal, and Cerebellar Regions in the General Population. *Mayo Clin Proc* [Internet]. 2020 [cited 2023 Aug 12];95(1):44–56. Disponible en:

<https://www.munideporte.org/imagenes/documentacion/ficheros/00BB9C73.pdf>

18. Olivares Hernández JD, Juárez Aguilar E, García García F. El hipocampo: neurogénesis y aprendizaje. *Rev Med UV* [Internet]. 2015 [cited 2023 Aug 2];15(1):20–5. Disponible en:

<https://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2015/muv151c.pdf>

19. Strasser B, Burtscher M. Survival of the fittest: VO₂max, a key predictor of longevity? *Front Biosci (Landmark Ed)* [Internet]. 2018 Mar 1 [cited 2023 Aug 15];23(8):1505–16. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29293447/>

20. Ñahui Rojas HF, Olivero Pacheco N. Uso de mascarillas y VO₂ máximo en universitarios de la carrera de Educación Física. *Lect Educ Física Y Deport*. 2021;26(283):93–108.

21. The Cooper Institute. *The Physical Fitness Specialist Manual* [Internet]. The Cooper Institute for Aerobics Research; 1997 [cited 2023 Apr 12]. Disponible en:

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1124103>

22. Strasser B, Burtscher M. Survival of the fittest: VO2 max, a key predictor of longevity? Front Biosci [Internet]. 2018 [cited 2024 Jan 12];23(8):1505–16.

Disponible en: <https://doi.org/10.2741/4657>

23. Ñahui Rojas HF, Olivero Pacheco N. Uso de mascarillas y VO2 máximo en universitarios de la carrera de Educación Física. Lect Educ Física Y Deport [Internet]. 2021 [cited 2023 Apr 12];26(283):93–108. Disponible en:

<https://doi.org/10.46642/efd.v26i283.2958>

24. Sánchez Rojas IA. Análisis correlacional de la validez y confiabilidad de tres pruebas para medir la resistencia cardiovascular. Rev Ímpetus [Internet]. 2019 [cited 2023 Nov 21];11(2):26–33. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/334203861_ANALISIS_CORRELACIONAL_DE_LA_VALIDEZ_Y_CONFIABILIDAD

25. García GC, Secchi JD. Test course navette de 20 metros con etapas de un minuto. Una idea original que perdura hace 30 años. Apunt Med l'Esport [Internet]. 2014 Jul 1 [cited 2023 Aug 9];49(183):93–103. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.apunts.2014.06.001>

26. Pons JI, Flores-pabón L, Matías-carrelo L, Rodríguez M, Rosario-hernández E, Rodríguez JM, et al. Asociación de Psicología de Puerto Rico Confiabilidad de la Escala de Inteligencia Wechsler para Adultos Versión III , Puerto Rico (EIWA-III). Rev Puertorriqueña Psicol [Internet]. 2008 [cited 2023 Aug 15];19:112–32.

Disponible en:

http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1946-20262008000100005

27. Cortés JF, Galindo G, Villa M, Salvador J. La Figura Compleja de Rey: propiedades psicométricas [Internet]. Vol. 19, Salud Mental. 1997 [cited 2023 Aug 15]. p. 42–8. Disponible en: http://revistasaludmental.mx/index.php/salud_mental/article/view/598
28. Universidad Nacional Federico Villareal. Resolucion_Vrac_Nro_0077_2022_UNFV [Internet]. 077–2022 Perú; 2022 p. 3. Disponible en: https://www.unfv.edu.pe/transparencia_estandar/Datos_Generales/Normas_Emitedas/Resoluciones/VRAC/2022/Resolucion_Vrac_Nro_0077_2022_UNFV.pdf
29. Miranda-Novales MG, Villasís-Keever MÁ, Miranda-Novales MG, Villasís-Keever MÁ. El protocolo de investigación VIII. La ética de la investigación en seres humanos. Rev Alerg México. 2019 Apr;66(1):115–22.
30. World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. Clin Rev Educ. 2013;310(20):2191–4.
31. Fitriani ZA, Graha AS, Nasrulloh A, Asmara M. The Positive Impact of Small-Sided Games Training on VO₂ max and Passing Accuracy in Futsal Players. Int J Hum Mov Sport Sci [Internet]. 2023 Feb 1 [cited 2024 Feb 2];11(1):233–40. Disponible en: https://www.hrpub.org/journals/article_info.php?aid=12985
32. Enríquez-Del-castillo LA, Ornelas-López A, De León LG, Cervantes-Hernández N, Quintana-Mendias E, Flores LA. Strength and VO₂max Changes by Exercise Training According to Maturation State in Children. Children [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2024 Jan 10];9(7):938. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/children9070938>

33. Malkinson TJ. Male and Female Age-Division VO2 Max: Marathon and Ironman® Triathlon Performance. J Exerc Physiol Online [Internet]. 2022 Jan 1 [cited 2024 Jan 10];25(3):1–16. Disponible en: https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineJUNE_2022_Malkinson.pdf

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Helder Favio Ñahui Rojas, Javier Casimiro Urcos, Félix Carlos Portugal Moscoso, Wendy Eliana Delgado, Karen Alexandra Samanez Torres

Curación de datos: Helder Favio Ñahui Rojas, Javier Casimiro Urcos, Félix Carlos Portugal Moscoso, Wendy Eliana Delgado

Análisis formal: Helder Favio Ñahui Rojas, Javier Casimiro Urcos, Félix Carlos Portugal Moscoso, Wendy Eliana Delgado, Karen Alexandra Samanez Torres

Investigación: Helder Favio Ñahui Rojas, Javier Casimiro Urcos, Félix Carlos Portugal Moscoso, Wendy Eliana Delgado, Karen Alexandra Samanez Torres

Adquisición de fondos: Helder Favio Ñahui Rojas, Félix Carlos Portugal Moscoso, Wendy Eliana Delgado

Metodología: Helder Favio Ñahui Rojas, Javier Casimiro Urcos, Félix Carlos Portugal Moscoso, Wendy Eliana Delgado, Karen Alexandra Samanez Torres

Investigación: Helder Favio Ñahui Rojas, Javier Casimiro Urcos, Félix Carlos

Portugal Moscoso, Wendy Eliana Delgado, Karen Alexandra Samanez Torres

Supervisión: Helder Favio Ñahui Rojas, Javier Casimiro Urcos, Félix Carlos Portugal Moscoso, Karen Alexandra Samanez Torres

Redacción - borrador original: Helder Favio Ñahui Rojas, Javier Casimiro Urcos, Félix Carlos Portugal Moscoso, Wendy Eliana Delgado, Karen Alexandra Samanez Torres

Aprobación de la versión final: Helder Favio Ñahui Rojas, Javier Casimiro Urcos, Félix Carlos Portugal Moscoso, Wendy Eliana Delgado, Karen Alexandra Samanez Torres