

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

USO POTENCIAL DE MULTISENORES PORTÁTILES PARA EVALUAR LA
CARGA EXTERNA Y EL EFECTO AGUDO DEL BAILE Y LA CAMINATA COMO
EJERCICIO AERÓBICO SOBRE EL EQUILIBRIO DE PERSONAS MAYORES DE 60
AÑOS QUE ASISTEN A UN PROGRAMA INSTITUCIONALIZADO DE LA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, SEDE DE OCCIDENTE

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Posgrado en Ciencias
del Movimiento Humano de la Universidad de Costa Rica y de la Universidad Nacional de
Costa Rica para optar al grado y título de Doctorado Académico en Ciencias del
Movimiento Humano

TYRONE MAURICIO LORÍA CALDERÓN

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2023

DEDICATORIA

Hoy, con profunda gratitud en mi corazón, deseo dedicar mi tesis doctoral a aquellos que han sido fundamentales en mi trayectoria académica y personal. En primer lugar, quiero rendir homenaje a Dios, cuya guía y bendiciones han iluminado cada paso de este camino.

A mis amados padres, les agradezco desde lo más profundo de mi ser. Gracias por alentarme a perseguir mis sueños y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Sin su amor y sacrificio, no estaría aquí hoy.

A mi esposa, mi compañera en el viaje de la vida, te agradezco por tu amor incondicional, paciencia y comprensión. Tu apoyo constante y aliento me han dado fuerzas en los momentos desafiantes. Eres mi mayor motivación y la razón por la que siempre me esfuerzo por ser mejor. Agradezco a Dios por haberte puesto en mi vida.

A mi amado hijo, quien me ha inspirado a seguir adelante con determinación y a quien deseo dejar un legado de perseverancia y pasión por el conocimiento. Tu sonrisa y tus abrazos son mi mayor alegría. Que mi éxito en esta tesis sea un testimonio de lo que se puede lograr cuando se sigue un sueño con dedicación y esfuerzo.

En esta dedicatoria, reconozco que mi logro no es solo mío, sino el resultado de un esfuerzo colectivo y del amor incondicional de cada persona mencionada anteriormente.

Con gratitud eterna,

Tyrone Loría Calderón

AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a mis profesores, a mi director de tesis, el Doctor Mynor Rodríguez Hernández, agradezco sinceramente su orientación experta, paciencia y dedicación durante todo el proceso de investigación. Su compromiso con mi crecimiento académico ha sido invaluable. A la Doctora Andrea Solera Herrera, al Doctor José "Pepe" Pino Ortega y al Máster Keven Santamaría Guzmán les agradezco la experiencia y visión de cada uno, la cual, ha sido invaluable para el enriquecimiento de mi tesis. Aprecio enormemente la disposición de todo el grupo asesor para compartir sus experiencias y brindarme orientación en cada paso del camino.

También quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad de Costa Rica y Universidad Nacional de Costa Rica por brindarme la oportunidad de llevar a cabo esta investigación. Agradezco a todas las autoridades, docentes y personal administrativo que contribuyeron a mi formación académica.

Por último, pero no menos importante, deseo agradecer sinceramente a las personas adultas mayores y colaboradores que participaron en mi investigación. Agradezco su voluntad y apoyo incondicional, así como el tiempo y la dedicación que han invertido en este proyecto.

Con gratitud sincera,

Tyrone Loría Calderón

Esta Tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Postgrado en Ciencias del Movimiento Humano de la Universidad de Costa Rica y de la Universidad Nacional de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Doctorado Académico en Ciencias del Movimiento Humano



PhD. Luis Carlos Solano Mora

Representante de la Decana del Sistema de Estudios de Postgrado, UCR



PhD. Myhor Rodríguez Hernández

Director de Tesis



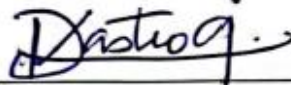
PhD. Andrea Solera Herrera

Asesora



PhD. José Pino Ortega

Asesor



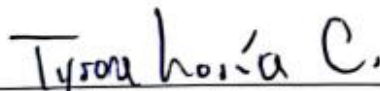
PhD. Damaris Castro García

Representante del Consejo del Sistema de Estudios de Postgrado, UNA



PhD. Gerardo Araya Vargas

Representante de la Coordinación del Doctorado en Ciencias del Movimiento Humano



Tyrone Mauricio Loría Calderón

Sustentante

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
APROBACIÓN	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE GRÁFICOS	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE DIAGRAMAS.....	xiii
LISTA DE IMÁGENES	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del Problema	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	8
Antecedentes.....	8
Actividades físicas para mejorar el equilibrio en adultos mayores	8
Baile y los beneficios físicos en el adulto mayor.....	8
El baile sobre el equilibrio de los adultos mayores.....	9
Caminata y los beneficios físicos en el adulto mayor.....	15
La caminata sobre el equilibrio de los adultos mayores	15

Cambios fisiológicos y cinemáticos asociados al envejecimiento.....	17
Envejecimiento muscular.....	19
Envejecimiento óseo	19
Envejecimiento cognitivo	20
Cambios cinemáticos asociados al envejecimiento	21
Importancia del ejercicio físico en personas adultas mayores	22
Capacidad aeróbica	23
Fuerza.....	25
Equilibrio	26
Componentes del equilibrio	27
Clasificación del equilibrio.....	28
Equilibrio en el adulto mayor	28
Test para medir el equilibrio en el adulto mayor	29
Test de apoyo monopodal y TUG.....	30
Métodos para la evaluación del equilibrio.....	30
Tecnología inercial para la valoración del equilibrio y la carga externa	32
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	34
Tipo de investigación.....	34
Diseño de investigación.....	34
Definición de variables	34
Variable independiente	34
Variables dependientes.....	35
Participantes y su elección.....	35
Elección de la muestra	36
Procedimientos Generales.....	36
Instrumentos de medición y recolección	37

Balanza	37
Tallímetro	37
Acelerómetro	38
Sistema de Medición Inercial	38
Banda de Frecuencia Cardíaca	40
Pulsador	40
Prueba de equilibrio estático	41
Prueba de equilibrio dinámico	41
Cronómetro	42
Clase de Baile	42
Caminata	43
Procedimiento General	43
Aspectos de logística	43
Aspectos de intervención	43
Análisis Estadístico	50
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	52
Actividad Física	53
Carga Externa	53
Intensidad	58
Equilibrio	58
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	67
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS	83
ANEXOS	114

RESUMEN

El aumento de la población de personas mayores de 60 años a nivel mundial plantea un desafío significativo. Se espera que la proporción de personas mayores de 60 años aumente del 11 al 22% entre 2000 y 2050. El envejecimiento conlleva cambios morfológicos y fisiológicos que contribuyen a la disminución de la capacidad funcional y el equilibrio. Los trastornos del equilibrio representan un problema de salud pública, ya que están asociados con caídas y lesiones en personas mayores. La actividad física regular, como el baile y la caminata, se ha demostrado efectiva para mejorar el equilibrio y reducir el riesgo de caídas. Sin embargo, es necesario investigar más sobre el tema, especialmente utilizando tecnologías modernas como los acelerómetros y las unidades de medición inercial. Este estudio evaluó la carga externa y el efecto agudo del baile y la caminata como ejercicio aeróbico sobre el equilibrio de personas mayores de 60 años que asisten a un programa institucionalizado de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, mediante multisensores portátiles. El tipo de investigación fue de tipo cuantitativo experimental, y el diseño del estudio un «cross-over». Resultando sobre la carga externa medida en impactos que, las condiciones de baile y de caminata se visualizan como actividades de bajo impacto, con cargas externas estadísticamente distintas, siendo en términos generales la condición baile la variable que refleja menor incidencia sobre las articulaciones. El equilibrio, los resultados obtenidos indican que no se encontraron interacciones estadísticamente significativas entre condiciones y mediciones en la prueba SLS. Sin embargo, la prueba TUG equilibrio dinámico sí mostró interacciones estadísticamente significativas en cinco de las seis posiciones anatómicas evaluadas entre condiciones y mediciones. En conclusión, la evaluación de la carga externa y el efecto agudo del baile y la caminata mediante multisensores portátiles en personas mayores de 60 años que asisten a un programa institucionalizado de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, tiene importantes implicaciones prácticas para la mejora del diseño y la implementación de programas de ejercicio personalizados y seguros para esta población vulnerable. Por su parte, el uso de dispositivos inerciales es una herramienta muy valiosa para la investigación y planificación de programas de ejercicio para la mejora del equilibrio. La incorporación de estas

herramientas puede profesionalizar aún más el campo del ejercicio por salud y mejorar la calidad de vida de las personas adultas mayores.

ABSTRACT

The increase in the population of individuals aged 60 and older worldwide poses a significant challenge. It is expected that the proportion of people aged 60 and older will increase from 11% to 22% between 2000 and 2050. Aging entails morphological and physiological changes that contribute to a decline in functional capacity and balance. Balance disorders represent a public health problem as they are associated with falls and injuries in older individuals. Regular physical activity, such as dancing and walking, has been demonstrated to be effective in improving balance and reducing the risk of falls. However, further research is needed on the subject, especially utilizing modern technologies such as accelerometers and inertial measurement units. This study assessed the external load and acute effects of dancing and walking as aerobic exercises on the balance of individuals aged 60 and older attending an institutionalized program at the University of Costa Rica, Occidente Campus, using portable multisensor devices. The research followed a quantitative experimental approach, with a crossover study design. The results regarding the external load measured in impacts indicate that both dancing and walking conditions were visualized as low-impact activities, with statistically different external loads. Overall, the dance condition showed a lower impact on the joints compared to the walking condition. Balance, the results obtained indicate that no statistically significant interactions were found between conditions and measurements in the static single-leg stance (SLS) test. However, the Timed Up and Go (TUG) test, which assesses dynamic balance, did show statistically significant interactions in five out of the six anatomical positions evaluated between conditions and measurements. In conclusion, the evaluation of external load and acute effects of dancing and walking using portable multisensor devices in individuals aged 60 and older attending an institutionalized program at the University of Costa Rica, Occidente Campus, has important practical implications for improving the design and implementation of personalized and safe exercise programs for this vulnerable population. Moreover, the use of inertial devices is a valuable tool for research and planning of exercise programs aimed at improving balance. The incorporation

of these tools can further professionalize the field of exercise for health and enhance the quality of life for older adults.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diseño Cross Over, en tres condiciones de tratamiento.....	35
Tabla 2. Descripción de la clase de baile ritmos y tiempo de duración.....	44
Tabla 3. Características descriptivas antropométricas de los participantes.....	54
Tabla 4. Resultados de análisis de varianza de las pruebas de equilibrio estático y dinámico entre las condiciones experimentales y control.....	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de tiempo invertido según comportamiento sedentario, actividad física leve, moderada y de vigorosa intensidad 48 horas antes de cada condición.....	55
Gráfico 2. Frecuencia Cardíaca obtenida en las condiciones baile y caminata.....	60
Gráfico 3. Diferencias reportadas en el TI en la prueba SLS-PI.....	62
Gráfico 4. Diferencias reportadas en el RI en la prueba SLS-PI.....	62
Gráfico 5. Diferencias reportadas en el L3 en la prueba SLS-PI.....	63
Gráfico 6. Diferencias reportadas en la Espalda en la prueba SLS-PI.....	63
Gráfico 7. Interacción reportada en el TI en la prueba TUG.....	64
Gráfico 8. Interacción reportada en la RD en la prueba TUG.....	65
Gráfico 9. Interacción reportada en la RI en la prueba TUG.....	66
Gráfico 10. Interacción reportada en la L3 en la prueba TUG.....	67
Gráfico 11. Interacción reportada en la Espalda en la prueba TUG.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de carga externa agrupada por gravedades en tobillo derecho e izquierdo en las condiciones baile y caminata.....	56
Figura 1a. Número de impactos por minuto en el TD en las condiciones baile y caminata.....	56
Figura 1b. Número de impactos por minuto en el TI en las condiciones baile y caminata.....	56
Figura 2. Análisis de carga externa agrupada por gravedades en rodilla derecha e izquierda en las condiciones baile y caminata.....	57
Figura 2a. Número de impactos por minuto en el RD en las condiciones baile y caminata.....	57
Figura 2b. Número de impactos por minuto en el RI en las condiciones baile y caminata.....	57
Figura 3. Análisis de carga externa agrupada por gravedades en L3 en las condiciones baile y caminata.....	58
Figura 3a. Número de impactos por minuto en la L3 en las condiciones baile y caminata.....	58
Figura 4. Análisis de carga externa agrupada por gravedades en Espalda en las condiciones baile y caminata.....	59
Figura 4a. Número de impactos por minuto en la Espalda en las condiciones baile y caminata.....	59

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Uso del Actigraph.....	46
Diagrama 2. Condición Experimental (Baile) (P.D.= Pierna Derecha, P.I.= Pierna Izquierda).....	47
Diagrama 3. Condición Experimental (Caminata) (P.D.= Pierna Derecha, P.I.= Pierna Izquierda).....	48
Diagrama 4. Condición Control (P.D.= Pierna Derecha, P.I.= Pierna Izquierda).....	49

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Tanita-Ironman BC-558 (Foto, Tanita).....	38
Imagen 2. PHR, tallímetro mecánico portátil DETECTO (Foto, DETECTO).....	39
Imagen 3. Actigraph GT3X (Foto, Actigraph y y UNI GRAZ).....	39
Imagen 4. Configuración del dispositivo IMU (a) 1: T, 2: L, 3: RI, 4: RD, 5: TD y 6: TI; (b) Sistema de correas antivibraciones de fijación al cuerpo.....	41
Imagen 5. Banda y dispositivo de FC (Foto, Garmin).....	42
Imagen 6. Pulsador (Foto, propia).....	42
Imagen 7. Prueba de Balance Estático SLS (Foto, propia).....	43
Imagen 8. Prueba de Balance Dinámico TUG (Imagen, Planea).....	43
Imagen 9. Cronómetro digital (Foto, propia).....	44
Imagen 10. Hoja control de dispositivos WIMU (Foto, propia).....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

ACSM: Colegio Americano de Medicina Deportiva (American College Sport and Medicine)

BBS: Escala de Berg (Berg Balance Scale)

BOS: Base de Sustentación (Base of Support)

CCP: Centro Centroamericano de Población

CC(s): Condición Control (sentado)

CE(b): Condición Experimental (baile)

CE(c): Condición Experimental (caminata)

CG: Centro de Gravedad

CoM: Centro de Masa (Center of Mass)

CONAPAM: Consejo Nacional de la Persona Adulta Mayor

CoP: Centro de Presión (Center of Pressure)

DGI: Índice de Marcha Dinámica (Dynamic Gait Index)

ECV: Enfermedad Cardio Vasular

FC: Frecuencia Cardiaca

FRT: Prueba de Riesgo de Caídas (Fall Risk Test)

GNSS: Sistema Global de Navegación por Satélite (Global Navigation Satellite System)

GPS: Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System)

IESPAM: Informe de Estado de Situación de la Persona Adulta Mayor

IGF-1: Factor de Crecimiento Insulínico

IMC: Índice de Masa Corporal

IMU: Unidad de Medición Inercial (Inertial Measurement Unit)

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo

L3: Zona Lumbar

MCA: Máxima Capacidad Aeróbica

MET: Unidad de Medida del Índice Metabólico

OLS: Apoyo en una pierna (One-leg Standing)

OMS: Organización Mundial de la Salud

PD: Pierna Derecha

PI: Pierna Izquierda

PIAM: Programa Integral de Adulta Mayor

RD: Rodilla Derecha

RI: Rodilla Izquierda

RM: Repetición Máxima

SFT: Prueba de condición física para personas mayores (Senior Fitness Test)

SLS: Apoyo Monopodal (Single Leg Stance)

TD: Tobillo Derecho

TI: Tobillo Izquierdo

TUG: Timed up and Go

UCR: Universidad de Costa Rica

UCR, SO: Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente

UWB: Banda Ultra Ancha (Ultra-Wideband)

VO₂máx: Consumo Máximo de Oxígeno

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El aumento vertiginoso de la población de personas mayores de 60 años es una situación que presenta un desafío a nivel mundial, su crecimiento es el mayor de todos los grupos poblacionales. No es posible ignorar que el envejecimiento de la población mundial está en crecimiento. Según la OMS (2020) entre el año 2000 y 2050 pasará de un 11 al 22% la proporción de población mayor de 60 años, y este crecimiento se dará de una forma más rápida en los países de ingresos medios y bajos. Para el 2025, en países como Japón e Italia, los mayores de 50 años alcanzarán más de la mitad de la población, y al año 2050 muchos países, por ejemplo, Chile, China, la República Islámica de Irán y la Federación de Rusia, tendrán una proporción de personas mayores similar a la del Japón (OMS, 2018). En Costa Rica la población de más de 60 años ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, para el 2021 del total de la población es un 13.78% y se proyecta para el año 2050 pase a ser un 27.6% (INEC, 2021).

El envejecimiento de la población mundial y nacional no debería considerarse en sí como un problema. Sin embargo, en las personas adultas durante esta etapa de la vida pueden aparecer trastornos de la capacidad física, provocando, una reducción en la autonomía, así como las actividades y la adaptabilidad propios de la edad (Chacón, 2007); esto va acompañado en un alto porcentaje con aumento de la dependencia de las personas, discapacidad prolongada y en la morbilidad, provocando una menor calidad de vida (André et al., 2020).

Conviene subrayar que el envejecimiento implica una serie de cambios morfológicos y fisiológicos en todos los tejidos (Salech et al., 2012), asociados a numerosos cambios que contribuyen a la disminución de la capacidad funcional y los niveles de actividad física (Fernández-Argüelles et al., 2015). La pérdida de la condición física está relacionada con estos cambios, teniendo un impacto importante en el equilibrio y control postural (Woollacott & Shumway-Cook, 2002). De acuerdo con Springer et al. (2007) con el aumento de la edad, hay una pérdida progresiva del funcionamiento de sistemas que pueden contribuir a los déficits de equilibrio.

Los trastornos del equilibrio representan un problema creciente de salud pública debido a la asociación con caídas y las lesiones relacionadas con esas caídas, particularmente en regiones del mundo en las que una alta proporción de la población es anciana (Hurvitz et al., 2000). Las caídas pueden marcar el comienzo de una disminución de la función y la independencia de las personas y son la principal causa de hospitalización relacionada con lesiones en las personas mayores (Sturnieks et al., 2008). Es fundamental prevenir o retrasar esos trastornos, para ello la OMS (2020), indica que la actividad física regular y en niveles adecuados mejora el estado muscular; mejora la salud ósea y funcional; reduce el riesgo de caídas y de fracturas vertebrales o de cadera entre otras.

