

INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN LA
MEMORIA DE TRABAJO EN JÓVENES UNIVERSITARIOS DE LA CIUDAD DE
BOGOTÁ

Aspirante a grado:

Andres David Urrutia Vesga

Directores:

MSc Bernardo Castiblanco Torres

MSc Felipe Ricardo Garavito Peña

Trabajo de grado

Facultad de Psicología

Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación

División de Ciencias de la Salud

Universidad Santo Tomas

2023

Tabla de contenido

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción	7
Justificación	8
Problematización.....	14
Objetivo general	20
Objetivos específicos	20
Marco teórico	20
Marco disciplinar	20
Marco interdisciplinar.....	24
Marco legal	27
Marco institucional	29
Universidad Santo Tomas (USTA).....	29
Psicología	30
Cultura Física, Deporte y Recreación	31
Metodología	31
Descripción de estrategias e instrumentos	35
InstrumentosH10.....	35
Escala Wechsler de inteligencia para adultos cuarta edición (WAIS IV)	36
Cicloergómetro Monark Ergomedic 818e	37

Elite HRV	38
Participantes.....	38
Población.....	38
Muestra	38
Criterios de inclusión.....	39
Procedimiento.....	40
Grupo Experimental:.....	42
Operacionalización de variables.....	43
Procesamiento de datos	46
Análisis estadístico	47
Consideraciones éticas	49
Resultados.....	52
Índice de memoria de trabajo.....	54
Variabilidad de la frecuencia cardiaca	56
Discusión	59
Conclusiones	64
Aportes	65
Limitaciones.....	66
Sugerencias	66
Referencias.....	68
ANEXOS	86

Resumen

Los estudios que relacionan el sistema nervioso autónomo, la actividad del sistema nervioso central y las funciones cognitivas han permitido plantear una relación entre estos. Así se ha establecido que la variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV) como indicador de la función del sistema nervioso autónomo sobre la actividad cardiaca se relaciona con un mejor rendimiento cognitivo. Sin embargo, no queda claro cómo se establece esta relación. El objetivo de este estudio es identificar la influencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca sobre la memoria de trabajo en jóvenes universitarios de la ciudad de Bogotá. Una muestra de 36 personas activas físicamente, 18 mujeres y 18 hombres, con edad promedio de 20.68 años (± 2.24), fueron evaluados con una prueba de memoria de trabajo mediante la escala Wechsler de inteligencia para adultos IV, midiendo variabilidad de la frecuencia cardiaca y un protocolo de actividad física. Se utilizó un enfoque cuantitativo con alcance explicativo y diseño experimental pre test post test con grupo control para identificar diferencias entre grupos. Para el análisis de HRV se utilizó el software Kubius 3.5 y para el análisis de los datos se realizó un análisis multivariante de varianza MANOVA. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la prueba de memoria de trabajo ($p > 0.05$) en el grupo experimental. Los datos no mostraron una diferencia significativa que permitiera atribuir la mejora de una prueba cognitiva a la disminución en la variabilidad de la frecuencia cardiaca relacionada con la función del sistema nervioso autónomo.

Palabras clave: Variabilidad de la frecuencia cardiaca, memoria de trabajo, sistema nervioso autónomo, sistema nervioso central, ejercicio físico.

Abstract

Research that relates the autonomic nervous system, the activity of the central nervous system and the cognitive functions have made it possible to establish a relationship between them.

Thus, it has been established that heart rate (HRV) as an indicator of the function of the autonomic nervous system on cardiac activity is related to better cognitive performance.

However, it is not clear how this relationship is established. The aim is to identify the influence of heart rate on working memory in young university students in Bogotá. A sample of 36 physically active people, 18 women and 18 men, with an age of 20.68 years old ($\pm 2,24$), were evaluated with a working memory test using the Wechsler intelligence scale for adults IV, measuring heart rate and a physical activity protocol. A quantitative approach with explanatory scope and experimental design pretest posttest with group control was proposed to identify differences between groups. For HRV analysis, the Kubius 3.5 software was purchased and a multivariate analysis of variance MANOVA was performed for data analysis. No statistically significant differences were found in the working memory test ($p > 0.05$). The data did not show a significant difference that would allow the improvement on a cognitive test to be attributed to the decrease in heart rate paucity related to autonomic nervous system.

Keywords: Heart rate variability, working memory, autonomic nervous system, central nervous system, physical exercise.

Introducción

La relación entre diferentes variables psicológicas y variables físicas ha sido de interés para la comunidad científica en los últimos años. Por ello, se han desarrollado diferentes estudios investigativos que buscan conocer dichas relaciones, indagando en la influencia que tiene la actividad física sobre el funcionamiento cognitivo, donde se ha encontrado diferentes resultados que plantean efectos positivos de esta relación dado por diferentes efectos fisiológicos a nivel neuronal o cerebral (Maureira et al., 2015, citando a Cotman y Berchtold, 2002; Kramer y Erickson, 2007; Markham y Greenough, 2004). Una de estas posibles relaciones se puede establecer desde la relación entre el sistema nervioso central y el sistema nervioso autónomo, tema del cual se han planteado diferentes estudios, interesados en identificar como la función cognitiva, como indicador del funcionamiento del sistema nervioso central, puede estar relacionada con el funcionamiento del sistema nervioso autónomo como indicador predictor. Sin embargo, son pocos los estudios que plantean un efecto directo del sistema nervioso autónomo sobre el funcionamiento del sistema nervioso central de manera inmediata.

El propósito y objetivo de este trabajo investigativo fue identificar la influencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en la memoria de trabajo en jóvenes universitarios de la ciudad de Bogotá. Las variables de estudio fueron la variabilidad de la frecuencia cardíaca, como indicador de la actividad del sistema nervioso autónomo; así como la memoria de trabajo, como función cognitiva relacionada con la actividad del sistema nervioso central. Para ello, se estableció un diseño cuasiexperimental pre test pos test con grupo control, con el fin de establecer una comparación en los resultados de una prueba de memoria de trabajo. Como variable independiente se estableció la variabilidad de la frecuencia cardíaca y como variable dependiente la memoria de trabajo.

Los participantes fueron 36 estudiantes universitarios de edades entre 18 y 25 años de la ciudad de Bogotá que estudiaran carreras relacionadas a la división de ciencias de la salud de la universidad Santo Tomas. La muestra seleccionada fue ubicada de manera aleatoria al grupo control y al grupo experimental. Se utilizo la escala Weschler de inteligencia para adultos IV (WAIS IV), así como la banda Polar H10 para medir la variabilidad de la frecuencia cardiaca y se realizó protocolo de actividad física mediante el cicloergómetro Monark Ergomedic 818e. Para el análisis de los datos se utiliza el software IBM SPSS versión 25 para el análisis estadístico, el software Kubius HRV para analizar el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca y la aplicación Elite HRV para realizar grabación del comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca.

Dentro de los resultados no se identifican diferencias estadísticamente significativas en el índice de memoria de trabajo en ninguno de los dos grupos en relación a los tiempos de medición, lo cual sugiere que no puede atribuirse una influencia del sistema nervioso autónomo sobre la función cognitiva, en comparación a diferentes estudios que establecen dicha relación. Se recomienda para próximos trabajos investigativos el establecimiento de una muestra probabilística de mayor numero con el fin de que los resultados puedan ser generalizados.

Justificación

Son varios los estudios científicos que se han interesado en conocer la relación que tiene el ejercicio sobre el encéfalo y la función cognitiva, en los cuales se han encontrado diferentes efectos fisiológicos generados a nivel cerebral, como mejora de la arborización dendrítica o vascularización glial, entre otros que se ven beneficiados por la práctica de actividad física (Maureira et al., 2015, citando a Cotman y Berchtold, 2002; Acevedo et al., 2013; Kramer y Erickson, 2007; Markham y Greenough, 2004).

La relación entre la actividad física y la salud mental ha sido ampliamente abordada en los últimos años, reconociendo sus efectos beneficiosos de manera multidimensional (Ramírez et al., 2018; López et al., 2020; Sanchis et al., 2022), así mismo, llevar un estilo de vida sedentario puede ser un factor de riesgo que afecte la calidad de vida de las personas sin importar su edad (Organización Panamericana de la Salud, 2020), como en el caso de la población universitaria (Ramírez et al, 2018; Alfonso et al, 2013; Vidarte et al, 2012; Sánchez et al, 2019; Delgado y Garay, 2020).

Dentro de las múltiples asociaciones entre la actividad física y la salud mental, se destaca el concepto de memoria de trabajo como función cognitiva que también ha sido ampliamente investigado, observando sus efectos sobre los procesos educativos y la adquisición de aprendizajes (Acosta y Mejía, 2019) basados en el modelo multicomponente de memoria de trabajo propuesto por Baddeley y Hitch (1992 citados por López 2013), y cómo ésta puede verse afectada positivamente por la realización de actividad física.

Estos estudios han sido desarrollados en población con daño cerebral (Salas et al, 2017; Solla, 2015), en población infantil (Cruz et al, 2020; Jiménez, 2019; Alesi et al, 2020; Chen et al, 2020; Chaddock et al, 2010 y Mora et al, 2019), población adulta (Erickson, 2013) y en adultos mayores (Russo et al, 2020; Chang et al, 2013; Franco et al, 2013 y Gheysen et al, 2018; Naderi et al., 2018) pero no con amplitud en la población de jóvenes universitarios en la revisión realizada para este trabajo.

Si bien son varios los estudios en los que se encuentran efectos positivos, tanto en las funciones cognitivas como en la memoria de trabajo de las poblaciones estudiadas, la mayoría de ellos se centran en población infantil (Alesi et al., 2020; Chaddock et al., 2010; Chang et al., 2013; Chen et al., 2016; Cruz et al., 2020), y aquellos que trabajan con otros grupos, han encontrado efectos tanto positivos como negativos. De igual manera, algunos

hallazgos con población mayor sugieren que la actividad física puede ser utilizada como estrategia en la prevención del deterioro cognitivo (Gheysen et al, 2018), más no afirman encontrar efectos positivos o de mejora importante en la función cognitiva, lo cual sugiere un mantenimiento de dichas funciones y no un efecto que agudice o aumente la capacidad de las mismas (Franco et al., 2013).

Algunos de los estudios encontrados con población mayor son revisiones sistemáticas o meta análisis de artículos que han estudiado la relación entre la actividad física y las funciones cognitivas (Russo et al., 2020) dentro de las cuales se tiene en cuenta la memoria a corto plazo, o la memoria de trabajo, concluyendo que es importante realizar más investigaciones de tipo experimental (Franco et al., 2013), que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas (Kelly et al., 2014), o que es importante acompañar la actividad física de ejercicios cognitivos desafiantes para la prevención y el deterioro cognitivo (Gheysen et al., 2018).

En la revisión sistemática desarrollada por Russo et al. (2020) se revisan cuarenta artículos de investigación asociados al tema de actividad física para la prevención del deterioro cognitivo, teniendo en cuenta el concepto de memoria de trabajo como función ejecutiva. Los estudios revisados son de tipo descriptivo longitudinal, transversal y ensayos clínicos aleatorizados. Dentro de las conclusiones se identifica que sí existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la influencia de la actividad física en la salud cognitiva y prevención del deterioro.

Así mismo, Chang et al. (2013) estudian la relación entre la actividad física y la memoria de trabajo, a través de una metodología comparativa entre adultos mayores sanos activos físicamente y adultos mayores no activos, utilizando el cuestionario internacional de actividad física IPAQ como prueba para evaluar el nivel de actividad física de cada sujeto y

la prueba de memoria de trabajo “Sternberg Working Memory Task” (Sternberg, 1966). En este estudio no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en los resultados relacionados a la prueba de memoria de trabajo.

Es importante tener en cuenta que la mayoría de investigaciones en las cuales se abordan las variables de actividad física y memoria de trabajo han sido desarrolladas en población infantil, pre adolescente y en adulto mayor, reconociendo que son pocos los estudios que reúnen estas variables en población joven universitaria. Esto puede deberse a lo mencionado por Chiappe (2000, como se cita en Gontier, 2004) al decir que el proceso de desarrollo de la memoria de trabajo se da desde los 0 a los 20 años, disminuyendo como proceso normal de envejecimiento a partir de los 30 años lo cual indicaría que las etapas del ciclo vital infancia y vejez son las más estudiadas en términos de esta asociación.

Si bien se ha reconocido la importancia de la actividad física y sus beneficios, así como la influencia y los efectos nocivos que conlleva el tener un estilo de vida sedentario, sobre lo cual se han realizado diferentes investigaciones (Ramírez et al, 2018; Alfonso et al, 2013; Vidarte et al, 2012; Sánchez et al, 2019), es importante reconocer de qué manera se generan estos beneficios. Los estudios identificados buscan conocer los efectos agudos o crónicos post ejercicio, indicando como se encuentran beneficios después de que el cuerpo se adapta a la ejecución de estos y genera las adaptaciones y procesos de recuperación necesarios. Sin embargo, son pocos los estudios que buscan reconocer o identificar los efectos inmediatos durante la realización de actividad física sobre el encéfalo.

Así mismo, los estudios que buscan relacionar la variabilidad de la frecuencia cardíaca con las funciones cognitivas son diversos, los cuales toman la variabilidad y su relación con el sistema nervioso autónomo como indicador predictor de daño cognitivo o de rendimiento de la función cognitiva bajo la relación encontrada en las dos variables (León et

al., 2016; Forte et al., 2019; Schaich et al., 2020; Imbimbo et al., 2022; Lyu et al., 2022; Hilgarter et al., 2021; Shah et al., 2011; Frewen et al., 2013; Gillie et al., 2013; Zeki et al., 2018, 2014; Kimchi et al., 2014; Colzato & Steenbergen, 2017; Drucaroff et al., 2011; Ottaviana et al., 2018). Gran parte de estos estudios concluyen que una alta variabilidad de la frecuencia cardiaca en reposo puede ser considerada como un factor predictor relacionado a un buen rendimiento en diferentes pruebas cognitivas, como memoria, velocidad de respuesta, entre otras funciones cognitivas, así como con varios factores de salud.

Sin embargo, son pocos los estudios encontrados en los cuales se tiene en cuenta la actividad física como un factor que puede influir en ambas variables, tanto la variabilidad de la frecuencia cardiaca como las funciones cognitivas (Hansen et al., 2004; Eggenberger et al., 2020). Estos estudios buscaban identificar el efecto agudo de un programa de entrenamiento sobre la variabilidad de la frecuencia cardiaca y sobre las funciones ejecutivas, más no identificar como una de estas variables puede influir sobre la otra, buscando establecer una relación causal, lo cual es objetivo de este trabajo investigativo. Así mismo, es de interés identificar como una activación simpática del sistema nervioso autónomo, que ha estado relacionada con niveles de atención y activación que permitan responder mejor al medio pueda estar relacionado con un mejor rendimiento en una prueba cognitiva.

Este proyecto de investigación busca generar un aporte interdisciplinar en el cual se reúnen variables de interés para la profesión de cultura física, deporte y recreación, como la variabilidad de la frecuencia cardiaca y la actividad física, con la variable psicológica de memoria de trabajo, de manera que se hace un aporte disciplinar a ambos programas académicos y de ser posible, a otras disciplinas que han mostrado interés en la función autonómica, las funciones ejecutivas, la realización de actividad física o la relación entre estas variables. Así mismo, implica un aporte para la población universitaria en la medida en

que el proyecto investigativo puede implicar un conocimiento respecto a cómo mejorar la función cognitiva mediante la actividad física o la regulación autonómica, lo cual se considera importante en todo proceso de aprendizaje.

Busca aportar al programa de Cultura Física, Deporte y Recreación y su línea de investigación “Innovaciones en estudios del entrenamiento deportivo, la fisiología y el ejercicio físico para la salud” enmarcado en el grupo de investigación GICAEDS, interesado en la producción de conocimiento y trabajos investigativos relacionados con el funcionamiento del cuerpo humano y sus cambios a nivel anatómico, morfológico, fisiológico y bioquímico promovido por la práctica de actividad física; así mismo, busca aportar a la facultad de Psicología y su grupo de investigación “Psicología, Salud, trabajo y calidad de vida”, bajo la línea de investigación “Psicología, calidad de vida y bienestar en contextos de salud”, en el desarrollo de conocimiento sobre los procesos psicológicos que tienen impacto sobre la salud y la calidad de vida como la memoria de trabajo, relacionado también con la actividad física para la salud, contemplando la salud mental.

Mediante el trabajo investigativo como proceso de enseñanza aprendizaje y formación de conocimiento busca aportar a la universidad Santo Tomas, toda vez que guarda relación con su visión, en la cual mediante estos procesos se busca responder a las exigencias de la vida humana buscando soluciones a las problemáticas y necesidades de la sociedad (Universidad Santo Tomas, 2018). Así, identificando como la realización de actividad física, actividad que hace parte de la vida cotidiana de todo ser humano, puede influir sobre los procesos psicológicos se espera aportar a la sociedad brindando un conocimiento respecto al impacto que la actividad física tiene sobre la memoria, generando también procesos de concientización respecto a la importancia del realizar una practica de ejercicio continua y su incidencia sobre la salud mental.

Finalmente, este trabajo investigativo aporta de manera importante en el desarrollo profesional del investigador en la medida en que aborda dos conceptos de su interés como son la actividad física y la memoria de trabajo, enmarcados en los programas académicos estudiados que responden al objetivo personal de articular los conocimientos adquiridos en los procesos de aprendizaje promovidos por cada facultad, con el fin de desarrollar un conocimiento interdisciplinar en el campo de interés del investigador relacionado con la psicología del deporte y el ejercicio.

Problematización

La memoria como proceso psicológico básico tiene una influencia importante en el desarrollo de la vida cotidiana de todo ser humano. Este proceso se puede analizar desde diferentes teorías que proponen una visión particular sobre la memoria, en las cuales se puede encontrar la clasificación de sus niveles en: memoria a largo plazo y memoria a corto plazo (Morgado, 2005).

Dentro de esta última se encuentra la memoria de trabajo, que cumple una función importante en los procesos de aprendizaje, al ser la que permite retener la información relevante en tiempo presente según el contexto y utilizar la misma para el desarrollo de determinadas acciones o tareas, permitiendo actuar, tomar decisiones o realizar procesos cognitivos con un fin específico, así como la manipulación de la información retenida (Injoque et al. 2012).

Si bien la importancia de este tipo de memoria en cada etapa del ciclo vital es crucial, se debe tener en cuenta su desarrollo en los estudiantes universitarios, en quienes se presenta una alta demanda de retención, procesamiento y uso de información, debido a la cantidad de actividades académicas que desarrollan durante este periodo (Dulcey y Uribe, 2022; Ruiz et

al, 2010). Así, se ha identificado que la memoria de trabajo puede llegar a tener un efecto importante en el rendimiento académico, por lo cual se han desarrollado diferentes investigaciones al respecto tanto en población infantil sobre asociaciones entre memoria, actividad física y desarrollo de habilidades cognoscitivas (Medina, 2016; Sibaja et al, 2019), como en población universitaria, encontrando asociaciones significativas entre memoria, ansiedad y desempeño en tareas específicas (Zapata et al, 2009; Torrado y Jaramillo, 2012; Acosta y Mejía, 2019).

