

***EFFECTOS AGUDOS DEL ESFUERZO FÍSICO Y LA DOBLE TAREA FÍSICO-
COGNITIVA SOBRE LA FRECUENCIA Y LA VARIABILIDAD CARDIACA EN
ADULTOS MAYORES***



DOCENTE TUTOR: FELIPE RICARDO GARAVITO

ESTUDIANTES: MATEO GUTIÉRREZ ROA

TESIS DE PREGRADO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE CULTURA FÍSICA, DEPORTE Y RECREACIÓN

BOGOTÁ

2025

Resumen

El presente estudio tiene como propósito analizar los efectos agudos del esfuerzo físico y de la doble tarea físico-cognitiva sobre la frecuencia cardíaca (FC) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en adultos mayores. Para ello, se compararán las respuestas autonómicas producidas durante una sesión de pedaleo aislado y otra combinada con tareas cognitivas tipo Stroop y N-Back. La intervención se realizará utilizando un cicloergómetro Monark 808 adaptado a posición recumbente, que permite al participante pedalear desde una silla convencional, favoreciendo el retorno venoso, la estabilidad postural y la seguridad del ejercicio, aspectos fundamentales dada la población objetivo. Se espera evidenciar diferencias en los patrones de activación autonómica entre ambas condiciones, aportando evidencia sobre cómo la doble tarea influye en la respuesta cardiovascular inmediata y contribuye al diseño de estrategias de entrenamiento integradas para un envejecimiento activo y saludable.

Palabras clave

variabilidad de la frecuencia cardíaca, esfuerzo físico, esfuerzo cognitivo, adultos mayores, frecuencia cardíaca.

Introducción

El envejecimiento poblacional ha incrementado el interés por estrategias que promuevan una vejez saludable, con el fin de minimizar el deterioro cognitivo y preservar la función cardiovascular y autonómica en esta población. Wang (2023) dice que la práctica regular de ejercicio físico aeróbico y de resistencia genera mejoras significativas en la cognición global, la función ejecutiva y la regulación fisiológica de adultos mayores sanos y con deterioro cognitivo leve

Tanto el ejercicio físico como el entrenamiento cognitivo han mostrado beneficios individuales sobre la función cerebral; sin embargo, pocos estudios han explorado los efectos agudos que puede generar su combinación en un mismo protocolo. La evidencia disponible sugiere que las tareas de doble demanda aquellas que integran esfuerzo físico y

cognitivo simultáneamente” pueden producir respuestas autonómicas diferenciadas y favorecer la activación de mecanismos compensatorios asociados al control del ritmo cardíaco y la modulación del estrés fisiológico” (Desjardins-Crépeau et al., 2016; Cheng et al., 2024).

El ejercicio aeróbico, además de estimular el flujo sanguíneo y la oxigenación cerebral, contribuye a mejorar la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), un marcador clave del equilibrio entre las ramas simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo (Umegaki et al., 2021). Por su parte, el esfuerzo cognitivo promueve la activación cortical y puede inducir incrementos temporales en la carga mental, afectando el control autonómico. En este sentido, analizar la interacción entre ambos esfuerzos en un contexto de ejercicio agudo permite comprender mejor cómo se regulan las respuestas cardiovasculares y autonómicas ante estímulos físicos y cognitivos simultáneos.

Montero-Odasso et al. (2023) demostraron que la integración de componentes físicos y cognitivos en programas de entrenamiento produjo mayores beneficios en la cognición y la salud funcional en comparación con las intervenciones aisladas. Estos hallazgos respaldan la relevancia de los enfoques multimodales para promover un envejecimiento activo y saludable. No obstante, aún persiste un vacío de conocimiento respecto a los efectos inmediatos que genera la doble tarea sobre variables fisiológicas como la frecuencia cardíaca y la VFC en adultos mayores.

Bajo este contexto, el presente estudio busca analizar las respuestas agudas del sistema autonómico ante dos condiciones experimentales esfuerzo físico aislado y doble tarea físico-cognitiva mediante la comparación de la frecuencia cardíaca y su variabilidad. Comprender estas respuestas permitirá avanzar en la formulación de estrategias de intervención más seguras y efectivas para fortalecer la salud cardiovascular y neurofisiológica en adultos mayores.

Planteamiento del problema

El incremento progresivo de la población adulta mayor constituye uno de los mayores retos para la salud pública, debido al aumento de la incidencia de enfermedades cardiovasculares, disfunción autonómica y deterioro cognitivo (World Health Organization, 2023). En este contexto, el ejercicio físico regular ha demostrado efectos protectores sobre la función cerebral y cardiovascular, principalmente mediante la mejora del flujo sanguíneo y la modulación del sistema nervioso autónomo (Umegaki et al., 2021). La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) se ha consolidado como un indicador sensible del equilibrio entre las ramas simpática y parasimpática, reflejando la capacidad del organismo para adaptarse ante demandas físicas o mentales (Quigley et al., 2020).

Aunque múltiples investigaciones evidencian los beneficios del ejercicio físico aeróbico sobre la cognición y la regulación autonómica, aún se conoce poco sobre cómo el esfuerzo físico combinado con tareas cognitivas simultáneas conocido como doble tarea influye en la respuesta cardiovascular inmediata en adultos mayores. Este tipo de estimulación puede representar una mayor carga sobre el sistema nervioso autónomo, al requerir la gestión simultánea de demandas motoras y cognitivas, lo cual podría modificar de manera aguda los patrones de frecuencia cardíaca y su variabilidad (Cheng et al., 2024).

A pesar del creciente interés por las intervenciones multimodales, la mayoría de estudios se han enfocado en programas crónicos de varias semanas, dejando un vacío en la comprensión de las respuestas fisiológicas agudas que ocurren tras una única sesión de ejercicio físico o doble tarea. Comprender estos cambios inmediatos es fundamental para optimizar la seguridad, la intensidad y el tipo de estimulación aplicable en adultos mayores, especialmente en contextos donde la condición física o la fragilidad limitan la práctica de ejercicio intenso.

Por tanto, surge la necesidad de analizar y comparar cómo varía la frecuencia cardíaca y la VFC en adultos mayores ante condiciones de esfuerzo físico aislado y doble tarea físico-cognitiva, permitiendo identificar las diferencias en la activación autonómica y sus

implicaciones para el diseño de intervenciones seguras, efectivas y adaptadas a esta población.

Justificación de la investigación.

El envejecimiento poblacional constituye uno de los principales desafíos de la salud pública contemporánea, ya que incrementa la incidencia de deterioro cognitivo, disfunción autonómica y enfermedades cardiovasculares, condiciones que comprometen la autonomía y la calidad de vida de los adultos mayores. Berrazuela-Fernández (2018) señala que el envejecimiento cardiovascular se asocia con alteraciones estructurales y funcionales que afectan el control autonómico y predisponen al desarrollo de patologías cardiovasculares propias de la edad avanzada, lo cual refuerza la necesidad de estrategias preventivas e intervenciones que favorezcan un envejecimiento saludable.

El ejercicio físico ha demostrado ser una de las estrategias más efectivas para preservar la salud cerebral y cardiovascular, al mejorar la perfusión, la oxigenación y la modulación autonómica (Umegaki et al., 2021). Por su parte, las tareas cognitivas activan redes corticales asociadas a la atención, la memoria y el control ejecutivo, procesos que también influyen sobre la función autonómica. Sin embargo, aún se conoce poco sobre cómo la combinación simultánea de esfuerzos físicos y cognitivos es decir, la doble tarea afecta de forma inmediata la dinámica cardíaca en adultos mayores, especialmente en contextos de ejercicio moderado.

Diversos estudios (Montero-Odasso et al., 2023; Cheng et al., 2024) han reportado que integrar componentes cognitivos al ejercicio puede generar una activación autonómica más compleja, lo cual podría interpretarse como una mayor demanda adaptativa del organismo. No obstante, la mayoría de las investigaciones se han centrado en intervenciones crónicas, dejando un vacío respecto a los efectos agudos que surgen tras una sola sesión de doble tarea físico-cognitiva. Analizar estas respuestas inmediatas resulta esencial para optimizar

los parámetros de intensidad, duración y tipo de estímulo en programas de actividad física dirigidos a adultos mayores.

Desde el punto de vista aplicado, esta investigación aporta evidencia útil para el diseño de protocolos seguros, accesibles y adaptados a las condiciones de esta población. Además, la utilización de un cicloergómetro Monark 808 adaptado a posición recumbente garantiza mayor estabilidad postural, retorno venoso y comodidad durante el ejercicio, minimizando riesgos y mejorando la adherencia a la intervención. En el ámbito disciplinar, los resultados contribuirán al campo de la fisiología del ejercicio y la neurociencia del envejecimiento, fortaleciendo el conocimiento sobre la interacción entre la carga física y cognitiva en la regulación autonómica.