De acuerdo con Heikkinen & Harris (1995), la movilidad garantiza la independencia personal y favorece el contacto con otras personas. Un desafío para los profesionales del ejercicio que trabajan con personas mayores es diseñar programas de actividad física que proporcionen un estímulo adecuado para el desarrollo de los diferentes componentes de la condición física relacionada con la salud en esta población (resistencia, fuerza, flexibilidad y equilibrio) y que puedan ser incluidos como una actividad cotidiana de estas personas (Méndez & Fernández, 2016).

Estudios han demostrado que intervenciones únicas y multifactoriales pueden ser efectivas para mejorar el equilibrio y reducir el riesgo de caídas (Hortobágyi et al., 2015; Papalia et al., 2020), siendo el ejercicio uno de los más efectivos (Chang et al., 2004; OMS, 2020). Efectivamente, el ejercicio físico es la única terapia que puede mejorar al mismo tiempo la masa muscular, la masa ósea, el equilibrio y la fuerza muscular (Dillon et al., 2018). Sin embargo, es notable que la investigación para mejorar el equilibrio y reducir riesgo de caídas se haya centrado en tipos relativamente limitados de programas de ejercicio, específicamente ejercicios de fuerza y equilibrio.

Si bien los efectos preventivos de los programas de entrenamiento de fuerza y equilibrio son predecibles (Sherrington et al., 2008), un programa de ejercicio bien diseñado debe satisfacer la practicidad y la efectividad para aquellos que se espera que lo adopten en su vida diaria. Es así que, se vuelve fundamental el trabajo de programas que permitan a la persona mayor realizar ejercicio físico, donde se incluyan ejercicios para mejorar todas las capacidades físicas en especial el equilibrio (Méndez & Fernández, 2016).

Para Resnick et al., (2000) las razones principales por las que las personas mayores desertan de los programas de ejercicio son el aburrimiento y el miedo; en cambio, divertirse era la razón principal detrás de la adherencia de los adultos mayores a sus programas de ejercicio físico. Por tanto, la alternativa a los programas de ejercicio físico orientados a la mejora del equilibrio han sido el baile y la caminata (Bennett & Hackney, 2018; Gomeñuka et al., 2019).

El baile según Alpert et al. (2009) al ser una rutina que puede variar por sus ritmos y de una clase a otra, se percibe continuamente como una diversión, a comparación del ejercicio tradicional, por tanto, brinda una alta adherencia de las personas que lo practican.

Se dice que, el baile en la actualidad es un ejercicio físico que trae beneficios a quien lo practica, además, el bajo costo y los resultados positivos en investigaciones que indican que bailar es una posible intervención de ejercicio que trae beneficios a la población adulta mayor que lo practique, presentando mejoras en adaptaciones funcionales y en especial relacionadas con la mejora del equilibrio (Granacher et al., 2012; Hwang & Braun, 2017; Liu et al., 2021; Rodrigues-Krause et al., 2019).

Otra actividad de fácil accesibilidad y que reporta mejoras al practicarla en la fuerza muscular, la coordinación, la amplitud en articulaciones y el tronco y el equilibrio según Dal Bello-Haas et al. (2012) es la caminata. La caminata no requiere equipamientos caros, habilidades especiales, o instalaciones especiales y puede hacerse en interiores o al aire libre. En este sentido, la caminata es especialmente importante por su potencial para reducir disparidades en la salud relacionadas a la falta de actividad física (Lee & Buchner, 2008). Y es importante mencionar que la caminata es la actividad más reportada en adultos que siguen las recomendaciones físicas (Simpson et al., 2003).

La literatura avala que en países de Asia, Europa, Norte América y Sur América (Hwang & Braun, 2017), se abordan los efectos de programas de ejercicio aeróbico como el baile y la caminata sobre el equilibrio y otros factores de la función física en las personas adultas mayores, por ejemplo en Estados Unidos (Bennett & Hackney, 2018), en Brasil (Borges et al., 2018; da Silva et al., 2020; Gomeñuka et al., 2019), en Turquía (Eyigor et al., 2009), en Polonia (Filar-Mierzwa et al., 2017), en Grecia (Sofianidis et al., 2009), en Suiza (Granacher et al., 2012), en España (Serrano-Guzmán et al., 2016), en Seúl, Corea

del Sur (Joung & Lee, 2019; Kim et al., 2021) y en revisiones sistemáticas y meta análisis que reúnen estudios de diversos países (Hwang & Braun, 2017; Rodrigues-Krause et al., 2019).

En los estudios citados, que han aplicado programas que incluyen baile y caminata, se encuentran resultados estadísticamente significativos para la medición del equilibrio a excepción de los estudios de da Silva et al. (2020), Gomeñuka et al. (2019) y Granacher et al. (2012), aunque indican que si se reporta un leve aumento hacia la mejora.

Sin embargo, a pesar de los resultados positivos encontrados en el equilibrio, los estudios recomiendan ahondar más en el tema. Principalmente por las herramientas de evaluación aplicadas en equilibrio, ya que, en la evaluación del equilibrio muchas de las pruebas aplicadas actualmente están basadas en criterios que permiten la subjetividad del investigador al ser de observación o medidas por tiempo (Sampedro et al., 2010). Por ejemplo, en los estudios de Bennett & Hackney (2018), Eyigor et al. (2009), Gomeñuka et al. (2019) y Joung & Lee, 2019) se utilizó la Escala de Berg (Berg Balance Scale, BBS) o bien la prueba de Sharpened o Tandem Romberg utilizada por Sofianidis et al. (2009).

Actualmente, para facilitar la medición y diagnóstico del equilibrio, se implementan nuevas tecnologías para la medición de la variabilidad del movimiento de la persona, como la plataforma de fuerza (Bergland & Wyller, 2004; Bergland et al., 2003; Brauer et al., 2000), acelerómetros, cámaras de movimiento (Aziz et al., 2014) y plataformas de estabilometría (Borges et al., 2018; Mańko et al., 2019).

Aun así, las tecnologías mencionadas como la plataforma de fuerza pueden tener sus aciertos y desaciertos o limitantes. Así lo han evidenciado estudios como los de Leirós-Rodríguez et al. (2015), Mayolas et al. (2011) y Rogers et al. (2003), al mencionar que, los resultados proporcionados por este dispositivo únicamente toman en cuenta el comportamiento del centro de presión del cuerpo, dejando de lado otros factores que pueden inferir en el control del equilibrio y limitándose a pruebas de laboratorio.

Una alternativa para solventar esas carencias ha sido el uso de acelerómetros de última generación o bien unidades de medición inercial (Inertial Movement Unit (IMU)), según Leirós-Rodríguez et al. (2019). A diferencia de las plataformas de fuerza los IMU tienen el potencial de influir positivamente en las intervenciones basadas en realizar ejercicio para mejorar el equilibrio y prevenir caídas en personas mayores por sus

características de portabilidad y dispositivos de alta tecnología que lo componen: por ejemplo, el dispositivo WIMU PRO™ (Empresa RealTrack Systems, Almería, España) (GPS, giroscopios, acelerómetros, podómetro, tecnología GNSS y UWB, transmisión Bluetooth y Ant+) (Li et al., 2016; Rojas-Valverde et al., 2019). Es así que, mediante los dispositivos que integran esta tecnología se pueden registrar diferentes variables, cinemáticas, neuromusculares y fisiológicas (Molina-Carmona et al., 2018). En los últimos años los estudios han implementado esta tecnología para validar procesos de medición del balance en adultos mayores con acelerómetros (Alberts et al., 2015; Aziz et al., 2014; Ghislieri et al., 2019; Hsieh et al., 2019; Shahzad et al., 2017).

Además, los IMU permiten medir otras variables importantes y de interés para el actual estudio, por ejemplo, la carga de trabajo realizado por los atletas u otras personas en términos de impactos, velocidad, aceleración o distancia, a lo que se denomina carga externa (McLaren et al., 2016; Paulson et al., 2015) conceptos aplicables para lo deportivo y la investigación (Bartlett et al., 2017).

Trabajos revisados (Bennett & Hackney, 2018; Borges et al., 2018; da Silva et al., 2020; Eyigor et al., 2009; Filar-Mierzwa et al., 2017; Gomeñuka et al., 2019; Granacher et al., 2012; Hwang & Braun, 2017; Joung & Lee, 2019; Kim et al., 2021; Liu et al., 2021; Rodrigues-Krause et al., 2019; Serrano-Guzmán et al., 2016; Sofianidis et al., 2009) no indican la utilización de tecnología IMU en sus análisis posterior a una intervención de ejercicio aeróbico sobre el equilibrio, dejando su análisis mayormente a pruebas de tiempo o puntuaciones. Según Leirós-Rodríguez et al. (2019), mediante la utilización de los dispositivos inerciales de última generación en el ámbito de la investigación y más concretamente como instrumentos de medición del equilibrio. De acuerdo con Rojas-Valverde et al. (2020), la información resultante de este tipo de análisis podría conducir a nuevas técnicas de entrenamiento, estrategias de clases, protocolos de recuperación, programas de prevención de lesiones y otras decisiones basadas en los datos

Finalmente, después de presentar evidencia de estudios sobre componentes de ejercicio aeróbico y equilibrio, se destaca la importancia de esta investigación al relacionar este con la carga externa de trabajo, ya que en Costa Rica y a nivel de Centroamérica se carece de información similar para personas mayores de 60 años. Pero lo más importante, es que una investigación como la que se plantea, sirve de base en la búsqueda de soluciones

para optimizar los programas de ejercicio físico enfocado a personas adultas mayores, apoyados con el uso de tecnologías hasta la fecha enfocadas principalmente hacia el campo deportivo y no al de salud.

Por tanto, el presente estudio pretende, mediante el uso de multisensores portátiles (IMU) evaluar la carga externa y el efecto agudo del baile y la caminata como ejercicio aeróbico sobre el equilibrio de personas mayores de 60 años que asisten a un programa institucionalizado de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente.

Planteamiento del Problema

Se propone el siguiente problema de investigación:

- ¿Existe efecto agudo significativo del baile y la caminata como ejercicio aeróbico sobre el equilibrio de personas mayores de 60 años?

Por otra parte:

- ¿Cuál es la carga externa que produce la clase de baile y la de caminata sobre los puntos anatómicos donde se encuentran los dispositivos inerciales?
- ¿Cuál es el efecto de la carga externa del baile y la caminata sobre el equilibrio en personas adultas mayores?

Objetivo General

Evaluar la carga externa y el efecto agudo del baile y la caminata como ejercicio aeróbico sobre el equilibrio de personas mayores de 60 años que asisten a un programa institucionalizado de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, mediante multisensores portátiles.

Objetivos Específicos

1. Analizar la carga externa de una clase de baile y de la caminata sobre seis puntos corporales relacionados con el control de postura en las personas mayores de 60 años.
2. Determinar el efecto agudo del baile y la caminata como ejercicios aeróbicos sobre el equilibrio estático y dinámico en las personas mayores de 60 años.
3. Analizar los efectos de la carga de trabajo externa de la clase de baile y de la caminata sobre el equilibrio estático y dinámico.
4. Generar recomendaciones para los programas de baile y caminata dirigidos a las personas adultas mayores, destinadas a la mejora del equilibrio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Actividades físicas para mejorar el equilibrio en adultos mayores

Estudios previos muestran evidencia científica del aporte en la mejoras del equilibrio hasta edades adultas, en personas que realizan determinado ejercicio físico y en la detección anticipada de problemas posturales y de equilibrio (Concha-Cisternas et al., 2017; Loría & Rodríguez, 2019; Rose, 2002; Santamaría et al., 2018; Weir et al., 2010).

Se han reportado actividades que pueden mejorar el equilibrio en personas adultas: por ejemplo el Tai Chi o Yoga (Hain et al., 1999; Logghe et al., 2010; Nguyen & Kruse, 2012; Tiedemann et al., 2013), rutinas de fuerza y resistencia (Freiberger et al., 2012; Karinkanta et al., 2012; Resnick et al., 2008; Yoo et al., 2010), y otras como caminar, ejercicios específicos de balance y coordinación (Halvarsson et al., 2011; Lai et al., 2013; Rendon et al., 2012; Yang et al., 2012).

Baile y los beneficios físicos en el adulto mayor

En términos de adherencia al ejercicio, el baile parece poseer mayor adherencia ya que la rutina puede variar por sus ritmos y de una clase a otra, percibiéndose continuamente como una diversión, a comparación del ejercicio tradicional (por ejemplo, trabajo muscular, caminar en una cinta) (Alpert et al., 2009).

El baile se ha propuesto como un tipo beneficioso de ejercicio físico (Hwang & Braun, 2017; Keogh et al., 2009; Liu et al., 2021), ya que permite variabilidad en su desempeño, existe la posibilidad de hacerlo en múltiples escenarios, no implica mayor costo económico y no conduce al aburrimiento por sus diversos estilos, pasos y música (Lima & Vieira, 2007; Štambuk & Tomičić, 2020). Los programas de ejercicios de baile independientemente del estilo (salsa, merengue, bachata, etc) puede inducir adaptaciones funcionales positivas en adultos mayores, especialmente relacionadas con el equilibrio, bailar puede ser una posible intervención de ejercicio para promover beneficios

relacionados con la salud para personas mayores de acuerdo a Federici et al. (2005), Granacher et al. (2012), Krampe (2013) y Rodrigues-Krause et al. (2019).

El baile sobre el equilibrio de los adultos mayores

Al analizar la relación específicamente entre el baile y el equilibrio, Eyigor et al. (2009), en su estudio con 40 mujeres sanas, adultas mayores de 65 años de Turquía, que tenía como objetivo investigar los efectos de las danzas folclóricas turcas en grupo sobre el rendimiento físico, el equilibrio, la depresión y la calidad de vida. Los resultados mostraron que en el Grupo 1 se encontraron mejoras estadísticamente significativas en la BBS después del ejercicio (Pre 54.1 ± 2.2 - Post 55.3 ± 0.85) ($p < 0.05$) y en el Grupo 2 no hubo cambios clínicamente significativos en las variables. Concluyendo que, se lograron mejoras en el rendimiento físico, el equilibrio y la calidad de vida en mujeres mayores, por tanto, la aplicación de danzas folclóricas específicas de los países como un programa de ejercicios para personas mayores puede resultar útil. Para dicho estudio se hicieron dos grupos, uno con ejercicio basado en danzas folclóricas y el otro fue el grupo control. Se realizó un programa de ejercicios basado en la danza con duración de 8 semanas. Se realizaron mediciones de equilibrio mediante la escala de equilibrio de Berg (BBS).

Sofianidis et al. (2009), por su parte, realizaron un estudio para analizar el efecto de un programa de danza tradicional de 10 semanas sobre el control del equilibrio estático y dinámico en adultos mayores. En este participaron 26 adultos mayores sanos de Grecia (años 70.89 ± 5.67 años; 20 mujeres, 6 hombres), fueron asignados al azar a un grupo de intervención (GD) cuyos participantes tomaron clases supervisadas de danza tradicional griega durante 10 semanas (60 min, 2s/sem) ($n = 14$, 13 mujeres, un hombre; años 69.23 ± 4.35 de edad), o un grupo control (GC) ($n = 12$, 7 mujeres, 5 hombres; años 72.57 ± 5.25 de edad). El equilibrio se evaluó antes y después de la intervención registrando las variaciones del centro de presión (CoP) y la cinemática del tronco durante la realización de la prueba de Sharpened-Romberg, la postura de una pierna (OL) y el cambio dinámico de peso (WS). En cuanto a los resultados del estudio, encontraron que, después de la práctica, el grupo de danza disminuyó significativamente el desplazamiento del CoP (el análisis post hoc confirmó que después de la práctica, el GD se redujo significativamente el CoP_{max} de 8.592 a 5.087 cm ($p < .05$) y COP_{SD} de 1,73 a 1,33 cm ($p < .05$) en la dirección M

/ L. No se observaron cambios significativos para el GC y el balanceo del tronco en la postura OL (las comparaciones post hoc pre-post entrenamiento mostraron que la GD disminuyó significativamente ($p < .05$) la amplitud pico a pico de la rotación del tronco-balance de 9.032° a 4.598° y la DE de la rotación del tronco de 2.093° a 1.131° ($p < .05$) como resultado de la práctica de la danza). Estos hallazgos apoyan el uso de la danza tradicional como un medio eficaz de actividad física para mejorar el control del equilibrio estático y dinámico en los ancianos.

Borges et al. (2012), en su investigación analizaron la influencia de un programa de baile de salón en la autonomía funcional y el equilibrio físico de ancianos institucionalizados. Participaron 75 personas mayores, sedentarios, de instituciones de larga estancia de Brasil, divididos en dos grupos de forma aleatoria: el grupo de programa de baile de salón (GE; $n = 39$) y un grupo control (GC; $n = 36$). Respecto a los resultados de esta investigación, en la evaluación del equilibrio físico, solo los integrantes del GE lograron una reducción significativa de peso ($\Delta = -0,98$ kg) tras el experimento, tanto en el intragrupo ($p = 0,002$) como en el análisis intergrupar ($p = 0,016$) y en la fase previa a la prueba, no hubo diferencias significativas entre los grupos. Concluyendo que, el programa de baile de salón condujo a un aumento en el nivel de autonomía funcional y en el equilibrio físico entre ancianos institucionalizados. Para evaluar la autonomía funcional se utilizó el protocolo del Grupo Latinoamericano de Madurez (GDLAM) y el equilibrio físico se analizó utilizando un estabilómetro y plataformas de medición de postura.