Reconociendo la importancia de la memoria de trabajo en los procesos de aprendizaje, se ha investigado esta variable en relación con otros conceptos como estrés académico (Zurita, 2020), aspectos de la salud mental como ansiedad o ira (Torrado y Jaramillo, 2012), su relación con la inteligencia general (Injoque et al, 2015), su relación con la educación (González et al, 2016), así como se ha estudiado su desarrollo según la edad (Barriga, 2015; Herrera y Miele, 2013; López, 2013), lo que muestra el interés de la comunidad científica por comprender el concepto en relación con diferentes contextos, poblaciones y con otras variables.

Así, se toma en cuenta la relación entre la actividad física aeróbica y la memoria de trabajo, en la cual se han desarrollado diversos estudios centrados en buscar si la actividad física tiene un efecto positivo sobre su desempeño, mediante diferentes pruebas y poblaciones como la infantil (Alesi et al., 2020; Chaddock et al., 2010; Chang et al., 2013; Chen et al., 2016; Cruz et al., 2020; Jiménez, 2019; Mora et al, 2019; Trevillion et al, 2022;) la población adulta (Erickson et al, 2013; Chaire et al, 2020; Lambourne, 2006) y en personas mayores (Russo et al, 2020; Chang et al, 2013; Franco et al, 2013 y Gheysen et al, 2018; Naderi et al., 2018; Gontier, 2004; González et al, 2014; Kelly et al, 2014; López et al, 2011; Sánchez,

2020). Del mismo modo se ha investigado esta asociación en población con trauma o daño cerebral adquirido (Salas et al, 2017; Solla, 2015).

En estos estudios se han encontrado asociaciones entre el efecto de la actividad física y la memoria de trabajo (Salas et al, 2017; Alessi et al, 2020; Chang et al, 2013; Chen et al, 2016; Cruz et al, 2020; Erickson et al, 2013; González et al, 2014; López et al, 2011; Maureira, 2016; Mora et al, 2019; Naderi et al, 2018; Salas et al, 2017; Lambourne, 2006), en el mantenimiento de la memoria de trabajo mediante la realización de la actividad física evitando el deterioro cognitivo (Franco et al, 2013), la actividad física con la memoria pero no específicamente con la memoria de trabajo (chaddock et al, 2010); y la relación o diferencia estadísticamente significativa (Sánchez, 2020, Solla, 2015) entre estas variables que en ocasiones no muestran resultados concluyentes (Trevillion et al, 2022).

De acuerdo a lo planteado en el párrafo anterior, puede verse que esta asociación es un tema de relevancia para la academia, dados los hallazgos encontrados y los grupos poblacionales sobre los cuales puede tener aplicaciones útiles. Sin embargo, en el contexto de la revisión de antecedentes existen pocas evidencias de las interacciones entre las variables memoria de trabajo y actividad física en estudiantes universitarios, lo cual constituye un vacío de conocimiento y motiva el desarrollo de este ejercicio académico.

Sumado a la falta de artículos que relacionan la actividad física con la memoria de trabajo en estudiantes universitarios, se encuentra además que en los antecedentes se identifican los efectos de la actividad física sobre la memoria de trabajo post ejercicio, pero ninguno observa los efectos inmediatos mientras se realiza la actividad, lo cual impide la observación de cómo cambia la dinámica o las respuestas del funcionamiento cognitivo mientras hay una activación fisiológica desencadenada por la actividad física.

Dentro de las metodologías utilizadas en estas investigaciones se encuentran el pretest posttest (Alesi et al, 2020; Chen et al, 2016; González et al, 2014), diseño cuasi experimental pre test posttest con grupo control (Cruz et al, 2020; Naderi et al, 2018), metaanálisis o revisiones bibliográficas (Franco et al, 2013; Gheysen et al, 2018, Gontier, 2004; Jiménez, 2019; Kelly et al, 2014; Maureira, 2016).

Además, la mayoría de los estudios encontrados se han desarrollado en población española (Cruz et al, 2020; Jiménez, 2019; López et al, 2011; Salas et al, 2017; Sánchez, 2020; Solla, 2015), en población inglesa o norteamericana, teniendo como único referente latinoamericano un estudio desarrollado en Chile (Maureira, 2016) que es una revisión sistemática de la literatura que incluye referentes internacionales, sin especificar resultados para la población del continente, ni tampoco estudios específicos para la población colombiana.

Uno de los efectos de realizar actividad física a nivel fisiológico está relacionado con la función del sistema nervioso autónomo, el cual cumple una función reguladora homeostática, gracias a su inervación y regulación de la actividad de varios órganos. En la actividad física es muy importante la regulación que ejerce este sistema sobre la función cardíaca, teniendo en cuenta que el aparato cardiovascular permite mantener la actividad física, en ocasiones como sistema energético predominante, en el caso de actividades aeróbicas, o en otras ocasiones como aparato regulador. Debido a su importancia, la frecuencia cardíaca ha sido ampliamente utilizada como un indicador de esfuerzo, como parámetro para el ajuste de porcentajes de trabajo aeróbico, un indicador para la planificación de sesiones de entrenamiento, entre otras utilidades en el campo del entrenamiento deportivo y de la actividad física (Cristancho, Otalora y Callejas, 2016).

Dada su importancia, se han realizado avances tecnológicos en el desarrollo de instrumentos con el fin de conocer de manera más amplia la función cardíaca en el contexto deportivo, aunque sus principales avances se desarrollen con fines médicos en el campo de la salud y la medicina. Estos avances han permitido identificar un nuevo parámetro de medición, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, conocida como la variación en el tiempo transcurrido entre los intervalos RR, medido en milisegundos, el cual permite identificar la influencia del sistema nervioso autónomo sobre la actividad cardíaca (Veloza, et al. 2019). Al guardar relación con la función del sistema nervioso autónomo, ha sido un concepto de interés para la comunidad científica tanto por sus aplicaciones en el campo de la salud, como en el contexto deportivo.

En los campos de la fisiología y la neurología, ha surgido un gran interés en la comunidad científica por reconocer la relación entre la cognición, el encéfalo y la fisiología corporal. Así, una de estas relaciones se puede encontrar entre el sistema nervioso autónomo y el sistema nervioso central, por lo cual se han desarrollado diferentes estudios científicos que buscan relacionarlos. Estos estudios han buscado relacionar la variabilidad de la frecuencia cardíaca, como un indicador de funcionamiento del sistema nervioso autónomo, junto con la cognición, la actividad cerebral o las funciones ejecutivas, como indicadores de funcionamiento del sistema nervioso central (León et al., 2016; Forte et al., 2019; Schaich et al., 2020; Imbimbo et al., 2022; Lyu et al., 2022; Hilgarter et al., 2021; Shah et al., 2011).

De ello, se ha encontrado una relación entre la función del sistema nervioso autónomo con el desempeño en diferentes pruebas cognitivas, encontrando que una alta variabilidad, que indicaría una disminución de actividad simpática y un aumento de la actividad parasimpática, se relaciona con mejores puntuaciones en diferentes pruebas cognitivas de memoria u otras variables, indicando una relación entre la regulación autonómica con el

rendimiento cognitivo (Forte et al., 2019; Schaich et al., 2020; Hilgarter et al., 2021; Shah et al., 2011), así como se encuentra una relación entre el nivel de activación cerebral y una activación del sistema nervioso simpático predominantemente durante la ejecución de una prueba cognitiva (León et al., 2017). Sin embargo, se toma la medida de variabilidad de la frecuencia cardíaca previamente a la realización de la prueba cognitiva, de manera que se consideraría como un predictor.

Son pocos los estudios encontrados en la revisión para esta investigación en los que más allá de buscar una relación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la cognición, busquen una relación causal, identificando una influencia del sistema nervioso autónomo sobre la función cognitiva. Además, la mayoría de los estudios han sido realizados en estado de reposo, siendo pocos los que tienen en cuenta la actividad física vista como un medio de activación del sistema nervioso autónomo, la cual puede ser utilizada como medio de manipulación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

De acuerdo a lo anterior, se plantea como problema el identificar la influencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en la memoria de trabajo en estudiantes universitarios de la ciudad de Bogotá, entendiendo como variabilidad de la frecuencia cardíaca la variación en el tiempo de los intervalos RR, la cual guarda una relación importante con la función del sistema nervioso autónomo sobre la actividad cardíaca (Veloza et al., 2019), y la memoria de trabajo como “un sistema de almacenamiento temporal y procesamiento de información” (Injoque, 2012, p.34), de manera tal que se quiere identificar como la variabilidad de la frecuencia cardíaca puede influir sobre este sistema de almacenamiento y procesamiento de información en estudiantes universitarios.

En este orden de ideas, la pregunta que orientará este ejercicio investigativo es:

¿Cuál es el efecto que tiene la variabilidad de la frecuencia cardiaca en la memoria de trabajo en jóvenes universitarios de la ciudad de Bogotá, Colombia?

Objetivo general

Identificar el efecto que tiene la variabilidad de la frecuencia cardiaca en la memoria de trabajo en jóvenes universitarios de la ciudad de Bogotá, Colombia

Objetivos específicos

- Comparar el nivel de memoria de trabajo en el grupo control y el grupo experimental.
- Analizar el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca entre el grupo control y el grupo experimental.
- Identificar si existen diferencias estadísticamente significativas en los resultados de memoria de trabajo del grupo experimental.

Marco teórico

Marco disciplinar

La memoria de trabajo ha sido reconocida como una variable importante dentro de las funciones ejecutivas, las cuales influyen en el desarrollo vital de cada persona. Los inicios del estudio científico en relación con la memoria se remontan al siglo XIX gracias a los experimentos desarrollados por Hermann Ebbinghaus sobre las dificultades de la memoria, el aprendizaje o el olvido (Pelegrina et al, 2016). De sus estudios surge el interés por el desarrollo de la metodología experimental, que posteriormente lleva al surgimiento de la psicología experimental (López, 2011).

En este contexto, dos corrientes de pensamiento han abordado el tema de la memoria, el primero denominado conductismo, con sus pioneros Watson y Skinner, quienes argumentaban que el estudio del comportamiento debía basarse en lo meramente observable, como la conducta, de manera tal que desconocía el concepto de lo mental y sus procesos. Sin embargo, en la década de los 60, surge la psicología cognitiva gracias a George Miller, Ulric Neisser y Herbert Simón, quienes mencionan que el reconocimiento del mundo exterior no puede estar basado únicamente en la información inherente a estímulos externos, sino también depende de un aparato biológico que permita procesar dicha información, considerando la percepción como un proceso de construcción que depende tanto de los estímulos externos, como del sistema que los interpreta y procesa mentalmente (López, 2011).

Desde allí, surgen distintos modelos que intentan explicar el funcionamiento de la memoria, entre los cuales, el modelo de Atkinson y Shiffrin que explica este constructo desde la diferenciación entre la memoria sensorial, la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo (Pelegrina et al, 2016). Así, el proceso de retención funcionaria de manera lineal o secuencial en diferentes etapas o estadios, registrando la información en un primer estadio por medio de la memoria sensorial, donde se retiene la información percibida durante pocos segundos. Posteriormente y de manera selectiva, una parte limitada de esta información que se considere relevante será dirigida a la memoria a corto plazo, que mantiene la información durante un tiempo limitado para su procesamiento. Finalmente, la información repasada o más relevante, procede a ser codificada y almacenada en la memoria a largo plazo, en la cual se plantea que no existe un límite de capacidad o de tiempo de retención. (Pelegrina et al, 2016).

Apoyado en estas comprensiones, surge el modelo de Baddeley y Hitch (1974) en el cual la memoria a corto plazo cumple además de una función de retención o almacenamiento, una función de trabajo cognitivo en la cual se utiliza la información retenida con otros fines, como su manipulación y procesamiento. Después de desarrollar diferentes investigaciones, estos autores plantean la diferenciación de la capacidad de procesamiento y almacenamiento de información en la memoria, llegando al constructo de memoria de trabajo (Pelegrina et al, 2016). Baddeley (1974) propone dos componentes de la memoria, denominados, agenda visoespacial y bucle fonológico, que hacen parte del sistema de almacenamiento, y el componente de manipulación o ejecutivo central, encargado de controlar la información del sistema de memoria (Pelegrina et al, 2016).

El bucle fonológico, es un componente crucial y el que ha sido más investigado, debido al interés científico en su funcionamiento, relevancia e influencia en el proceso mnémico. Este tiene gran importancia en la retención de información verbal, guardando una relación importante con el lenguaje y las estructuras cognitivas que lo articulan (Pelegrina et al, 2016).

Como segundo componente se encuentra la agenda visoespacial, la cual se encarga de retener la información referente a la dimensión visual o espacial, relacionado a las formas, objetos o una localización. Guarda una relación importante con el córtex prefrontal, encargado del respectivo procesamiento de dicha información y la diferenciación del estímulo. Además de la diferencia referente al objeto mnémico en comparación con el bucle fonológico, el proceso y/o requisito para que la información retenida por la agenda visoespacial sea efectivo no requiere de los repasos que son usuales en el bucle fonológico por medio de la repetición o repaso verbal.

Como último componente se encuentra el ejecutivo central, considerado como el más importante, debido a que es el que permite controlar y manipular todo el sistema de memoria propuesto por Baddeley, desde diferentes funciones como dirigir la atención hacia una tarea específica, lo cual permite también enfocar o inhibir el procesamiento de diferente información relacionada con la tarea; dividir la atención en dos o más tareas; cambiar el foco atencional de una tarea a otra y recuperar información de la memoria a largo plazo (Pelegrina et al, 2016).

También puede encontrarse el modelo de Luria (1979) en la cual se propone una clasificación diferente de la memoria en relación a los desarrollos anteriores, donde se propone la distinción de memoria a corto, inmediato o largo plazo. Así, Luria divide la memoria en imágenes según la función, su complejidad y dependiendo de la relación con el sistema nervioso central, dividiendo la memoria en imágenes sucesivas, que se encuentra en gran relación con la retina y su estimulación; imágenes gráficas o eidéticas, que encuentran mayor relación con esquemas centrales del sistema nervioso sin depender de estimulaciones sensoriales; las imágenes de representación, las cuales conllevan una estructura más compleja a la anterior, relacionando las imágenes y objetos recordados o representados con experiencias vividas que permiten integrar otros sentidos prácticos; y finalmente, la memoria discursiva, el cual guarda gran relación con el lenguaje y con una representación gráfica que acompaña las palabras suscitadas, de lo cual surge una idea que es retenida por quién se comunica.

Aristizábal (2015) propone una clasificación de los diferentes tipos de memoria según el modelo, la cual se divide en: según el tipo de contenido, según la duración en el tiempo, según el contenido y según el nivel de conciencia. De esta manera, los diferentes modelos pueden ubicarse en esta clasificación.

Estos conceptos se pueden comprender y sustentar desde la psicología cognitiva y neuropsicología. La psicología cognitiva surge en la década de los 60, por medio del trabajo de Neisser y su publicación sobre la teoría. La neuropsicología a su vez, se ha interesado por las funciones mentales y cómo estas se encuentran relacionadas con los diferentes lóbulos y regiones cerebrales, así como su funcionamiento electroquímico con sus respectivas consecuencias comportamentales o mentales.

Marco interdisciplinar

La importancia de la actividad física, el deporte y el ejercicio ha sido reconocida desde la edad antigua, donde se encuentran registros de diferentes tipos de actividades que tienen una importancia tanto desde lo cultural, como desde la incidencia en el desarrollo natural del ser humano (Hernández y Recoder, 2015). En esta evolución, se considera la edad grecorromana como un momento histórico de gran relevancia para la actividad física y el deporte, debido al surgimiento de los juegos olímpicos, evento que a pesar de tener su origen desde hace 2 milenios, siguen siendo importantes para la humanidad, teniendo un impacto cultural aun en nuestros días. De esta manera, es posible encontrar diferentes libros que hablan respecto a la actividad física y el deporte desde su importancia social, educativa, su praxis e incidencia en el desarrollo del ser humano.

La actividad física es definida según Hernández y Recoder (2015) como la “facultad del ser humano de realizar actos motores (motricidad humana). Doctrinalmente la actividad física puede ser de diversos tipos, a saber: recreativa (lúdica), de rehabilitación (capacitiva), competitiva (deporte), laboral (trabajo), y formativa (educativa)” (p.14). Teniendo en cuenta los diferentes tipos propuestos por estos autores, es de interés para esta investigación la actividad física deportiva, entendiendo el deporte según Hernández y Recoder (2015) como “la actividad física competitiva y organizada, institucionalizada y reglamentada, que tiende al

desarrollo armónico e integral del ser humano.” (p.14). Dentro de esta actividad, se encuentra además el ejercicio físico aeróbico, el cual se caracteriza por tener una intensidad moderada que permite una larga duración en su realización y ser continuo (Chávez y Zamarreño, 2016).

La variabilidad de la frecuencia cardíaca es un indicador ampliamente utilizado en medicina para medir la frecuencia cardíaca y todos los parámetros relacionados con la función del sistema nervioso autónomo sobre la actividad cardíaca. Este concepto hace referencia a la variación, medida en milisegundos, que se genera entre un latido y otro, relacionado con la diferencia en milisegundos entre las ondas R, mejor conocida como el intervalo RR. Las primeras mediciones de la variabilidad se desarrollaron gracias a la llegada del galvanómetro mediante el cual se registraron los primeros electrocardiograma en el siglo XX (Ortigosa et al., 2018). Actualmente se utilizan instrumentos más ligeros que permiten la medición de esta variable de manera más sencilla y portátil, desde lo cual ha sido utilizado en el contexto deportivo. Este es medido usualmente mediante un electrocardiograma y gracias al desarrollo tecnológico exponencial de las últimas décadas, ha sido posible la creación de instrumentos portátiles que permitan su medición de manera más sencilla y durante actividades físicas (Ortigosa et al., 2018).

Este indicador guarda una fuerte relación con la actividad del sistema nervioso autónomo, el cual cumple una función de regulación homeostática del organismo, controlando los diferentes sistemas viscerales del cuerpo que permiten esta relación, adaptándose a las condiciones y exigencias tanto del medio externo como interno. Este sistema se denomina autónomo en la medida en que sus funciones y adaptaciones se realizan de manera involuntaria y automática, bajo una red de retroalimentación interna. Este sistema está dividido en tres componentes integradores, que cumplen cada uno una función

activadora o reguladora del organismo, el sistema nervioso simpático, parasimpático y entérico (Navarro, 2014).