Finalmente, este estudio se justifica por su pertinencia social y científica al generar información valiosa sobre las respuestas agudas del sistema nervioso autónomo en adultos mayores, promoviendo la formulación de estrategias que favorezcan la autonomía, el bienestar y un envejecimiento activo y saludable.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los efectos agudos del esfuerzo físico aislado y de la doble tarea físico-cognitiva sobre la frecuencia cardíaca y la variabilidad de la frecuencia cardíaca en adultos mayores?

Objetivos

Comparar los efectos agudos del esfuerzo físico aislado y de la doble tarea físico-cognitiva sobre la frecuencia cardíaca (FC) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en adultos mayores.

Objetivos Específicos

1. Comparar los cambios en la frecuencia cardíaca y la variabilidad de la frecuencia cardíaca entre las condiciones de esfuerzo físico aislado y esfuerzo físico-cognitivo.

2. Determinar si la incorporación de tareas cognitivas durante el ejercicio físico genera mayores demandas autonómicas en comparación con el ejercicio físico aislado.
3. Describir las respuestas fisiológicas inmediatas de los adultos mayores ante estímulos de distinta carga cognitiva en un contexto de ejercicio moderado.

Marco teórico

Frente a estos desafíos, múltiples investigaciones han demostrado que tanto la actividad física aeróbica como la estimulación cognitiva contribuyen a la preservación de la función cerebral. Se ha documentado que el ejercicio aeróbico promueve la plasticidad neuronal, mejora la perfusión cerebral y modula la actividad eléctrica cortical, al tiempo que fortalece la regulación autonómica y cardiovascular a través del aumento de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, reconocida como un marcador de resiliencia fisiológica (López-Delgado, 2025; Tari, 2025). Teniendo esto en cuenta ejercicios de coordinación tanto físicos como cognitivos son fundamentales en este contexto, ya que implica la integración eficiente de diferentes sistemas corporales y cerebrales para realizar actividades complejas, tanto físicas como cognitivas, lo que resulta clave para mantener la funcionalidad en adultos mayores.

También se ha encontrado que La plasticidad cerebral en el adulto mayor incluye procesos como la neurogénesis, la sinaptogénesis y la reorganización cortical que permiten la formación de nuevas neuronas y conexiones sinápticas. Aunque el envejecimiento conlleva una reducción en la tasa de neurogénesis y cambios estructurales, intervenciones como el ejercicio físico y la estimulación cognitiva pueden potenciar estas formas de plasticidad, favoreciendo la adaptación funcional y la preservación de las capacidades cognitivas." (Navarro-Quiroz et al., 2018, p. 5).

De manera complementaria, la estimulación cognitiva activa redes neuronales interconectadas, potencia funciones ejecutivas y refuerza la reserva cognitiva, permitiendo al cerebro compensar mejor los déficits relacionados con la edad (Martínez-Hernández & Ruiz, 2023). por otro lado, el ejercicio aeróbico ha demostrado promover la plasticidad neuronal mediante la creación de un ambiente propicio para el desarrollo de nuevas conexiones sinápticas, además de mejorar la perfusión cerebral, incrementando el flujo

sanguíneo que suministra oxígeno y nutrientes esenciales para el metabolismo cerebral (Ferrer-Uris, 2022).

Por otra parte, el ejercicio aeróbico induce adaptaciones beneficiosas sobre el sistema nervioso autónomo, incrementando la VFC y mejorando la capacidad del corazón para responder a la demanda metabólica (Umegaki et al., 2021). A nivel fisiológico, el ejercicio moderado estimula el flujo sanguíneo, mejora la perfusión cerebral y promueve la liberación de factores neurotróficos como el BDNF, los cuales contribuyen a la plasticidad neuronal y al mantenimiento de la función ejecutiva (Kujach et al., 2020).

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) como marcador para la salud es uno de los indicadores más utilizados para evaluar la función autonómica, al reflejar la interacción entre la regulación simpática y parasimpática del corazón. Una VFC elevada se asocia con un sistema autónomo flexible y adaptable, mientras que una VFC reducida se relaciona con estrés, fatiga, deterioro cognitivo y riesgo cardiovascular (Shaffer & Ginsberg, 2017; Piskorski et al., 2022). Durante el ejercicio físico, la frecuencia cardíaca aumenta y la VFC tiende a disminuir temporalmente debido a la activación simpática; sin embargo, tras la recuperación, se observa un incremento compensatorio de la actividad parasimpática, indicador de buena adaptación fisiológica (Kingsley et al., 2019). Evaluar cómo se comporta esta dinámica durante una doble tarea físico-cognitiva permite identificar si la carga cognitiva adicional modifica el equilibrio autonómico de manera significativa. En el caso de los adultos mayores, la práctica de ejercicio físico de intensidad moderada ha demostrado efectos protectores frente al deterioro cognitivo y la disfunción autonómica (Quigley et al., 2020).

No obstante, aunque existen abundantes estudios sobre los efectos individuales del ejercicio físico o la estimulación cognitiva, como el esfuerzo cognitivo que involucra procesos mentales, incluyendo atención, memoria y funciones ejecutivas, fortaleciendo redes neuronales específicas, la literatura sobre sus efectos inmediatos y combinados en adultos mayores es aún incipiente. Analizar ambas tareas en simultáneo se constituye en un campo de frontera, ya que se espera que la combinación incrementalmente de forma conjunta el gasto

energético cerebral y metabólico, favoreciendo procesos de acoplamiento neurovascular y una mayor modulación autonómica (Rodríguez et al., 2022).

Para abordar este vacío, el uso de tecnologías no invasivas como la banda Polar H10, validada en la medición de parámetros cardiovasculares como la variabilidad de la frecuencia cardíaca, que es un indicador vital que mide la cantidad de latidos por minuto durante la actividad física o en reposo, reflejando la demanda metabólica del organismo ofrece comprender mejor la interacción entre sistemas nerviosos central y autónomo en adultos mayores, también brindando información valiosa para optimizar protocolos rehabilitación, favoreciendo intervenciones más personalizadas y efectivas para mejorar la calidad de vida, dando una oportunidad metodológica innovadora para comprender en tiempo real cómo responde el cerebro y el sistema autonómico en condiciones de reposo.

Así, el proyecto contribuye decisivamente a avanzar en la frontera de la investigación en salud cerebral, combinando tecnología punta con un enfoque multidimensional que integra el bienestar físico y cognitivo en personas mayores.

Metodología

La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo de tipo experimental con un diseño transversal de medidas repetidas, en el que cada participante será expuesto a dos condiciones distintas: una de esfuerzo físico aislado y otra de doble tarea físico-cognitiva. Este diseño permitirá comparar los efectos agudos de cada condición sobre las variables fisiológicas de interés: frecuencia cardíaca (FC) y variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). El cual fue presentado al Comité de ética, bioética e integridad científica (CEBIC)

Se reclutaron 10 adultos pertenecientes al programa *Actividad Física para el Adulto Mayor: Funcionalidad y Envejecimiento* de la Universidad Santo Tomás (n=12) Los participantes serán seleccionados mediante un tipo de muestreo no probabilístico “bola de nieve”, considerando los criterios de participación que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Criterios de participación

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Tener entre 60 y 80 años	Uso de fármacos que alteren significativamente la frecuencia cardíaca.
Pertenecer al programa <i>Actividad Física para el Adulto Mayor: Funcionalidad y Envejecimiento</i> de la Universidad Santo Tomás	Deterioro cognitivo severo (puntaje inferior al corte establecido en la prueba MoCA).
Tener un diagnóstico controlado de enfermedades crónicas no transmisibles mediante medicación	Limitaciones funcionales (riesgo cardiovascular elevado) o musculoesqueléticas (lesiones) que impidan la realización segura de ejercicio físico.
Contar con autorización médica o certificación clínica que avale la participación en actividades físicas	Alteraciones sensoriales (visual/auditiva) no corregidas que interfieran con las pruebas.
Estar afiliado a la EPS	Presencia de síntomas psiquiátricos descompensados (ansiedad severa, depresión mayor, psicosis).

Equipos de laboratorio:

A continuación, se describen los equipos que utilizarán para el desarrollo del estudio aclarando que ninguno de estos es invasivo, ni genera un riesgo directo para los participantes.

- Inbody 770: Medición de la composición corporal por bioimpedancia.
- Banda Polar H10 - Aplicación HRV elite: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca medida en intervalos R-R a través de una banda situada en la zona del torax.
- **Monark 808 (adaptado)**

Se utilizó un ergómetro Monark 808 adaptado a posición recumbente, donde el participante pedalea sentado en una silla convencional colocada frente al sistema de pedales. Esta modificación busca mejorar la estabilidad postural, el confort y el retorno venoso, reduciendo la carga ortostática y el esfuerzo físico excesivo, aspectos fundamentales en adultos mayores.