Por su parte Granacher et al. (2012), en su manuscrito planteó determinar qué efecto se da al bailar salsa sobre el control postural estático, dinámico y el poder extensor de piernas en personas mayores. Participaron 28 adultos mayores, sanos, de Suiza. Aleatoriamente designados a un grupo intervencional GI ($n = 14$, edad 71.6 ± 5.3 años) llevó a cabo 8 semanas (60min, 2s/sem) de baile con el ritmo de salsa y otro grupo control (GC) ($n = 14$, edad $68.9 \pm 4,7$ años) actividades de la vida diaria. Los resultados indicaron que, en general, no hubo estadísticamente diferencias en los valores de referencia entre los dos grupos de experimentación GI (71.6 ± 5.3) y GC (68.9 ± 4.7). Se determinó que bailar salsa presenta gran adherencia al ejercicio y es seguro para la aplicación en programas para adulto mayor. Además, bailar salsa si puede ayudar en la regulación de problemas asociados con la edad en las variables del equilibrio estático y principalmente en el

equilibrio dinámico. Para dicho estudio, para medir el equilibrio estático se aplicó la prueba de apoyo monopodal sobre una plataforma de equilibrio (Balance platform, GKS 1000, IMM, Mittweida, Germany), para medir el equilibrio dinámico se utilizó una pasarela tipo alfombra con sensores incluidos (GAIT Rite © System, Havertown, Pa., USA) y para la fuerza de los miembros inferiores se evaluó con la prueba CMJ en una plataforma de fuerza.

Serrano-Guzmán et al. (2016), en su estudio analizó la efectividad de un programa de flamenco y sevillanas para mejorar la movilidad, el equilibrio, la actividad física, la presión arterial, la masa corporal y la calidad de vida en mujeres posmenopáusicas residentes en la comunidad en España. Analizaron 52 mujeres posmenopáusicas sedentarias (edad media $69,27 \pm 3,85$ años). Se utilizó asignación aleatoria para recibir terapia de baile ($n=27$) o consejos de tratamiento de autocuidado ($n=25$). Los resultados en el equilibrio del grupo de intervención mostraron mejoras significativas (prueba cronometrada up and go ($F=5.37$; $P=0.022$), prueba cognitiva cronometrada up and go ($F=4.88$; $P=0.029$) y resultados de la prueba de postura de una pierna ($F=20.76$; $P=0.001$)) en comparación con los del grupo control. Concluyendo que, la terapia de baile español puede ser eficaz para mejorar la movilidad, el equilibrio y los niveles de actividad física y forma física en mujeres posmenopáusicas sedentarias. En este estudio el grupo de intervención participó de 2 meses de terapia de baile, tres sesiones semanales, basadas en la danza folclórica española (flamenco y sevillanas). El grupo de control recibió un folleto que contenía recomendaciones de actividad física. Dos evaluaciones (al inicio y al final del tratamiento ambos grupos). Las pruebas utilizadas para medir el equilibrio fueron Timed up and go (TUG) y Single One Leg (OLS).

Filar-Mierzwa et al. (2017), en su investigación participaron 24 mujeres de Polonia (edad media 66,4 años) con el objetivo de evaluar los efectos de la terapia de baile sobre el equilibrio y el riesgo de caídas en mujeres mayores. Los resultados mostraron que la prueba de límites de estabilidad fue significativamente más alta (17,5%) después de las clases de baile ($29,1 \pm 11,44$ vs $34,2 \pm 11,91$; $p = 0,0059$). Lo que permitió concluir que, el uso regular de la terapia de baile se muestra como alternativa para mejorar el equilibrio al aumentar los límites de la estabilidad. La investigación aplicó tres sesiones de baile de 45 minutos durante tres meses con intensidad del 50% al 70 % de la FCmáx. y las pruebas pre

y post se completaron utilizando la Prueba de Estabilidad Postural, la Prueba de Límites de Estabilidad (LOS, siglas en inglés) y la Prueba de Riesgo de Caídas (FRT, por sus siglas en inglés)-Prueba clínica modificada de integración sensorial y equilibrio (FRT M-CTSIB).

Por su parte Hwang & Braun (2017), mediante una revisión de literatura examinaron la efectividad de intervenir con sesiones de baile en la salud física de los adultos mayores; analizando los 18 artículos que informaron sobre estudios realizados en América del Norte, América del Sur, Europa y Asia. Los hallazgos encontrados sugieren que el baile, independientemente de su estilo, puede mejorar significativamente las capacidades físicas y funcionales de los adultos mayores. Con respecto al equilibrio, mostró cambios positivos significativos. Para este estudio, se realizó búsqueda de artículos científicos en la plataforma PubMed (no reporta los instrumentos de evaluación) y los estilos de baile reportados contienen 6 estudios de baile de salón, 5 de baile contemporáneo, 4 de baile típico, 2 de jazz y 1 usó pop.

De acuerdo a Borges et al. (2018), al evaluar el equilibrio postural, la cognición y la autonomía funcional de los ancianos con demencia, institucionalizados de larga permanencia, sometidos al baile de salón. Para dicho estudio participaron, 60 ancianos de Brasil, divididos en un grupo control (30) (Edad: 67 ± 7.29 años) y un grupo experimental (30) (Edad: 66 ± 6.83 años). El programa de baile de salón consistió en sesiones de 50 minutos, 3 veces por/semana, en días alternos, durante un período de 12 semanas. Los ritmos musicales fueron variados: foxtrot, vals, rumba, swing, samba y bolero. Se evaluó la autonomía funcional, la cognición (mini examen del estado mental), y el análisis del equilibrio postural (plataforma de estabilométrica y postura). Los resultados del equilibrio corporal de las evaluaciones de la plataforma. En el análisis inferencial de la comparación entre las diferencias de cambio de peso, hay una reducción significativa de la diferencia en el post-test del GE con respecto a su pre-test $3,16 \pm 3,44$ ($p = 0,002$) y en relación al post-test del GC $6,30 \pm 7,62$ ($p = 0,04$). Concluyendo que, el baile de salón debe ser indicado para proporcionar una mejora en el equilibrio y el rendimiento motor en las actividades de la vida diaria de los ancianos.

Bennett & Hackney (2018), evaluaron los efectos de 8 semanas de baile en línea sobre el equilibrio, la fuerza muscular, la función de las extremidades inferiores, la resistencia, la velocidad de la marcha y las limitaciones de movilidad percibidas. Para este

estudio se formaron dos grupos al azar, un grupo de baile (GB) y un grupo control (GC) y participaron 23 personas mayores con limitaciones de movilidad de Estados Unidos (rango de edad: 65-93 años). Se utilizaron rutinas simples de clases de baile en línea para principiantes (hubo un aumento gradual de la intensidad de las clases) (60 min, 2 s/sem) y se realizaron dos evaluaciones (al inicio del estudio y a las 8 semanas). Se midió el equilibrio (mediante BBS), la fuerza de los músculos de la rodilla, la función de las extremidades inferiores, la resistencia, la velocidad de la marcha y las limitaciones de movilidad. En cuanto a resultados en el balance el grupo de baile en línea tuvo limitaciones de movilidad percibidas más bajas con tendencia a la significancia (Pre GB=48.1±7.94, GC=48.6±5.62; Post GB=50.4±4.56, GC=47±6.18). Para las demás variables los resultados encontraron diferencias positivas significativas para el grupo de intervención en la función de las extremidades inferiores ($p < 0,01$); resistencia ($p < 0,01$); velocidad de la marcha ($p < 0,001$); y limitaciones de movilidad autoinformadas ($p < 0,05$). Concluyeron que, ocho semanas de baile en línea mejoraron significativamente la función física y redujeron las limitaciones de movilidad autoinformadas en estos individuos. Por tanto, los médicos podrían recomendar el baile en línea como una posible terapia complementaria que aborde las limitaciones de movilidad.

Joung & Lee (2019) completaron un estudio sobre los efectos de un programa de danza creativa (DC) sobre el estado físico, el equilibrio funcional y la movilidad en los ancianos, en el que participaron, 82 adultos mayores de Seúl, Corea, y fueron asignados aleatoriamente a un grupo de baile ($n = 41$, edad = $70,5 \pm 7,89$ años) o un grupo de estiramiento ($n = 41$, edad = $71,77 \pm 7,78$ años). La duración del tratamiento duró 8 semanas, 90 minutos por sesión, 2 días a la semana. El grupo de DC incluía tareas para explorar elementos del movimiento (es decir, cuerpo, espacio, tiempo, fuerza). El de estiramiento incluyó varias posturas de la parte superior e inferior del cuerpo. Las mediciones incluyeron el Senior Fitness Test (SFT), Berg Balance Scale (BBS), Timed Up and Go Test (TUG), Dynamic Gait Index (DGI) y 10-Meter Walking Test (velocidad de marcha). Como resultado se encontró, para el equilibrio, una interacción significativa grupo x tiempo en la BBS [$F(1, 80) = 37.46$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.39$, $f = 0.81$] y TUG [$F(1, 80) = 21.47$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0,21$, $f = 0,51$]. El Post hoc de las pruebas t pareadas revelaron que el grupo DC mostró cambios significativos en TUG ($t = 4.39$, $p < 0.001$, $\Delta 8.88\%$), BBS ($t = -$

8.64, $p < 0.001$, $\Delta 9.94\%$). Concluyen que ambos, la DC y el estiramiento pueden beneficiar el estado físico y el equilibrio de los adultos mayores; sin embargo, la DC puede mejorar el equilibrio dinámico y la movilidad más que el estiramiento.

Además, Rodrigues-Krause et al. (2019) en su revisión sistemática titulada “*Bailando para un Envejecimiento Saludable: Perspectivas Funcionales y Metabólicas*”, investigaron sobre el uso de la danza como una forma de intervención para promover la salud funcional y metabólica en los adultos mayores. Los participantes en los estudios revisados eran personas mayores, con o sin problemas de salud, el rango de edades entre todos los estudios fue de 50 a 94 años. En cuanto a las intervenciones, la mayoría de las intervenciones fueron de 12 semanas de duración 3 veces por semanas, durante 60 minutos cada sesión. Los estilos de baile más utilizados fueron los bailes de salón y culturales. De los 50 estudios revisados, 31 evaluaron individuos sanos, los otros 19 describían algún padecimiento o enfermedad. Las pruebas usadas para medir el equilibrio fueron: Timed up and go (TUG) (14 estudios), la prueba de alcance funcional (4 estudios), la escala de equilibrio de Berg (4 estudios), la plataforma de fuerza para comprobar el centro de presión y los desplazamientos del tronco (4 estudios). Se encontró que, es indiferente el estilo de baile, los estilos de baile aportan beneficios en la capacidades físicas y funcionales de los adultos mayores, en especial las relacionadas con el equilibrio. Además, el bailar es una clara estrategia para el abordaje de la persona adulta mayor en temas de salud y calidad de vida.

Liu et al. (2021), en su metaanálisis, evaluaron los efectos de la intervención de la danza en la función física en adultos mayores sanos y los resultados mostraron que la intervención de baile mejoró significativamente la función de movilidad y el rendimiento de resistencia en comparación con los grupos de control para adultos mayores sanos, el baile sobre el equilibrio no se pudo analizar por falta de datos. La intervención de baile debidamente organizada sería un ejercicio seguro y eficaz para incorporar a la vida diaria. Para el metaanálisis se realizó la búsqueda en cinco bases de datos electrónicas (Cochrane Library, PsycINFO, PubMed, Scopus y Web of Science), hasta finales de junio de 2018, los estudios analizados se limitaron al idioma inglés y a personas con edad promedio mayor de 65 años; al final se incluyeron trece estudios controlados aleatoriamente con un total de 1029 sujetos.

Caminata y los beneficios físicos en el adulto mayor

Caminar también puede mejorar la fuerza de las extremidades, la amplitud de rango de las articulaciones de las extremidades y el tronco, la coordinación y el equilibrio (Dal Bello-Haas et al., 2012). Las características de caminar y su relevancia empiezan en la popularidad de esta actividad física, la caminata es la actividad más reportada en adultos que siguen las recomendaciones físicas (Simpson et al., 2003). Según Lee & Buchner (2008), otros componentes responsables de la importancia de la caminata derivan de su accesibilidad. Además, es una forma universal de actividad física apropiada para promover, sin tener en cuenta al sexo, grupo étnico, edad, educación o nivel de ingresos. La caminata no requiere equipamientos caros, habilidades especiales, o instalaciones especiales y puede hacerse en interiores como por ejemplo en centros comerciales o en una cinta rodante. También se puede practicar en exteriores, al aire libre. En este sentido, la caminata es particularmente importante por su potencial para reducir disparidades en la salud relacionadas a la falta de actividad física (Lee & Buchner, 2008).

La caminata sobre el equilibrio de los adultos mayores

En cuanto al efecto de la caminata sobre el equilibrio Gomeñuka et al. (2019), en su estudio con nombre “*efectos del entrenamiento de marcha nórdica sobre la calidad de vida, el equilibrio y la movilidad funcional en ancianos*”, buscaron probar la hipótesis de que el entrenamiento de marcha nórdica en personas adultas mayores sedentarias durante ocho semanas mostraría mayores mejoras en la movilidad funcional, la calidad de vida y el equilibrio postural que el entrenamiento sin bastones. Resultando que, todas las variables de equilibrio estático (es decir: amplitud máxima de CoP_X y CoP_Y , amplitud media de CoP_X y CoP_Y , velocidad media de CoP_X y CoP_Y y velocidad media de CoP_{TOTAL}) fueron modificadas por la situación de ojos abiertos versus ojos cerrados ($p < 0,001$), presentando valores más bajos en los ojos abiertos en comparación con la situación de los ojos cerrados para ambos grupos y momentos. La velocidad media del CoP fue modificada por el factor tiempo, siendo la Velocidad Media CoP_X ($p = 0,004$), la Velocidad Media CoP_Y ($p = 0,031$) y la Velocidad Media CoP_{TOTAL} ($p = 0,009$) presentando valores menores en el momento post-entrenamiento en comparación con el momento previo al entrenamiento tanto en grupos como en situaciones. De acuerdo al propósito del estudio se rechazó la

hipótesis sobre los beneficios adicionales de caminata Nórdica en comparación con la caminata libre. Para este estudio participaron 33 personas mayores, no entrenadas, de Brasil. Fueron asignadas aleatoriamente a los grupos de entrenamiento de marcha nórdica ($n = 16$, edad: $64,6 \pm 4,1$ años) y marcha libre ($n = 17$, edad: $68,6 \pm 3,9$ años). El entrenamiento tuvo una duración de ocho semanas, con tres sesiones semanales (24 sesiones en total). El volumen (tiempo de sesión en minutos) y la intensidad (porcentaje de frecuencia cardíaca en el segundo umbral ventilatorio alcanzado por los participantes durante las sesiones) fueron iguales para ambos grupos. Se realizaron evaluaciones del equilibrio estático en la plataforma de fuerza.

Por su parte da Silva et al. (2020), en su publicación compararon el desempeño en actividades de simple y de doble tarea, equilibrio postural y funciones cognitivas en adultas mayores que participan de diferentes modalidades de ejercicios grupales. Fueron evaluados 41 adultos mayores de Brasil, pertenecientes a 3 programas de ejercicio (G1 = grupo de caminata, G2 = grupo de entrenamiento funcional y G3 = grupo de danza), no especifica las características de los tratamientos. Para evaluar el equilibrio se utilizó el test de apoyo unipodal. En cuanto al equilibrio no se encontró diferencias significativas entre grupos. Este resultado puede ser explicado por el hecho de que todas las participantes del estudio realizaban ejercicio. Concluyen que, se observó que las adultas mayores que practican ejercicio funcional presentan mejor rendimiento en tareas físicas y cognitivas que aquellas que participan de programas de caminata y danza.

Y Kim et al. (2021), en su estudio “*efectos de un programa de ejercicio físico en la función fisiológica, psicológica y física de los adultos mayores en áreas rurales*”, tuvo como objetivo desarrollar un programa de ejercicio físico que combinara caminata y gimnasia para adultos mayores residentes en áreas rurales y evaluar su efecto sobre su salud fisiológica y psicológica y función física. Se adoptó un diseño cuasi-experimental. Resultando para la capacidad funcional, una diferencia significativa entre el grupo experimental y de control en la fuerza de la extremidad superior ($t = 2.27$, $p = 0.012$) y la fuerza de la extremidad inferior ($t = 3.86$, $p < 0.001$) antes y después del programa de ejercicio. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en el equilibrio y la movilidad entre los dos grupos. El programa mejoró los síntomas depresivos y la función física, no así en el tema de equilibrio estático y dinámico. Para este estudio se contó con la participación

de 224 personas que tenían 65 años o más del país de Corea del Sur, divididas en dos grupos, grupo experimental (94) y de control (130). El programa de ejercicio físico comprendía caminar y realizar gimnasia una vez por semana. Caminar por 60 minutos (estiramiento (5 min), caminar por la ruta designada (50 min) y enfriamiento (5 min)) y el ejercicio de gimnasia por aproximadamente 50 minutos (calentamiento (10 min), el ejercicio principal (35 min) y estiramiento (5 min)). La variable de equilibrio fue medida por las pruebas One Leg Standing (OLS) y Timed up and go (TUG).

Como síntesis, resulta importante destacar que no se encontraron investigaciones sobre la temática propuesta en el presente estudio, debido a la falta de medidas sobre la carga de trabajo de las actividades presentadas en los estudios mencionados y su relación al posible efecto de la misma sobre el equilibrio. No obstante, se puede inferir que la participación de las personas adultas mayores en programas de baile o caminata podría tener un efecto positivo sobre la capacidad funcional mejorando el equilibrio estático y dinámico de esta población. Sin embargo, a pesar de los resultados positivos encontrados en equilibrio, los estudios recomiendan ahondar más en el tema, principalmente por las herramientas de evaluación aplicadas en equilibrio, ya que, en la evaluación del equilibrio muchas de las pruebas aplicadas actualmente están basadas en criterios que permiten la subjetividad del investigador al ser de observación o medidas por tiempo (Sampedro et al., 2010).

Cambios fisiológicos y cinemáticos asociados al envejecimiento

La población mundial envejece, provocando un fenómeno importante. En los últimos años se han realizado diferentes análisis para tratar de comprender los posibles cambios y modificaciones en las estructuras sociales, políticas, económicas y culturales que puede traer para cada nación este fenómeno (Petretto et al., 2016; Robledo & Orejuela, 2020). En la región de América Latina, ha sido sumamente importante y se han venido desarrollando políticas públicas para preparar a los países y organizaciones internacionales y nacionales y así puedan hacer frente al crecimiento acelerado de la población de personas mayores, tomando en cuenta como ejemplo otras regiones del mundo que ya lo presentan, como en países de Europa (Álvarez, 2013; CONAPAM, 2013; OMS, 2015).