El sistema nervioso simpático, o entendido también como división toracolumbar, gracias a la ubicación de sus neuronas preganglionares, las cuales se encuentran en la columna intermedio lateral de la médula espinal, está encargado de generar una excitación en los diferentes órganos inervados por el mismo, por medio de un complejo sistema que genera los impulsos eléctricos necesarios, gracias a un sistema ganglionar que permite la transmisión neuronal. Este sistema busca colocar al individuo en una situación de alerta y disposición para la huida o la lucha, con el fin de proteger su integridad. Dentro de sus efectos se encuentra la dilatación pupilar, la piloerección, la sudoración, el aumento de la actividad cardíaca y la presión arterial, la broncodilatación, el aumento de la glucemia y la inhibición de las funciones digestivas, urinarias y genitales (Navarro, 2022).

Por otro lado, se encuentra el sistema nervioso parasimpático, también entendido como división cráneo sacra debido a la distribución de sus neuronas preganglionares que se ubican desde el núcleo del tronco encefálico o en la médula espinal sacra, cumple una función protectora y de conservación en el organismo, buscando el adecuado funcionamiento de los órganos viscerales. La estimulación de núcleos parasimpáticos tiene como efectos la constricción pupilar, disminución de la frecuencia cardíaca, broncoconstricción, aumento de la motilidad y las secreciones digestivas, actividad de micción y actividad genital. Así, es identificable como las funciones son contrarias al sistema nervioso simpático, lo cual no significa que no actúen de manera conjunta.

Sin embargo, la relación entre la actividad física, el deporte y la psicología se empieza a encontrar a partir del siglo XIX, en donde diferentes pioneros de la psicología desarrollan los primeros temas e investigaciones que, sin saberlo, guardan una relación importante con la

psicología del deporte, aunque finalmente está se empieza a desarrollar de manera consciente y sólida desde lo que podría considerarse como el nacimiento de la psicología del deporte, en el año 1965 gracias a Antonelli (Pérez y Estrada, 2015).

Desde entonces, el estudio de la actividad física, el deporte y la psicología en sus posibles relaciones ha empezado a ser ampliamente abordado, teniendo gran impacto en el desarrollo científico, dado el reconocimiento de su relevancia en el marco de la salud, tanto física como mental, su contribución al deporte, así como su aporte en diferentes escenarios o problemáticas que son relevantes en el desarrollo de la humanidad.

Marco legal

La salud mental en Colombia se encuentra regida bajo la ley 1616 de 2013, mediante la cual se decretan las disposiciones necesarias para promover la salud y prevenir el trastorno mental en el territorio nacional mediante la tipificación de los derechos en salud mental, con especial énfasis en niños, niñas y adolescentes, priorizando la población joven. Así mismo, busca establecer los canales y medios de acceso a la atención integral en salud mediante el sistema general de seguridad social, creando una política pública en favor de la salud mental de la población colombiana.

En el artículo 3 de la misma ley, se reconocen los recursos cognitivos como recursos de suma importancia en el desarrollo individual para el despliegue de las capacidades necesarias para tener una vida digna, junto con los recursos emocionales y mentales, con el fin de que la calidad de vida en la población colombiana pueda ser una realidad, tanto a nivel individual como a nivel social. Así, se establece la salud mental como un derecho de interés prioritario a nivel nacional, un derecho fundamental, un bien de interés público y componente esencial del bienestar general (Ministerio de salud y protección social [MINSALUD], 2013).

La importancia de la actividad física en la salud mental es reconocida en la ley 1616 mediante el artículo 34, en el cual se identifica la relación entre la actividad física y la salud mental positiva como uno de los elementos que pueden llegar a ser determinantes en el desarrollo de la autonomía de cada persona, siendo muestra del reconocimiento a nivel nacional en forma de política pública cómo esta actividad puede llegar a impactar la vida de cada ser humano.

Esto es acompañado por la ley 181 de 1995, ley que dicta las disposiciones nacionales referentes a la realización de actividad física, deporte, recreación y aprovechamiento del tiempo libre, mediante la creación del sistema nacional del deporte, ley en la cual se identifica la importancia de promover la realización de actividad física como hábito que incidirá en la salud, la calidad de vida, el desarrollo integral y el bienestar a nivel social de cada habitante del territorio nacional. Para ello, establece como objetivo rector de la presente ley en el artículo 3, el fomento de la creación de espacios para el desarrollo de actividad física.

Lo anterior también es reconocido por la ley 1967 de 2019 mediante la cual se transforma COLDEPORTES en el Ministerio del Deporte, actual ente gubernamental encargado de las disposiciones en materia de actividad física, deporte, recreación y aprovechamiento del tiempo libre a nivel nacional. Dentro de la misma se establecen las funciones del organismo y sus objetivos, dentro de los cuales se encuentra en el artículo 3 como objetivo el desarrollar políticas públicas que estén en función de promover el deporte, la recreación, el aprovechamiento del tiempo libre y la actividad física en relación con el bienestar y la calidad de vida (Ministerio del deporte [MINDEPORTES], 2019).

Así mismo, desde la ley 1090 (Congreso de la república, 2006) se dictan los principios universales en el ejercicio de la profesión del psicólogo, dentro de lo cual se tiene

en cuenta la responsabilidad, la competencia, los estándares morales y legales, la confidencialidad, el bienestar del usuario y en especial énfasis, la investigación con participantes humanos, principio en el cual es fundamental que el ejercicio de investigación desarrollado este enfocado a la contribución para el desarrollo de la psicología y del bienestar humano, respetando la dignidad y bienestar de quienes son partícipes, basado en el conocimiento de la normal legal y los estándares para el desarrollo investigativo. De igual manera, en el capítulo séptimo se dictan las disposiciones a tener en cuenta para el desarrollo de la investigación científica, la propiedad intelectual y las publicaciones que todo psicólogo ha de tener en el desarrollo de su ejercicio.

Marco institucional

Universidad Santo Tomás (USTA)

La universidad Santo Tomás, inspirada en el pensamiento humano y cristiano de Santo Tomas de Aquino busca por medio de su misión, promover la formación integral universitaria mediante procesos de enseñanza aprendizaje desarrollados y sustentados en la ética, la creatividad y la crítica, dentro de los cuales se encuentran también los procesos y acciones enmarcados en la investigación, con el fin de responder a las problemáticas sociales de manera ética, propositiva y que tenga las necesidades de la sociedad. Para ello, enmarca 5 principios generales que fundamentan todo el ejercicio de la institución en cada una de sus instancias para la consecución y desarrollo de su misión: La autonomía universitaria, la universalidad, el humanismo, la confianza y el bien común (Universidad Santo Tomás [USTA], 2018).

En función de este ejercicio investigativo se hace especial énfasis en los principios regentes del estatuto orgánico como base institucional (USTA, 2018), toda vez que basado en

el principio de humanismo se ha de encaminar cada una de las acciones desarrolladas dentro de la universidad al mejoramiento de la calidad de vida de las personas en todas sus dimensiones favoreciendo además la convivencia de la comunidad bajo la verdad, la justicia y el desarrollo social; los procesos desarrollados en este trabajo han sido basados en el principio de confianza con los participantes y cada actor relacionado a este; finalmente el bien común, propósito de este trabajo investigativo con el fin de contribuir al desarrollo social y humano basado en la ética, la responsabilidad que favorezcan y no dañen a la comunidad.

Finalmente, en relación a los objetivos de la universidad, este trabajo investigativo busca vincular a sus diferentes facultades y disciplinas, fomentar el conocimiento y desarrollo del mismo y fomentar el sentido crítico de la realidad junto con el compromiso ético, visualizando posibles cambios en la vida y el desarrollo integral de la sociedad (USTA, 2018).

Psicología

La facultad de Psicología de la universidad Santo Tomas tiene una antigüedad de 40 años de formación, en la cual busca fomentar el desarrollo de profesionales basados en el pensamiento humanista de Santo Tomas de Aquino formados de manera ética, critica y creativa que puedan comprender los sistemas humanos y los fenómenos psicológicos desde perspectivas pluriparadigmaticas y pluriprofesionalizantes, con el fin de responder de manera corresponsable en diferentes contextos. Así, promueve el desarrollo de competencias argumentativas, interpretativas, propositivas y problematizadoras que caractericen la identidad del profesional en psicología tomasino, caracterizado por la corresponsabilidad social, la relación con la psicología de la familia y otras organizaciones humanas, la comprensión de fenómenos psicológicos desde la interdisciplinariedad, el desarrollo de

competencias investigativas con impacto social, la implementación de pedagogías problemáticas y de aprendizaje significativo. (USTA, 2018).

Cultura Física, Deporte y Recreación

La facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación tiene como misión la formación de profesionales éticos fundamentados en el pensamiento humanista de santo Tomas de Aquino, que puedan responder de manera competente y transformadora a los contextos de la cultura física, el deporte y la recreación mediante el desarrollo y la comprensión del concepto de corporeidad y acción motriz (USTA, 2018). Así mismo, su misión esta enmarcada en ser un programa líder a nivel nacional en la formación de profesionales éticos y humanistas, llegando a ser un referente internacional como reflejo de su calidad a nivel educativo mediante el aporte de profesionales en su formación investigativa con competencias para responder a las necesidades sociales teniendo como objetivo el bien común (USTA, 2018).

Para ello, establece como objetivos “formar integralmente a los estudiantes a través del desarrollo de su capacidad investigativa, técnica y profesional en el campo de la cultura física, el deporte y la recreación” (p.6), así como “formar lideres críticos y éticos que promuevan la construcción de una cultura física en pro del desarrollo social” (p.6)

Metodología

Para la presente investigación se tendrá como base epistemológica el paradigma empírico analítico, el cual se basa principalmente en el positivismo, lo cual permite desarrollar una concepción global hipotético-deductiva, que parte del objetivismo, orientada a los resultados a raíz de una medición y cuantificación exacta y replicable frente a los fenómenos estudiados (Inche, Andía, Huamanchumo, López, Vizcarra, Flores, 2003). Este paradigma plantea la posibilidad de acceder a un conocimiento objetivo de la realidad, en la cual los fenómenos

observados son fenómenos medibles que pueden ser sometidos a análisis en cuanto pueden ser observados de manera objetiva, siempre que sean analizados bajo un método adecuado. Este paradigma guarda gran relación con la ciencia física y matemática, así como explica la naturaleza y la realidad con el planteamiento de leyes explicadas mediante una relación causal de lo que puede ser observado (Pasek y Matos, 2006). Así, partiendo de la posibilidad de observar una realidad, este trabajo de investigación plantea la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la memoria de trabajo como fenómenos que pueden ser medidos y con la obtención de dichos valores, es posible establecer relaciones en el orden de la causalidad que permitan hacer predicciones sobre su relación en población con características similares a la estudiada.

Como una de las bases de la psicología, se ha desarrollado el enfoque o modelo cognitivo conductual, como evolución de las teorías conductistas primarias, modelo en el cual se brinda atención a los procesos cognitivos planteando que los pensamientos y la cognición guardan una relación importante en la conducta observable, de manera que la conducta se encuentra mediada por las interpretaciones y los procesos mentales internos de la persona y es consecuencia de dichas interpretaciones, a diferencia de las explicaciones puramente conductuales como en el conductismo de Watson (1930), que no contempla en su teoría estos fenómenos internos o mentales (Patiño, 2018).

Este proceso puede verse en doble vía, tanto la conducta incide sobre el pensamiento o diálogo interno como el pensamiento incide sobre la conducta, razón por la cual se toma la actividad física como una conducta mediante la cual es posible influir sobre variables psicológicas, en este caso sobre los procesos cognitivos de memoria de trabajo, reconociendo una relación entre la cognición, la fisiología y la conducta. Así, este trabajo investigativo relaciona la conducta, vista como la actividad física y su relación con los procesos cognitivos

como la memoria de trabajo, mediada por procesos psicofisiológicos del sistema nervioso autónomo.

El enfoque de investigación cuantitativo se caracteriza por seguir un proceso secuencial, desarrollado paso a paso, valiéndose del uso de la medición numérica y el análisis estadístico como medio probatorio de la hipótesis de investigación planteada, rechazando o aprobando según la lógica del análisis (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Partiendo del supuesto según el cual las características o atributos psicológicos de esta investigación tienen la posibilidad de ser medidos, comparados y/o analizados, se toma el enfoque cuantitativo con el fin de comprobar la hipótesis de investigación mediante los métodos y procesos que plantea. Así mismo, el enfoque cuantitativo guarda relación con el paradigma empírico-analítico toda vez que plantea que estos atributos pueden ser observados y medidos de manera objetiva, cuantificable, analizados mediante métodos estadísticos o matemáticos, dando respuesta a la hipótesis, lo que permite a su vez plantear supuestos teóricos, en este caso, los supuestos de la influencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca sobre la memoria de trabajo, como variables que cuentan con atributos cuantificables y por ende variables que pueden ser objeto de análisis, comprobando las hipótesis por medios estadísticos.

El alcance de la investigación es de tipo explicativo ya que busca responder o como su nombre lo indica, explicar, la relación causal que existe entre diferentes eventos o fenómenos, teniendo en cuenta las condiciones en las que se establece dicha relación. Así, va mucho más allá de explicar o describir una relación entre variables, sino se centra en las razones o el por qué se establece determinada relación causal entre los fenómenos de interés (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En la presente investigación, se busca determinar la relación causal mediante el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca y su

incidencia en la memoria de trabajo, rechazando o validando la hipótesis de investigación en la cual se plantea que la realización de actividad física reduce la variabilidad de la frecuencia cardíaca causando una variación en la memoria de trabajo medida en la ejecución de una tarea.

El diseño de investigación experimental supone la manipulación de una o más variables con el fin de observar los efectos que tiene sobre otras variables que se supone anticipadamente que son dependientes de las variables manipuladas. Así, se establece la variable independiente como la causa y la variable dependiente como el efecto o variable donde se espera encontrar el cambio, a través de una relación causal entre estas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En este caso, se plantea como variable independiente la variabilidad de la frecuencia cardíaca y como variable dependiente la memoria de trabajo, mediante la utilización de un grupo experimental, el cual fue expuesto a la realización de actividad física con el fin de manipular la variabilidad de la frecuencia cardíaca, y un grupo control que no es expuesto a manipulación de ninguna variable, esperando que se encuentren diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en términos de la ejecución de tareas de memoria de trabajo.

Diseño

Se realizó un diseño experimental pretest posttest con grupo de control, consistente en la evaluación en dos momentos (antes y después) y dos grupos (expuesto o experimental [GE] y no expuesto o de control [GC]) con el fin de poder comparar si se encuentran diferencias estadísticamente significativas tanto entre los valores de los dos grupos, como entre la aplicación pre test y post test de cada grupo. Si bien se aleatorizó la participación de cada sujeto para ser asignado al grupo experimental o el grupo control, la selección de la muestra fue no probabilística por conveniencia.

Para comprobar los supuestos de los que parte este ejercicio experimental se parte de las siguientes hipótesis:

Hipótesis de trabajo

La reducción de la variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante la realización de actividad física afecta de manera positiva la ejecución de una tarea de memoria de trabajo.

Hipótesis nula

La reducción de la variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante la realización de actividad física no afecta la ejecución de una tarea de memoria de trabajo.

Hipótesis alterna

La reducción de la variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante la realización de actividad física afecta de manera negativa la ejecución de una tarea de memoria de trabajo.

Descripción de estrategias e instrumentos

InstrumentosH10

Se utilizó el monitor Polar H10, el cual es un sensor de frecuencia cardiaca, reconocido en el contexto del entrenamiento deportivo y los campos interesados en la medición de la frecuencia cardiaca, que se caracteriza por su alta calidad y precisión. Este dispositivo se utilizó para la medición de la frecuencia cardiaca y la variabilidad de la frecuencia cardiaca. El monitor permite la conexión vía Bluetooth y otras opciones de conexión con aplicaciones de entrenamiento, celulares, relojes deportivos entre otros dispositivos. Para la ubicación del monitor, este cuenta con una banda elástica a la cual se conecta para ser ubicada a la altura del apéndice xifoides del hueso esternón. Esta banda cuenta con un área en la cual están ubicados los electrodos, que son los que permiten detectar

la frecuencia cardiaca y las señales necesarias para medir la variabilidad de la frecuencia cardiaca.

Cuenta con un tipo de batería CR 2025, el cual tiene una vida útil de 400h. Su rango de temperatura de funcionamiento se encuentra desde los -10 grados hasta 50 grados centígrados. El material del conector está hecho de ABS, ABS + GF, PC y acero inoxidable, mientras que la banda elástica está hecha de poliamida, poliuretano, elastan, poliéster e impresiones de silicona. El sensor cuenta con la tecnología patentada de transmisión codificada Owncode, tecnología inalámbrica de bluetooth y ANT+ (Polar, s.f.) Este dispositivo cuenta con una memoria interna en caso de ser necesario para poder almacenar los datos de frecuencia cardiaca en una sesión de entrenamiento.

Escala Wechsler de inteligencia para adultos cuarta edición (WAIS IV)

La escala Wechsler de inteligencia para adultos cuarta edición (WAIS-IV, 2008) es la 2 versión para adultos de la escala Wechsler de inteligencia, la cual cuenta con una validez y confiabilidad considerables, siendo un instrumento ampliamente utilizado para la medición de variables cognitivas como la memoria de trabajo, la velocidad de procesamiento, razonamiento perceptivo, comprensión verbal o una medida del funcionamiento intelectual general. Así mismo, cuenta con adaptación a la población española y a la población mexicana lo cual permite que sea más fácil su aplicación en población colombiana, debido al lenguaje. Sus valoraciones en cuanto a la validez son excelentes, así como su consistencia interna.

El coeficiente de confiabilidad de la prueba fue calculado con la puntuación Z de Fisher, en el cual se encuentra un coeficiente de confiabilidad de 0.94 para el índice de memoria de trabajo, índice de interés para este ejercicio investigativo. Para los demás índices presenta un coeficiente de confiabilidad igual o mayor a 0.9 siendo excelentes en todos los

casos. Para la validez, que usualmente es entendida por medio de la clasificación de validez en: validez de criterio, de contenido y de constructo, el manual técnico de la escala presenta las evidencias de validez basadas en el contenido de la prueba, en los procesos de respuesta y en la estructura interna de la prueba, generando estudios de intercorrelación y análisis factorial confirmatorio. Así mismo, se establecen evidencias de validez en relaciones con otras variables, analizando también la validez en diferentes grupos poblacionales con características específicas. En la revisión del manual técnico se puede evidenciar el gran estudio de confiabilidad y validez que sustenta a la prueba. (Wechsler, 2008).