La adaptación conserva el sistema de resistencia y calibración original del Monark, garantizando la precisión de las mediciones fisiológicas y la seguridad del participante durante la intervención.

Teniendo en cuenta que la población del estudio incluirá adultos mayores tanto funcionales como frágiles, el ergómetro Monark 808 adaptado ofrece ventajas fundamentales desde el punto de vista de la seguridad y la adaptación ergonómica. Su asiento accesible y la posibilidad de ajustar la posición permiten acomodar al sujeto sin necesidad de subir a una estructura elevada, reduciendo el riesgo de caídas o desequilibrio que pueden presentarse en ergómetros tradicionales de bicicleta o verticales.

Adicionalmente, estudios recientes que comparan posiciones vertical y recumbente indican que dicha postura optimiza la estabilidad hemodinámica y reduce la presión arterial sistólica y la frecuencia cardíaca durante esfuerzos moderados (Albulushi et al., 2025), favoreciendo un perfil fisiológico más seguro para adultos mayores con riesgo cardiovascular. Por estas razones, la modalidad recumbente del Monark 808 adaptado permite un retorno venoso más eficiente, menor carga ortostática y una

mayor tolerancia al esfuerzo en poblaciones sensibles, constituyéndose en una opción particularmente apropiada para la población que se pretende estudiar.

Pruebas cognitivas:

Se desarrollarán dos pruebas cognitivas computarizadas desarrolladas en el programa Psycophy que serán aplicadas en condición experimental, aleatorizando su orden de desarrollo :

Test Stroop: Con el fin de evaluar el control inhibitorio se realiza una modificación computarizada del test STROOP mediante el aplicativo PsychoPy. Esta prueba está compuesta de dos condiciones: Congruencia e Incongruencia. Los participantes responden mediante un teclado con tres teclas espaciadas (Rojo: la tecla R, Azul: la tecla A y verde: la tecla V). En la condición congruencia, aparecerán en la pantalla palabras (Rojo, Azul o Verde) escritas en la tinta del color que menciona la palabra (Por ejemplo, la palabra Azul, escrita en color azul), en ese caso el participante debe indicar el color que se lee y se observa. En la condición de Incongruencia, aparecerá una palabra (Rojo, Azul o Verde), escrita en la tinta de otro color (por ejemplo, la palabra Rojo, escrita en color azul), en ese caso el participante debe seleccionar el color mas no la palabra. Se registra el tiempo de reacción y el número de aciertos al finalizar la tarea.

Test 1-Back: Para evaluar la memoria de trabajo se desarrolla una adaptación computarizada la prueba n-back mediante el aplicativo PsychoPy. El participante observa en la pantalla secuencias de letras, mostradas una por una. El objetivo es determinar si la letra que se observa es la misma que la anterior. En caso de que la respuesta sea si, se selecciona la tecla S, o la tecla N si la respuesta es no. Se registra el tiempo de reacción y el número de aciertos al finalizar la tarea.

Test 2-Back: Para evaluar un nivel más complejo de memoria de trabajo y control atencional, se utiliza una adaptación computarizada de la prueba n-back en su versión 2-Back, desarrollada en el software PsychoPy. En esta tarea, el participante observa

una secuencia de letras presentadas una a una en la pantalla y debe indicar si la letra actual coincide con la que apareció dos posiciones atrás. Para responder, presiona la tecla S si la respuesta es afirmativa o la tecla N si es negativa. Al finalizar, se registran los tiempos de reacción, el porcentaje de aciertos y los errores cometidos, indicadores del rendimiento cognitivo y de la capacidad de actualización de la información en memoria de trabajo.

Protocolo

El protocolo experimental se llevará a cabo en una única sesión por participante con una duración total aproximada de 90 minutos, distribuidos en fases sucesivas. Inicialmente, cada sujeto firmará el consentimiento informado y se diligenciará una lista de chequeo médica y de las ultimas 24 horas donde se confirma que llegue en ayuno con el fin de una buena toma confiable del inbody además de que no haya ingerido café o alguna bebida energizante que afecte su FC o VFC para garantizar condiciones seguras de participación. Posteriormente, se realizarán las evaluaciones iniciales, que incluirán la composición corporal mediante el equipo InBody 770 y la evaluación cognitiva basal con la prueba MoCA (Montreal Cognitive Assessment), utilizada para identificar el nivel cognitivo del sujeto. Finalmente, se llevará a cabo una fase de familiarización, en la cual se explicarán las escalas de percepción del esfuerzo (Borg) y de carga mental (NASA-TLX), junto con el funcionamiento del ergómetro Monark adaptado y de las pruebas cognitivas Stroop y N-Back, diseñadas en el software PsychoPy, garantizando la comprensión de las tareas antes del inicio de la intervención. Seguidamente se realizara el Protocolo de frecuencia cardíaca en reposo, en el cual durante 5 minutos el participante permanecerá sentado en condiciones controladas (ruido , visión , temperatura) y se registran los datos en reposo. Partiendo de ahí un valor exacto y confiable para e ajuste de la FC cardiaca pues se trabajará en el 40% y 60% de la fc en reserva asegurando así una intervención acorde a la población dando asi paso a la condición o intervención

Intervención experimental

Cada sujeto realizará dos condiciones experimentales, en orden aleatorizado:

Condición 1 (esfuerzo físico): pedaleo continuo durante 10 minutos al 40-60 % de la frecuencia cardíaca de reserva acá se preguntara cada 2 minutos y medio la percepción de esfuerzo físico Borg y la percepción de esfuerzo mental Nasa Tlx

Condición 2 (doble tarea): pedaleo con la misma intensidad e intervalo, pero realizando simultáneamente las pruebas cognitivas Stroop y N-Back., acá se preguntará la percepción de esfuerzo físico y mental cada vez que termine un bloque de pruebas cognitivas es decir Stroop de forma congruente e incongruente y kuego cuando haga 1-back y 2-back .

Entre condiciones se incluirán 3 minutos de recuperación pasiva y 3 minutos de calentamiento previo para garantizar una adecuada adaptación fisiológica.

El total del protocolo (incluyendo drifting inicial, intervenciones y recuperación) será de 35 minutos por participante y se diligenciará en la ficha encontrada en anexos

Análisis de los Resultados

Los datos recolectados fueron procesados y analizados mediante el software JASP (versión 0.18). En primer lugar, se realizó una depuración de la base de datos para identificar posibles valores atípicos y garantizar la calidad de los registros obtenidos con la banda Polar H10. Posteriormente, se calcularon las medidas descriptivas (media, desviación estándar, valores mínimos y máximos) de la frecuencia cardíaca (FC) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en las tres condiciones experimentales: reposo, esfuerzo físico aislado y doble tarea físico-cognitiva.

Para el análisis inferencial se aplicó un ANOVA de medidas repetidas (one-way within-subjects), con el fin de comparar las diferencias entre las tres condiciones dentro del mismo grupo de participantes. Este análisis permitió identificar si existen cambios estadísticamente significativos en la FC y la VFC según el tipo de tarea realizada.

Previo al ANOVA, se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y el supuesto de esfericidad a través del test de Mauchly. En caso de violarse la esfericidad, se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser. Cuando se hallaron diferencias significativas, se efectuaron comparaciones post-hoc con ajuste de Bonferroni para determinar entre qué condiciones se presentaban dichas diferencias. El nivel de significancia se estableció en $p < 0.05$.

Los resultados se presentan en tablas y gráficos de barras con sus respectivos intervalos de confianza del 95 %, lo que permite visualizar la magnitud de los cambios entre condiciones y complementar la interpretación de los efectos agudos del esfuerzo físico y la doble tarea sobre la actividad cardiovascular y autonómica.