El I Informe de Estado de Situación de la Persona Adulta Mayor [IESPAM] de Costa Rica (Fernández et al., 2008) mostraba ya un cambio hacia el envejecimiento de la población. Fue justificado por el aumento de la esperanza de vida al año 2008 de 79,2 años de edad, sumado a la baja de la fecundidad (1.96 hijos por mujer) reduciendo el tamaño de la población joven. Como consecuencia, la proporción de personas con 65 años o más de edad ha aumentado aceleradamente. Siendo tema de análisis para ampliar el conocimiento del proceso de envejecimiento, y así, entender qué podemos aportar para que sea un proceso lo más saludable.

La población envejece en forma acelerada, y la comprensión de los cambios fisiológicos asociados al envejecimiento es una herramienta importante para enfrentar las demandas de ese grupo etario. El II Informe de Estado de Situación de la Persona Adulta Mayor [IESPAM] elaborado por la Universidad de Costa Rica (UCR), el Centro Centroamericano de Población (CCP), el Programa Integral de Adulta Mayor de la UCR (PIAM) y por el Consejo Nacional de la Persona Adulta Mayor (CONAPAM) en el año 2020, indica que la pérdida de capacidades funcionales que conforman la discapacidad se convierte en un reto para la población de 65 años y más en Costa Rica: un 35% se enfrentan a dicha condición (Brenes et al., 2020).

La capacidad funcional en adultos mayores está relacionada con la condición de un individuo que desarrolla actividades cotidianas normales de la vida diaria sin fatiga y de forma segura e independiente (Rikili & Jones, 2001). Es clasificada en dos, las actividades funcionales (vestirse, higiene personal y aseo, comer, entre otras) y las actividades instrumentales (Cuidar mascotas, comunicarse por medio de teléfono o computadora, manejar, entre otras). Su pérdida se asocia con el aumento de riesgo de caídas y la institucionalización (Vale et al., 2018).

El proceso de envejecimiento contribuye a cambios y disminuciones en la función de múltiples sistemas, provocando importantes cambios anatómicos y funcionales en las personas mayores. Entre estos cambios, la disminución de la fuerza muscular (Casas et al., 2015; T. García & Villalobos, 2012; Solano & Carazo, 2018), la flexibilidad (Araújo, 2008; Intolo et al., 2009; Medeiros et al., 2013) y el equilibrio (Pfitzenmeyer et al., 2001; Santos et al., 2015) tienen un gran impacto en la capacidad funcional de los ancianos,

predisponiéndolos a la fragilidad y menor autonomía para las actividades de la vida diaria (ACSM et al., 2009).

Los cambios asociados al envejecimiento son múltiples, de acuerdo a las teorías del envejecimiento pueden responder a la genética, estilos de vida de la persona o enfermedades (González de Gago, 2010), repercutiendo en los músculos, las articulaciones, los huesos, la composición corporal, la función cardíaca, lo cognitivo entre otras (Salech et al., 2012).

Envejecimiento muscular

El deterioro funcional de los órganos y sistemas es la manifestación principal del envejecimiento (Portal-Núñez et al., 2012). Uno de esos cambios en las personas es el declive progresivo importante de la masa muscular a partir de los 40 años de edad (Kamel, 2003).

El músculo esquelético cambia en las personas mayores, disminuyendo su masa por infiltración de grasa y de tejido conectivo, una pérdida selectiva de fibras tipo II, desarreglo de las miofibrillas que provocan menos regeneración, menor cantidad de unidades motoras y flujo sanguíneo (Tankó et al., 2002). A esta pérdida de masa del músculo esquelético por la edad se le conoce como sarcopenia y es un importante factor de riesgo de discapacidad, hospitalización y muerte en los adultos mayores (Fielding et al., 2011).

Estos cambios causan disminución en la fuerza y velocidad de contracción muscular, interviniendo en la capacidad funcional y poniendo en riesgo la autonomía de las personas mayores (Salech et al., 2012).

Envejecimiento óseo

El sistema óseo también presenta cambios importantes, que pueden llevar a desarrollar osteoporosis. Durante el envejecimiento existe una disminución de las células osteoprogenitoras, un aumento del potencial adipogénico en la médula ósea a expensas de la condrogénesis y la osteogénesis, junto con una alteración de la competencia osteoblástica para modular la osteoclastogénesis (Akune et al., 2004; Cao et al., 2005), por tanto, en el caso del hueso, se considera que el envejecimiento constituye un factor de riesgo primordial

en la pérdida de masa y calidad ósea, lo que trae como consecuencia un aumento de la incidencia de fracturas (Portal-Núñez et al., 2012).

A partir de los 30 años la tasa de reparación de una fractura disminuye (Portal-Núñez et al., 2012). La pérdida de masa ósea es diferente para cada persona presentándose con mayor prevalencia en mujeres. Existe una relación directa entre la falta de estrógeno después de la menopausia y el desarrollo de la osteoporosis (Calderón, 2005).

Algunos factores que determinan la pérdida ósea es la alimentación, así como la ausencia de ejercicio físico y la disminución de flujo sanguíneo óseo por una disminución con la edad de las células endoteliales y de los factores y las vías de señalización que las modulan (Brandes et al., 2005). Las etapas iniciales de la disminución de la masa ósea no presentan síntomas, se puede llegar a evidenciar por dolores de espalda, postura encorvada, pérdida de estatura con el tiempo, entre otras (Calderón, 2005).

Debido a la osteoporosis, que puede afectar de forma diferente en cada persona, las destrezas motoras se pueden ver afectadas, entre estas capacidades el equilibrio postural dinámico y estático (Halvarsson et al., 2011).

Envejecimiento cognitivo

El envejecimiento es un proceso de la interacción entre funciones biológicas, cerebrales, sociales y ambientales con una compleja asociación de factores (Bruna et al., 2012). Provocando con el tiempo una serie de cambios observables a nivel de atención, lenguaje, percepción, memoria e incluso la capacidad de resolver tareas en las personas mayores (Rosselli & Jurado, 2012; Ustárroz et al., 2012).

Los cambios que ocurren a nivel cognitivo son variables e individuales, y hacen referencia a todas aquellas actividades mentales que realizan las personas al interactuar con el medio ambiente que lo rodea (Arias & Gutiérrez, 2020; Jara, 2008). Es decir, son las que hacen posible que la capacidad funcional del individuo le permita desenvolverse adecuadamente en sus tareas al poder percibir, almacenar, manipular y recuperar información entre otras funciones. Existen múltiples factores que en el ciclo de vida pueden alterar el funcionamiento cognitivo, pero la vejez es con diferencia y motivos obvios, la etapa de mayor fragilidad y vulnerabilidad en este sentido (Jara, 2008).

La velocidad de procesamiento de la información es una de las funciones que se ha observado que disminuye con la edad, que puede alterar la capacidad funcional y que demostró estar relacionada con el proceso de envejecimiento (Salthouse, 2009). La velocidad de procesamiento de la información es definida como la velocidad a la que una persona es capaz de realizar una tarea cognitiva simple; no requiere de conocimientos previos ni de pensamiento abstracto para su ejecución (Bruna et al., 2011; Spirduso, 2013). La disminución de la velocidad de procesamiento puede incidir en el rendimiento cognitivo de la persona adulta mayor (Díaz, 2008), ya que, la mayoría de las acciones de la vida diaria obligan que la información sea procesada a una velocidad terminante para que el rendimiento o eficacia en la actividad no se vea afectado.

Además de las alteraciones cognitivas mencionadas por ejemplo en la memoria, se afectan una serie de funciones como las visuo-espaciales, visuo-perceptivas, visuo-constructivas y las funciones ejecutivas (Díaz, 2008), dicho deterioro, puede interferir significativamente en la realización de actividades de la vida diaria como caminar o mantener el equilibrio de la persona afectada (Soares et al., 2013).

Cambios cinemáticos asociados al envejecimiento

Los sistemas muscular, óseo y cognitivo sumados al deterioro del sentido de la vista, a la propiocepción y al sistema vestibular por el proceso de envejecimiento son los que más afectan el equilibrio estático y dinámico en las personas adultas mayores (Rose, 2005). Las deficiencias en cualquiera de los múltiples sistemas que contribuyen a la estabilidad ortostática no sólo limitan el alcance y tipo de actividades físicas de las persona adultas mayores, sino que terminan provocando caídas que restringen aún más la actividad funcional y tienen profundas consecuencias psicológicas (Rose, 2005).

El equilibrio utiliza la información interna y externa para reaccionar y activar los músculos que le permiten anticiparse a un cambio (Sturnieks et al., 2008). Estas acciones son las que más se utilizan en actividades como levantar un objeto, reaccionar para evitar una caída o el solo hecho de caminar que involucra la visión que controla la dirección y la velocidad, el aparato vestibular que mantiene el equilibrio, aporta información acerca de la aceleración y los receptores de los músculos y articulaciones informan de las posiciones y

los cambios corporales, mientras se traslada en peso corporal de un pie al otro (Halvarsson et al., 2011).

Esta estrecha asociación entre las deficiencias del equilibrio y la movilidad y el aumento de las caídas sugiere la necesidad de que se establezcan programas basados en actividades que se centren específica y sistemáticamente en mejorar las múltiples dimensiones del sistema del equilibrio, en especial de las personas adultas mayores. Mantener un nivel alto de equilibrio y movilidad es esencial para envejecer bien porque, además de posibilitar la ejecución de actividades diarias básicas como levantarse de una silla o subir escaleras, el equilibrio constituye la base de una vida activa y sana (Santos et al., 2015).

Importancia del ejercicio físico en personas adultas mayores

Ejercitarse y hacer actividades físicas con regularidad es fundamental para la salud física y mental de las personas, inclusive los adultos mayores. Ser activo físicamente puede ayudar a seguir haciendo las tareas que la persona disfruta y a mantenerse independiente a medida que se va envejeciendo (National Institutes of Health, 2021). Los resultados de la actividad física en las personas mayores parecen en ocasiones incluso mayores que en los jóvenes (Muiños, 2014).

Con la actividad física se obtienen algunos beneficios que evitan que el proceso de envejecimiento deteriore la condición funcional del adulto mayor evitando su aislamiento social y mejorando su calidad de vida (Ceballos, 2012). De acuerdo a Galloza et al. (2017), el ejercicio físico presenta los siguientes beneficios en las personas adultas mayores: el ejercicio aeróbico, mejora significativamente el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), el control glucémico y el metabolismo de los lípidos posprandiales y otros parámetros de fragilidad y de estado funcional. Realizando ejercicios de fuerza se producen aumentos en la fuerza y potencia muscular, aumento de la masa libre de grasa y disminución de grasa corporal, aumento del reclutamiento de unidades motoras y de la resistencia muscular; además menciona que, un estilo de vida físicamente activo suscita sentimientos de bienestar y mejora la calidad de vida y se asocia con un menor riesgo de deterioro cognitivo y demencia.

Además, Liu et al. (2021) y Voelcker et al. (2010) indican que el entrenamiento en el que se trabaja la resistencia física a nivel aeróbico y la coordinación, es el que consigue frenar en mayor medida el lento trabajo cognitivo y perceptivo asociado a la edad.

A las personas adultas mayores se les recomienda hacer ejercicio para lograr los beneficios mencionados, llevar a cabo actividades recreativas, paseos en bicicleta o caminatas, así como diversos tipos de gimnasia como aeróbicos o bailes de salón. El tiempo recomendado para la realización de actividades físicas es de 150 minutos a la semana como mínimo, en el caso de ejercicios moderados como los de tipo aeróbico, si se trata de alguna actividad física vigorosa también de tipo aeróbica el tiempo semanal se reduce a 75 minutos y al menos dos días de actividades de fortalecimiento muscular por semana (ACSM et al., 2009).

Capacidad aeróbica

La capacidad aeróbica o cardiorrespiratoria, definida como la capacidad del sistema circulatorio y respiratorio de suministrar oxígeno a los músculos y otros órganos (González R & Achiardi T, 2016), es un marcador directo del estado fisiológico y refleja la capacidad total de los sistemas cardiovascular y respiratorio, así como la habilidad para realizar ejercicio físico prolongado.

El criterio aceptado para medir la capacidad aeróbica es el VO_2 máx que se define como la velocidad y capacidad en la que una persona respira aire del medio ambiente, lo transporta por el sistema respiratorio y cardiovascular, metaboliza el oxígeno (O_2) como fuente de energía en las células musculares al realizar actividad física (ACSM et al., 2009), considerado como una medida de la capacidad funcional del sistema cardiorrespiratorio (Ochoa, 2015).

Las personas mayores que poseen una capacidad aeróbica alta se relacionan a una vida más longeva, al concluir Kodama et al. (2009) en el metaanálisis que, una mejor aptitud cardiorrespiratoria se asocia con un menor riesgo de causas de mortalidad y enfermedades coronarias y enfermedades cardiovasculares; los participantes con una máxima capacidad aeróbica (MCA) de 7,9 MET (Unidad Metabólica de Reposo) o más

tuvieron tasas sustancialmente más bajas de mortalidad en comparación con aquellos con una MCA de menos de 7,9 MET.

La capacidad aeróbica por década puede sufrir una pérdida entre un 5 y 15%, disminuyendo mayoritariamente en hombres que en mujeres este porcentaje (Hollenberg et al., 2006).

Al entrenar la capacidad aeróbica provoca beneficios bien establecidos para disminuir los factores de riesgo cardiovascular, de acuerdo a Chodzko et al. (2009). El entrenamiento de esta capacidad induce adaptaciones favorables a los factores de riesgo tradicionales, se presenta una frecuencia cardíaca más baja en reposo y durante el ejercicio submáximo, aumentos más pequeños de la presión arterial, aumento del contenido de transportadores de glucosa en el músculo, mejor acción de la insulina en todo el cuerpo y una reducción de las concentraciones plasmáticas de lípidos.

Otros beneficios del entrenamiento aeróbico en adultos mayores son las mejoras en la elasticidad de la rigidez arterial y la función endotelial vascular (Santos-Parker et al., 2014; Seals et al., 2009).

Además Barnes et al. (2003), en un estudio longitudinal de 6 años, indican que la capacidad aeróbica predecía el rendimiento cognitivo en una serie de dominios (memoria, atención, rapidez de procesamiento y en general sobre la función mental. De acuerdo a Chodzko et al., (2009) el mecanismo de la relación entre la actividad física, el ejercicio y el funcionamiento cognitivo no se comprende bien, pero se ha sugerido que un aumento del flujo sanguíneo, aumento del volumen cerebral, elevaciones en el factor neurotrópico derivado del cerebro y mejoras en los sistemas de neurotransmisores y la función del factor de crecimiento insulínico (IGF-1) pueden ocurrir en respuesta al entrenamiento aeróbico y del comportamiento. Por su parte Galloza et al. (2017), mencionan que, una exposición aguda a una sola sesión de ejercicio aeróbico puede resultar en mejoras a corto plazo en la memoria, la atención y el tiempo de reacción.

Las recomendaciones de ejercicio aeróbico para personas adultas mayores sanas de acuerdo a Haskell et al. (2007) son,

- **Frecuencia:** para actividades de intensidad moderada, acumule al menos 30 o hasta 60 min/día (para un mayor beneficio) en episodios de al menos 10 minutos cada uno para un total de 150-300 min/sem, al menos 20-30 min/día o más de actividades de intensidad vigorosa para un total de 75-150 min/sem, una combinación equivalente de actividad moderada y vigorosa.
- **Intensidad:** en una escala de 0 a 10 para nivel de esfuerzo físico, de 5 a 6 para intensidad moderada y de 7 a 8 para intensidad vigorosa.
- **Duración:** Para actividades de intensidad moderada, acumule al menos 30 min/día en episodios de al menos 10 min cada uno o al menos 20 min/día de actividad continua para actividades de intensidad vigorosa.
- **Tipo:** Cualquier modalidad que no imponga un estrés ortopédico excesivo; caminar es el tipo de actividad más común. El ejercicio acuático y el ejercicio en bicicleta estacionaria pueden resultar ventajosos para quienes tienen una tolerancia limitada a la actividad con soporte de peso.

Fuerza

La fuerza se sustenta en una combinación de factores morfológicos y neurales que incluyen el área y la arquitectura de la sección transversal del músculo, la rigidez musculotendinosa, el reclutamiento de unidades motoras, la codificación de frecuencia, la sincronización de las unidades motoras y la inhibición neuromuscular (Suchomel et al., 2018).

Los efectos del entrenamiento de fuerza se obtienen evaluando la fuerza y la potencia muscular, que son características asociadas con el rendimiento funcional, hay varios métodos disponibles, incluidos los protocolos isométrico, isotónico, isocinético, 1-Repetición Máxima (RM), RM múltiple (3-RM), subir escaleras y salto vertical (Galloza et al., 2017).

Una adecuada fuerza muscular en las personas adultas mayores se asocia inversamente con la aparición de los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares (ECV) (Muntaner, 2016). Además, se ha demostrado que el entrenamiento de la fuerza tiene un impacto favorable en las actividades de caminar, pararse de una silla y de

equilibrio, pero se necesita más información para comprender la naturaleza precisa de la relación entre el ejercicio y el rendimiento funcional (Chodzko et al., 2009).

Por tanto, debemos de tomar en cuenta que la disminución progresiva de la masa muscular y la fuerza se acelera después de los 65 años; a los 80 años, se puede perder hasta el 50% de la masa muscular esquelética máxima (Galloza et al., 2017). La pérdida de la masa muscular y la fuerza en miembros superiores e inferiores, se puede dar entre un 4.5% y un 5.5% cada cinco años (Pedrero-Chamizo et al., 2012) y a partir de los 75 años se pierde a una tasa de 3 a 4% por año en los hombres y de 2,5 a 3% por año en las mujeres (Mitchell et al., 2012).

Las recomendaciones para ejercicios de fuerza para personas adultas mayores sanas de acuerdo a Haskell et al., (2007) son,

- **Frecuencia:** al menos 2 días/sem.
- **Intensidad:** entre intensidad moderada (5-6) y vigorosa (7-8) en una escala de 0 a 10.
- **Tipo:** programa de entrenamiento con pesas progresivo o calistenia con soporte de peso (8 a 10 ejercicios que involucran los principales grupos musculares de 8 a 12 repeticiones cada uno), subir escaleras y otras actividades de fortalecimiento que utilizan los principales grupos de músculos.