Cicloergómetro Monark Ergomedic 818e

Para la realización de actividad física se utilizó el cicloergómetro Monark Ergomedic 818e. Este es una bicicleta estacionaria que permite evaluar la capacidad funcional con un sistema compuesto por un mecanismo de freno, utilizado como resistencia en el pedaleo, cuenta con un dispositivo electrónico digital que permite visualizar diferentes parámetros de entrenamiento, como la velocidad, las revoluciones de pedaleo, la distancia recorrida, el tiempo tanto de manera regresiva como ascendente, y un zumbado. De esta manera se puede registrar y analizar las variables de interés para medir la carga de actividad física. La resistencia implementada puede ser medida en este dispositivo a través de Newtons o Kilopondios. Para la modificación de la resistencia el cicloergómetro cuenta con una rueda de ajuste de la potencia, el cual modifica la resistencia ejercida por medio la aplicación de un peso específico, medido en kilopondios, al freno del cicloergómetro (Monark, s.f.).

Esto permite manipular la resistencia de pedaleo y observar las revoluciones por minuto para medir la potencia de trabajo de la actividad según la capacidad física del sujeto durante la prueba de esfuerzo.

Elite HRV

La aplicación Elite HRV es una aplicación utilizada para observar y grabar los datos tomados de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, el cual es utilizado en un teléfono móvil que permite conectarse a la banda Polar H10. Esta aplicación permite además de la grabación y visualización de los datos de frecuencia cardiaca tomados por el monitor, guardar cada una de las grabaciones tomadas por entrenamiento, así como exportar los datos en formato de texto vía email.

Participantes

Población

Se propuso como población general, estudiantes activos físicamente de la universidad Santo Tomas pertenecientes a la división de ciencias de la salud y por ende de la facultad Psicología y de Cultura Física, Deporte y Recreación en la sede campus de Bogotá D.C.

Muestra

La muestra está compuesta por 36 participantes, quienes fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que participaron del estudio quienes tuvieran interés en hacer parte del mismo y además cumplieran con los criterios establecidos para poder hacer parte del estudio, por lo cual su elección no depende de probabilidades de elección para la muestra, sino de causas referentes a las características de la investigación. Estos participantes se asignaron de manera aleatoria al grupo Control (GC) y grupo experimental (GE) mediante la fórmula (=ALEATORIO.ENTRE [1;2]) generada a través del programa Microsoft Excel, siendo el grupo control = 1 y el grupo experimental = 2. Con esta asignación, la muestra de cada grupo se estableció bajo el mismo número de sujetos,

quedando finalmente 18 sujetos en el grupo control y 18 sujetos en el grupo experimental. Inicialmente, se establecieron grupos de 20 sujetos en cada grupo. Sin embargo, 2 de los sujetos pertenecientes al grupo control no finalizaron las mediciones de manera oportuna, por lo cual la muestra del grupo control fue de 18 sujetos y se igualó la muestra del grupo experimental a esta cantidad, excluyendo del grupo los datos que presentaban valores extremos.

Criterios de inclusión

Estudiantes de la universidad Santo Tomás de carreras relacionada a la división de ciencias de la salud y por ende del programa de Cultura Física, Deporte y Recreación o del programa de Psicología, con edades entre 18 y 25 años, que sean físicamente activos con una práctica de actividad física de mínimo 3 días por semana. Para medir el nivel de actividad física se utilizó el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) (ver anexo B), incluyendo a los individuos con un nivel de actividad física mayor a 600 unidades metabólicas (METS), que es el nivel mínimo para considerar a una persona como físicamente activa de manera moderada.

Criterios de exclusión

Se excluyeron a los individuos que tuvieran reportes o novedades médicas que les impidiesen realizar actividad física aeróbica en cicloergómetro, como enfermedades y condiciones cardíacas, respiratorias, o lesiones osteomusculares que intervinieran en el gesto técnico al realizar la actividad física. Así mismo, las personas que ya hubiesen ejecutado la prueba de memoria de trabajo del WAIS-IV para evitar el efecto de arrastre por aplicación previa y conocimiento de la prueba en las evaluaciones.

Todos los individuos fueron informados acerca del objetivo, las características, procedimientos, beneficios, riesgos y manejo de información del estudio, con el fin de que conocieran el proceso del trabajo de investigación y pudieran firmar el consentimiento informado (ver anexo A) para ser participantes del estudio de manera totalmente voluntaria. Así mismo, se les informó acerca de la posibilidad de no seguir participando en el trabajo de investigación en el momento en que no desearan continuar en esta, informando respectivamente al encargado de la investigación para tener conocimiento de ello. La presentación y firma del consentimiento informado fue realizada a través de un formulario google forms para mantener soporte magnético de la información consignada.

Procedimiento

Para el desarrollo de este ejercicio investigativo se realizó la firma del consentimiento informado, en el cual se informa al participante en qué consiste el trabajo de investigación, sus posibles riesgos, los derechos que tiene como participante de la investigación, los beneficios que está implican para la persona y se aclararon las posibles dudas que surgieran frente a su implementación. Se evaluaron los criterios de inclusión por medio de pruebas estandarizadas, y se tuvo en cuenta los criterios de exclusión para mencionar a cada sujeto que no pudiese ser parte del trabajo investigativo las razones por las cuales no podía hacer parte del mismo. A continuación, se presenta una descripción detallada de las aplicaciones para el grupo control y el experimental.

Grupo Control:

Se realizan dos mediciones, ambas se desarrollan con el sujeto en estado de reposo: Pretest: Estando dentro de la cámara de Gesell se le colocó al sujeto la banda Pola H10, la cual mide variabilidad de la frecuencia cardiaca, y frecuencia cardiaca, con el fin de

identificar el nivel de activación del sistema nervioso del sujeto mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Se ubica a la persona en posición sedente, teniendo en cuenta que es la posición en la cual se desarrollaran los protocolos de medición y buscando que la variabilidad no varíe de acuerdo al cambio de posición, durante 5 minutos para obtener una medición de la variabilidad en reposo, como se ha realizado en diferentes estudios (Forte et al, 2019) teniendo en cuenta las guías recomendaciones de la sociedad europea y la sociedad norteamericana de cardiología (Malik, 1996) , y así proceder a realizar la aplicación de 2 de las 3 subpruebas de la escala de memoria de trabajo del cuestionario WAIS-IV, elegidas aleatoriamente antes de iniciar el protocolo con el fin de disminuir el efecto arrastre por conocimiento de las dos pruebas realizadas en la medición inicial. Durante la ejecución de la prueba psicométrica se graba toda la medición de la toma de variabilidad de la frecuencia cardíaca mediante la aplicación Élite HRV, permitiendo realizar posteriormente el análisis de los datos de variabilidad de la frecuencia cardíaca.

Post test: Se realiza la segunda medición (mínimo 4 días después de la medición pretest para evitar el efecto de arrastre por aplicación previa de la prueba). Estando dentro de la cámara de Gesell se coloca al sujeto la banda Polar H10, la cual mide variabilidad de la frecuencia cardíaca y frecuencia cardíaca, con el fin de medir el nivel de activación del sistema nervioso del sujeto mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Teniendo los primeros datos de variabilidad, se procede a realizar la aplicación de 2 de las 3 subpruebas de la escala de memoria de trabajo del cuestionario WAIS-IV, elegidas aleatoriamente antes de iniciar el protocolo, repitiendo únicamente 1 de las 2 subescalas medidas en la aplicación post test, con el fin de disminuir el efecto arrastre por conocimiento de las dos pruebas realizadas en la medición inicial. Durante la ejecución de la prueba psicométrica se graba toda la medición de la toma de variabilidad mediante la aplicación Élite HRV, permitiendo realizar posteriormente el análisis de los datos de variabilidad.

Grupo Experimental:

Se realizan dos mediciones, la primera se desarrolla con el sujeto en estado de reposo. Pretest: Estando dentro de la cámara de Gesell se ubica le colocó al sujeto la banda Pola H10, la cual mide variabilidad de la frecuencia cardiaca, y frecuencia cardiaca, con el fin de identificar el nivel de activación del sistema nervioso del sujeto mediante la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Se ubica a la persona en posición sedente, teniendo en cuenta que es la posición en la cual se desarrollaran los protocolos de medición y buscando que la variabilidad no varíe de acuerdo al cambio de posición corporal (Lanza, 2014) durante 5 minutos para obtener una medición de variabilidad en reposo y así, proceder a realizar la aplicación de 2 de las 3 subpruebas de la escala de memoria de trabajo del cuestionario WAIS-IV, elegidas aleatoriamente antes de iniciar el protocolo con el fin de disminuir el efecto arrastre por conocimiento de las dos pruebas realizadas en la medición inicial. Durante la ejecución de la prueba psicométrica se graba toda la medición de la toma de variabilidad mediante la aplicación Élite HRV, permitiendo realizar posteriormente el análisis de los datos de variabilidad.

2. Postest: Se realiza la segunda medición (mínimo 4 días después del pretest para evitar el efecto de arrastre por aplicación previa de la prueba). Estando dentro de la cámara de Gesell se coloca al sujeto la banda Polar H10, la cual mide variabilidad de la frecuencia cardiaca y frecuencia cardiaca, con el fin de medir el nivel de activación del sistema nervioso del sujeto mediante la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Posteriormente, se ubica la persona en el cicloergómetro Monark 818E Ergomedic, en el cual se realizan 10 minutos de actividad física como calentamiento. Para ello se ajustan las revoluciones por minuto (RPM) de pedaleo junto con la resistencia medida en kilopondios (Kp), lo que permite medir la potencia de trabajo. Así mismo, teniendo en cuenta el concepto de drift cardiovascular en el cual al realizar

actividad física de constante durante un tiempo de 10 minutos, se produce un aumento del gasto cardiaco como adaptación en función de la termorregulación como respuesta a la elevación de la temperatura corporal, donde se produce una disminución del volumen sistólico, la presión de llenado ventricular y la presión arterial, se produce un aumento de la frecuencia cardiaca para mantener el gasto cardiaco (Raven y Stevens, 1988, como se citó en Diaz et al., 2009).

Así, se tiene en cuenta la frecuencia cardiaca como indicador de la carga de trabajo, para lo cual se halla la frecuencia de trabajo mediante la fórmula de Karvonen, utilizando el 60% como frecuencia de trabajo. Así, se realiza el calentamiento con una frecuencia cardiaca menor al porcentaje deseado, teniendo en cuenta que después de los 10 minutos se espera un incremento de la frecuencia debido al drift cardiovascular, momento en el cual se espera que el sujeto entre en la zona de frecuencia entre el 60 y el 70 por ciento. Una vez realizado el calentamiento, se procede a realizar la aplicación de 2 de las 3 subpruebas de la escala de memoria de trabajo del cuestionario WAIS-IV, elegidas aleatoriamente antes de iniciar el protocolo, repitiendo únicamente 1 de las 2 subescalas medidas en la aplicación posttest con el fin de disminuir el efecto arrastre por conocimiento de las dos pruebas realizadas en la medición inicial. Durante la realización de la prueba psicométrica se realizó grabación de los datos de variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante la aplicación Élite - HRV.

Operacionalización de variables

La variabilidad de la frecuencia cardiaca es definida por Veloza et al. (2019) como la “variación en el tiempo que transcurre en milésimas de segundos entre los intervalos R y R medidos en un electrocardiograma, y demuestra la interacción entre el sistema nervioso autónomo y la frecuencia cardiaca” (p. 206). Esta variable fue medida por medio del monitor Polar H10, junto con la aplicación Elite HRV, los cuales permiten la medición de la

frecuencia cardiaca y la variabilidad, variables que son de interés en ejercicios de investigación relacionados a la fisiología y la realización de actividad física. Con este se obtiene el valor de la variabilidad de la frecuencia cardiaca del sujeto segundo a segundo durante la realización del protocolo de medición.

Memoria de trabajo: El índice de memoria de trabajo fue hallado a través de la escala de inteligencia de Wechsler para adultos cuarta edición (WAIS-IV), la cual cuenta con 3 subpruebas que permiten evaluar la memoria de trabajo. Está cuenta con dos subpruebas principales que son la subprueba de dígitos y la subprueba de aritmética, de las cuales mediante el análisis de sus resultados se puede obtener el índice para evaluar la memoria de trabajo. La subprueba de sucesión de números y letras se encuentra como una tercera subprueba suplementaria, en caso de que se requiera reemplazar una de las dos subpruebas principales para evitar sesgos por repetición de las mismas o demás criterios que hagan necesario contar con una subprueba suplementaria, como lo puede ser la mala aplicación de protocolo.

La prueba retención de dígitos cuenta con 3 subpruebas: una prueba de orden directo, en la cual el sujeto debe repetir una serie los dígitos dictados por el evaluador en el mismo orden en que le fueron mencionados; una prueba de orden inverso en la cual el sujeto repite al revés la serie de dígitos dictados por el evaluador, iniciando por el último dígito hasta llegar al primer dígito dictado; y finalmente, una prueba de dígitos en orden creciente, en la cual el sujeto ordena y repite de manera ascendente numéricamente la serie de dígitos dictados por el evaluador.

La prueba de aritmética consiste en resolver una serie de ejercicios matemáticos, para lo cual el sujeto cuenta con un tiempo límite de 30 segundos para responder a cada ejercicio. Por último, se encuentra la prueba de sucesión de números y letras, en esta se presenta de

manera oral una serie mezclada entre números y letras, la cual el sujeto debe organizar y repetir en orden ascendente en el caso de los números y en orden alfabético en el caso de las letras.

Cada subprueba genera una puntuación escalar, la cual debe ser convertida a la puntuación compuesta para hallar el índice de memoria de trabajo. Así, mediante la aplicación de 2 sub pruebas y la obtención de sus puntuaciones escalares, se puede hallar posteriormente el índice de memoria de trabajo, teniendo en cuenta la edad y la tabla de baremos para la conversión de las puntuaciones escalares, las cuales se suman y la suma de estas se vuelve a verificar en la tabla de baremos para identificar la puntuación compuesta del índice de memoria de trabajo. En la tabla 1 se puede observar los puntajes cualitativos relacionados al índice de memoria de trabajo.

Tabla 1

Datos: Descripciones cualitativas de las puntuaciones compuesta

Rango de puntuaciones compuestas	Descripción cualitativa
130 y más	Muy superior
120-129	Superior
110-119	Promedio alto
90-109	Promedio
80-89	Promedio bajo
70-79	Límite
69 y menos	Extremadamente bajo

Nota: se presentan las descripciones cualitativas para cada rango de puntuación compuesta del IMT. Fuente: Elaboración propia.

Procesamiento de datos

Para el análisis del índice de memoria de trabajo se obtuvo inicialmente la puntuación de 2 de las sub pruebas, convirtiendo posteriormente la puntuación de cada sub prueba en puntuaciones escalares, las cuales se suman para posteriormente realizar la conversión de la puntuación escalar en puntuación compuesta, la cual permite identificar el índice de memoria de trabajo.

Para el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca se utilizó la aplicación Élite HRV, la cual se conecta al monitor Polar H10, permitiendo grabar los datos de variabilidad de la frecuencia cardiaca. Para el análisis de estos se utilizó posteriormente el software Kubios HRV Standard 3.5.0, compatible con la aplicación Elite HRV, el cual analiza diferentes indicadores relacionados con la variabilidad de la frecuencia cardiaca y la frecuencia cardiaca mediante 3 métodos, el dominio del tiempo, el dominio espectral y en un método no lineal. Así mismo, el software genera a través de diferentes indicadores de estos métodos de análisis, 3 índices relacionados al nivel de activación del sistema nervioso autónomo, el índice de sistema nervioso simpático (SNS), el índice de sistema nervioso parasimpático (PNS) y el índice de estrés (SI) por sus siglas en inglés.

Identificando estos 3 índices, se realizó una matriz en el programa Microsoft Office Excel 2019, en el cual se organizó la base de datos con las variables de interés, tomando en cuenta los indicadores generados en el software Kubios 3.5 relacionados a la variabilidad de la frecuencia cardiaca como el índice del sistema nervioso simpático (SNS), el índice del sistema nervioso parasimpático (PNS), el índice de estrés (SI), el promedio del intervalo RR (Mean RR) por sus siglas en inglés, el promedio de la frecuencia cardiaca (Mean HR) por sus siglas en inglés, la potencia de baja frecuencia (LF) y alta frecuencia (HF) y por último la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR

sucesivos (RMSSD). En esta misma base de datos se tuvo en cuenta el índice de memoria de trabajo.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa IBM-SPSS Statistics 26, el cual es comúnmente utilizado para análisis de datos en estudios relacionados con ciencias sociales. Allí, se importó la base de datos creada mediante el programa Microsoft Excel, modificando los datos necesarios para hacer posible el análisis. El análisis a realizar en el programa fue un análisis multivariante de varianza MANOVA el cual permite comparar la varianza entre la media de diferentes grupos, teniendo en cuenta que se cuenta con un grupo control y un grupo experimental, así como se cuenta con una variable independiente que cuenta con diferentes factores explicativos como el índice del sistema nervioso simpático (SNS), el índice del sistema nervioso parasimpático (PNS), el índice de estrés (SI), el promedio del intervalo RR (Mean RR) por sus siglas en inglés, el promedio de la frecuencia cardíaca (Mean HR) por sus siglas en inglés, la potencia de baja frecuencia (LF) y alta frecuencia (HF) y por último la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos (RMSSD), lo cual hace necesario la utilización de este modelo estadístico, a fin de ver el comportamiento tanto de la variable dependiente como de la variable independiente. En caso de encontrar diferencias estadísticamente significativas se tuvo en cuenta el análisis post hoc mediante la prueba de Bonferroni.

Análisis estadístico

Se evaluó la distribución normal de la variable dependiente mediante la prueba de Shapiro-Wilk, teniendo en cuenta que el tamaño de la muestra es menor a 50 sujetos. Se midió esta distribución teniendo en cuenta los diferentes grupos y tiempos de medición, por lo cual se midió dicha distribución para los datos del pre test y el post test en ambos grupos. Se encuentra una distribución normal ($p > 0.05$) para la variable dependiente (Índice de

memoria de trabajo [IMT]) con una significancia en el pre test ($p=0.14$) y post test ($p=0.138$) del grupo control y en los datos pre test ($p=0.347$) y post test ($p=0.16$) del grupo experimental. Por ello, se aplicó una estadística paramétrica considerando que los datos presentan una distribución normal. Así mismo, se midió la homocedasticidad mediante la prueba de Levene, encontrando una homogeneidad de las varianzas tanto en los datos de la variable dependiente para la medición pre test ($p=0.737$) como en la medición post test ($p=0.885$) por lo cual se cumplen los supuestos en la variable dependiente para aplicar un modelo de análisis paramétrico. En cuanto a la prueba de esfericidad, se evaluó mediante la prueba de esfericidad de Mauchly, en la cual no se encuentra una esfericidad en las variables ($p=0.00$), por lo cual se utiliza el valor de ajuste Epsilon mediante el método de Huynh-Feldt (Huynh-Feldt = 0.137).