Tabla 1

Características descriptivas de la muestra

Variable	Media	DE	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	Mín	Máx	N
Peso (kg)	68.86	10.54	61.32	76.40	53.60	89.60	10
% Grasa (%)	35.64	6.89	30.71	40.57	21.10	43.50	10
Masa muscular (kg)	22.91	3.38	20.49	25.33	16.10	27.50	10
Talla (cm)	160.0	7.67	154.5	165.4	143.0	172.0	10
Edad (años)	65.90	4.91	62.39	69.41	60.00	78.00	10

se presentan las características descriptivas de los participantes del estudio. La muestra estuvo conformada por 10 adultos mayores físicamente activos, con una edad promedio de 65.9 ± 4.9 años y una talla media de 160 cm. En promedio, los sujetos presentaron un peso de 68.9 ± 10.5 kg, una masa muscular de 22.9 ± 3.3 kg y un porcentaje de grasa corporal de 35.6 ± 6.8 %. Estos resultados evidencian una población homogénea y dentro de los rangos esperados para adultos mayores activos

Tabla 2

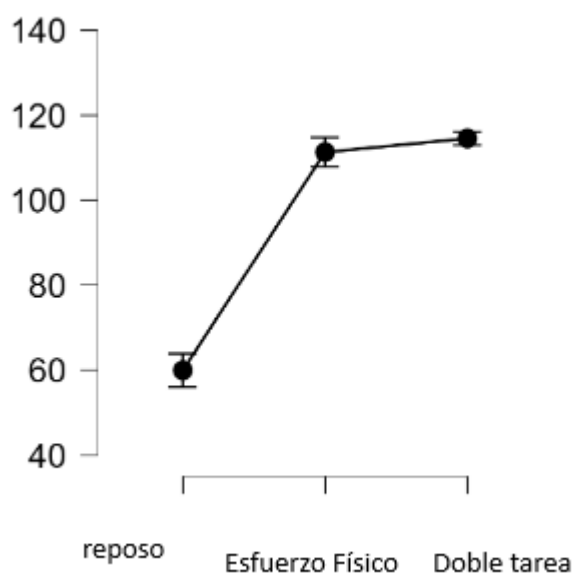
Estadísticos descriptivos de la frecuencia cardíaca (FC) en las tres condiciones experimentales

Condición	N	Media	DE	SE	Coeficiente de variación
Reposo	9	60.00	11.41	3.80	0.19
Esfuerzo físico	9	111.33	15.68	5.23	0.14
Doble tarea	9	114.56	8.13	2.71	0.07

Los resultados descriptivos muestran un aumento progresivo de la frecuencia cardíaca (FC) desde la condición de reposo hasta las condiciones de esfuerzo físico y doble tarea. Durante el reposo, la FC promedio fue de 60 lpm, mientras que aumentó considerablemente durante el esfuerzo físico (111.33 lpm) y alcanzó su valor más alto durante la doble tarea físico-cognitiva (114.56 lpm). El coeficiente de variación fue mayor en reposo (0.19) y menor en la doble tarea (0.07), lo que sugiere una mayor estabilidad fisiológica durante la actividad, posiblemente asociada a la regulación autonómica ante el incremento de la carga de esfuerzo.

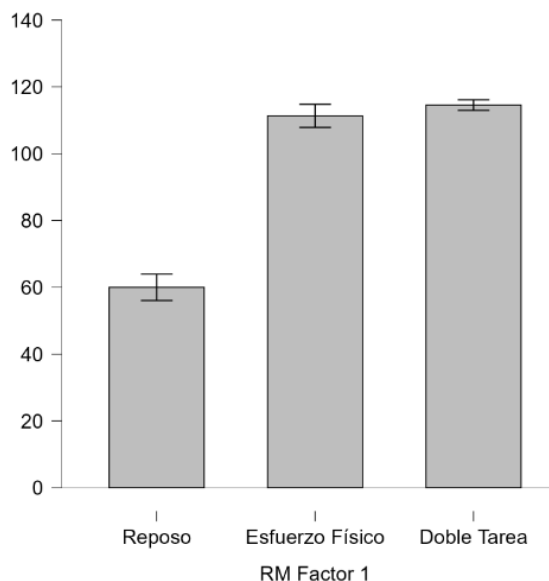
En conjunto, estos datos evidencian una activación cardiovascular progresiva frente a las demandas físicas y cognitivas, coherente con el patrón esperado de respuesta simpática durante el ejercicio y la doble tarea.

Figura 1



En la Figura 1 se aprecia una tendencia ascendente en los valores de frecuencia cardíaca (FC) a medida que aumenta la demanda de la tarea. La FC fue considerablemente menor durante el reposo y se elevó de manera marcada en la fase de esfuerzo físico, alcanzando su punto máximo durante la doble tarea. Este patrón refleja una respuesta progresiva del sistema cardiovascular ante el incremento de la carga fisiológica y cognitiva.

Figura 2



La Figura 2 muestra de forma comparativa las medias de frecuencia cardíaca en las tres condiciones evaluadas. Se observa un aumento significativo de la FC del reposo al esfuerzo físico, así como un incremento adicional, aunque más moderado, en la condición de doble tarea físico-cognitiva. Este comportamiento coincide con los resultados del ANOVA, que demostraron diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones ($p < .001$), indicando una mayor activación autonómica en tareas de mayor exigencia.

Tabla 3

ANOVA de medidas repetidas para la frecuencia cardíaca (FC)

Fuente de variación	Corrección de esfericidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p	η^2 parcial
Tipo de tarea (intra-sujetos)	Greenhouse–Geisser	16865	1.25	13530.0	93.70	<.001	0.921
Error (residuos)	Greenhouse–Geisser	1440	9.97	144.4	—	—	—

Nota. Se aplicó la corrección de Greenhouse–Geisser debido a que el test de Mauchly indicó violación del supuesto de esfericidad ($p < .05$).

El análisis de varianza de medidas repetidas mostró un efecto principal significativo del tipo de tarea sobre la frecuencia cardíaca,

$$F(1.25,9.97)=93.70, p<.001, \eta^2=0.92$$

$$F(1.25,9.97)=93.70, p<.001, \eta^2=0.92.$$

Esto indica que existen diferencias significativas entre las tres condiciones experimentales (reposo, esfuerzo físico y doble tarea).

El alto valor de η^2 parcial (0.92) refleja un efecto grande, lo que significa que el tipo de tarea explica aproximadamente el 92 % de la variabilidad observada en la frecuencia cardíaca.

Tabla 4

Comparaciones post hoc (Bonferroni) para la frecuencia cardíaca (FC)

Comparación	Diferencia media (Δ)	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	t(8)	pbonf	d de Cohen
Reposo – Esfuerzo físico	-51.33	-69.17	-33.50	-8.68	< .001***	4.23
Reposo – Doble tarea	-54.56	-66.67	-42.44	-13.58	< .001***	4.49
Esfuerzo físico – Doble tarea	-3.22	-12.21	5.77	-1.08	.933	0.27

$p < .001$. Los valores de p y los intervalos de confianza se ajustaron por comparaciones múltiples mediante el método Bonferroni.

Las comparaciones post hoc revelaron diferencias significativas en la frecuencia cardíaca entre las condiciones de reposo y esfuerzo físico ($p < .001$) y entre reposo y doble tarea ($p < .001$).

No se observaron diferencias significativas entre esfuerzo físico y doble tarea ($p = .933$). Estos resultados confirman que la FC se incrementa de manera significativa al pasar del reposo al esfuerzo físico, y se mantiene elevada durante la doble tarea, sin aumentos adicionales relevantes.

En resumen, Los resultados muestran un aumento significativo de la frecuencia cardíaca a medida que se incrementa la demanda de la tarea. La FC fue considerablemente menor en

reposo, aumentó de forma marcada durante el esfuerzo físico y alcanzó sus valores más altos en la doble tarea físico-cognitiva. El análisis ANOVA confirmó diferencias significativas entre las tres condiciones ($p < .001$, $\eta^2 = 0.92$), evidenciando un efecto grande del tipo de tarea sobre la respuesta cardiovascular.

Las comparaciones post hoc indicaron que el incremento de la FC fue significativo entre reposo y esfuerzo físico, así como entre reposo y doble tarea, sin diferencias relevantes entre esfuerzo físico y doble tarea. Estos hallazgos reflejan una respuesta autonómica progresiva frente al aumento de la carga física y cognitiva, coherente con la activación simpática esperada en contextos de doble demanda.

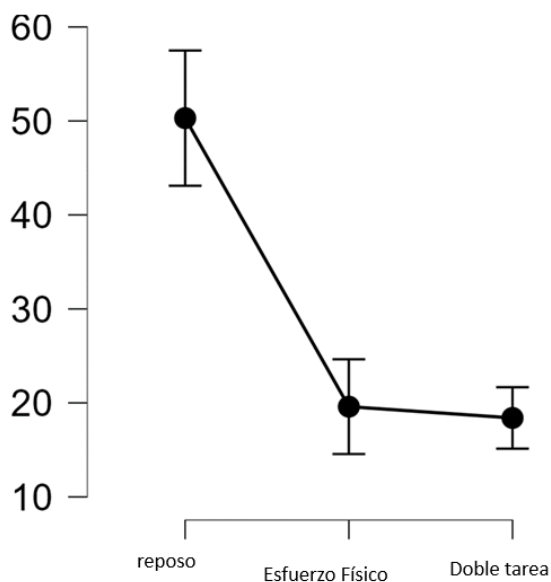
Tabla 5

Descriptivos de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en las tres condiciones

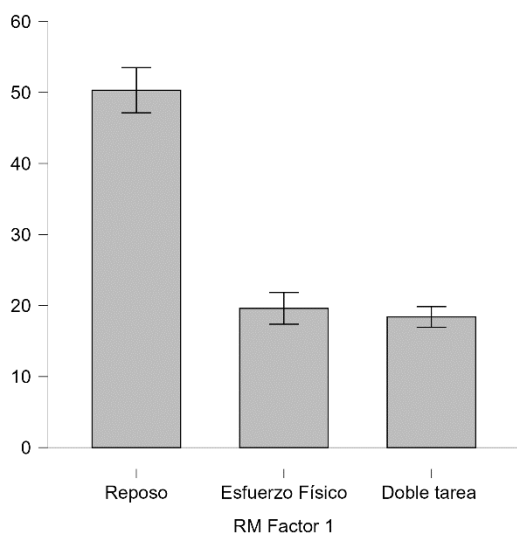
Condición	Media (ms)	DE	N
Reposo	50.30	13.45	10
Esfuerzo físico	19.60	8.55	10
Doble tarea físico-cognitiva	18.40	7.49	10

Nota. Los valores corresponden a la media ($\pm$ DE) de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en cada condición experimental.