Equilibrio

El equilibrio y la postura corporal son fundamentales para la mayor parte de las tareas de las personas. Desde un punto de vista mecánico, la clasificación de Barham mencionada en Pérez & Llana (2016), establece que el equilibrio puede ser analizado desde el equilibrio estático, que es la parte de la dinámica que estudia las fuerzas que lo provocan (ej. parámetros de inercia, fuerzas y centro de gravedad, etc.), mientras que el análisis de las fuerzas responsables de que se produzca el movimiento sería función de la cinética (ej. fuerzas propulsivas y resistencia durante diferentes actividades), y el estudio del propio movimiento sería parte de la cinemática (ej. distancia, ángulo, velocidad, aceleración, etc.)

Para equilibrio, los principales factores mecánicos que determinan la estabilidad son, la base de sustentación (BOS, sigla en inglés), la altura del centro de gravedad (CG) respecto a la BOS y la proyección del CG en la BOS (Gutiérrez, 1999). Winter (1995) definió el equilibrio como la capacidad de mantener la proyección del CG corporal dentro de límites manejables de la BOS, tanto de pie como sentado, o en el cambio hacia una nueva BOS o incluso caminando.

Por su parte Rose (2005), sin tener en cuenta más fuerzas externas que la gravedad lo define como el proceso por el cual controlamos el centro de masa (COM, sigla en inglés) o CG del cuerpo respecto a la base de sustentación, sea estática o dinámica. Por ejemplo, cuando estamos de pie en el espacio, nuestro objetivo primario es mantener el COM en los confines de la base de sustentación, mientras que cuando caminamos, desplazamos continuamente el COM respecto a la base de sustentación, la cual restablecemos a cada paso.

Componentes del equilibrio

En la sociedad moderna, donde la población está envejeciendo se ha observado un aumento en las caídas debidas a la pérdida de equilibrio, lo que ha motivado un creciente interés por conocer los mecanismos de control de la estabilidad del equilibrio y cómo la edad puede afectarlos. De acuerdo a Buatois et al. (2007), la estabilidad del equilibrio empeora con la edad, y es debida al deterioro de los tres sistemas que contribuyen al control postural (somatosensorial, vestibular y visual), al existir un marcado descenso en la sensación de vibración, número de receptores vestibulares y agudeza visual, también, existe una disminución de la velocidad de conducción nerviosa periférica, una reducción del número de motoneuronas y una reducción de masa muscular, además, la capacidad de procesamiento central de la información también disminuye con la edad, lo que se refleja en una reducción en la velocidad con la cual las personas adultas mayores puede reaccionar y moverse.

Por otra parte, otro factor en cuenta considerar en la pérdida del equilibrio es la fatiga, entendida como una disminución en la capacidad de generar fuerza, la cual, afecta negativamente a la estabilidad del equilibrio (J. García & Rodríguez, 2015). La fatiga de los

músculos que controlan la articulación del tobillo es fundamental en la alteración de la estabilidad del equilibrio, ya que, el cuerpo humano se comporta como un péndulo invertido donde esta articulación juega un papel muy importante (J. García & Rodríguez, 2015). En el estudio de Vuillerme et al. (2006), valoraron los efectos de la fatiga localizada en el tríceps sural (sóleo y gemelos) en la estabilidad del equilibrio, demostrando que después de un protocolo fatigante se deteriora la estabilidad, y que esto es todavía más preocupante si la fatiga se ve acompañada de un requerimiento de atención durante la tarea.

Clasificación del equilibrio

El equilibrio corporal se logra mediante la combinación de componentes estáticos y dinámicos. El equilibrio estático se obtiene a través de la estabilidad estructural que ofrecen estructuras como, huesos, cápsulas y ligamentos y el equilibrio dinámico se refiere al control neuromuscular del músculo esquelético que afecta a una articulación para mantener su centro de rotación en respuesta a la perturbación (Micheo et al., 2012).

Para ello, se nombran tres estrategias diferentes para mantener una postura adecuada: estrategias de tobillo, cadera y paso. Las estrategias de cadera y tobillo incluyen la activación de los músculos opuestos a la dirección de la perturbación y la estrategia de pasos se inicia una vez que la magnitud de la perturbación es demasiado grande. Por ejemplo, comienza dando un paso en la dirección de la perturbación, lo que permite la preservación de la COM y, por lo tanto, un equilibrio inalterado (Reddy & Alahmari, 2016; Rose, 2005).

Equilibrio en el adulto mayor

Los trastornos del equilibrio suelen ser una afectación multifactorial en la población adulta mayor. La debilidad en los músculos estabilizadores centrales, los patrones de activación muscular alterados, la pérdida de la propiocepción y la incapacidad para controlar el control postural normal pueden resultar en una disminución del equilibrio en los ancianos (Barnett et al., 2003; Sterling et al., 2001).

En personas mayores, los estudios han examinado las relaciones entre la edad, el ejercicio y el equilibrio, y la mayoría de las investigaciones se han realizado en poblaciones

con riesgo de caídas (es decir, mujeres osteoporóticas, adultos mayores frágiles, sujetos con antecedentes de caídas) (Spirduso et al., 2005). Se ha demostrado que las actividades de entrenamiento del equilibrio, como el fortalecimiento de la parte inferior del cuerpo y caminar sobre terrenos difíciles, mejoran significativamente el equilibrio y, por lo tanto, se recomiendan como parte de una intervención de ejercicio para prevenir caídas (Gillespie et al., 2003; Said et al., 2008). Las personas mayores que poseen mayor riesgo de caídas parecen beneficiarse de un programa de ejercicio personalizado que se integra dentro de una intervención multifactorial de prevención de caídas más amplia (Day et al., 2002; Steinberg et al., 2017; Tinetti et al., 1994).

Sanromà & Balasch (2008), describieron el equilibrio durante el ciclo vital (desde los 4 hasta los 74 años). Los datos denotaron un aumento exponencial del rendimiento en las primeras edades, hasta llegar a los 18 años; los mejores resultados se alcanzaron de los 19 a los 23 años y se mantenían hasta los 30. A partir de los 33 años, la curva describió una involución hasta el final del ciclo, con un punto de inflexión más acentuado a los 53 años. Esta descripción refleja el hecho de que al final de nuestra vida volvemos a disminuir el rendimiento hasta alcanzar los valores de la etapa de la infancia, aunque las causas que provocan la obtención de los mismos resultados sean muy diferentes.

Test para medir el equilibrio en el adulto mayor

Para medir el equilibrio en personas mayores los métodos utilizados han sido diversos, en la temática de este estudio estas son las más utilizadas, en Bennett & Hackney, (2018), Eyigor et al. (2009), Gomeñuka et al. (2019) y Joung & Lee (2019) se utilizó la Escala de Berg (Berg Balance Scale, BBS) evaluación diseñada para evaluar el equilibrio estático y el riesgo de caídas en poblaciones adultas que incluye 14 actividades de la vida diaria puntuadas en una escala de 0 a 4, donde 0 significa no poder realizar la tarea y 4, poder completar la tarea según el criterio, máxima puntuación 56. La prueba de Sharpened o Tandem Romberg utilizada por Sofianidis et al. (2009), es una variación de la prueba original de Romberg, se coloca en una posición determinada la persona con un pie adelante del otro y se busca cumplir 15 segundos sin perder el equilibrio. Las pruebas Timed up and go (TUG) y Single One Leg (OLS) que aplicaron en da Silva et al. (2020), Granacher et al. (2012), Joung & Lee (2019), Kim et al. (2021) y Serrano-Guzmán et al. (2016), el TUG

consiste en levantarse de una silla, caminar 3 metros, girar, caminar hacia la silla y sentarse, se busca lograr el menor tiempo en la prueba. El test OLS consiste en mantener el equilibrio en una sola pierna con una postura determinada sin tocar el piso, tratando de alcanzar el mayor tiempo posible (mínimo 5 segundos).

Test de apoyo monopodal y TUG

Para efecto de esta investigación se utilizará la prueba de equilibrio “Single-Limb Stance” o “Prueba de postura de una sola extremidad” para medir el equilibrio estático. De acuerdo al protocolo descrito por Weightman et al. (2014) será medido en superficie plana-rígida sin zapatillas, sobre pie derecho y sobre pie izquierdo, con ojos abiertos. La posición de partida del sujeto será con una pierna elevada teniendo el pie sin tocar el suelo y la pierna de apoyo totalmente extendida. Los brazos se colocarán teniendo las manos apoyadas en la cadera (a la altura de las crestas ilíacas). La cabeza y la pelvis deberán mantenerse en posición neutral. Mantener la postura indicada por 30 segundos.

El equilibrio dinámico será medido en superficie plana-rígida con zapatillas mediante una prueba de equilibrio el “Timed up and go” (TUG, siglas en inglés). Se inicia la prueba sentado en una silla, se le da la orden de inicio del test al participante y éste debe de levantarse de la silla, caminar lo más rápido y seguro posible hasta la línea en el piso, marcada a tres metros de distancia, girar, caminar de regreso a la silla y sentarse nuevamente, se anota el tiempo que dura la ejecución (Podsiadlo & Richardson, 1991).

Métodos para la evaluación del equilibrio

Múltiples tests como se ha mencionado en apartados anteriores se aplican para la medición del equilibrio en personas mayores, la selección del método adecuado para evaluar el equilibrio requiere conocer sus ventajas y desventajas, en donde el propósito del estudio y el costo son las variables por considerarse (Villalobos et al., 2019).

El equilibrio se ha medido normalmente mediante pruebas funcionales y estáticas válidas y fiables (Isles et al., 2004; Steffen et al., 2002), por ejemplo, la Escala de Berg (Berg Balance Scale, BBS), la prueba de Sharpened o Tandem Romberg, las pruebas Timed up and go (TUG) y Single One Leg (OLS) (Liu et al., 2021).

No obstante, las habilidades que analizan en los test son especialmente fáciles y es habitual ver cómo las personas obtienen puntajes muy altos en general. Por tanto, limita a encontrar alteraciones significativas cuando el deterioro del control postural ya es muy grande (Blum & Korner-Bitensky, 2008; Boulgarides et al., 2003). Esto podría presentar a la hora de evaluar el equilibrio que no exista un procedimiento confiable que permita la detección de cambios tempranos en el equilibrio provocados por la edad, ni la medición de las variaciones producidas por los programas de rehabilitación diseñados para diferentes patologías (Leirós-Rodríguez et al., 2019).

Por lo que, para facilitar la medición y diagnóstico del equilibrio, se implementan nuevas tecnologías para la medición de la variabilidad del movimiento de la persona. Con ello se busca generar información relevante a la hora de un mejor diagnóstico y generar una solución al déficit de equilibrio. Entre esas tecnologías están la plataforma de fuerza (Bergland & Wyller, 2004; Bergland et al., 2003; Brauer et al., 2000), acelerómetros, cámaras de movimiento (Aziz et al., 2014) y plataformas de estabilometría (Borges et al., 2018; Maňko et al., 2019). Dos de los instrumentos más comunes utilizados para la investigación son la posturografía dinámica computarizada (utiliza una plataforma de fuerza en combinación con diferentes estímulos) y las plataformas de fuerza, instrumentos que permiten medir el centro de presión (PC) de la persona, siendo un indicador de gran validez para identificar déficits sensitivo-motores relativamente prematuros (Moe-Nilssen, 1998).

Las plataformas de fuerza permiten la evaluación postural en diferentes condiciones de equilibrio, como estar de pie o sobre una sola pierna, tener los ojos abiertos o cerrados, realizar tareas cognitivas al mismo tiempo. Como resultado, esta herramienta ha sido el instrumento metodológico elegido para muchas investigaciones (Bauer et al., 2008), considerándose el estándar de oro para la cuantificación del estado de control postural en relación al mantenimiento del equilibrio estático.

Aun así, cada nuevo instrumento puede tener ventajas y desventajas de acuerdo a su aplicación. En relación al tema de las plataformas de fuerza, los resultados proporcionados por este dispositivo únicamente toman en cuenta el comportamiento del centro de presión del cuerpo. A pesar que este dato genera datos importantes no representaría la globalidad de los factores que pueden inferir en el control del equilibrio ni tampoco medir en tiempo real

los movimientos corporales en situaciones fuera de laboratorio, menciona por Leirós-Rodríguez et al. (2015), Mayolas et al., (2011) y Rogers et al., (2003), como limitaciones que tienen las plataformas de fuerza para algunas mediciones de equilibrio.

Tecnología inercial para la valoración del equilibrio y la carga externa

Una alternativa para solventar esas carencias presentadas por la plataforma de fuerza al medir el equilibrio ha sido el uso de acelerómetros o bien unidades de medición inercial (Inertial Movement Unit (IMU)). Estas tienen el potencial de influir positivamente en las intervenciones basadas en realizar ejercicio para mejorar el equilibrio y prevenir caídas en personas mayores (Leirós-Rodríguez et al., 2019). Además, son un tipo de sensor ligero y móvil que proporciona un método de evaluación instrumental y menos costoso que los que se utilizan comúnmente para realizar posturografías (plataforma de fuerza).

Las IMU incluyen acelerómetros, giroscopios y dispositivos de posicionamiento global por satélite (GPS) (Li et al., 2016). Algunos dispositivos IMU de última generación pueden tener más sensores incluidos. Por ejemplo, podemos mencionar el dispositivo WIMU PROTM (Empresa RealTrack Systems, Almería, España) el cual integra cuatro acelerómetros (3D), dos giróscopos (3D), un magnetómetro (3D), un chip GNSS para posicionamiento global mediante satélite, un chip UWB para posicionamiento por radiofrecuencia de onda corta en deportes bajo techo, receptor de Ant+ y Bluetooth, entre otros (Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, et al., 2019).

Es así que, mediante los dispositivos que integran esta tecnología se pueden registrar diferentes variables, cinemáticas, neuromusculares y fisiológicas (Molina-Carmona et al., 2018). Algunos ejemplos de estos dispositivos se encuentran en tabletas, teléfonos celulares o en dispositivos específicos de acelerometría. En los últimos años los estudios han implementado esta tecnología para validar procesos de medición del equilibrio en adultos mayores con acelerómetros (Alberts et al., 2015; Aziz et al., 2014; Ghislieri et al., 2019; Hsieh et al., 2019; Shahzad et al., 2017).

Además, los IMU son capaces de medir la carga de trabajo realizado por los atletas u otras personas en términos de impactos, velocidad, aceleración o distancia, a lo que se denomina carga externa y a su vez medir carga interna provocada por el estrés de los entrenamientos o bien la competición sobre aspectos fisiológicos o psicológicos (McLaren

et al., 2016; Paulson et al., 2015) conceptos aplicados para lo deportivo y la investigación (Bartlett et al., 2017).

Para medir los impactos, la unidad de medida que utilizan estos dispositivos es la unidad de gravedad (g), que se basa en la aceleración que produce la gravedad sobre todos los objetos en condiciones ideales (sin resistencia ni fricción de ningún tipo). Una aceleración de 1 g se considera igual a la gravedad estándar que es de 9,8 metros por segundo al cuadrado (m/s^2). Esta es la unidad de medida para la aceleración en el Sistema Internacional de Unidades (Serway & Jewett, 2013).

Este tipo de análisis se aplica mayormente en el campo deportivo y es la función principal de los científicos y analistas deportivos para poder evaluar el rendimiento (Haff, 2010). La carga externa e interna de trabajo ha sido evaluada y validada en diferentes estudios (Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, et al., 2019; Reche-Soto et al., 2020; Rojas-Valverde et al., 2019, 2021) generando información relevante para la planificación de entrenamientos, para prevenir lesiones y para competencia deportiva, por tanto, su aplicación en el campo del ejercicio y la salud debe ser tomada en cuenta en mayor medida.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Este estudio es de tipo cuantitativo experimental, el cual se caracteriza por buscar la comprobación de teorías y establecer patrones de comportamiento, basándose en la medición numérica, el análisis estadístico y la recolección de datos para probar los objetivos planteados (Sampieri et al., 2014).

Diseño de investigación

El diseño del estudio se estableció como «cross-over» o alternativo, también conocido como diseño conmutativo o diseño cruzado. O sea, en esta investigación experimental cada participante recibe dos o más tratamientos en orden aleatorio según la estructura del diseño. Su objetivo es estudiar las diferencias entre los tratamientos individuales (Jones & Kenward, 1989; Portell & Domenech, 1997). La comparación se realiza utilizando una estrategia intrasujeto, de forma que cada participante actúa como su propio control. La tabla 1 muestra el diseño de investigación para este estudio.

Tabla 1. Diseño Cross Over, en tres condiciones de tratamiento

R	O ₁ (0h)	X ₁	O ₂ (1h)	O ₃ (2h)	O ₄ (3h)	O ₁ (0h)	X ₂	O ₂ (1h)	O ₃ (2h)	O ₄ (3h)	O ₁ (0h)	X ₃	O ₂ (1h)	O ₃ (2h)	O ₄ (3h)
---	---------------------	----------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------	---------------------	---------------------	---------------------

Simbología: R= Aleatorizado; O= mediciones; h= horas; X₁= Condición Experimental _(baile) [CE(b)]; X₂= Condición Experimental _(caminata) [CE(c)]; X₃= Condición Control _(sentado) [CC(s)].

Definición de variables

A continuación, se exponen las variables independientes y dependientes del estudio, y también las covariables.

Variable independiente

Tipos de intervención: Clase de baile, Caminata, Reposo Sentado y Posición de los dispositivos IMU.

Variables dependientes

Acel T (Equilibrio), se identifica como la aceleración total registrada en los tres ejes ortogonales del acelerómetro (x, y y z), midiendo la combinación de la gravedad y los cambios en los movimientos horizontales y verticales de un segmento del cuerpo u objeto al que está conectado el acelerómetro (Kunze et al., 2010).

$$\text{Vector Resultante (AcelT)} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Impactos (Carga externa) el rango de detección de movimiento es de ± 16 gravedades (g), ± 16 g, ± 32 g y ± 400 g (se han establecido 10 intervalos de 1g entre intervalo (Impactos 1-10 g / min)).

Participantes y su elección

Los participantes del estudio fueron dos hombres y veintiocho mujeres con un promedio de edad de 66 (± 6.38) años que asistieron a programas institucionalizados de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente (UCR, SO).

La selección fue en función de los siguientes criterios.