Respecto a los indicadores de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, cuentan con normalidad las variables en sus tiempos de medición, excepto el índice parasimpático (PNS) para el grupo control en la medición inicial, el índice de estrés (SI) en la medición inicial para el grupo experimental, el promedio del intervalo RR (Mean RR) para la medición inicial del grupo control y la medición final del grupo experimental, la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos (RMSSD) en la medición inicial del grupo control y en la medición final de ambos grupos, la potencia de baja frecuencia en la medición final del grupo experimental y la potencia de alta frecuencia en la medición final del grupo experimental por lo cual dentro de los 36 grupos de datos, 9 de estos no presentan normalidad (ver anexo F y G). Sin embargo, se incluyeron dentro del análisis multivariante de varianza MANOVA teniendo en cuenta que la robustez del modelo soporta que no todas las varianzas sean normales, así como en las cuales se identifiquen diferencias estadísticamente significativas.

Se tuvo en cuenta la media y la desviación estándar ($\pm$) para el análisis de las variables continuas de índice de memoria de trabajo, variabilidad de la frecuencia cardiaca, índice parasimpático, índice simpático, índice de estrés, promedio del intervalo RR, potencia de baja frecuencia, potencia de alta frecuencia, promedio de la frecuencia cardiaca y la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos.

Consideraciones éticas

La resolución 8430 de 1993 que establece las normas científicas para la investigación en salud enmarca los requisitos y condiciones a tener en cuenta para el desarrollo investigativo que sea aplicado en seres humanos. En relación con el trabajo investigativo se tiene en cuenta el artículo 4 de la resolución, el cual contempla que se debe desarrollar acciones que contribuyan al conocimiento de los procesos biológicos y psicológicos del ser humano (Ministerio de Salud y protección social [Minsalud], 1993). Así mismo, prevaleciendo el criterio de respeto a la dignidad y protección de los derechos y bienestar de las personas participantes de la investigación, se tiene en cuenta el capítulo 1, el cual plantea los aspectos éticos para el desarrollo investigativo con seres humanos, tomando como referente los criterios establecidos en el artículo 6, que exigen ajustar los principios científicos y éticos que justifican el trabajo investigativo, la fundamentación necesaria para plantear la investigación, la idoneidad del medio como único medio para producir tal conocimiento, que prevalezca la seguridad de los beneficiarios, contar con el debido consentimiento informado, la realización del proceso investigativo por profesionales que bajo su conocimiento y experiencia puedan cuidar la integridad del ser humano, que se lleve a cabo bajo la autorización de la institución.

Por estos criterios, este proyecto de investigación es guiado por los respectivos directores de trabajo de grado que cuentan con la experiencia y el conocimiento profesional

para guiar el trabajo investigativo. Así mismo, se realiza firma del consentimiento informado en el cual se explican al sujeto los riesgos mínimos posibles de la participación en el trabajo investigativo, teniendo en cuenta que según el artículo 11, el proyecto se clasifica como una investigación con riesgo mínimo. Así mismo, este proyecto se lleva a cabo con la autorización correspondiente tanto de los participantes como de la institución.

Teniendo en cuenta que en el presente proyecto se cuenta con diferentes grupos de medición, se establece un método de aleatorización de la participación de los sujetos, desarrollado mediante una fórmula matemática generada en Excel, basándose este principio en el artículo 7 de la resolución 8430, con el fin de garantizar que la selección se realiza de manera imparcial, evitando cualquier riesgo o daño para los sujetos de investigación en relación a las condiciones por las cuales puedan ser asignados a un grupo específico (Minsalud, 1993). Además, en función de proteger la privacidad del individuo sujeto de la investigación, se establece un código aleatorio para que sus datos no sean expuestos, así como no se revela ningún dato personal que pueda afectar la privacidad de los participantes.

El riesgo de esta investigación se identifica como mínimo, producto de la realización de actividad física de nivel moderado en voluntarios sanos y la realización de un examen psicológico que no conlleva una probabilidad alta de afectar al sujeto, debido a que no busca impactar aspectos psicológicos, físicos o sociales de forma directa. Sin embargo, a través del proceso de medición planteado se puede presentar caídas, sensación de mareo, cefalea, lipotimia, síncope, riesgo de lesión por actividad física como esguinces, contractura muscular, calambre muscular, desgarro muscular, fracturas, fisuras o luxación articular. Para ello, se establecieron unas recomendaciones preventivas para disminuir el riesgo de sufrir alguna de las afectaciones mencionadas durante el ejercicio. Así mismo, el estudiante investigador contó con curso en primer respondiente certificado, con el fin de poder

responder como primer actor en caso de que se llegase a presentar alguna de las situaciones mencionadas, pudiendo responder de manera inmediata.

Ya que los sujetos de investigación fueron estudiantes activos de la universidad Santo Tomás, se tuvo presente que estos cuentan con un seguro médico en caso de presentarse una lesión o afectación de salud, así como se cuenta con un profesional de salud en las instalaciones de la sede Campus que puede realizar una atención especializada, lo cual se incluye dentro del protocolo de atención en caso de que se presentara alguna de las lesiones anteriormente mencionadas. Desde la firma del consentimiento informado se aclaró que en caso de que se identificara un posible daño o riesgo relacionado directamente con la investigación en la cual el sujeto pudiera verse afectado, se suspendería de manera inmediata el proceso de medición e investigación. Esto en relación a la declaración de Helsinki, toda vez que como principio ético se debe propender por la salud por encima del desarrollo de conocimiento científico, prevaleciendo el bienestar humano por encima de cualquier otra cosa. En caso de ser requerido, se tuvo en cuenta el capítulo 5 de la resolución 8430 relacionada a la investigación con grupos subordinados, teniendo presente que los estudiantes se tienen en cuenta dentro de estos grupos, buscando evitar los perjuicios en los individuos participantes por en el cual se viese afectada su situación escolar por su participación en el estudio. En función de la ley 1090 capítulo 6, el cual estipula lo necesario para el uso del material psicotécnico, se establece el manejo debido por parte del estudiante investigador en acompañamiento del docente supervisor en vigilancia de la respectiva facultad de psicología. En relación a ello, la presentación de resultados tendrá los respectivos cuidados, toda vez que no son resultados diagnósticos. Así mismo, el test utilizado, la escala Wechsler de inteligencia para adultos IV, cuenta con la debida validación y estandarización.

Resultados

Se presenta la caracterización de la muestra con la media de las variables continuas de edad en años y de nivel de actividad física en METS junto a su desviación estándar ($\pm$) entre paréntesis, encontrando una población de 18 hombres y 18 mujeres, con una media de edad de 20.68 años y un nivel de actividad física vigoroso, diferenciado por grupos (ver tabla 2).

Tabla 2

Caracterización de la muestra

Variable	Muestra total (n=36)	Grupo control (n=18)	Grupo experimental (n=18)
Edad (años)	20.68 (± 2.24)	20.16 (± 2.0)	21.33 (± 2.08)
Nivel de actividad física (METS)	7007 (± 4190)	5333.97 (± 2457.07)	8576-94 (± 5119.67)

Nota: se presentan las variables continuas edad en años y nivel de actividad física en unidades metabólicas METS. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se presentan las características sociodemográficas de la muestra con las variables sexo en sus categorías, la edad en años y semestre en niveles, observados tanto en frecuencia como en porcentaje en relación a la muestra total. Se identifica un porcentaje igual en relación al sexo con un 50% tanto en hombres como en mujeres, por lo cual la muestra se encuentra igualada en cuanto a esta variable. Para las demás variables se encuentran frecuencias adecuadamente distribuidas, tanto para la variable edad como para la variable semestre, encontrando en la variable edad que la mayoría de sujetos de la muestra se

encuentra entre los 18 y los 21 años, así como en la variable semestre la mayor frecuencia se encuentra en los estudiantes del semestre numero 4 (ver tabla 3).

Tabla 3

Datos: Características sociodemográficas de la muestra

Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje en relación a la muestra (%)
Sexo	Masculino	18	50
	Femenino	18	50
Edad (años)	18	6	16.6
	19	7	19.4
	20	4	11.1
	21	6	16.6
	22	5	11.1
	23	3	8.3
	24	4	11.1
	25	2	5.5
Semestre	2	7	19,4
	3	6	16.6
	4	9	25
	5	5	13,8
	6	3	8,3
	7	4	11,1
	8	4	11,1

Nota: se presentan las características sociodemográficas de la muestra con su porcentaje en relación a la muestra total. Fuente: Elaboración propia.

Índice de memoria de trabajo

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.169$) en las medias del GC ($M = 86.0$, D.E. = 11.035) y el GE ($M = 90.94$, D.E. = 10.032) para la variable IMT en la medición pre test, lo cual era importante con el fin de verificar si ambos grupos partían de condiciones similares desde la medición inicial, comparando los resultados en la medición pre test entre el GC y el GE (ver tabla 4).

Tabla 4.

Datos: Diferencia de medias entre grupos para el índice de memoria de trabajo (IMT)

Tiempo	Grupo	Media	Desviación Estándar	Valor P (Sig.)
Pre test	Control	86.00	11.035	0.169
	Experimental	90.94	10.032	
Post test	Control	88.83	10.489	0.160
	Experimental	93,39	8.410	

Nota: se presenta la media, la desviación estándar y la significancia en la diferencia de medias para cada grupo según el tiempo de medición. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las comparaciones intra sujetos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.237$) entre la medición pre test ($M = 86.0$, D.E. = 11.035) y la medición post test ($M = 88.83$, D.E. = 10.489) para el grupo control, teniendo un promedio en el pre test que fue menor en comparación al resultado en la medición post test. Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.263$) en la comparación de medias para el grupo experimental entre la medición pre test ($M = 90.94$, D.E. = 10.032) y la medición post test ($M = 93.39$, D.E. = 8.410), en la cual se identifica un aumento (ver tabla 5).

Tabla 5.

Datos: Diferencia de medias entre tiempos de medición para la variable índice de memoria de trabajo (IMT) por grupo.

Grupo	Aplicación	Media	Desviación Estándar	Sig.
Control	Pretest	86.00	11.035	0.237
	Posttest	88.83	10.489	
Experimental	Pretest	90.94	10.032	0.263
	Post test	93,39	8.410	

Nota: se presenta la media, la desviación estándar y la significancia en la diferencia de medias para cada tiempo de medición según el grupo. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.160$) en la comparación de medias entre el grupo control ($M = 88.83$, D.E. = 10.849) y el grupo experimental ($M = 93.39$, D.E. = 8.410) para la medición post test (ver tabla 6).

Tabla 6.

Datos: Diferencia de medias entre grupos para el índice de memoria de trabajo en la medición post test (IMT)

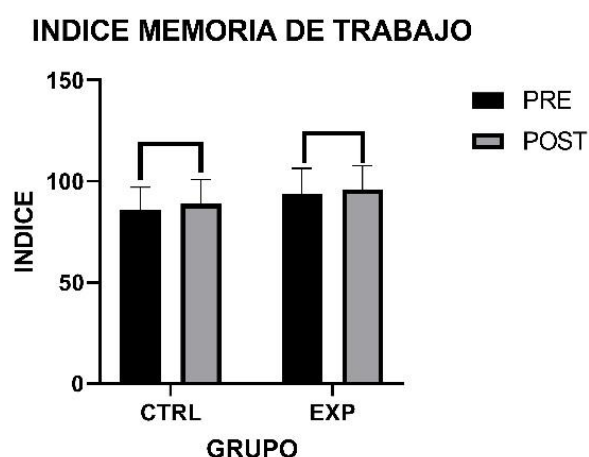
Grupo	Media	Desviación Estándar	Valor P (Sig.)
Control	88.83	10.489	0.160
Experimental	93,39	8.410	

Nota: se presenta la media, la desviación estándar y la significancia en la diferencia de medias para cada grupo según el tiempo de medición. Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la figura 1 la diferencia de medias entre ambos tiempos de medición con la desviación estándar tanto para el grupo control como para el grupo experimental, donde se evidencia que no se identifican diferencias estadísticamente significativas en ninguna comparación.

Figura 1

Media y desviación estándar índice de memoria de trabajo.



Nota: Se presentan la media y la desviación estándar de los índices de memoria de trabajo para el grupo experimental y control en la medición pre test y post test. Fuente: elaboración propia.

Variabilidad de la frecuencia cardiaca

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la comparación de medias en los diferentes indicadores relacionados a la variabilidad de la frecuencia cardiaca en relación a la medición inicial entre grupos, como la variabilidad de la frecuencia cardiaca ($P = 0.707$), el índice simpático ($P = 0.392$), el índice parasimpático ($P = 0.348$), el índice de estrés ($P = 0.436$), el promedio RR ($P = 0.549$), la potencia de baja frecuencia ($P = 0.441$), la potencia de alta frecuencia ($P = 0.435$), la suma de las diferencias al cuadrado de todos los

intervalos RR sucesivos ($P = 0.489$) y el promedio de la frecuencia cardiaca ($P = 0.62$), lo cual se verificó con el fin de que se partiera de las mismas condiciones en la variable independiente. Así mismo, la media de estas variables permite identificar una predominancia del tono parasimpático, expresado en una alta variabilidad de la frecuencia cardiaca (ver tabla 7).

Para el GC no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la comparación de medias entre los tiempos de medición en los diferentes indicadores relacionados a la variabilidad de la frecuencia cardiaca, como la variabilidad de la frecuencia cardiaca ($P = 0.166$), el índice simpático ($P = 0.640$), el índice parasimpático ($P = 0.135$), el índice de estrés ($P = 0.820$), el promedio RR ($P = 0.087$), la potencia de baja frecuencia ($P = 0.463$), la potencia de alta frecuencia ($P = 0.461$), la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos ($P = 0.192$) y el promedio de la frecuencia cardiaca ($P = 0.077$) (ver anexo H).

En cuanto a la diferencia de medias entre los tiempos de medición del GE se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.00$) en todos los indicadores de la variabilidad de la frecuencia cardiaca como la variabilidad de la frecuencia cardiaca, el índice simpático, el índice parasimpático, el índice de estrés, el promedio RR, la potencia de baja frecuencia, la potencia de alta frecuencia, la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos y el promedio de la frecuencia cardiaca (ver anexo I). De allí, es importante resaltar la diferencia en los índices del tono parasimpático, en el cual se identifican los cambios debido a una disminución en la medición final ($M = -3.692$, D.E. = 0.51) en relación a la medición inicial ($M = 1.449$, D.E. = 1.0932), lo cual se acompaña del comportamiento del índice del tono simpático, en el que se evidencia un aumento en la medición final ($M = 13.505$, D.E. = 4.79) en comparación a la medición pre test ($M = -0.2195$, D.E. = 1.25), mostrando el cambio entre las mediciones con una predominancia del

Tabla 7.

Datos: Media, desviación estándar y diferencia de medias entre grupos en los indicadores de variabilidad de la frecuencia cardiaca para la medición inicial.

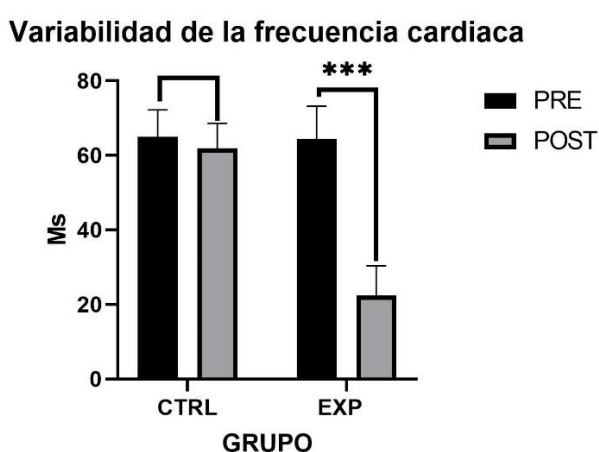
Variable	Grupo	Media	Desviación	Valor P (Sig.)
Variabilidad de la frecuencia cardiaca (Milisegundos)	Control	65ms	7,211	0.707
	Experimental	64,5ms	8,733	
Índice sistema nervioso parasimpático	Control	1,0167	2,15649	0.348
	Experimental	1,4490	1,93220	
Índice sistema nervioso simpático	Control	-0,01	1,27085	0.392
	Experimental	-0,2195	1,25665	
Índice de estrés	Control	7,61	3,363	0.436
	Experimental	7,35	4,095	
Promedio Intervalo RR (Milisegundos)	Control	879,5ms	182,945	0.549
	Experimental	903,05ms	148,115	
Potencia de baja frecuencia (unidades normalizadas)	Control	55,207 u.n.	18,91	0.441
	Experimental	49,843 u.n.	20,14	
Potencia de alta frecuencia (unidades normalizadas)	Control	44,68 u.n.	18,87	0.435
	Experimental	50,06 u.n.	20,09	
Suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos RR sucesivos (Milisegundos)	Control	85,17 ms	51,494	0.489
	Experimental	91,60 ms	53,15	
Promedio de la frecuencia cardiaca (Latidos por minuto)	Control	69,44 lpm	12,05	0.620
	Experimental	68,2 lpm	11.067	

Nota: se presenta la media, la desviación estándar y la diferencia de medias entre grupos de cada una de los indicadores de HRV en la medición inicial. Fuente: Elaboración propia.

tono simpático en la medición post test (ver anexo I). Esto se puede ver reflejado en el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, en la cual se evidencia el cambio únicamente en la medición post test para el grupo experimental (ver figura 2).

Figura 2

Media y desviación estándar variabilidad de la frecuencia cardiaca.



Nota: Se presentan la media y la desviación estándar de la variabilidad de la frecuencia cardiaca para el grupo experimental y control en la medición pre test y post test. Fuente: elaboración propia. (*) para $P < 0.05$, (**) para $P < 0.01$, (***) para $P < 0.001$.

Discusión

Son varios los estudios que han encontrado una mejora gracias a la realización de actividad física, sustentado en los beneficios del ejercicio físico aeróbico y sus consecuencias fisiológicas a nivel cerebral (Maureira et al., 2015; Kramer y Erickson, 2007; Markham y Greenough, 2004), así como se han encontrado efectos positivos sobre la función cognitiva (Alesi et al., 2020; Chaddock et al., 2010; Chang et al., 2013; Chen et al., 2016; Cruz et al., 2020; Jiménez, 2019; Mora et al, 2019; Trevillion et al, 2022) los hallazgos de esta

investigación sugieren que si bien pueden identificarse mejoras en la función cognitiva, específicamente en la ejecución de una prueba de memoria de trabajo, no puede atribuirse estas mejoras a la manipulación generada sobre el sistema nervioso autónomo por medio de la actividad física, del cual se esperaba encontrar una influencia positiva sobre la memoria de trabajo. Si bien los efectos que se han encontrado del ejercicio físico sobre la función cognitiva se han identificado como efecto crónico del ejercicio, o por respuestas fisiológicas como el aumento del factor neurotrófico del cerebro (BDNF) (Acevedo et al. 2013), estas mejoras se han identificado de manera posterior al ejercicio, no como respuesta inmediata durante la realización de este, lo cual puede explicar que los resultados de esta investigación sean diferentes a los encontrados en la literatura, debido a la ejecución de la prueba de memoria de trabajo durante la realización de actividad física, a diferencia de los otros estudios realizados en los que se ejecutan las pruebas cognitivas cuando ya ha cesado la actividad física.