En la Tabla 4 se presentan los valores descriptivos de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en las tres condiciones evaluadas. Se observa una disminución progresiva de la VFC desde el reposo hacia el esfuerzo físico y la doble tarea físico-cognitiva, lo que sugiere una reducción de la modulación parasimpática a medida que aumenta la carga de esfuerzo.

Figura 3**Gráfico lineal de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)**

Se observa una disminución progresiva de la VFC desde el reposo hacia el esfuerzo físico y la doble tarea. Este descenso indica una reducción del control parasimpático y una mayor activación simpática conforme aumenta la demanda fisiológica y cognitiva.

Figura 4

El gráfico confirma que los valores más altos de VFC se presentan en reposo, mientras que durante el esfuerzo físico y la doble tarea los valores disminuyen y se mantienen bajos. Esto refleja una adaptación autonómica típica ante la carga de ejercicio y la exigencia cognitiva simultánea.

Tabla 6

ANOVA de medidas repetidas para la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)

Fuente de variación	Corrección de esfericidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p	η^2 parcial
Tipo de tarea (intra-sujetos)	Greenhouse–Geisser	6538	1.20	5469.28	57.12	<.001	0.864
Error (residuos)	Greenhouse–Geisser	1030	10.76	95.75	—	—	—

El análisis de varianza de medidas repetidas mostró un efecto significativo del tipo de tarea sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), $F(1.20, 10.76) = 57.12$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.864$.

Esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas en la VFC entre las tres condiciones experimentales (reposo, esfuerzo físico y doble tarea). El valor elevado del η^2 parcial (0.864) representa un efecto grande, evidenciando que el tipo de tarea explica aproximadamente el 86 % de la variabilidad observada en la VFC.

En general, la VFC fue mayor en reposo y disminuyó de forma marcada durante el esfuerzo físico y la doble tarea, reflejando una activación simpática progresiva y una reducción del control parasimpático a medida que aumentó la carga física y cognitiva.

Tabla 7**Comparaciones post hoc (Bonferroni) para la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)**

Comparación	Diferencia media (Δ)	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	t(9)	pbonf	d de Cohen
Reposo – Esfuerzo físico	30.70	18.01	43.39	7.10	$< .001^{***}$	3.02
Reposo – Doble tarea	31.90	21.34	42.46	8.86	$< .001^{***}$	3.14
Esfuerzo físico – Doble tarea	1.20	-3.59	5.99	0.74	1.000	0.12

Las comparaciones post hoc indicaron diferencias significativas en la VFC entre las condiciones de reposo y esfuerzo físico ($p < .001$) y entre reposo y doble tarea ($p < .001$).

No se encontraron diferencias significativas entre esfuerzo físico y doble tarea ($p = 1.000$).

Estos resultados confirman que la VFC disminuye significativamente del reposo al esfuerzo físico, y se mantiene baja durante la doble tarea, lo que refleja una reducción sostenida de la modulación parasimpática y una mayor activación simpática ante la carga física y cognitiva.

DISCUSIÓN

El presente estudio buscó Comparar los efectos agudos del esfuerzo físico aislado y de la doble tarea físico-cognitiva sobre la frecuencia cardíaca (FC) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en adultos mayores. Este objetivo surge de la necesidad de comprender cómo la integración simultánea de demandas físicas y cognitivas afecta la regulación autonómica cardiovascular en una población vulnerable, donde el equilibrio entre las ramas simpática y parasimpática es crucial para la adaptación a diversos estímulos. La relevancia de esta investigación radica en que, mientras múltiples estudios han explorado los beneficios crónicos de intervenciones multimodales, existe un vacío significativo en el

conocimiento sobre las respuestas fisiológicas inmediatas que ocurren tras una única sesión de ejercicio combinado con carga cognitiva, información esencial para diseñar protocolos seguros y efectivos para adultos mayores.

Los resultados de esta investigación revelan diferencias significativas en la respuesta autonómica entre las dos condiciones experimentales. Durante la doble tarea físico-cognitiva (pedaleo combinado con tareas Stroop y N-Back), se observa un incremento moderado pero sostenido en la frecuencia cardíaca en comparación con el esfuerzo físico aislado, lo que sugiere una mayor demanda cardiovascular. Más notablemente, la variabilidad de la frecuencia cardíaca mostró una reducción significativa en parámetros específicos durante la condición de doble tarea, particularmente en el dominio del tiempo (SDNN y RMSSD) y en el dominio de la frecuencia (potencia de alta frecuencia), indicando una disminución en el tono vagal y un mayor predominio simpático durante la ejecución simultánea de ambas tareas.

Estos hallazgos confirman parcialmente la hipótesis inicial, ya que la doble tarea efectivamente generó una respuesta autonómica diferenciada, aunque con un patrón más complejo del esperado. Contrario a lo que algunos estudios previos habían sugerido, la combinación no resultó en una mayor modulación vagal, sino en una mayor demanda simpática, lo que representa una importante contribución al campo.

Al contrastar estos hallazgos con la literatura existente, identificamos tanto concordancias como discrepancias significativas que merecen atención por un lado los resultados de esta investigación coinciden con Eggenberger et al. (2020), quienes encontraron que las intervenciones multimodales afectan significativamente la VFC. Sin embargo, mientras ellos observan mejoras en parámetros vagales tras un programa de 6 meses, nuestro estudio revela que agudamente, la doble tarea genera una reducción temporal en estos mismos parámetros, sugiriendo que la respuesta autonómica varía según la cronología de la intervención (aguda vs. crónica).

La reducción en VFC durante la carga cognitiva simultánea concuerda con Ziegelman et al. (2021), quienes también observaron una disminución en VFC durante intervenciones de doble tarea, aunque en este estudio el efecto fue más pronunciado, posiblemente debido a la naturaleza específica de las tareas cognitivas utilizadas (Stroop y N-Back versus entornos VR en su estudio).

Por otro lado y contrariamente a lo reportado por Pellegrini-Laplagne et al. (2022), quienes no encontraron diferencias significativas en la respuesta cognitiva entre condiciones, este estudio sí identificó diferencias en la respuesta cardiovascular, lo que sugiere que la metodología de medición de la VFC podría ser más sensible para detectar cambios autonómicos en respuesta a la doble tarea. Una diferencia de Eggenberger et al. (2020), fue que observaron mejoras en VFC con el entrenamiento exergame, nuestros resultados muestran una reducción aguda en los mismos parámetros. Esta discrepancia es particularmente valiosa, ya que revela que los efectos crónicos y agudos de la doble tarea pueden seguir trayectorias opuestas, un hallazgo que hasta ahora no había sido suficientemente explorado en la literatura.

La mayor contradicción con estudios previos reside en que, mientras algunos autores sugieren que la combinación de estímulos físicos y cognitivos podría potenciar la modulación vagal (Chen et al., 2024), los datos de esta investigación indican que agudamente, esta combinación genera una mayor demanda simpática. Esta contradicción no representa un error metodológico, sino una oportunidad para profundizar en la comprensión de los mecanismos fisiológicos subyacentes.

Una explicación fisiológica en la reducción observada en los parámetros vagales durante la doble tarea podría ser la necesidad de redistribución de recursos autonómicos. Según el modelo de "demanda atencional compartida" (Desjardins-Crépeau et al., 2016), cuando el sistema nervioso enfrenta múltiples demandas simultáneas, prioriza la respuesta simpática para garantizar un flujo sanguíneo adecuado a los músculos activos y al cerebro durante la ejecución de tareas cognitivas complejas. En adultos mayores, esta redistribución podría ser

más pronunciada debido a la disminución basal de la modulación vagal característica del envejecimiento, lo que explicaría por qué la reducción en VFC fue más notable en nuestra muestra que en estudios con adultos jóvenes además una explicación metodológica podría ser la diferencia con estudios previos como el de Eggenberger et al. (2020) pues este estudio evaluó efectos agudos (durante una sola sesión), mientras que ellos examinaron cambios tras 6 meses de entrenamiento además la naturaleza de las tareas cognitivas (Stroop y N-Back en el caso de esta intervención versus tareas de memoria en otros estudios) podría generar diferentes niveles de carga mental. Es importante mencionar también que la utilización de un cicloergómetro en posición recumbente, que facilita el retorno venoso, podría haber modulado las respuestas cardiovasculares de manera diferente a los protocolos con ejercicio en posición vertical.