Los criterios de inclusión:

- Hombre o mujer perteneciente a un programa institucionalizado de la UCR, SO.
- Tener una edad igual o mayor a 60 años
- Tener destrezas básicas de baile.
- Ser físicamente funcionales.
- No tener ninguna limitación física que le impida realizar las sesiones de baile y caminata.

Los criterios de exclusión:

- Reportar haber realizado niveles de actividad física de alta intensidad 48 horas antes de las mediciones, o bien, determinado por las mediciones obtenidas por medio del acelerómetro Actigraph
- Tener problemas relacionados al equilibrio (lesiones en el sistema sensorial -es decir, vestibular, somato sensorial, y visual-, sistema muscular, sistema nervioso).
- Reportar alguna condición médica que le impida realizar ejercicio físico.

- Tener algún tipo de lesión de extremidades inferiores.

Elección de la muestra

La muestra se estableció de forma no probabilística (no aleatoria) de tipo intencional, determinada según la disponibilidad de los participantes y características especiales requeridas. Para ello, la elección de los sujetos no dependió de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador (Sampieri et al., 2014). Los sujetos debían de cumplir con ciertos criterios de inclusión y exclusión. Por tanto, los sujetos se seleccionaron según accesibilidad, disponibilidad, participación en los programas institucionalizados de la Sede de Occidente y cumpliendo con los criterios de inclusión y exclusión, además de la anuencia para participar en el protocolo con plena libertad y autonomía.

Para determinar la muestra, se realizó un análisis de potencia de prueba con el G Power versión 3.1.9.7 considerando un alfa (α) a priori de 0.05, una potencia de prueba ($1-\beta$) a priori de 0.80, en un esquema de análisis de ANOVA mixta de 4 mediciones por 3 condiciones con intervalos de confianza de 1.96, que resultó en una muestra de 30 sujetos y un valor de F crítico de 2.17 (Faul et al., 2009).

Procedimientos Generales

El protocolo de investigación fue aprobado por un Comité de Revisión del Doctorado en Ciencias del Movimiento Humano de la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Asimismo, esta investigación fue revisada y aprobada por el Comité Ético Científico de la Universidad de Costa Rica, protocolo número CEC-158-2022.

Todos los participantes fueron informados de los detalles de los procedimientos de la investigación y los posibles riesgos y molestias asociados. Cada sujeto dio su consentimiento informado por escrito (Anexo 1), de acuerdo con los criterios de la Declaración de Helsinki, en relación con la investigación biomédica involucrando sujetos humanos (XVIII Asamblea Médica, 1964, revisada en 2013 en Fortaleza). Los sujetos fueron reclutados entre las personas matriculadas en los Proyectos de Acción Social de la

UCR, SO. Los participantes completaron un cuestionario de elaboración propia sobre datos personales, actividad física, lesiones recientes y estilo de vida, para determinar su idoneidad para participar en la investigación

Instrumentos de medición y recolección

Balanza

Se midió el peso y la masa corporal de los participantes utilizando una Tanita-Ironman BC-558 (sensibilidad de 0,1 kg), que emplea análisis de impedancia bioeléctrica (BIA, siglas en inglés).



Imagen 1. Tanita-Ironman BC-558 (Foto, Tanita)

Tallímetro

La altura se midió con un tallímetro mecánico portátil modelo PHR, de DETECTO. Proporciona mediciones precisas y confiables de la estatura de niños y adultos, tanto en pulgadas como en centímetros, en un rango de 4,5-81" (11,5-205 cm), con graduaciones de 0,125" (0,1 cm).



Imagen 2. PHR, tallímetro mecánico portátil DETECTO (Foto, DETECTO)

Acelerómetro

Para medir los niveles de actividad física, 48 horas antes de cada medición, se utilizó un acelerómetro ActiGraph wGT3X-BT (ActiGraph wGT3X-BT; ActiGraph Corp., Pensacola, FL) en la cadera derecha de cada participante (Ver Imagen 3) dos días previo al inicio de la primera condición hasta finalizar con las tres condiciones para un total de seis días. El ActiGraph es un pequeño dispositivo de prueba axial que pesa 27 g y mide 3,8 cm x 3,7 cm. x 1,8 cm. La GT3X registra aceleraciones que van desde 0.05 a 2 g a una frecuencia de 30 Hz en tres ejes diferentes: vertical, antero-posterior y medio-lateral (John & Freedson, 2012). Los criterios adicionales para el análisis incluyen utilizar el dispositivo seis días las 24 horas (sólo retirar cuando se baña y el día que le corresponde la intervención lo que dure la clase de baile). Se utilizarán puntos de corte previamente validados para clasificar los datos del acelerómetro como: sedentarios (<100 cuentas (registro de datos) / minuto) (Troiano et al., 2008), la actividad ligera se definió como 500-2019 recuentos por minuto (Tudor-Locke et al., 2009), moderados (<5999 cuentas / minuto) y vigorosos (> 5999) (Troiano et al., 2008).



Imagen 3. Actigraph GT3X (Foto, Actigraph y y UNI GRAZ)

Sistema de Medición Inercial

Para medir el equilibrio (Acel T) y carga muscular (Impactos) se utilizaron 6 unidades de mediciones inerciales WIMU PRO™ (RealTrack Systems, Almería, España), el dispositivo cuenta con cuatro acelerómetros triaxiales encargados de medir y detectar el movimiento (± 16 gravedad (g), ± 16 g, ± 32 g, ± 400 g) apoyado de un sistema electromecánico con frecuencias de muestreo desde 10 hasta 1000 Hz (para el estudio se utilizará en 100 Hz). Cuenta con un microprocesador de 1 GHz, memoria interna de 8 GB, salida para puerto USB y batería (duración superior a 4 horas), permitiendo registrar, almacenar y descargar los datos. Pesa 70 gramos y mide 81x45x16 mm.

Las máquinas se colocaron en: (1) Espalda (entre T2–T4), (2) Lumbar (entre L1–L3), (3 y 4) Rodillas (uno a la derecha [RD] y otro a la izquierda [RI] de la inserción del músculo vasto lateral) y (5 y 6) Tobillos (a 3 cm arriba a la derecha [TD] e izquierda [TI] del maléolo peroneo); utilizando un top y licra especial con bolsillos ajustados que eviten vibraciones o movimientos no deseados de los dispositivos durante el proceso (Reche-Soto et al., 2020; Rojas-Valverde et al., 2019)(ver imagen 4a y 4b).

Antes de colocar los dispositivos se calibraron siguiendo las recomendaciones de la empresa (RealTrack Systems, Almería, España), y así evitar 4 fuentes de error que pueden sufrir los acelerómetros (error de desplazamiento, error de escalamiento, errores ortogonales y error aleatorio) (Wang et al., 2006). Además, a la hora de encendido para que proporcionen los datos correctos es fundamental según Bastida-Castillo et al. (2018) seguir tres recomendaciones: dejar el dispositivo inmóvil durante 30 segundos, en una superficie plana y alejado de dispositivos magnéticos. Al seguir las recomendaciones, los acelerómetros del WIMU han presentado alta fiabilidad al aplicar test de equilibrio estático y dinámico utilizándolos en diferentes partes del cuerpo (Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, et al., 2019).

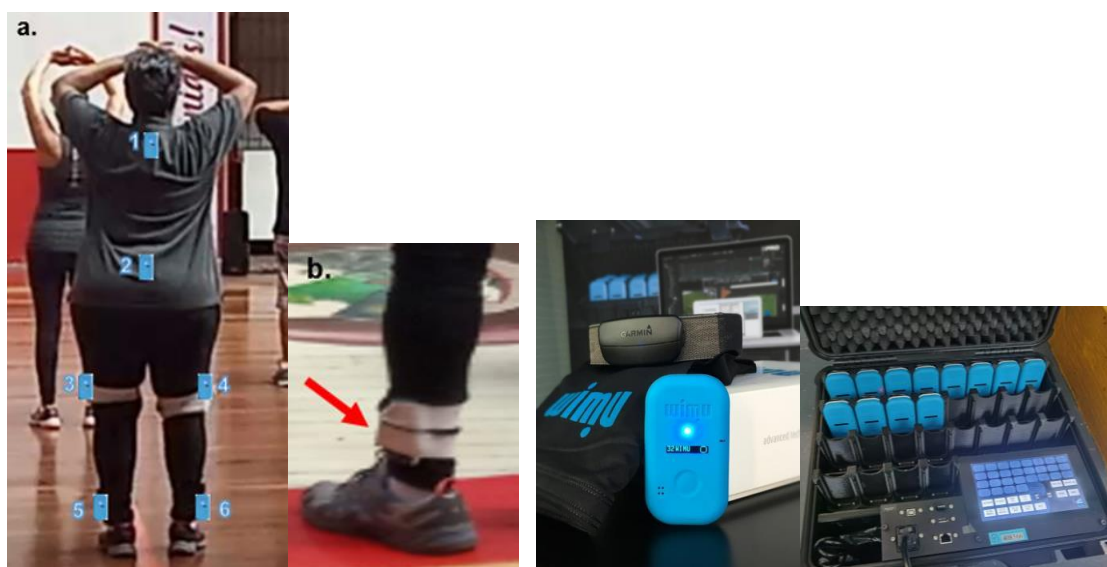


Imagen 4. Configuración del dispositivo IMU (a) 1: T, 2: L, 3: RI, 4: RD, 5: TD y 6: TI; (b) Sistema de correas antivibraciones de fijación al cuerpo.

Banda de Frecuencia Cardiaca

Se utilizó una banda de frecuencia cardiaca HRM-Dual™ (Garmin). Transmite datos de frecuencia cardiaca en tiempo real gracias a la conectividad ANT+® y a la tecnología BLUETOOTH®. Según datos del fabricante: el módulo mide: 62 mm x 34 mm x 11 mm, longitud de la correa: de 63,5 cm a 132 cm, Peso: 54,4 g, resistencia al agua: 5 ATM, temperatura de funcionamiento: de -5°C a 50°C, alcance: 3 m. Los datos recolectados de la banda de frecuencia cardiaca, son registrados y mediante tecnología inalámbrica ANT+ son enviados al dispositivo WIMU Pro dispuesto entre T2–T4 [T] (Espalda). Se debe llevar el monitor de frecuencia cardiaca directamente sobre la piel, justo debajo del esternón. Debe estar lo suficientemente ajustado como para no moverse mientras se realiza la actividad física.

El protocolo para colocar la cinta de frecuencia cardiaca es el siguiente:

- Se mojan con agua los sensores (1) en la banda;
- Se coloca el monitor de frecuencia cardiaca con el logotipo de Garmin® del lado correcto orientado hacia fuera;
- Se coloca el monitor de frecuencia cardiaca alrededor del pecho y acopla el enganche de la correa al cierre, las conexiones de cierre (2) y enganche (3) deben quedar en el lado derecho (ver imagen 5).

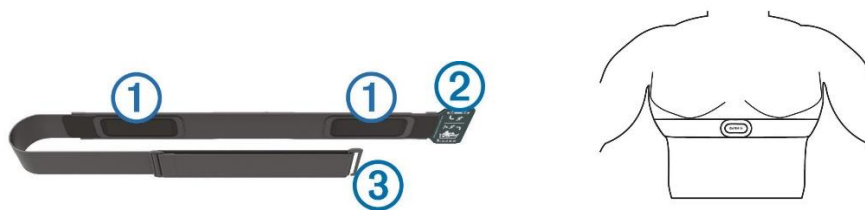


Imagen 5. Banda y dispositivo de FC (Foto, Garmin)

Pulsador

Para señalar el momento de cada Medición en los dispositivos WIMU Pro se utilizó un pulsador de la empresa Realtrack System que envía una señal inalámbrica mediante la tecnología ANT+ a cada dispositivo al mismo momento, quedando una marca que el software SPRO podrá identificar y facilitará el análisis de los datos. Se utilizará al inicio de la clase de baile y la caminata y para cada test (Ver diagramas 2, 3 y 4).



Imagen 6. Pulsador (Foto, propia)

Prueba de equilibrio estático

El equilibrio estático fue medido en superficie plana-rígida sin zapatillas mediante una prueba de equilibrio “Single-Limb Stance” o “Prueba de postura de una sola extremidad” (SLS, siglas en inglés) para pie derecho e izquierdo, ojos abiertos. La posición de partida del sujeto será con una pierna elevada teniendo el pie sin tocar el suelo y la pierna de apoyo totalmente extendida. Los brazos se colocan teniendo las manos apoyadas en la cadera (a la altura de las crestas ilíacas). La cabeza y la pelvis deben mantenerse en posición neutral. Mantener la postura indicada por 30 segundos (Weightman et al., 2014) (ver imagen 7).

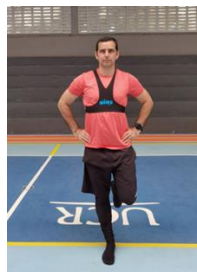


Imagen 7. Prueba de Balance Estático SLS (Foto, propia)

Prueba de equilibrio dinámico

El equilibrio dinámico fue medido en superficie plana-rígida con zapatillas mediante una prueba de equilibrio “Timed up and go” (TUG, siglas en inglés), se inicia la prueba sentado en una silla, se le da la orden de inicio del test al participante y éste debe de levantarse de la silla, caminar lo más rápido y seguro posible hasta la línea en el piso marcada a tres metros de distancia, girar, caminar de regreso a la silla y sentarse nuevamente, se anota el tiempo que dura la ejecución (Podsiadlo & Richardson, 1991).

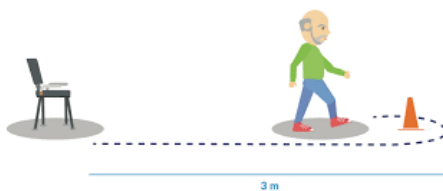


Imagen 8. Prueba de Balance Dinámico TUG (Imagen, Planea)

Cronómetro

Se utilizó el cronómetro digital para medir los tiempos en las pruebas SLS y TUG, además del tiempo de la caminata.

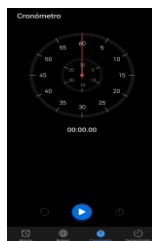


Imagen 9. Cronómetro digital (Foto, propia)

Clase de Baile

La clase de baile tuvo una duración de 60 minutos. Fue diseñada por un experto en baile y en trabajo con personas adultas mayores. Contó con 16 canciones con una variedad de ritmos latinos de salón y un ritmo de Angola, África (canción 1 calentamiento) (ver tabla 2 y Anexo 2). Los movimientos de la clase incluyen caminar hacia adelante y atrás, de lado a lado, giros, pivotes, arrastrar los pies, leves brincos, flexión de rodillas, entre otros. Se grabó y editó previamente para homogenizar la sesión de intervención a todos los participantes. Se proyectó en televisores para su debida visualización y ejecución (los televisores se ubicaron de manera que fueran visibles y el sonido se percibiera de una forma adecuada).

Tabla 2. Descripción de la clase de baile ritmos y tiempo de duración.

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Duración	4' 00"	4' 26"	4' 06"	3' 03"	3' 14"	3' 44"	3' 22"	4' 09"	3' 08"	4' 03"	4' 52"	2' 47"	2' 53"	3' 51"	4' 19"	4' 00"
Ritmo	Kizomba	Roots	Cumbia	Vallenato	Bachata	Cumbia	Salsa	Merengue	Cumbia	Bachata	Merengue	Bolero	Cumbia	Cha Cha	Cumbia	Bolero

Caminata

Se realizó en la pista de atletismo que posee una superficie plana y rígida, los participantes caminaron durante 60 minutos a una velocidad entre 4 a 6 Km/h, para conocer la velocidad del participante se realizó el cálculo matemático de acuerdo a la distancia del espacio en el que se trabajó y se sacó los rangos de tiempo para ser controlado con un cronómetro (Por ejemplo: en una pista de atletismo de 400 m de longitud por vuelta, $400 \text{ m} * 60 \text{ min} / 6000 \text{ m} = 4 \text{ min}$. y $400 \text{ m} * 60 \text{ min} / 4000 \text{ m} = 6 \text{ min}$. El rango de tiempo por vuelta fue entre 4 min y 6 min).

Procedimiento General

Aspectos de logística

Se contactó a los participantes del estudio y se les expuso los detalles del estudio lo más claramente posible, indicando los procedimientos, objetivos y los criterios de inclusión y exclusión de la investigación. A las personas que cumplieron con los criterios para participar del estudio, se les convocó a una reunión para aclarar con detalles el procedimiento, llenar el consentimiento informado, y definir una fecha para su debida evaluación.

Aspectos de intervención

El estudio constó de cuatro sesiones por participante (1 hora, 4 horas, 4 horas y 4 horas respectivamente), las cuales se realizaron en un plazo de seis días. El tratamiento consistió en un crossover donde cada sujeto debió de realizar tres condiciones aleatorizadas

(2 experimentales y control) con diferencia entre condiciones de 48 horas, lo que asegura que los participantes estén descansados y además no haya efecto de aprendizaje como variable extraña.

La primera sesión se desarrolló, 48 horas antes de la primera condición para firmar el consentimiento informado, llenar datos personales y realizar medidas composición corporal, peso y talla. En esta sesión también, se le colocó el acelerómetro ActiGraph previamente configurado con el Software ActiLife v6.13.4. El dispositivo lo llevaron durante seis días las 24 horas (Ver Diagrama 1) y fue colocado sobre la cadera derecha. Se indicó a la persona que sólo se lo podrán retirar el ActiGraph para bañarse y el día que les corresponde la condición experimental durante los 60 minutos que dura la clase de baile y la caminata.

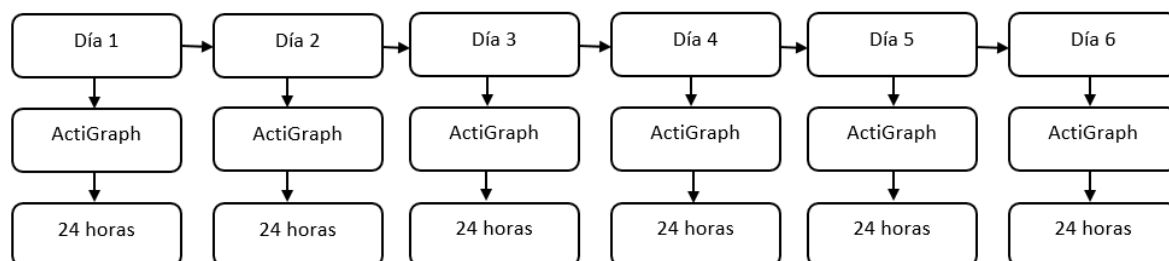


Diagrama 1. Uso del Actigraph

En la primera sesión de evaluación se le asignó a cada participante de forma aleatoria, el orden de las condiciones experimentales y condición control para ser ejecutadas en la segunda, tercera y cuarta sesión (con diferencia de 48 horas entre sesiones) (Ver Diagramas 2, 3 y 4).