Diferentes estudios mencionan que una alta variabilidad de la frecuencia cardíaca como factor predictor se relaciona con un mejor rendimiento en diferentes pruebas cognitivas (Schaich et al., 2020; Hansen et al., 2003; Shah et al., 2011; Gillie et al., 2013) o por el contrario, que una menor variabilidad de la frecuencia cardíaca se corresponde con un peor rendimiento en las pruebas cognitivas (Forte et al., 2019; Hilgarter et al., 2021; Frewen et al., 2013) sustentado en la relación que guarda la zona del cortex pre frontal tanto con las funciones ejecutivas, donde se encuentra la memoria de trabajo, como con funciones reguladores del sistema nervioso parasimpático (Thayer et al., 2009). Esto genera interés teniendo en cuenta que, en las mediciones iniciales de ambos grupos, el grupo con una variabilidad de la frecuencia cardíaca ligeramente mayor no presentó mejor puntaje en las pruebas cognitivas, aunque las diferencias no fueran estadísticamente significativas.

Así mismo, estudios sugieren que la ejecución de una prueba cognitiva que genere esfuerzo mental y activación cerebral guarda relación con la reducción de la actividad parasimpática y aumento de la actividad simpática expresado en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (León et al., 2017). De esta manera se esperaría que según esta correlación, el encontrar una variabilidad que refleje una disminución del tono parasimpático con un eventual aumento del tono simpático, podría corresponderse con una mejor preparación o disposición para realizar una prueba cognitiva. Si bien en el estudio de León et al. (2017) no se establece una relación causal en la cual se establezca que sea la actividad cerebral la que sea causante del aumento del tono simpático, los hallazgos en este trabajo investigativo sugerirían que el aumento del tono simpático no produciría mayor eficacia en una prueba cognitiva. Esto podría deberse a que los cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo responden a la actividad del sistema nervioso central sin corresponderse necesariamente con una mejor eficacia o respuesta a nivel cognitivo, correspondiéndose simplemente con un mayor nivel de actividad neuronal.

Hay estudios que han encontrado que una mayor variabilidad de la frecuencia cardíaca se corresponde con un mayor rendimiento en una prueba cognitiva, relacionado con la capacidad de autorregulación en comparación con la atención a estímulos externos (Hansen et al., 2009) lo cual se encuentra también en el estudio de (Valero, 2010), contrario a los hallazgos de León et al. (2017) en los que una mayor activación cerebral y cognitiva se relaciona con un mayor tono simpático. Los hallazgos de este estudio contradicen estos supuestos, y establecería que, si bien hubo un leve aumento sobre el rendimiento de la prueba de memoria de trabajo, esta no podría atribuirse a una reducción en la variabilidad de la frecuencia cardíaca de los parámetros relacionados con el aumento del tono simpático o por el contrario, que fuera una mayor variabilidad y aumento del tono parasimpático la que se correspondiera con un mejor resultado. Esto puede deberse a que en los estudios que

encuentran una relación entre una mayor variabilidad y una prueba cognitiva, puede no haber influido otras funciones cognitivas como la atención o la concentración, las cuales en este ejercicio investigativo pueden verse afectadas durante la realización de la actividad física, al tener que realizar una acción física y un ejercicio cognitivo a la vez, influyendo sobre la prueba de memoria de trabajo.

Por otro lado, la anterior discrepancia podría deberse a la diferencia entre tomar la variabilidad de la frecuencia cardiaca como un factor predictor y tomarlo como un factor causal, ya que al tomarlo como un factor predictor, se realiza la medición de la variabilidad antes de ejecutar la tarea cognitiva, sin tomar en cuenta esta variable como se comporte durante la ejecución de la prueba cognitiva, donde es posible que las dinámicas fisiológicas vean alteradas y mas cercanas a un comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca como el reportado por León et al. (2017). Aun así, es de esperarse que la dinámica fisiológica sea diferente durante la realización de actividad física y se corresponda con los resultados encontrados por Leon et al. (2017) sin que necesariamente los cambios fisiológicos y el nivel de actividad cerebral se corresponda con un mejor rendimiento cognitivo.

Es importante reconocer como la actividad y el ejercicio físico tiene una relación directa con la variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante la regulación de la actividad cardiaca por medio de la función del sistema nervioso autónomo (Torres, 2021), así como se ha encontrado que guarda una relación importante con las funciones cognitivas y la memoria de trabajo (Alesi et al., 2020; Chaddock et al., 2010; Chang et al., 2013; Chen et al., 2016; Cruz et al., 2020), este ejercicio investigativo no permite identificar una relación entre estos 3 conceptos. Sin embargo, esto podría deberse a la diferencia en los métodos y los tiempos de evaluación y respuesta, teniendo en cuenta que si bien la respuesta del sistema nervioso autónomo y su actividad sobre la función cardiaca como respuesta al ejercicio es inmediata,

parece que los efectos de estas variables sobre la función cognitiva no lo son, teniendo en cuenta que los efectos encontrados sobre la función cognitiva son evaluados de manera posterior a la realización de ejercicio y no durante, así como las relaciones encontradas entre la variabilidad de la frecuencia cardiaca y la función cognitiva se dan de manera anticipada, como factor predictor y no de manera simultánea. Por esto, es importante que se desarrollen mas estudios investigativos que busquen relacionar estas variables con el ejercicio durante la realización del mismo, con el fin de que se pueda identificar como el cambio de las dinámicas fisiológicas mediadas por la actividad física pueden tener un impacto sobre la función cognitiva y todo el funcionamiento del sistema nervioso central, el cual también debe sufrir cambio en sus dinámicas fisiológicas que se puedan ver expresadas a través del funcionamiento cognitivo.

Finalmente, estos hallazgos no permiten plantear que una relación causal en la cual la manipulación o los cambios presentados en el sistema nervioso autónomo, del tono simpático y parasimpático, reflejado en la variabilidad de la frecuencia cardiaca, tengan influencia sobre las funciones ejecutivas, específicamente la memoria de trabajo. Esto puede deberse a que, si bien se plantea que una activación del sistema nervioso simpático se corresponde con mayores estados de alerta y respuesta del organismo en función de la lucha o de la huida, su funcionamiento y estructura está interconectado con zonas del sistema nervioso central que no comprenden funciones ejecutivas o cognitivas, en comparación con el sistema nervioso parasimpático, del cual se han reportado mayores relaciones con estas funciones (Thayer et al. 2009; Hansen et al. 2005) y desde su estructura también se encuentra en zonas del sistema nervioso central más cercanas al encéfalo, como el hipotálamo, por lo cual su estimulación por medio de vías aferentes es más posible (Hansen et al., 2003; Gillie et al., 2013).

Conclusiones

Por medio de este estudio se puede plantear que no hay un efecto de la disminución de la variabilidad de la frecuencia cardiaca relacionada con el aumento del tono simpático del sistema nervioso autónomo sobre la mejora de una prueba cognitiva, comprobando la hipótesis nula. De manera que en los estudios que se ha planteado que el ejercicio físico genera una mejora sobre las funciones cognitivas, podría sugerirse que estas mejoras pueden deberse a otros efectos fisiológicos derivados de la realización de la actividad física, más no a una activación del tono simpático del sistema nervioso autónomo en relación con el sistema nervioso central.

Así mismo, tampoco se encontró que la disminución de la variabilidad de la frecuencia cardiaca estuviera relacionada con un peor rendimiento en la prueba de memoria de trabajo, como suelen sugerir algunos estudios o que, por el contrario, una mayor variabilidad de la frecuencia cardiaca en reposo se correspondiera con un mejor resultado. Por esto, el realizar estudios buscando una influencia sobre el sistema nervioso parasimpático también puede ser interesante, en la medida en que algunos estudios establecen una relación entre la predominancia del tono parasimpático, el córtex pre frontal y las funciones ejecutivas, lo cual puede corresponderse con mejores resultados sobre una prueba cognitiva.

Los hallazgos podrían plantear que en los estudios en que se encuentra una relación entre la ejecución de una tarea cognitiva y la disminución de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, es la ejecución de la tarea cognitiva y el esfuerzo para realizarla la que influye sobre el aumento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca sin que se corresponda con un mejor rendimiento cognitivo, de manera que es la actividad del sistema nervioso central la que influye sobre la función del sistema nervioso autónomo sin llegar a sugerir que esta actividad autonómica pueda tener algún efecto sobre la función cognitiva.

Aportes

Este trabajo investigativo contribuye a la disciplina Psicológica y de Cultura Física, Deporte y Recreación en la comprensión de la relación e incidencia que puede llegar a tener el sistema nervioso autónomo sobre una función cognitiva de interés, como lo es la memoria de trabajo, en su relación con las funciones ejecutivas, la fisiología cerebral, la actividad nerviosa y con la actividad física. Así mismo aporta a la línea de investigación Psicología, Salud, trabajo y calidad de vida de la facultad de psicología y a la línea de investigación Innovaciones en estudios del entrenamiento deportivo, la fisiología y el ejercicio físico para la salud, toda vez que la actividad física, sus efectos sobre el sistema nervioso autónomo, el sistema nervioso central y las funciones cognitivas son de interés para el área de la actividad física para la salud, la salud mental y la psicología.

Así, este trabajo investigativo aporta a la comunidad científica en la comprensión sobre la influencia que puede llegar a tener el sistema nervioso autónomo y su actividad sobre la función cognitiva, planteando que no hay una relación causal o un efecto del sistema nervioso autónomo sobre la memoria de trabajo de manera directa o simultánea. Teniendo en cuenta que los antecedentes plantean que si se ha identificado una relación entre estas variables, pero no queda clara la dirección causal, este trabajo investigativo permitiría plantear que la dirección de causalidad no se daría del sistema nervioso autónomo hacia la función cognitiva, descartando esta posible relación causal, sino podría ser de manera inversa, de manera que para futuras investigaciones estos hallazgos sirvan como sustento tanto para comprobar dicha hipótesis, como para plantear nuevas formas de relacionamiento y causalidad.

Limitaciones

En el desarrollo de este ejercicio investigativo una limitación encontrada esta relacionada al uso del cicloergómetro Monark 818 Ergomedic para el protocolo de actividad física, el cual si bien permitió el desarrollo adecuado de los protocolos, podría ser reemplazado por un cicloergómetro mas moderno, que se ajuste con mayor precisión a las cargas de actividad física necesarias para trabajar en los porcentajes establecidos, como el cicloergómetro Cyclus 2, al cual se tenia acceso, pero no contaba con la disponibilidad necesaria para ser utilizado en los protocolos de este trabajo investigativo. Así, para futuras investigaciones, el utilizar un cicloergómetro moderno puede implicar mayor eficiencia en el ajuste de cargas de trabajo, el cual se realizaría de manera automatizada y previamente establecida en el monitor del cicloergómetro, y no de manera manual como lo requiere el cicloergómetro Monark 818 Ergomedic.

Otra limitación puede relacionarse al uso de un medidor de electroencefalografía, el cual habría sido interesante para poder identificar el nivel de activación cerebral, al cual se tenia acceso, pero por disponibilidad del instrumento no pudo ser utilizado. Para futuras investigaciones seria interesante utilizar este instrumento teniendo en cuenta que algunos de los antecedentes además de verificar la función cognitiva realizan medición del nivel de activación cerebral, lo cual es de interés en la relación de actividad del sistema nervioso autónomo, actividad del sistema nervioso central y funcionamiento cognitivo.

Sugerencias

Puede ser interesante el uso de instrumentos que puedan medir el nivel de activación del sistema nervioso central, mediante electroencefalografía u otros métodos, los cuales podrían ser de gran ayuda en la determinación de niveles de activación de este sistema, de

manera que no sea un supuesto relacionado por la medición de las funciones cognitivas, sino sea una medición directa de sistema nervioso central. Así mismo, es importante ampliar el conocimiento respecto a la relación identificada entre la cognición y el sistema nervioso autónomo, teniendo en cuenta que si bien se identifica esta relación, aún no queda del todo claro la relación causal entre estas variables.

Con los hallazgos encontrados se sugiere seguir ampliando el conocimiento respecto a como se relaciona el sistema nervioso autónomo con la función cognitiva de manera inmediata, pero con la búsqueda de otra relación causal posible, en la cual no sea el sistema nervioso autónomo el que pueda tener un efecto sobre la función cognitiva de memoria de trabajo, o si se establece esta dirección causal, podría ser interesante que se estableciera como hipótesis la influencia de este sistema pero sobre otras variables cognitivas que puedan ser de interés, pero no sobre la memoria de trabajo.

Así mismo, los hallazgos permitirían sugerir que en la búsqueda de mejorar el rendimiento cognitivo en pruebas de memoria de trabajo, sería importante hacer énfasis en otros efectos que puede tener la actividad física sobre el funcionamiento cognitivo, específicamente en pruebas de memoria de trabajo, observando otros efectos fisiológicos de esta actividad que puedan tener influencia sobre el funcionamiento cognitivo, siempre y cuando se estudien estos efectos de manera inmediata durante la realización de actividad física, no como se han desarrollado otros estudios en los cuales se observan los efectos crónicos posteriores al ejercicio físico.

Referencias

- Acevedo, C. A., Ávila, J. E. y Cárdenas, L. F. (2013). Efectos del ejercicio y la actividad motora sobre la estructura y la función cerebral. *Revista mexicana de neurociencias*, 15 (1), 36-53. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmexneu/rmn-2014/rmn141f.pdf>
- Acosta, A. A. y Mejía, W. A. (2019). Memoria de trabajo y rendimiento académico, en estudiantes universitarios pertenecientes a una institución privada del municipio de Bello, Antioquia. *Pensamiento Americano*, 13 (25), 90-100. <https://doi.org/10.21803/pensam.13.25.392>
- Alesi, M., Giordano, G., Giaccone, M., Basile, M., Costa, S. & Bianco, A. (2020). Effects of the enriched sports activities-program on executive functions in Italian children. *Functional morphology and kinesiology*, 5 (26), 1-13. <https://www.mdpi.com/2411-5142/5/2/26/htm>
- Alfonso, M. L., Vidarte, J. A., Vélez, C. y Sandoval, C. (2013). Prevalencia de sedentarismo y factores asociados, en personas de 18 a 60 años en Tunja, Colombia. *Revista facultad de medicina*, 61 (1), 3-8. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v61n1/v61n1a02.pdf>
- Aristizábal, N. (2015). *Psicología cognitiva*. Sic editorial. <http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/psicolog%C3%ADa.pdf>
- Barrera, L. F., Sotelo, M. A., Barrera, R. A. y Aceves, J. (2019). Bienestar psicológico y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Enseñanza e investigación en Psicología*, 1 (2), 244-251. <https://revistacneip.org/index.php/cneip/article/view/42/33>

- Barriga, C. I. (2015). Maduración de la memoria de trabajo en niños, adolescentes y jóvenes adultos mediante potenciales relacionados con eventos. [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.] Archivo digital.
https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/27025/Tesis_Catalina%20Barriga%20da%20Silva%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carranza, R. F., Hernández, R. M. y Alhuay, J. (2017). Bienestar psicológico y rendimiento académico en estudiantes de pregrado de psicología. *Revista internacional de investigación en ciencias sociales*, 13 (2), 133-146.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6246945#:~:text=Las%20propiedades%20psicom%C3%A9tricas%20indicaron%20que,mejor%20ser%C3%A1%20el%20rendimiento%20acad%C3%A9mico.>
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Shaurya, R., Kim, J. S., Voss, M. W., VanPatter, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Konkel, A., Hillman, C. H., Cohen, N. J. & Kramer, A. F. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brian research*, 1358 (28), 172-183. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3953557/>
- Chaire, A., Becke, A. & Duzel, E. (2020). Effects of physical exercise on working memory and attention related neural oscillations. *Frontiers in neuroscience*, 14 (239), 1-11.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7136837/pdf/fnins-14-00239.pdf>
- Chang, Y. K., Huang, C. J., Chen, K. F. & Hung, T. M. (2013). Physical activity and working memory in healthy older adults: An ERP study. *Psychophysiology*, 50, 1174-1182.
<https://doi.org/10.1111/psyp.12089>

- Chávez, R. y Zamarreño, J. (2016). Ejercicio físico y actividad física en el abordaje terapéutico de la obesidad y el sedentarismo. *Revista cubana de medicina física y rehabilitación*, 8 (2), 215-230.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedfisreah/cfr-2016/cfr162g.pdf>
- Chen, A. G. Zhu, L. N., Yan, J. & Yin, H. C. (2016). Neural basis of working memory enhancement after acute aerobic exercise: fMRI study of preadolescent children. *Frontiers in psychology*, 7, 1-9.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2016.01804/full>
- Colzato, L. S. & Steenbergen, L. (2017). High vagally mediated resting-state heart rate variability is associated with superior action cascading. *Neuropsychologia*, 106, 1-6.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002839321730324X?via%3Dihub>
- Cristancho, H., Otalora, J. E. y Callejas, M. (2016). Sistema experto para determinar la frecuencia cardiaca máxima en deportistas con factores de riesgo. *Revista ingeniería biomédica*, 10 (9), 22-31. <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v10n19/v10n19a03.pdf>
- Cruz, R., López, M. y Arjona, S. M. (2020). Actividad física intensa para la mejora de la memoria de trabajo en el alumnado de educación primaria. *Revista española de educación física y deportes*, 431, 69-79. <https://doi.org/10.55166/reefd.vi431.943>
- Delgado, M. A. y Garay, M. A. (2020). Factores protectores y de riesgo de salud física y mental en los estudiantes de la Universidad Cooperativa de Colombia - campus Villavicencio. [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Archivo digital.

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/28597/1/2020_factores_protector_res_riesgo.pdf

Díaz, V., Peinado, A. B., Álvarez, M., Zapico, A. G., Benito, P. J. y Calderón, F. J. (2009).

La respuesta cardiorrespiratoria durante la segunda transición del triatlón: revisión.

Revista internacional de ciencias del deporte, 5(14), 43-58.

<https://www.cafyd.com/REVISTA/01405.pdf>

Drucaroff, L. J., Kievit, R., Guinjoan, S. M. Gershovich, E. R., Cerquetti, D., Leiguarda, R.,

Cardinali, D. & Vigo, D. E. (2011). Higher autonomic activation predicts better

performance in Iowa gambling task. *Cognitive and behavioral neurology*, 24(2), 93-

98. [https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/1655/1/higher-autonomic-](https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/1655/1/higher-autonomic-predicts-better-task.pdf)

[predicts-better-task.pdf](https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/1655/1/higher-autonomic-predicts-better-task.pdf)

Dulcey, E. y Uribe, C. (2022). Psicología del ciclo vital: hacia una visión comprensiva de la vida humana. *Revista latinoamericana de psicología*, 34 (1-2), 17-27.