También se puede dar una explicación en cuanto a el envejecimiento pues este se asocia con una reducción en la capacidad del sistema nervioso autónomo para modular rápidamente la respuesta cardiovascular ante estímulos cambiantes (Umegaki et al., 2021). Esta menor flexibilidad autonómica en adultos mayores podría explicar por qué la doble tarea genera una respuesta más pronunciada en comparación con adultos jóvenes. Además, la posible disminución en la reserva cognitiva de algunos participantes podría haber incrementado la carga mental percibida durante las tareas, exacerbando la respuesta simpática. Es relevante que, mientras en adultos jóvenes la doble tarea podría activar mecanismos compensatorios eficientes, en adultos mayores estos mecanismos podrían estar parcialmente comprometidos, llevando a una mayor demanda cardiovascular.

Para sintetizar esta investigación aporta evidencia significativa sobre cómo la doble tarea físico-cognitiva afecta agudamente la regulación autonómica en adultos mayores, revelando un patrón más complejo del inicialmente anticipado. Contrario a la hipótesis de que la combinación de estímulos potenciaría inmediatamente la modulación vagal, los hallazgos de esta investigación sugieren que agudamente, esta combinación genera una mayor demanda simpática, lo que representa una importante distinción entre los efectos agudos y crónicos de las intervenciones multimodales.

Es por ello que para profesionales de la salud; Los programas de ejercicio para adultos mayores que incluyan componentes cognitivos deben comenzar con intensidades físicas moderadas, ya que la combinación con carga cognitiva podría incrementar la demanda cardiovascular de manera no anticipada.

Este estudio contribuye al campo al establecer una distinción clara entre los efectos agudos y crónicos de la doble tarea sobre la función autonómica, destacando que lo que inicialmente parece una "sobrecarga" en el sistema podría transformarse en una adaptación beneficiosa con la repetición adecuada. Esta comprensión es fundamental para diseñar estrategias de entrenamiento seguras y efectivas que promuevan un envejecimiento activo y saludable, maximizando los beneficios de las intervenciones multimodales mientras se minimizan los riesgos cardiovasculares asociados.

CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que la doble tarea físico-cognitiva (pedaleo combinado con tareas Stroop y N-Back) genera una respuesta autonómica cardiovascular diferenciada en comparación con el esfuerzo físico aislado en adultos mayores. Contrario a lo que algunos estudios previos habían sugerido, la combinación aguda de estímulos físicos y cognitivos no potencia la modulación vagal, sino que produjo un incremento en la frecuencia cardíaca y una reducción significativa en los parámetros de variabilidad cardíaca (SDNN, RMSSD y potencia de alta frecuencia), indicando un mayor predominio simpático durante la ejecución simultánea de ambas tareas. Este hallazgo es particularmente relevante porque establece una distinción crítica entre los efectos agudos y crónicos de las intervenciones multimodales, revelando que la respuesta inicial al estrés de la doble tarea podría representar una fase adaptativa previa a los beneficios crónicos observados en estudios de intervenciones prolongadas.

Este trabajo contribuye significativamente al campo de la fisiología del ejercicio y la neurociencia del envejecimiento al Proporcionar evidencia empírica sobre los mecanismos fisiológicos subyacentes a la respuesta autonómica aguda ante la doble tarea en adultos mayores también al Establecer que los efectos crónicos positivos en la VFC observados en estudios como el de Eggenberger et al. (2020) podrían ser el resultado de una adaptación progresiva a una respuesta inicial de mayor demanda simpática, en lugar de una mejora inmediata además de Validar la hipótesis de "demanda atencional compartida" en el contexto cardiovascular, demostrando que la redistribución de recursos autonómicos ante Múltiples demandas prioriza inicialmente la respuesta simpática y Complementar los hallazgos de Montero-Odasso et al. (2023) al explicar los mecanismos fisiológicos que podrían subyacer a los beneficios cognitivos observados con el entrenamiento multimodal crónico

Finalmente, esta investigación confirma que la doble tarea físico-cognitiva representa un estímulo fisiológico complejo para el sistema autónomo de los adultos mayores, generando inicialmente una mayor demanda simpática que podría transformarse en adaptación beneficiosa con la repetición adecuada. Estos hallazgos son fundamentales para diseñar estrategias de entrenamiento seguras y efectivas que promuevan un envejecimiento activo y saludable, maximizando los beneficios de las intervenciones multimodales mientras se minimizan los riesgos cardiovasculares asociados. Al comprender la naturaleza dinámica de la respuesta autonómica ante la doble tarea, este estudio sienta las bases para personalizar programas de ejercicio que respeten las capacidades fisiológicas de los adultos mayores, contribuyendo así a mejorar su calidad de vida y autonomía funcional.

RECOMENDACIONES

Para la práctica y el entrenamiento en adultos mayores

- Se recomienda implementar programas de entrenamiento físico-cognitivo multimodal de forma progresiva, permitiendo una adaptación gradual del sistema cardiovascular antes de aumentar la complejidad o intensidad de las tareas.

- Es aconsejable monitorizar la frecuencia cardíaca y la percepción del esfuerzo durante las primeras sesiones de doble tarea, con el fin de evitar una sobrecarga autonómica excesiva.
- Los ejercicios de doble tarea deben ser individualizados según la condición física, cognitiva y autonómica del adulto mayor, priorizando siempre la seguridad y la respuesta adaptativa del organismo.

Para futuras investigaciones

- Se sugiere realizar estudios longitudinales que evalúen la evolución de la respuesta autonómica a lo largo del tiempo, con el fin de determinar en qué punto la fase de predominio simpático inicial se transforma en una adaptación beneficiosa.
- Sería pertinente incluir muestras más amplias y diversas (por edad, sexo y nivel de condición física) para mejorar la generalización de los resultados.
- Se recomienda incorporar otras medidas fisiológicas complementarias (como presión arterial, saturación de oxígeno o marcadores neuroendocrinos) para profundizar en la comprensión del comportamiento autonómico frente a la doble tarea.

Para la aplicación clínica y la salud pública

- Los hallazgos de este estudio pueden orientar a profesionales de la salud, fisioterapeutas y entrenadores en el diseño de intervenciones seguras para la población adulta mayor, considerando la respuesta aguda simpática como una fase esperada de adaptación.

- Se sugiere integrar la doble tarea físico-cognitiva en programas de prevención de deterioro cognitivo y funcional, siempre bajo supervisión profesional y con una adecuada regulación de la carga.

ANEXOS

Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES DE LA INVESTIGACIÓN

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES DE LA INVESTIGACIÓN

El propósito del siguiente estudio es medir las respuestas autonómicas cardiovasculares ante diferentes condiciones de esfuerzo físico y cognitivo en adultos mayores. El protocolo incluye tres etapas: reposo, esfuerzo físico y doble tarea físico-cognitiva (pedaleo combinado con tareas mentales de atención). El uso de instrumentos no requiere ningún procedimiento invasivo y no genera molestias ni efectos directos sobre su salud. Recuerde que su participación es voluntaria y podrá retirarse en cualquier momento de la investigación sin que esto le genere ninguna consecuencia negativa.

RIESGO

Esta investigación se enmarca dentro de los estudios de riesgo mayor al mínimo, según la Resolución N.º 008430 de 1993 (Ministerio de Salud, artículo 11). Aunque el protocolo implica una prueba de esfuerzo moderado, controlada y supervisada, pueden presentarse efectos como fatiga, mareo o malestar físico durante el pedaleo. Por esta razón, antes de participar se realizará una valoración inicial de signos vitales y antecedentes médicos, y durante toda la sesión el personal investigador realizará monitoreo continuo para garantizar su seguridad. En caso de presentarse cualquier síntoma o alteración, la prueba se suspenderá inmediatamente y se activará el protocolo de atención de emergencia institucional, que incluye traslado al servicio de enfermería y, de ser necesario, remisión a su EPS.

BENEFICIO



El estudio busca comprender cómo responden el corazón y el sistema nervioso autónomo ante tareas que combinan esfuerzo físico y cognitivo. Se utilizará una banda de registro Polar H10 para medir la frecuencia cardíaca (FC) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) de forma precisa y no invasiva. Los resultados permitirán aportar evidencia sobre cómo el esfuerzo físico y la doble tarea afectan la regulación autonómica en adultos mayores, contribuyendo al diseño de estrategias de ejercicio seguras y efectivas que promuevan el envejecimiento activo. El participante podrá solicitar conocer sus resultados personales si así lo desea.