Condiciones del estudio

Condición experimental baile (CE(b)): consistió en realizar una clase de baile con duración de 60 minutos, cuatro mediciones de equilibrio estático en apoyo monopodal (Prueba SLS, pie derecho (P.D.) y pie izquierdo (P.I.)) y la prueba Timed up and Go (TUG): la primera medición antes de iniciar la clase de baile (Test 1 0hora [h]), la segunda

medición después de terminada la clase (Test 2 [1h]), la tercera medición una hora después, de mantener reposo total sentado (Test 3 [2h]) y la cuarta medición una hora después, de mantener reposo total sentado (Test 4 [3h]) (ver diagrama 2).

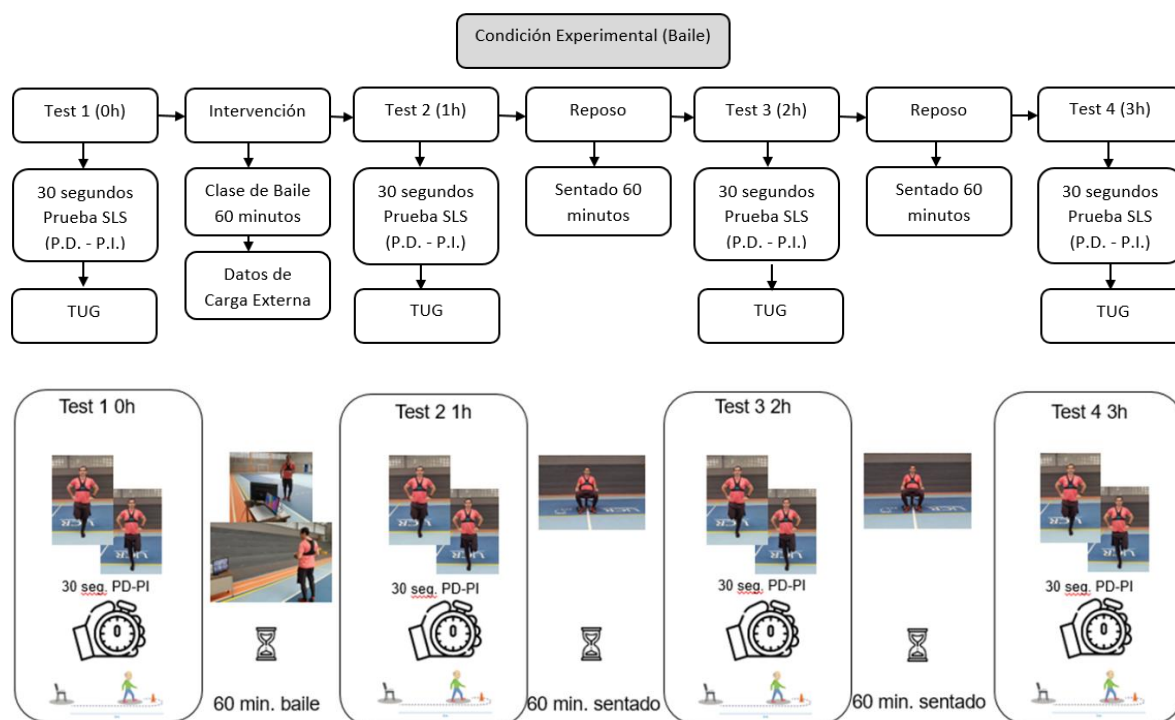


Diagrama 2. Condición Experimental (Baile) (P.D.= Pierna Derecha, P.I.= Pierna Izquierda)

Condición experimental caminata (CE(c)): consistió en realizar una caminata en piso de cemento plano con duración de 60 minutos a una velocidad de 4 a 5 Km/h y cuatro mediciones de equilibrio estático en apoyo monopodal (Prueba SLS, pie derecho (P.D.) y pie izquierdo (P.I.)) y la prueba Timed up and Go (TUG). La primera medición se tomó antes de iniciar la clase de baile (Test 1 0hora [h]), la segunda medición después de terminada la clase (Test 2 [1h]), la tercera medición una hora después, de mantener reposo total sentado (Test 3 [2h]) y la cuarta medición una hora después, de mantener reposo total sentado (Test 4 [3h]) (ver diagrama 3).

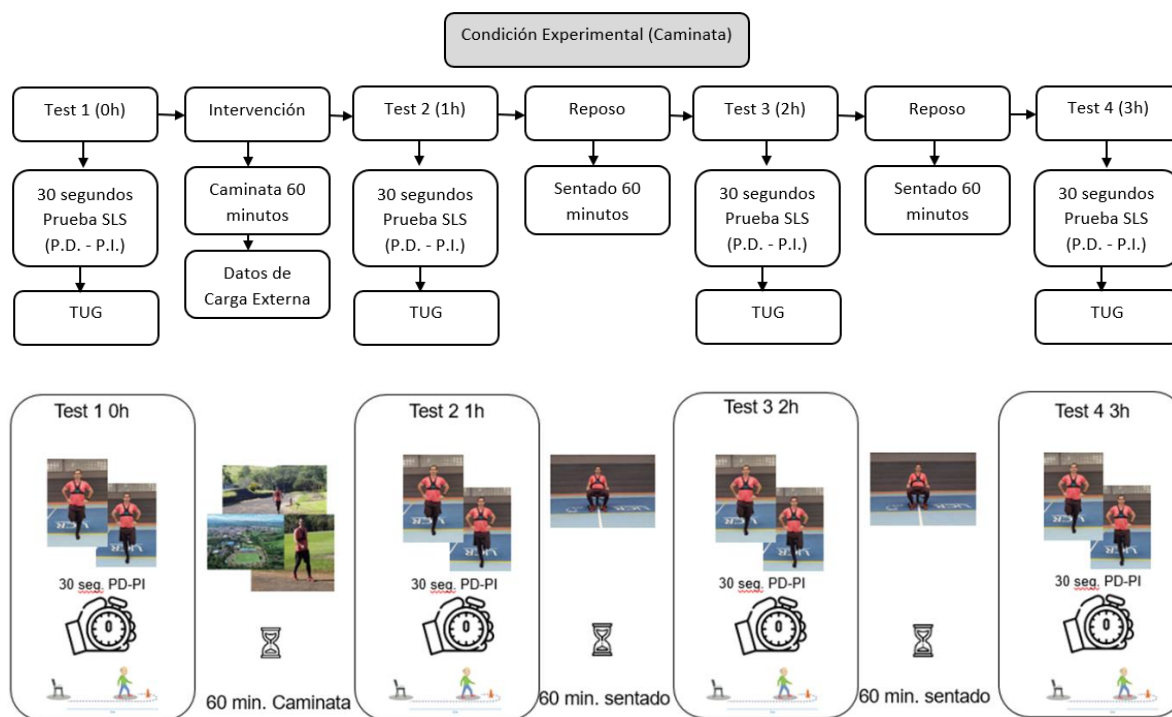


Diagrama 3. Condición Experimental (Caminata) (P.D.= Pierna Derecha, P.I.= Pierna Izquierda)

Condición control sentado (CC(s)): la persona se mantuvo en reposo total (sentado) y realizó las cuatro mediciones de equilibrio estático en apoyo monopodal (Prueba SLS, pie derecho (P.D.) y pie izquierdo (P.I.)) y la prueba Timed up and Go (TUG): Test 1 (0h) - Test 2 (1h) - Test 3 (2h) – Test 4 (3h) (ver diagrama 4).

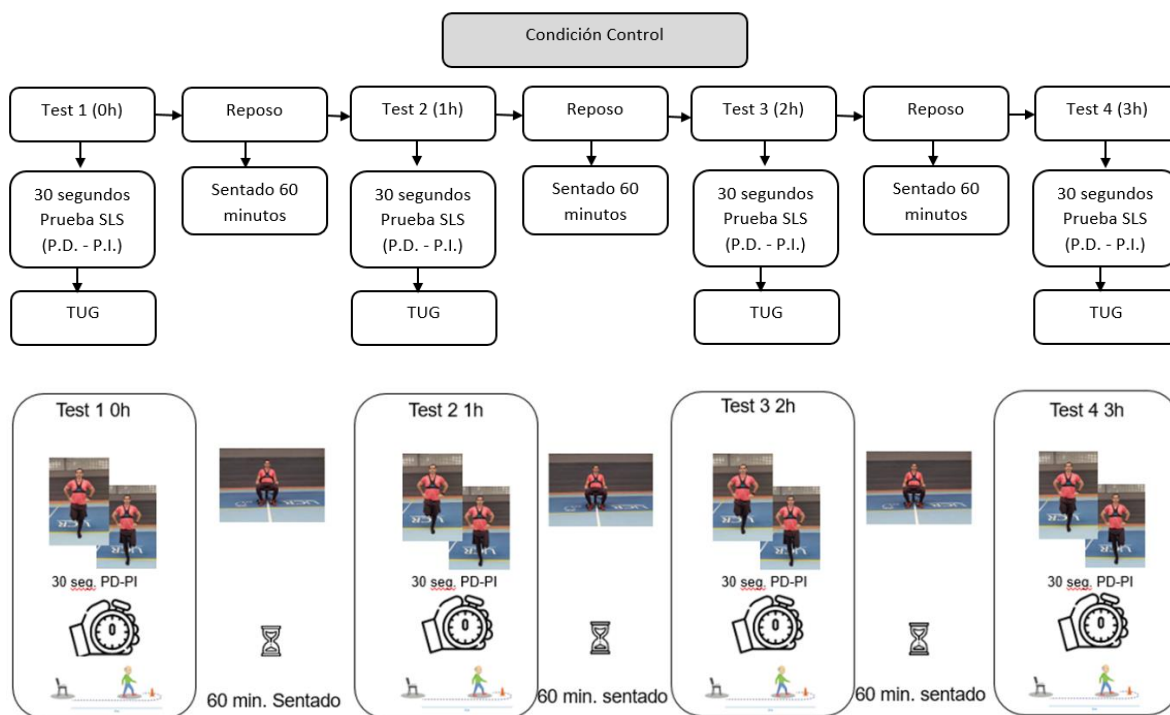


Diagrama 4. Condición Control (P.D.= Pierna Derecha, P.I.= Pierna Izquierda)

Para la 2^{da}, 3^{ra} y 4^{ta} sesión la persona se citó con antelación de 30 minutos, en este tiempo tuvo unos minutos para ponerse el traje especial (top y licra) donde posteriormente se le colocaron los seis dispositivos inerciales (ver imagen 4a) y la banda de FC (Ver Imagen 5), luego reposó antes de iniciar con las mediciones y la condición experimental o control.

Mientras los sujetos esperaban en reposo antes de iniciar las mediciones, el evaluador agrupó los seis dispositivos inerciales WIMU que le correspondió utilizar al sujeto y el dispositivo de FC. El número de cada dispositivo se apuntó en la posición que se ubicó en el traje en una hoja control (previamente diseñada (ver imagen 10)). Esta información nos permitió en las diferentes sesiones del estudio utilizar las mismas máquinas y en la misma posición en los participantes, lo que garantizó que se evaluara en las mismas condiciones cada sesión.

# DE MÁQUINAS WIMU				
	EXPERIMENTAL	FC	CONTROL	FC
ESPALDA	_____	_____	_____	_____
L3	_____	_____	_____	Hz: <u>100</u>
RI	_____	_____	_____	
RD	_____	_____	_____	
TI	_____	_____	_____	
TD	_____	_____	_____	
FECHA EXPERIMENTAL:	___/___/___		HORA: _____	
FECHA EXPERIMENTAL:	___/___/___		HORA: _____	
FECHA CONTROL:	___/___/___		HORA: _____	

VISTO DE ESPALDA

Diagrama de un cuerpo humano visto desde la espalda. Se muestran flechas que indican la ubicación de los sensores WIMU en diferentes partes del cuerpo: Espalda (parte superior de la espalda), L3 (zona lumbar), RI (rodilla izquierda), RD (rodilla derecha), TI (tibia izquierda) y TD (tibia derecha).

Imagen 10. Hoja control de dispositivos WIMU (Foto, propia)

Previa a la recogida de datos los pasos a seguir eran los siguientes:

1. Calibración de los dispositivos
2. Verificación de la carga de la batería al 100%
3. Los dispositivos configurados para grabar a 100 Hz
4. Configuración de la máquina y el dispositivo de FC ubicado en la espalda y apagado el GPS de los dispositivos en las condiciones baile y control para mayor duración de la batería, en la condición caminata se encendió el GPS.
5. Faltando 10 minutos para iniciar las mediciones del Test 1 0h se colocaron las máquinas WIMU en una superficie plana y se encendieron, después de 30 segundos se pusieron a grabar pulsando el botón por tres segundos de forma continua.
6. Importante: (a) se verificó que estuvieran grabando (luz roja intermitente en la pantalla LED), (b) se juntaron las 6 máquinas y ubicaron de forma vertical uno tras de otra, (c) se tomó con ambas manos los 6 dispositivos y se movieron hacia adelante y hacia atrás de 5 a 10 veces. Generando esta acción una serie de datos en las seis máquinas WIMU que a posterior sirvieron para poder sincronizar en el software SPRO la información.
7. Se colocaron los dispositivos WIMU (en comando de grabación) al sujeto en el top y licra para tal fin en el orden indicado en la hoja control. Los dispositivos inerciales fueron colocados con la parte posterior (color blanco) hacia el cuerpo de la persona y de forma vertical con referencia al piso.

Luego se inició con la aplicación de los protocolos según como correspondía. El evaluador indicó el inicio y el final de cada prueba utilizando un cronómetro y dio un clic al pulsador al inicio y final del test para determinar el momento de la medición en los dispositivos WIMU Pro.

En las condiciones experimentales, o sea, baile o caminata, inmediatamente realizado el Test 1 (0h) se dio la orden para el inicio de la clase según correspondía. En la condición control, el participante se mantuvo sentado manteniendo reposo durante la hora.

Al finalizar cada sesión, se retiraron los dispositivos WIMU del sujeto por parte del evaluador, se apagaron y se procedió a descargar los datos a un dispositivo de almacenamiento. Los participantes se retiraron el top, la licra y el dispositivo de FC.

Durante las 4 horas de la 2^{da}, 3^{ra} y 4^{ta} sesión los participantes podían consumir agua en cualquier momento y una fruta en la segunda hora.

Al inicio de la 4^{ta} sesión, se retiró el Actigraph y fue entregado al evaluador para su respectivo proceso de descarga y análisis de los datos.

NOTA IMPORTANTE: la metodología descrita cumplió con el Protocolo para el desarrollo de actividades en el marco de la emergencia por el COVID-19 en la Universidad de Costa Rica (Ver enlace: <https://www.ucr.ac.cr/medios/documentos/2021/protocolo%20actividades%20UCR%202.pdf>) estipulado por el Centro de Coordinación Institucional de Operaciones (CCIO) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Se tomaron en cuenta los lineamientos más recientes emitidos por el CCIO y la Sede de Occidente (SO) en esta materia.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales el SPSS versión 25 (IBM, SPSS Statistics, V.25.0 Chicago, IL, USA). La estadística descriptiva incluye la media (M) y la desviación estándar (\pm DE) de las variables antropométricas.

Se realizó el registro de la frecuencia cardiaca durante la totalidad de las sesiones de intervención para efectuar esta comparativa. Dichos análisis fueron efectuados mediante análisis de varianza de 1 vía.

Con la intención de determinar las características de las intervenciones, se realizó un análisis de los impactos totales acumulados (carga externa) en la sesión de baile y de caminata, contabilizando el número y magnitud de los mismos y clasificándolos en rangos de 1 gravedad (g) (i.e. 0-1 g, 1-2 g, 2-3 g, etc)

Para el análisis de los datos, se calculó el coeficiente de variación mediante la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{D.S.}{Media\ Aritmética} * 100$$

El objetivo de utilizar el coeficiente de variación se sustenta en que permite comparar la dispersión de las distintas distribuciones expresadas por medio de la división de la desviación estándar con respecto de la media. Es decir, busca explicar qué tan grande es el valor de la desviación estándar respecto a la media. Este coeficiente se utilizó en la variable Acel T resultado de las pruebas de equilibrio SLS y TUG.

Se va a desarrollar un breve ejemplo para facilitar la comprensión del cálculo de este coeficiente para efecto del presente análisis: en cada momento de medición un sujeto podía tener en los 30 segundos que duraba la medición en equilibrio estático 3000 datos. Entonces se procedió a obtener el promedio y la desviación estándar de esos datos para cada momento de medición. Seguidamente se obtuvo en coeficiente de variación con la media y la desviación estándar de cada medición y de cada sujeto. Este mismo procedimiento se realizó en el equilibrio dinámico.

A partir de lo explicado, se empleó como unidad de análisis en las pruebas comparativas entre condiciones y mediciones (anova de 2 vías de medidas repetidas) al coeficiente de variación, de modo que una disminución en su magnitud porcentual, representaría mayor control de movimiento por parte del individuo en la medición correspondiente y viceversa.

Con el objetivo de determinar si existe efecto de la condición (experimental baile, experimental caminata y condición control) y/o de la medición (0 horas, 1 hora, 2, horas y 3 horas) se realizaron 8 ANOVAS de dos vías de medidas repetidas en ambos factores, para analizar el AcelT en las pruebas unipodales sobre las piernas derecha e izquierda respectivamente, en los puntos anatómicos de TD, RD, TI, RI, L3-PD, L3-PI, ESP-PD y ESP-PI.

Con respecto a la prueba Timed Up and Go, se efectuaron 6 ANOVAS de dos vías de medidas repetidas en todos los factores (0 horas, 1 hora, 2 horas y 3 horas) por 3 condiciones, (experimental baile, experimental caminata y condición control) para el análisis del AcelT, en los puntos anatómicos de TD, TI, RD, RI, L3 y ESP.