<https://www.redalyc.org/pdf/805/80534202.pdf>

Erickson, K. I., Banducci, S. E., Weinstein, A. M., Macdonald, A. W., Ferrell, R. E., Halder,

I., Flory, J. D. & Manuck, S. B. (2013). The brain-derived neurotrophic factor

val66met polymorphism moderates an effect of physical activity on working memory

performance. *Psychological science*, 24 (9), 1770-1779. [https://journals-sagepub-](https://journals-sagepub-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/doi/pdf/10.1177/0956797613480367)

[com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/doi/pdf/10.1177/0956797613480367](https://journals-sagepub-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/doi/pdf/10.1177/0956797613480367)

Franco, M., Parra, E., González, F., Bernate, M., Solís, A. (2013). Influencia del ejercicio

física en la prevención del deterioro cognitivo en las personas mayores: revisión

sistemática. *Revista de neurología*, 56 (11), 545-549.

https://www.researchgate.net/publication/236908058_The_influence_of_physical_exercise

rcise in the prevention of cognitive deterioration in the elderly A systematic review

Folstein, M. F., Folstein, S. E., McHugh, P. R. y Fanjiang, G. (2000). Examen cognoscitivo MINI-MENTAL. TEA.

https://web.teaediciones.com/Ejemplos/MMSE_Extracto_manual.pdf

Forte, G., Favieri, F. & Casagrande, M. (2019). Heart rate variability and cognitive function: a systematic review. *Frontiers in neuroscience*, 13, 1-11.

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2019.00710/full#:~:text=People%20with%20higher%20HRV%20levels,et%20al.%2C%202013>

Frewen, J., Finucane, C., Sawa, G. M., Boyle, G., Coen, R. F. & Kenny, R. A. (2013).

Cognitive function is associated with impaired heart rate variability in ageing adults: the irish longitudinal study on ageing wave one results. *Clinical autonomic research*, 23, 313-323. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10286-013-0214-x>

Gheysen, F., Poppe, L., Desmet, A., Swinnen, S., Cardon, G., Bourdeaudhuij, I., Chastin, S.

& Fias, W. (2018). Physical activity to improve cognition in older adults: can physical activity programs enriched with cognitive challenges enhance the effects? a systematic review and meta-analysis. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 15 (1). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29973193/>

Gillie, B. L., Vasey, M. W. & Thayer, J. F. (2013). Heart rate variability predicts control over memory retrieval. *Association for psychological science*, 20(10), 1-8.

https://www.researchgate.net/publication/259320527_Heart_Rate_Variability_Predicts_Control_Over_Memory_Retrieval/link/00463530f7172d335c000000/download

- Gontier, J. (2004). Memoria de trabajo y envejecimiento. *Revista de Psicología de la Universidad de Chile*, 13 (2), 111-124.
<https://revistapsicologia.uchile.cl/index.php/RDP/article/view/17804/18572>
- González, F., Franco, M., Bamidis, P., Losada, R., Parra, E., Papageorgiou, S. G. & Vivas, A. B. (2014). The effects of a computer-based cognitive and physical training program in a healthy and mildly cognitive impaired aging sample. *Aging & mental health*,
<http://dx.doi.org/10.1080/13607863.2014.899972>
- González, S., Fernández, F. H. y Duarte, J. E. (2016). Memoria de trabajo y aprendizaje: implicaciones para la educación. *Saber, ciencia y libertad*, 11 (2), 147-162.
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/saber/article/view/554>
- Guillie, B. L., Vasey, M. W. & Thayer, J. F. (2013). Heart rate variability predicts control over memory retrieval. *Association for psychological science*, (20)10, 1-8.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0956797613508789>
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H. & Thayer, J. F. (2009). Relationship between heart rate variability and cognitive function during threat of shock. *Anxiety, Stress & Coping: an international Journal*, 22 (1).
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10615800802272251?journalCode=gasc20>
- Hansen, A. L., Helge, B., Sollers, J. J., Stenvik, K. & Thayer, J. F. (2004). Heart rate variability and its relation to prefrontal cognitive effects of training and detraining. *European journal of applied physiology*, 93, 263-272. Doi: 10.1007/s00421-004-1208-0

Hernández, D. y Recoder, A. G. (2015). Historia de la actividad física y el deporte. impresos Chávez de la Cruz.

<https://ened.conade.gob.mx/Documentos/Manuales/HISTORIA%20DE%20LA%20ACTIVIDAD%20F%C3%8DSICA%20Y%20EL%20DEPORTE.pdf>

Herrera, L. J. y Mieles, I. L. (2013). Evaluación de la memoria de trabajo visual en una muestra de adultos jóvenes y adultos mayores de 50 años a través de una tarea de retención numérica. [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana.]. Archivo digital.

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5795/digital_24614.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hilgarter, K., Schmid, K., Csanady, R. & Georg, M. (2021). Phasic heart rate variability and the association with cognitive cross-sectional study in a healthy population setting. *Plos one*, 16 (3), 1-18.

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0246968>

Imbimbo, C., Spallazzi, M., Ferrari, F., Villa, A., Zilioli, A., Mutti, C., Parrino, L. & Lazzeroni. (2022). Heart rate variability and cognitive performance in adults with cardiovascular risk. *Cerebral circulation - cognition and behavior*, 3, 1-6.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666245022001015>

Injoque, I., Barreyro, J. P., Calero, A. y Burin, D. I. (2012). Memoria de trabajo y vocabulario: un modelo de interacción entre los componentes del modelo de Baddeley y el sistema de información verbal cristalizada. *Centro de estudios académicos en neuropsicología*, 6 (1), 33 - 45. <https://www.redalyc.org/pdf/4396/439643203004.pdf>

- Injoque, I., Barreyro, J. P., Formoso, J. y Burin, D. I. (2015). Estructura de la memoria de trabajo en jóvenes adultos y su relación con “g”. *Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 7, 406-417. doi: 10.5872/psiencia/7.3.22
- Jiménez, E. (2019). Efectos del ejercicio físico en la capacidad cognitiva de escolares durante la educación obligatoria. *Lecturas: Educación física y deportes*, 24 (259).
<https://efdeportes.com/efdeportes/index.php/EFDeportes/article/view/1620/1022>
- Kelly, M. E., Loughrey, D., Lawlor, B. A., Robertson, I. H., Walsh, C. & Brennan, S. (2014). The impact of exercise on the cognitive functioning of healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Ageing research reviews*, 16, 12-31.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24862109/>
- Kimhy, D., Crowley, O. V., McKinley, P. S., Burg, M.M., Lachman, M. E., Tun, P, A., Ryff, C.D., Seeman, T. E. & Sloan, R.P. (2013). The association of cardiac vagal control and executive functioning - findings from the MIDUS study. *Journal of psychiatric research*, 47(5), 628-625.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022395613000411?via%3Dihub>
- Lambourne, K. (2006). The Relationship Between Working Memory Capacity and Physical Activity Rates in Young Adults. *Journal of sports science and medicine*, 5, 149-153.
<https://www.jssm.org/volume05/iss1/cap/jssm-05-149.pdf>
- Lanza, G. (2014). Influencia de los cambios posturales en el electrocardiograma. *Revista colombiana de cardiología*, 21 (2), 98-101. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-pdf-S0120563314702608>

Ley 181 de 1995. (1995, 18 de enero). Congreso de la república.

https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85919_archivo_pdf.pdf

Ley 1090 de 2006. (2006, 6 de septiembre). Congreso de la república. Diario oficial - edición 46.383.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=66205

Ley 1616 de 2013. (2013, 21 de enero). Ministerio de salud y protección social.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/ley-1616-del-21-de-enero-2013.pdf>

Ley 1967 de 2019. (2019, 11 de julio). Congreso de la república.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=97210

León, H. H., Botero, D. A., Sanchez, A., Ramirez, J. F. y Acero, E. J. (2017). Cognición, respuesta electroencefalográfica y su relación con la variabilidad de la frecuencia cardiaca. *Revista de facultad de medición*, 65 (1), 67-72.

<http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v65n1/0120-0011-rfmun-65-01-00067.pdf>

López, K. Y., Cárdenas, H. H., Hernández, J.E., Gómez, J. A. y Castineyra, S. (2020).

Evaluación de los niveles de actividad física, y salud mental en universitarios durante la pandemia SARS-COV2. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 11 (2), 90-103.

<https://doi.org/10.24310/riccafd.2022.v11i2.14701>

López, M. (2011). Memoria de trabajo y aprendizaje: aportes de la neuropsicología.

Cuadernos de neuropsicología, 5 (1), 25-47.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4853443.pdf>

- López, M. (2013). Rendimiento académico: su relación con la memoria de trabajo. *Revista electrónica "Actualidades investigativas en educación"*, 13 (3), 1-19.
<https://www.redalyc.org/pdf/447/44729878008.pdf>
- López, M. (2013). Diferencias en el desempeño de la memoria de trabajo: un estudio en niños de diferentes grupos sociales. *Revista nacional e internacional de educación inclusiva*, 6 (3), 109 - 119.
<https://revistaeducacioninclusiva.es/index.php/REI/article/view/154>
- López, M. D., Zamarrón, M. D. y Fernández, R. (2011). Asociación entre la realización de ejercicio e indicadores de funcionamiento físico y cognitivo. Comparativa de resultados en función de la edad. *Revista española de geriatría y gerontología*, 46 (1), 15-20.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0211139X10001289?via%3Dihub>
- Luria, A. R. (1979). *Atención y memoria*. Editorial Fontanella.
https://proletarios.org/books/Alexander-Luria-Atencion_y_Memoria.pdf
- Lyu, K., Elliott, T., Knowles, M. & Howard, R. (2022). Heart rate variability in relation to cognition and behavior in neurodegenerative diseases: a systematic review and meta-analysis. *Ageing research reviews*, 73, 1-18.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568163721002865>
- Malik, M. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use: task force of the European society of cardiology and the north American society for pacing and electrophysiology. *Annals of noninvasive*

electrocardiology, 1(2), 151-181. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1542-474X.1996.tb00275.x>

Maureira, F. (2016). Efectos del ejercicio físico sobre las funciones ejecutivas: una revisión del 2010 al 2016. *Revista digital de educación física*, 8 (43).
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5758185.pdf>

Medina, A. L. (2016). Memoria de trabajo y rendimiento académico en estudiantes de 4 grado de educación primaria. [Tesis de maestría, Universidad internacional de la Rioja]. Archivo digital.
<https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/4588/MEDINA%20FLOREZ%2c%20ALBA%20LUCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Monark. (s.f.). Instruction manual Monark Ergometer Model 818E.
<http://fitnesssuperstore.info/pdfs/Monark%20818E%20Ergometer%20Owners%20Manual.pdf>

Mora, J., Cornejo, I. E., Cadenas, C., Migueles, J. H., Rodriguez, M., Molina, P., Hillman, C. H., Catena, A., Pontifex, M. B. & Ortega, F. B. (2019). Fitness, physical activity, working memory, and neuroelectric activity in children with overweight/obesity. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 29, 1352-1363.
<https://eds.s.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=631263e6-8156-4989-9139-42e15e691101%40redis>

Morgado, I. (2005). Psicobiología del aprendizaje y la memoria. *Cuadernos de información y comunicación*, 10, 221 - 233. <https://www.redalyc.org/pdf/935/93501010.pdf>

- Naderi, A., Shaabani, F., Esmaeili, A. & Borella, E. (2018). Effects of low and moderate acute resistance exercise on executive function community-living older adults. *Sports, exercise and performance psychology*, 8 (1), 106-122.
<https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2Fspy0000135>
- Navarro, X. (2002). Fisiología del sistema nervioso autónomo. *Revista de neurología*, 35(6), 553-562. https://www.esi.academy/wp-content/uploads/Fisiologia_del_sistema_nervioso_autonomo.pdf
- Organización Panamericana de la Salud. (2020). Directrices de la OMS para la reducción de los riesgos de deterioro cognitivo y demencia.
https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52426/9789275322574_spa.pdf
- Pasek, E., & Matos, Y. (2006). Cinco paradigmas para abordar lo real. *Telos*, 8 (1), 106-121.
<https://www.redalyc.org/pdf/993/99318655008.pdf>
- Patiño, L. (2018). Teorías y métodos conductismo y enfoque cognitivo. Fundación universitaria del área Andina.
<https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/3530/68%20TEOR%C3%8DAS%20Y%20M%C3%89TODOS%20CONDUCTISMO%20Y%20ENFOQUE%20COGNITIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pelegriana, S., Lechuga, M. T. y Elosua, M. R. (2016). Memoria de trabajo. En Acosta, A., Gómez, C. J., Tudela, P. y Bajo, M. T. (Eds.). *Mente y cerebro de la psicología experimental a la neurociencia cognitiva: Pío Tudela, una trayectoria científica* (237-262). Alianza.

Polar. (s.f.) *Polar 10*. https://support.polar.com/e_manuals/h10-heart-rate-sensor/polar-h10-user-manual-espanol/manual.pdf

Ortigosa, J., Reigal, R., Carranque, G. y Hernández, A. (2018). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: investigación y aplicaciones prácticas para el control de los procesos adaptativos en el deporte. *Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte*, 13 (1), 121-130. <https://www.redalyc.org/pdf/3111/311153534012.pdf>

Ottaviani, C., Zingaretti, P., Petta, A. M., Antonucci, G., Thayer, F.J. & Spitoni, G. F. (2018). Resting heart rate variability predicts inhibitory control above and beyond impulsivity. *Journal of psychophysiology*, 33(3), 198-206.
<https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000222>

Ramírez, M. B., Raya, M. y Ruiz, M. (2018). Sedentarismo y salud: efectos beneficiosos de la actividad física en estudiantes universitarios. *Reidocrea*, 7, 79-84.
<https://www.ugr.es/~reidocrea/7-7.pdf>

Resolución número 8430 de 1993. (1993, 4 de octubre). Ministerio de salud.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

Reyes de Beaman, S., Beaman, P., García, C., Villa, M. A., Heres, J., Córdova, A. & Jagger, C. (2004). Validation of a modified version of the Mini-Mental State Examination (MMSE) in spanish. *Aging, Neuropsychology and Cognition* 11 (1): 1–11.
<https://doi.org/10.1076/anec.11.1.1.29366>

Ruiz, J. M., Llanero, M., Lozoya, P., Fernández, M. A. y Pedrero, E. J. (2010). Estudio neuropsicológico de adultos jóvenes con quejas subjetivas de memoria: implicación de las funciones ejecutivas y otra sintomatología frontal asociada. *Revista de*

neurología, 51 (11), 650-660. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/140-2013-10-04-documento25547.pdf>

Russo, M.J., Kañevsky, A., Leis, A., Iturry, M., Roncoroni, M., Serrano, C., Cristalli, D., Ure, J. & Zuin, D. (2020). Papel de la actividad física en la prevención del deterioro cognitivo y demencia en adultos mayores: una revisión sistemática. *Grupo de trabajo de neurología de la conducta y neurociencias cognitivas de la sociedad neurológica argentina*, 12 (2), 124-137. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85083050022&origin=inward&txGid=34e357bf225ae002229caef370b60cbc>

Salas, J., Herrera, E., Garcés, E. J., Herrera, M. F., Brenes, J. Monge, J. (2017). Efecto del ejercicio físico sobre la memoria a corto plazo y velocidad en el procesamiento de información de un paciente que sufrió trauma craneoencefálico: un caso de estudio. *Cuadernos de psicología del deporte*, 17 (2), 131-137. <https://www.redalyc.org/pdf/2270/227052203014.pdf>

Sánchez, P. (2020). Efecto de la actividad física en la atención y memoria de trabajo en personas mayores. [Tesis de pregrado, Universitat de les Illes Balears]. Archivo digital. https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/155188/Sanchez_deAlcazar_Molina_Paula.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, L., Herazo, Y., Galeano, L., Romero, K., Guerrero, F. y Mancilla, G. (2019). Comportamiento sedentario en estudiantes universitarios. *Revista latinoamericana de hipertensión*, 14 (4), 232 - 236. https://www.revhipertension.com/rlh_4_2019/4_comportamiento_sedentario.pdf

- Sanchis, G., García, M., Sebastia, S., Diana, C. y Tortosa, J. (2022). Acciones para una universidad saludable: Impacto sobre la salud mental y física de los jóvenes. *Retos*, 44, 1045-1052. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/91940/67931>
- Schaich, C. L., Malaver, D., Chen, H., Shaltout, H. A., Zeki, A., Herrington, D. M. & Hughes, T. M. (2020). Association of heart rate variability with cognitive performance: The multi-ethnic study of atherosclerosis. *Journal of the american heart association*,
- Sibaja, J., Sánchez, T. y Rodríguez, O. A. (2019). El papel de la memoria de trabajo y la inteligencia fluida en las calificaciones escolares: un enfoque de ecuaciones estructurales. *Revista actualidades investigativas en educación*, 19 (1), 1-26. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/aie/v19n1/1409-4703-aie-19-01-137.pdf>
- Solla, J. A. (2015). Influencia del ejercicio físico sobre la función cognitiva en pacientes con daño cerebral adquirido. [Tesis de pregrado, Universidade da Coruña]. Archivo digital. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14809/SollaPereira_JoseAntonio_TFG_2015.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Sternberg, S. (1966). High speed scanning in human memory. *Science*, 153, 625–654. https://www.researchgate.net/publication/215606890_High-Speed_Scanning_in_Human_Memory
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Sause-Rose, E., Psychol, C. & Johnsen, B. H. (2009). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: The neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Annals of behavioral medicine*, 37, 141-153.

https://www.academia.edu/75445411/Heart_rate_variability_prefrontal_neural_function_and_cognitive_performance_The_neurovisceral_integration_perspective_on_self_regulation_adaptation_and_health

Trevillion, C., Malmberg, L. E. & Esser, P. (2022). Working memory, sustained attention, and physical activity: an intraindividual study. *Psychology of sport and exercise*, 60. <https://en.x-mol.com/paper/article/1491862956304277504>

Torrado, J. L. y Jaramillo, R. A. (2012). Desempeño de la memoria de trabajo en universitarios con rasgo/estado de ansiedad y rasgo/estado ira. *Revista neuropsicología, neuropsiquiatría y neurociencias*, 12 (2), 61-75. <http://nebula.wsimg.com/02bd8189a61680ee2242922235daa408?AccessKeyId=F7A1C842D9C24A6CB962&disposition=0&alloworigin=1>

Universidad Santo Tomas (2018). *Estatuto orgánico*. <https://antiguoportal.usta.edu.co/images/documentos/documentos-institucionales/estatutos/estatuto-organico.pdf>

Universidad Santo Tomas (2018). Pregrado en Cultura Física, Deporte y Recreación. https://plegables.usta.edu.co/pdf/pregrados-presencial/cultura_fisica_deporte_y_recreacion.pdf?_hstc=52145270.70c8588e6bf442e31f8f6040b43ab1b4.1639390922516.1689484866786.1689487305561.62&_hssc=52145270.5.1689487305561&_hsfp=441611244

Universidad Santo Tomas (2021). Pregrado en Psicología. https://plegables.usta.edu.co/pdf/pregrados-presencial/psicologia.pdf?_hstc=52145270.70c8588e6bf442e31f8f6040b43ab1b4.1639390922516.1689484866786.1689487305561.62&_hssc=52145270.5.1689487305561&_hsfp=441611244

39390922516.1689484866786.1689487305561.62& hssc=52145270.4.1689487305561& hsfp=441611244

Varela, M.T., Duarte, C., Salazar, I. C., Lema, L. F. y Tamayo, J. A. (2011). Actividad física y sedentarismo en jóvenes universitarios de Colombia: prácticas, motivos y recursos para realizarlas. *Colombia Médica*, 42 (3).