El estudio incluye adultos mayores de 60 años, seleccionados según criterios de inclusión y exclusión específicos. Antes de la prueba, se confirmará que cada participante tenga condiciones físicas adecuadas para realizar actividad moderada. La sesión tendrá una duración aproximada de 35 minutos y consistirá en tres fases: Reposo: registro basal de frecuencia y variabilidad cardíaca. Esfuerzo físico: pedaleo moderado en cicloergómetro. Doble tarea: pedaleo combinado con una tarea cognitiva breve de atención y memoria. Durante toda la sesión se controlarán los signos vitales (frecuencia cardíaca, presión arterial y saturación de oxígeno) y se registrará la percepción subjetiva del esfuerzo mediante la Escala de Borg.

CONTRAINDICACIONES Y SEGURIDAD

Antes de participar, se realizará una valoración clínica previa para descartar cualquier condición que pueda representar riesgo. No podrán realizar la prueba personas con angina inestable, arritmias graves, miocarditis, embolia pulmonar, aneurisma o infecciones sistémicas. Las personas con contraindicaciones relativas (por ejemplo, hipertensión no controlada o enfermedad metabólica leve) solo podrán participar con autorización médica. Durante la sesión habrá supervisión constante del investigador responsable para intervenir de forma inmediata ante cualquier señal de riesgo.

MANEJO DE LA INFORMACIÓN

Toda la información recolectada será confidencial. Los datos se codificarán mediante un número anónimo y no se usarán nombres ni documentos de identidad en los registros de análisis. La información solo se utilizará con fines académicos, bajo los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki, la Ley 23 de 1981 (Código de Ética Médica), su Decreto 3380 de 1981, y la Resolución 13437 de 1991 del Ministerio de Salud Pública. El participante tendrá derecho a solicitar el acceso a los datos o resultados en cualquier momento del proceso.

Yo, _____, identificado(a) con cédula de ciudadanía N.º _____, declaro haber sido informado(a) sobre los objetivos, procedimientos, posibles riesgos y beneficios de esta investigación.

Comprendo que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme en cualquier momento sin perjuicio alguno.

Reconozco que he recibido todas las explicaciones necesarias y que mis dudas fueron aclaradas de manera satisfactoria.

Al firmar este documento, autorizo mi participación y libero de responsabilidad al investigador y a la Universidad Santo Tomás en caso de que no siga las recomendaciones establecidas o oculte información relevante sobre mi estado de salud.

Firma del participante: _____

Firma del investigador: _____

Fecha: _____

Testigos:

Investigador responsable:

Mateo Alejandro Gutiérrez Roa

Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación – Universidad Santo Tomás

Celular: 318 484 9770

APARTADO AUTORIZACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES

De conformidad con lo definido por la Ley 1581 de 2012, el Decreto Reglamentario 1377 de 2013, la Circular Externa 002 de 2015 expedida por la Superintendencia de Industria y

Comercio, la política interna de manejo de la información, Autorizo de manera libre, voluntaria, previa, explícita, informada e inequívoca a los investigadores del proyecto anteriormente expuesto, para que en los términos legalmente establecidos realice la recolección, almacenamiento, uso, circulación, supresión y en general, el tratamiento de los datos personales que he procedido a entregar o que entregaré, en virtud del desarrollo del estudio de investigación.

Dicha autorización para adelantar el tratamiento de mis datos personales se extiende durante la ejecución del proyecto de investigación y sus productos de divulgación y con posterioridad al finiquito de este, siempre que tal tratamiento se encuentre relacionado con las finalidades para las cuales los datos personales, fueron inicialmente suministrados.

Dada a los _____ días del mes de _____ de _____

Cordialmente,

NOMBRE:

C.C. _____

Fecha: _____

Teléfono: _____

Dirección: _____

Lista de Chequeo

Ítem	Respuesta
Horas de sueño	☐ Durmió 8 horas ☐ Menos de 8 horas ☐ Más de 8 horas
Hora de la última comida	_____
Ingesta de cafeína (café, té, energizantes)	☐ Sí ☐ No Cantidad: _____
Actividad física realizada hoy	☐ Sí ☐ No Tipo: _____
	Duración: _____
Consumo de alcohol	☐ Sí ☐ No Cantidad: _____
Consumo de tabaco	☐ Sí ☐ No Cantidad: _____
Consumo de sustancias psicoactivas	☐ Sí ☐ No Tipo: _____
Medicamentos tomados en las 24 horas según fórmula médica	☐ Sí ☐ No Tipo: _____
Estado de ánimo predominante	☐ Tranquilo ☐ Ansioso ☐ Irritable ☐ Alegre
Frecuencia cardíaca en reposo	_____ lpm
Presión arterial	_____ / _____ mmHg
Peso	_____ kg

Consideraciones éticas

La presente investigación cumple en su estructura con las normas establecidas en la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia. Atendiendo a dichos lineamientos, este estudio se clasifica en la categoría de investigaciones “con riesgo mínimo”, debido a que durante el desarrollo del estudio tanto en el componente cuantitativo como cualitativo no se pondrá en riesgo la integridad física, moral o psicológica de los participantes (República de Colombia - Ministerio de Salud, 1993). Se indagará sobre los efectos inmediatos de la combinación de ejercicio físico aeróbico y esfuerzo cognitivo sobre la actividad eléctrica cerebral, el flujo sanguíneo cerebral y la respuesta autonómica en adultos mayores físicamente activos, la investigación evaluará una muestra de 30 adultos mayores que realizarán actividad física y tareas cognitivas bajo un protocolo en 5 condiciones diferentes (Reposo, esfuerzo físico, esfuerzo cognitivo, esfuerzo físico combinado con esfuerzo cognitivo y esfuerzo físico con coordinación test (S-HEFE)). La información de tipo personal recolectada será únicamente por medio del consentimiento informado que brinde cada sujeto investigado y la información recolectada será protegida por la confidencialidad y privacidad que garantizará el estudio. Se realizará el debido consentimiento informado, este proceso se realizará previo a cualquier participación en la investigación, se explican los posibles riesgos y beneficios que implica aceptar su participación, cumpliendo con lo establecido en los Artículos 15 y 16 de la resolución 008430 de 199, solo podrán participar quienes luego de leer y comprender el consentimiento informado, acepten su participación. En este estudio se protegerá con responsabilidad la confidencialidad y la privacidad de la información, brindando no solo respeto a la dignidad y cumplimiento de los derechos de los participantes, sino también resguardando de terceros la información recolectada.

En términos de beneficios, los hallazgos de esta investigación podrán orientar la formulación de programas de intervención multidimensionales más efectivos para promover un envejecimiento activo y saludable. Asimismo, tendrá un impacto directo en la población adulta mayor, al aportar evidencia que puede ser aplicada en programas comunitarios de promoción de la salud y prevención del deterioro cognitivo y cardiovascular, contribuyendo a mejorar la calidad de vida y la autonomía funcional. Finalmente, se garantizará el respeto hacia los participantes, la comunidad científica y la sociedad en general por medio del cumplimiento de los estándares de integridad científica tales como la transparencia, la honestidad intelectual, el uso de métodos adecuados y válidos, la fabricación de datos, ni su falsificación.

HISTORIA CLINICA

ANAMNESIS									
Fec ha		Nombre el Evaluador							
Nombre del usuario						C.C.		Sexo	M
Nivel de Escolaridad					Edad		Teléf ono		
Fecha de Nacimiento			Lugar de nacimiento					Direc ción	
Barrio		Es tra to		E.P.S.			Ocup ación		
Estado Civil		Acudie nte					Cont acto		
Nombre del tutor									

ANTECEDENTES FAMILIARES (Padres y Abuelos)		ANTECEDENTES PERSONALES (Patologías actuales)	
HTA		HTA	
Dislipidemia		Dislipidemia	
ACV		ACV	
Diabetes		Diabetes	
Cáncer		Cáncer	
E.P.O.C.		E.P.O.C.	
Otros		TRAUMATOLÓGICOS	
		Otros	

CONSIDERACIONES MÉDICAS ADICIONALES	
Alergias (Medicamentos, Alimentos, Etc.)	