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95342011000300002

Veloza, L. Jiménez, C., Quiñones, D., Polania, F., Pachón, L. C. y Rodríguez, C. Y. (2019). Variabilidad de la frecuencia cardíaca como factor predictor de las enfermedades cardiovasculares. *Revista colombiana de cardiología*, 26 (4), 205-210.

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-pdf-S0120563319300683>

Vidarte, J. A., Vélez, C., Sandoval, C. y Alfonso, M. L. (2011). Actividad física: estrategia de promoción de la salud. *Hacia la promoción de la salud*, 16 (1), 202-218.

<http://www.scielo.org.co/pdf/hpsal/v16n1/v16n1a14.pdf>

Vidarte, J. A., Vélez, C. y Parra, J. H. (2012). Niveles de sedentarismo en población de 18 a 60 años. Manizales, Colombia. *Revista de salud pública*, 14 (3), 417- 428.

<http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v14n3/v14n3a05.pdf>

Watson, J. B. (1930). *Behaviorism*. New York: Norton.

<https://archive.org/details/behaviorism032636mbp/page/n11/mode/1up>

Wechsler, D. (2008). *Escala Wechsler de inteligencia para adultos - IV-* Editorial el Manual Moderno.

Zapata, L. F., De los Reyes, C., Lewis, S. y Barceló, E. (2009). Memoria de trabajo y rendimiento académico en estudiantes de primer semestre de una universidad de la ciudad de Barranquilla. *Psicología desde el Caribe*, 23, 66-82.

<https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/psicologia/article/view/646/9317>

Zeki, A., Elfassy, T., Carnethon, M. R., Lloyd, D. M. & Yaffe, K. (2018). Heart rate variability and cognitive function in middle age adults: the coronary risk development in young adults. *American journal of hypertension*, 31(1), 27-34.

<https://academic.oup.com/ajh/article/31/1/27/4036193>

Zeki, A., Haan, M. N., Deng, Y., Neuhaus, J. & Yaffe, K. (2014). Reduced heart rate variability is associated with worse cognitive performance in elderly Mexican americans. *Hypertension*, 63, 181-187. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.01888>

Zurita, L. E. (2020). Estrés académico y su relación con la memoria de trabajo en estudiantes universitarios. [Tesis de pregrado, Universidad técnica de Ambato.] Archivo digital.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31119/2/Zurita%20Aimaca%C3%B1a%20Luis%20Eduardo.pdf>

ANEXOS

Anexo A

Consentimiento informado



The image shows a digital document titled "INFORMACION GENERAL" from Universidad Santo Tomás. The header includes the university's logo and name: "UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA". The main title of the document is "INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN LA MEMORIA DE TRABAJO EN JÓVENES UNIVERSITARIOS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ". Below the title, there is a section for the user's email, "andresurrutia@usantotomas.edu.co", with a "Cambiar de cuenta" link and a "No compartido" status. The "INFORMACION GENERAL" section lists the faculties involved: "Facultad de Psicología - Universidad Santo Tomás" and "Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación - Universidad Santo Tomás". It then expresses gratitude for participation in the research project, "Influencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en la memoria de trabajo en jóvenes universitarios de la ciudad de Bogotá", and identifies the researchers as Bernardo Castiblanco Torres and Felipe Ricardo Garavito Peña. Finally, it states that participation is voluntary and that the information provided will be treated confidentially and anonymously for research purposes.

 **UNIVERSIDAD SANTO TOMAS**
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN LA MEMORIA DE TRABAJO EN JÓVENES UNIVERSITARIOS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

andresurrutia@usantotomas.edu.co [Cambiar de cuenta](#) 

 No compartido

INFORMACION GENERAL
Facultad de Psicología - Universidad Santo Tomás
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación - Universidad Santo Tomás

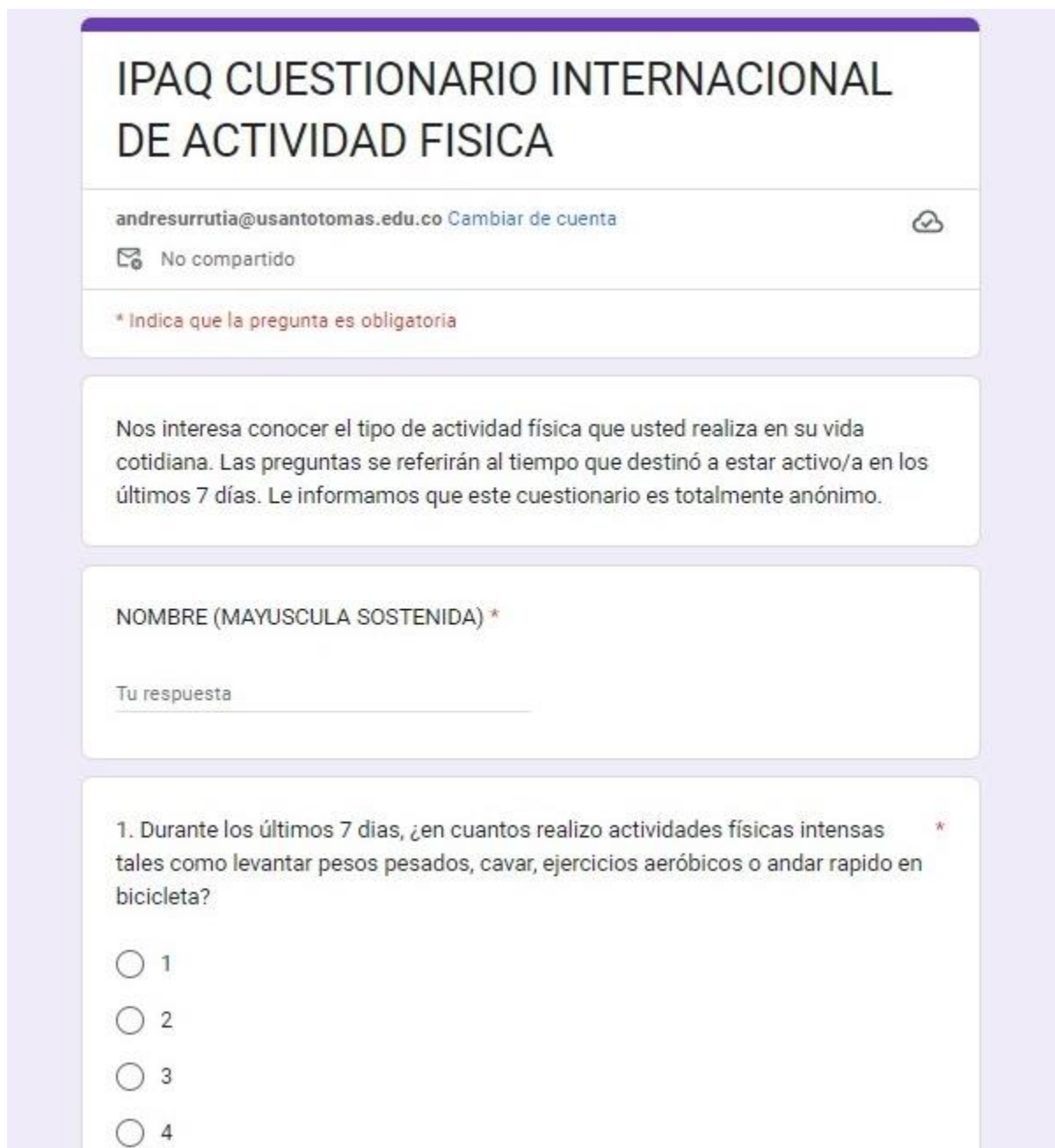
Agradecemos su participación en el proyecto de investigación: **"Influencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en la memoria de trabajo en jóvenes universitarios de la ciudad de Bogotá"**. Esta investigación está dirigida por el docente Bernardo Castiblanco Torres y el docente Felipe Ricardo Garavito Peña.

Su participación es completamente voluntaria y la información aquí consignada será tratada de forma confidencial y anónima, solo será utilizada con fines investigativos.

Nota: Se anexa pantallazo del consentimiento informado y se hace entrega del mismo mediante formato Excel como salida de recopilación de los datos suministrados.

Anexo B

Cuestionario internacional de actividad física



IPAQ CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FISICA

andresurrutia@usantotomas.edu.co [Cambiar de cuenta](#) 

 No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Nos interesa conocer el tipo de actividad física que usted realiza en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que destinó a estar activo/a en los últimos 7 días. Le informamos que este cuestionario es totalmente anónimo.

NOMBRE (MAYUSCULA SOSTENIDA) *

Tu respuesta

1. Durante los últimos 7 días, ¿en cuantos realizo actividades físicas intensas tales como levantar pesos pesados, cavar, ejercicios aeróbicos o andar rapido en bicicleta? *

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

Nota: Se anexa pantallazo del cuestionario internacional de actividad física y se hace entrega del mismo mediante formato Excel como salida de recopilación de los datos suministrados.

Anexo C.

Asentimiento informado



ASENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____ manifiesto que conozco y acepto en mi calidad de Representante Legal las condiciones dispuestas en el formulario de GOOGLE FORMS, derivadas de los cuestionarios a desarrollar y el propósito de la investigación, autorizando que mi hijo (a) participe en la investigación que tiene como título: “Influencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en la memoria de trabajo en jóvenes universitarios de la universidad Santo Tomás”.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Firma representante legal

CC.

Firma estudiante

TI.

Nota: Se anexa pantallazo del asentimiento informado y se hace entrega del mismo mediante formato PDF.

Anexo D

Datos: Estadísticos descriptivos pre test para los indicadores de la variabilidad de la frecuencia cardiaca

Variable	Grupo	Media	Desviación
Variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV)	Control	65	7,211
	Experimental	64,5	8,733
Índice sistema nervioso parasimpático (PNS)	Control	1,0167	2,15649
	Experimental	1,4490	1,93220
Índice sistema nervioso simpático (SNS)	Control	-0,01	1,27085
	Experimental	-0,2195	1,25665
Índice de estrés (SI)	Control	7,61	3,363
	Experimental	7,35	4,095
Promedio Intervalo RR (Mean RR)	Control	879,5	182,945
	Experimental	903,05	148,115
Potencia de baja frecuencia (L.F.u.n.)	Control	55,207	18,91
	Experimental	49,843	20,14
Potencia de alta frecuencia (H.F.u.n.)	Control	44,68	18,87
	Experimental	50,06	20,09
Suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos RR sucesivos (rMSSD)	Control	85,17	51,494
	Experimental	91,60	53,15
Promedio de la frecuencia cardiaca (Mean HR)	Control	69,44	12,05
	Experimental	68,2	11,067

Nota: se presenta la media y la desviación estándar de cada una de las variables en la medición inicial para cada grupo. Fuente: Elaboración propia.

Anexo E

Media, desviación estándar y diferencia de medias en los indicadores de variabilidad de la frecuencia cardiaca post test.

Variable	Grupo	Media	Desviación	Valor P (sig.)
Variabilidad de la frecuencia cardiaca (Milisegundos)	Control	61,89	6,69	0.00***
	Experimental	22,45	7,99	
Índice sistema nervioso parasimpático	Control	0,3489	1,69	0.00***
	Experimental	-3,692	0,51	
Índice sistema nervioso simpático	Control	0,4161	1,21	0.00***
	Experimental	13,505	4,79	
Índice de estrés	Control	8,5	2,64	0.00***
	Experimental	52,3	21,24	
Promedio Intervalo RR (Milisegundos)	Control	820,5	143,004	0.00***
	Experimental	437,45	47,131	
Potencia de baja frecuencia (unidades normalizadas)	Control	50,59	20,42	0.00***
	Experimental	82,67	17,00	
Potencia de alta frecuencia (Unidades normalizadas)	Control	49,30	20,36	0.00***
	Experimental	17,24	16,92	
Suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos RR sucesivos (Milisegundos)	Control	70,33	42,83	0.00***
	Experimental	7,55	10,02	
Promedio de la frecuencia cardiaca (Latidos por minuto)	Control	75,28	13,30	0.00***
	Experimental	138,95	13,51	

Nota: se presenta la media, la desviación estándar y la diferencia de medias entre grupos de cada una de los indicadores de HRV en la medición inicial. Fuente: Elaboración propia.

Anexo F

Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los indicadores de variabilidad de la frecuencia cardiaca en la medición pre test

Variable	Grupo	Estadístico	gl	Valor P (sig.)
Variabilidad de la frecuencia cardiaca	Control	0.944	18	0.342
	Experimental	0.950	18	0.419
Índice sistema nervioso parasimpático	Control	0,850	18	0.008**
	Experimental	0.907	18	0.078
Índice sistema nervioso simpático	Control	0,942	18	0.308
	Experimental	0.920	18	0.131
Índice de estrés	Control	0.949	18	0.409
	Experimental	0.796	18	0.001***
Promedio Intervalo RR	Control	0.839	18	0.006**
	Experimental	0.964	18	0.683
Potencia de baja frecuencia	Control	0.953	18	0.482
	Experimental	0.947	18	0.386
Potencia de alta frecuencia	Control	0.953	18	0.466
	Experimental	0.947	18	0.375
Suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos RR sucesivos	Control	0.855	18	0.010**
	Experimental	0.951	18	0.447
Promedio de la frecuencia cardiaca	Control	0.927	18	0.173
	Experimental	0.958	18	0.555

Nota: se presenta el valor P para la prueba de distribución normal de Shapiro Wilk. (*) para P

< 0.05, (**) para P < 0.01, (***) para P < 0.001.

Anexo G

Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los indicadores de variabilidad de la frecuencia cardiaca en la medición post test

Variable	Grupo	Estadístico	gl	Valor P (sig.)
Variabilidad de la frecuencia cardiaca	Control	0.960	18	0.602
	Experimental	0.950	18	0.418
Índice sistema nervioso parasimpático	Control	0,911	18	0.088
	Experimental	0.918	18	0.117
Índice sistema nervioso simpático	Control	0,956	18	0.530
	Experimental	0.947	18	0.373
Índice de estrés	Control	0.917	18	0.113
	Experimental	0.971	18	0.809
Promedio Intervalo RR	Control	0.966	18	0.717
	Experimental	0.894	18	0.045*
Potencia de baja frecuencia	Control	0.917	18	0.115
	Experimental	0.641	18	0.000*
Potencia de alta frecuencia	Control	0.918	18	0.118
	Experimental	0.641	18	0.000*
Suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos RR sucesivos	Control	0.784	18	0.001*
	Experimental	0.586	18	0.000*
Promedio de la frecuencia cardiaca	Control	0.957	18	0.536
	Experimental	0.962	18	0.644

Nota: se presenta el valor P para la prueba de distribución normal de Shapiro Wilk. (*) para P < 0.05 como indicador de no normalidad.

Anexo H

Media, desviación estándar y diferencia de medias entre los tiempos de medición en los indicadores de variabilidad de la frecuencia cardiaca para el grupo control.

Variable	Tiempo	Media	Desviación	Valor P (sig.)
Variabilidad de la frecuencia cardiaca (Milisegundos)	Pre	65 ms	7.211	0.166
	Post	61.88 ms	6,69	
Índice sistema nervioso parasimpático	Pre	1.0167	2.15	0.135
	Post	0.34	1.69	
Índice sistema nervioso simpático	Pre	-0.01	1.27	0.640
	Post	0.41	1.21	
Índice de estrés	Pre	7.61	3,36	0.820
	Post	8.5	2.64	
Promedio Intervalo RR (Milisegundos)	Pre	879.5 ms	182.94	0.087
	Post	820.5 ms	143.0	
Potencia de baja frecuencia (unidades normalizadas)	Pre	55.2 u.n.	18.19	0.463
	Post	50.59 u.n.	20.42	
Potencia de alta frecuencia (Unidades normalizadas)	Pre	44.68 u.n.	18.87	0.461
	Post	49.34 u.n.	20.36	
Suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos RR sucesivos (Milisegundos)	Pre	85.16 ms	51.49	0.192
	Post	70.33 ms	42.83	
Promedio de la frecuencia cardiaca (Latidos por minuto)	Pre	69.44 lpm	12.05	0.077
	Post	75,27 lpm	13,30	

Nota: se presenta la media, la desviación estándar y la diferencia de medias entre mediciones de cada una de los indicadores de HRV para el grupo control. (*) para $P < 0.05$, (**) para $P < 0.01$, (***) para $P < 0.001$.

Anexo I

Media, desviación estándar y diferencia de medias entre los tiempos de medición en los indicadores de variabilidad de la frecuencia cardiaca para el grupo experimental.

Variable	Tiempo	Media	Desviación	Valor P (sig.)
Variabilidad de la frecuencia cardiaca (Milisegundos)	Pre	64,5ms	8,733	0.00***
	Post	22,45ms	7,99	
Índice sistema nervioso parasimpático	Pre	1,4490	1,932	0.00***
	Post	-3,692	0,51	
Índice sistema nervioso simpático	Pre	-0,2195	1,25	0.00***
	Post	13,505	4,79	
Índice de estrés	Pre	7,35	4,095	0.00***
	Post	52,3	21,24	
Promedio Intervalo RR (Milisegundos)	Pre	903,05ms	148,115	0.00***
	Post	437,45ms	47,131	
Potencia de baja frecuencia (unidades normalizadas)	Pre	49,84 u.n.	20,14	0.00***
	Post	82,67 u.n.	17,00	
Potencia de alta frecuencia (Unidades normalizadas)	Pre	50,06 u.n.	20,09	0.00***
	Post	17,24 u.n.	16,92	
Suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos RR sucesivos (Milisegundos)	Pre	91,60ms	53,15	0.00***
	Post	7,55m	10,02	
Promedio de la frecuencia cardiaca (Latidos por minuto)	Pre	68,2l lpm	11.067	0.00***
	Post	138,95 lpm	13,51	

Nota: se presenta la media, la desviación estándar y la diferencia de medias entre mediciones de cada una de los indicadores de HRV para el grupo control. (*) para $P < 0.05$, (**) para $P < 0.01$, (***) para $P < 0.001$.