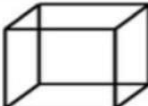
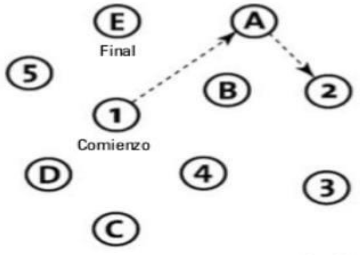
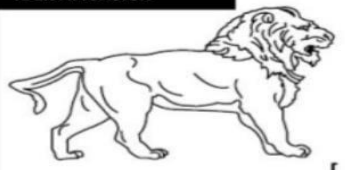
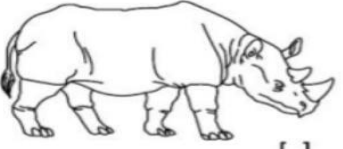
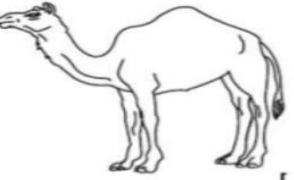
Antecedentes Quirúrgicos (Operaciones)	Operación brazo izquierdo, vasicula		
Medicación	FARMACO	DOSIS	FRECUENCIA
HABITOS			
Horas de sueño			
Nº de comidas al día			
Consumo de Caféina			
Horas de A.F. semanales			
¿Fue activo físicamente durante su juventud? En caso, de que sí, preguntar si práctico deporte, cuál.			
¿Hace cuánto realiza regularmente AF??			
Barreras para no hacer A.F.			
Prácticas de AF. que le gusta realizar (deportes, bailes, caminar, etc)			
Observaciones			

LA EVALUACIÓN COGNITIVA MONTREAL (MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT / MOCA)

MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA) (EVALUACIÓN COGNITIVA MONTREAL)

NOMBRE:
Nivel de
estudios:
Sexo:

Fecha de nacimiento:
FECHA:

VISUOESPACIAL / EJECUTIVA		 Copiar el cubo ☐		Dibujar un reloj (Once y diez) (3 puntos) ☐ Contorno ☐ Números ☐ Agujas		Puntos
		☐		☐		___/5
IDENTIFICACIÓN						
						___/3
MEMORIA		Lea la lista de palabras, el paciente debe repetirlas. Haga dos intentos. Recuérdese las 5 minutos más tarde. 1er intento: ☐ ROSTRO ☐ SEDA ☐ IGLESIA ☐ CLAVEL ☐ ROJO 2º intento: ☐				Sin puntos
ATENCIÓN		Lea la serie de números (1 número/seg.) El paciente debe repetirla. ☐ 2 1 8 5 4 El paciente debe repetirla a la inversa. ☐ 7 4 2				___/2
		Lea la serie de letras. El paciente debe dar un golpecito con la mano cada vez que se diga la letra A. No se asignan puntos si ≥ 2 errores. ☐ F B A C M N A A J K L B A F A K D E A A A J A M O F A A B				___/1
		Restar de 7 en 7 empezando desde 100. ☐ 93 ☐ 86 ☐ 79 ☐ 72 ☐ 65 4 o 5 sustracciones correctas: 3 puntos, 2 o 3 correctas: 2 puntos, 1 correcta: 1 punto, 0 correctas: 0 puntos.				___/3
LENGUAJE		Repetir: El gato se esconde bajo el sofá cuando los perros entran en la sala. ☐ Espero que él le entregue el mensaje una vez que ella se lo pida. ☐				___/2
		Fluidez del lenguaje. Decir el mayor número posible de palabras que comiencen por la letra "P" en 1 min. ☐ _____ (N ≥ 11 palabras)				___/1
ABSTRACCIÓN		Similitud entre p. ej. manzana-naranja = fruta ☐ tren-bicicleta ☐ reloj-regla				___/2
RECUERDO DIFERIDO		Debe acordarse de las palabras SIN PISTAS ROSTRO ☐ SEDA ☐ IGLESIA ☐ CLAVEL ☐ ROJO ☐		Puntos por recuerdos SIN PISTAS únicamente		___/5
Optativo		Pista de categoría ☐ Pista elección múltiple ☐				
ORIENTACIÓN		☐ Día del mes (fecha) ☐ Mes ☐ Año ☐ Día de la semana ☐ Lugar ☐ Localidad				___/6
© Z. Nasreddine MD Versión 07 noviembre 2004 www.mocatest.org		Normal ≥ 26 / 30		TOTAL ☐ / 30 Añadir 1 punto si tiene ≤ 12 años de estudios		

IPAQ-E
CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA

Nombre..... Sexo (F/M) Edad.....años

Nos interesa conocer los tipos de actividades físicas que las personas realizan como parte de su vida cotidiana.

Las preguntas le preguntarán sobre el tiempo que pasó estando físicamente activo en los últimos 7 días.

Por favor, responda cada pregunta incluso si no se considera una persona activa.

Para describir la intensidad de la actividad física se utilizan dos términos (Moderada y Vigorosa):

Moderado Las actividades se refieren a actividades que requieren un esfuerzo físico moderado y que te hacen respirar un poco más fuerte de lo normal.

Vigoroso Las actividades físicas se refieren a actividades que requieren un gran esfuerzo físico y que te hacen respirar mucho más fuerte de lo normal.

¡Gracias por participar!

1. La primera pregunta se refiere al tiempo que pasó sentado durante los últimos 7 días. Incluya el tiempo que pasó en el trabajo, en casa, mientras realizaba tareas académicas y en su tiempo libre.

Esto puede incluir tiempo pasado sentado en un escritorio, visitando amigos, leyendo o sentado o acostado para mirar televisión.

Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo pasaste sentado durante el día?

horas minutos

2. Piensa en el tiempo que pasaste caminando en los últimos 7 días. Esto incluye el tiempo Durante los últimos 7 días, ¿cuántos días caminó usted al menos 10 minutos seguidos? ¿tiempo?

Días

o

☐ Ningún día

¿Cuánto tiempo pasabas normalmente caminando en uno de esos días?

horas minutos

3. Durante los últimos 7 días, ¿cuántos días realizó actividades físicas moderadas como jardinería, limpieza, andar en bicicleta a un ritmo regular, nadar u otras actividades de acondicionamiento físico?

Pensar solo sobre las actividades físicas que realizaste durante al menos 10 minutos seguidos. No incluyas caminar.

Días

o

☐ Ningún día

– ¿Cuánto tiempo dedicabas habitualmente a realizar actividades físicas moderadas en uno de esos días?

horas minutos

4. Durante los últimos 7 días, ¿cuántos días realizó actividades físicas vigorosas como levantar objetos pesados, realizar trabajos más pesados en el jardín o la construcción, cortar leña, hacer ejercicios aeróbicos, trotar/correr o andar en bicicleta rápido?

Pensar solo sobre aquellas actividades físicas que realizabas durante al menos 10 minutos seguidos.

Días

0

☐ Ningún día

– ¿Cuánto tiempo dedicabas habitualmente a realizar actividades físicas vigorosas en uno de esos días?

horas minutos

COMPOSICIÓN CORPORAL



MONARK 808 adaptado



Se quito el sillín del cicloergómetro y se le ajusta a la ergonomía de la silla y el sujeto para la posición recumbente

POLAR H10



NASA TLX

NASA Task Load Index

Name: Task: Date:

Mental Demand How mentally demanding was the task?

Very Low Very High

Physical Demand How physically demanding was the task?

Very Low Very High

Temporal Demand How hurried or rushed was the pace of the task?

Very Low Very High

Performance How successful were you in accomplishing what you were asked to do?

Perfect Failure

Effort How hard did you have to work to accomplish your level of performance?

Very Low Very High

Frustration How insecure, discouraged, irritated, stressed, and annoyed were you?

Very Low Very High

Ok

REFERENCIAS

- Montero-Odasso, M., et al. (2023). Effects of exercise alone or combined with cognitive training and vitamin D supplementation to improve cognition in adults with mild cognitive impairment: A randomized clinical trial. *JAMA Network Open*, 6(7), e2324465. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.24465>
- World Health Organization. (2023). *Ageing and health*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- Umegaki, H., Sakurai, T., & Arai, H. (2021). Active life for brain health: A narrative review of the mechanism underlying the protective effects of physical activity on the brain. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13, 761674. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.761674>
- Quigley, A., MacKay-Lyons, M., & Eskes, G. A. (2020). Effects of exercise on cognitive performance in older adults: A narrative review of the evidence, possible biological mechanisms, and recommendations for exercise prescription. *Journal of Aging Research*, 2020, 1407896. <https://doi.org/10.1155/2020/1407896>
- Eggenberger, P., Annaheim, S., Ferretti, G., Brustio, P. R., Rossi, R. M., & de Bruin, E. D. (2020). Heart rate variability mainly relates to cognitive executive functions and improves through exergame training in older adults: A secondary analysis of a 6-month randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 12, 197. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2020.00197>
- Chen, Y.-C., Lo, I., Tsai, Y.-Y., et al. (2024). Dual-task improvement of older adults after treadmill walking combined with blood flow restriction of low occlusion pressure: The effect on the heart–brain axis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 21, 112. <https://doi.org/10.1186/s12984-024-01412-y>
- Pellegrini-Laplagne, M., Dupuy, O., Sosner, P., Bosquet, L., & Berryman, N. (2022). Acute effect of a simultaneous exercise and cognitive task on executive functions and prefrontal cortex oxygenation in healthy older adults. *Brain Sciences*, 12(4), 455. <https://doi.org/10.3390/brainsci12040455>
- Soares-Miranda, L., Sattelmair, J., Chaves, P. H. M., et al. (2014). Physical activity and heart rate variability in older adults: The Cardiovascular Health Study. *Circulation*, 129(21), 2100–2110. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005361>