Para finalizar, en los casos que se encontró efectos o interacciones significativas se procedió a realizar análisis post hoc de Tukey o de efectos simples, según fuese el caso.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

La muestra inicial del estudio estuvo conformada por 32 personas adultas mayores, dos fueron excluidas debido a la ausencia a alguna de las condiciones, resultando en una muestra final de 30 sujetos (28 mujeres, 2 hombres). La totalidad de los participantes reportó tener lateralidad derecha. Las características de los participantes del estudio se describen en la tabla 3.

Tabla 3. Características descriptivas antropométricas de los participantes.

	<i>X ± DS</i>
Edad (años)	66 ± 6.38
Peso (Kg)	66 ± 13.73
Altura (cm)	150 ± 5.67
% Grasa Corporal	36 ± 6.25
IMC	28 ± 4.97

Nota: X: promedio. DS: desviación estándar.

Actividad Física

Los datos recolectados mediante el ActiGraph se utilizaron para controlar el nivel de actividad física durante el periodo de participación en el estudio. Según se muestra en el gráfico 1, hubo un comportamiento sedentario prevalente y actividad física de baja intensidad a lo largo de la intervención que se extendió por seis días.

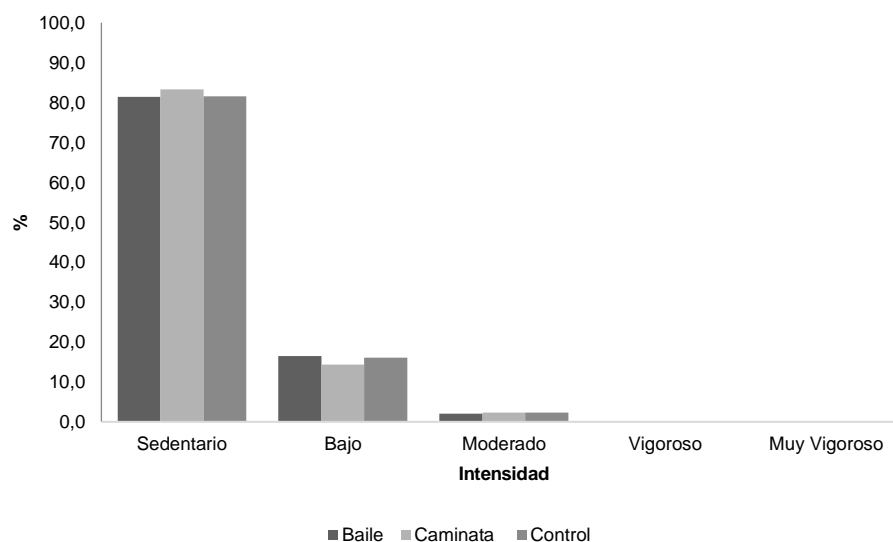
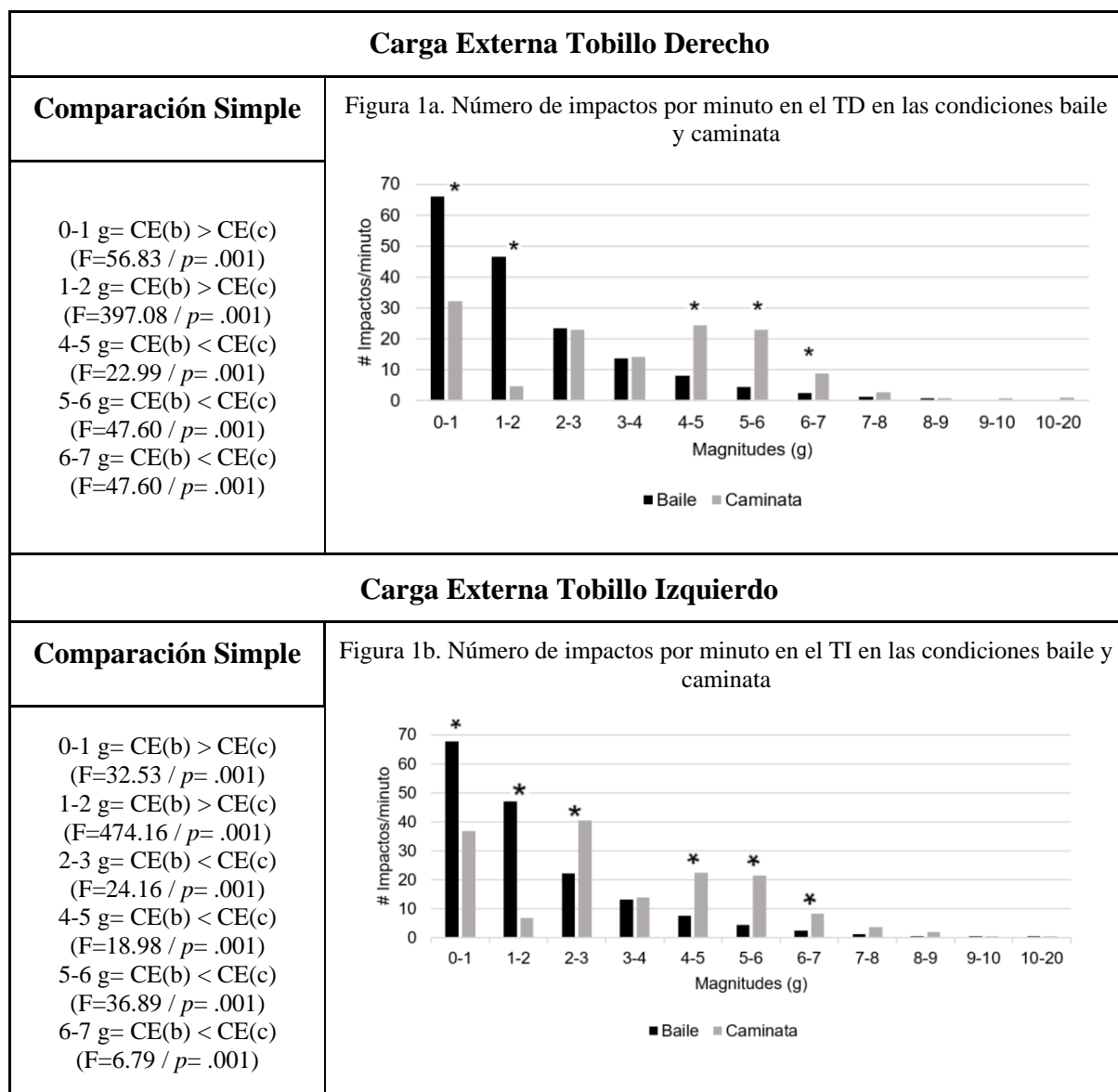


Gráfico 1. Porcentaje de tiempo invertido según comportamiento sedentario, actividad física leve, moderada y de vigorosa intensidad 48 horas antes de cada condición.

Carga Externa

Para el análisis de la carga externa (número y magnitud de impactos ($g=9.8 \text{ m/s}^2$)), se consideraron seis puntos corporales relacionados con el control postural en las comparaciones de las condiciones de baile y caminata que se resumen en la figura 1:

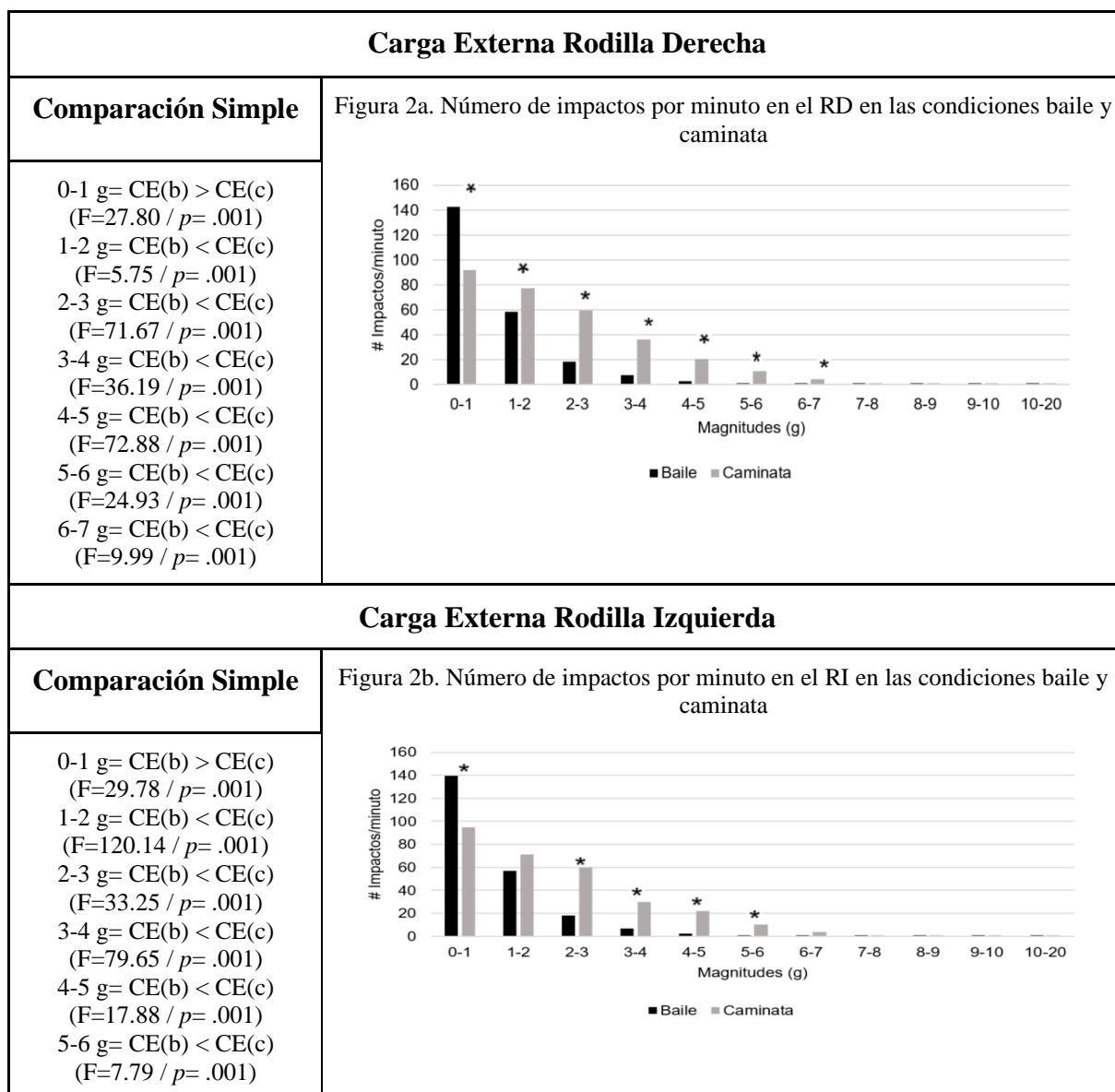
Figura 1. Análisis de carga externa agrupada por gravedades en tobillo derecho e izquierdo en las condiciones baile y caminata.



*Nivel de significancia $p < 0.001$. Nota: Condición Experimental baile CE(b), Condición Experimental caminata CE(c).

Se puede observar en la Figura 1 que, a nivel de tobillos el baile presenta superioridad de impactos de menor magnitud, por el contrario, en la misma posición la caminata presenta predominancia en las magnitudes más altas.

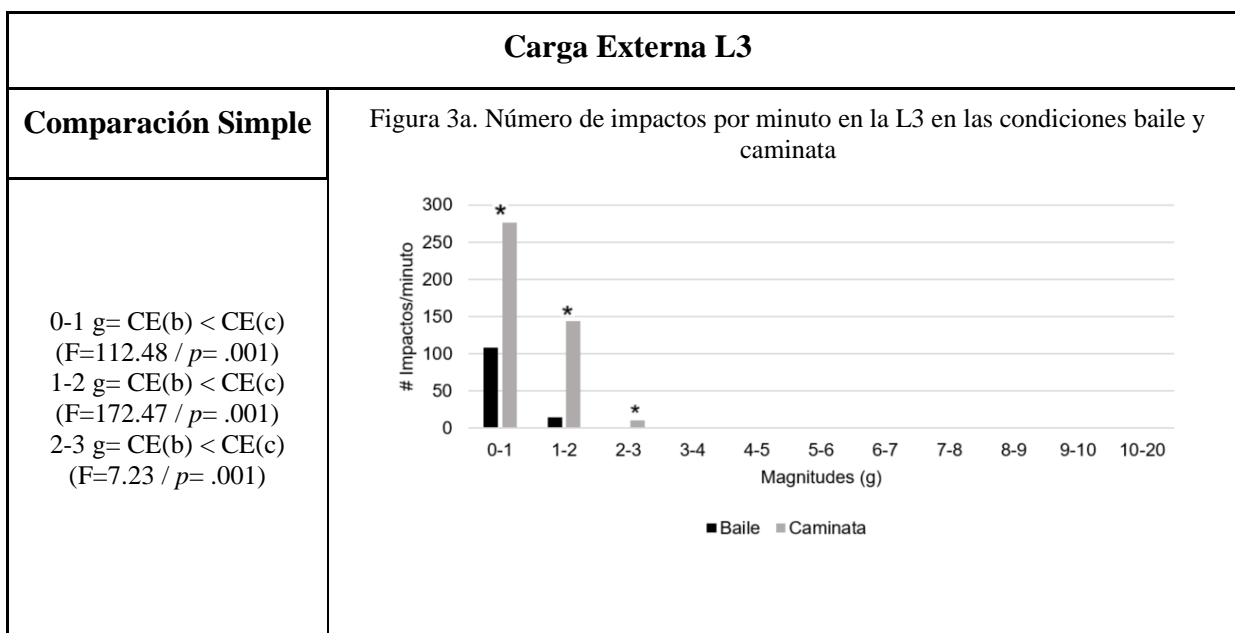
Figura 2. Análisis de carga externa agrupada por gravedades en rodilla derecha e izquierda en las condiciones baile y caminata.



*Nivel de significancia $p < 0.001$. Nota: Condición Experimental baile CE(b), Condición Experimental caminata CE(c).

En la Figura 2, a nivel de rodillas el resultado es similar al presentado en los tobillos, el baile presenta mayoría de impactos en la magnitud más baja, al contrario, la caminata en magnitudes más altas. A diferencia de los tobillos, podemos indicar que a nivel de rodillas casi duplica la cantidad de impactos por minuto.

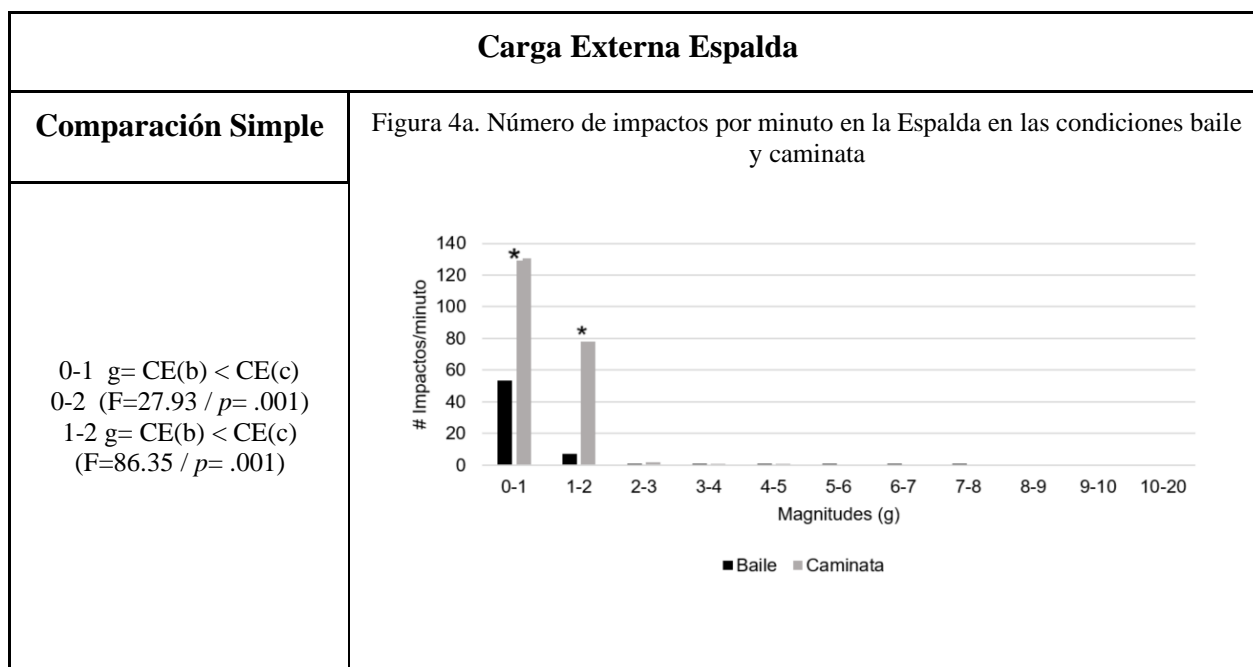
Figura 3. Análisis de carga externa agrupada por gravedades en L3 en las condiciones baile y caminata.



*Nivel de significancia $p < 0.001$. Nota: Condición Experimental baile CE(b), Condición Experimental caminata CE(c).

Por su parte, a nivel de L3 representado en la figura 3 se registra mayor actividad cuando se realiza caminata, y las magnitudes que se presentan son mayormente bajas.

Figura 4. Análisis de carga externa agrupada por gravedades en Espalda en las condiciones baile y caminata.



*Nivel de significancia $p < 0.001$. Nota: Condición Experimental baile CE(b), Condición Experimental caminata CE(c).

Para la posición en la Espalda en la figura 4, se observó un caso similar al de L3, mayor actividad cuando se realiza caminata, y las magnitudes que se presentan son mayormente bajas. La diferencia se presenta en la cantidad de impactos por zona, donde Espalda reporta casi la mitad menos que en L3.

En resumen, se observa que el baile muestra una mayor predominancia de impactos de menor magnitud en los puntos corporales más cercanos al suelo, como los tobillos y rodillas; el caso de la caminata se observa que en los mismos puntos corporales tiene una mayor predominancia en las magnitudes superiores. Sobre la L3 y Espalda, la caminata refleja mayor volumen de impactos de forma general.

Según las figuras anterior las condiciones de baile y de caminata se visualizan como actividades de bajo impacto, con cargas externas estadísticamente distintas, siendo en términos generales la condición baile la variable que refleja menor incidencia sobre las articulaciones.

Intensidad

Frecuencia Cardiaca (FC)

La condición caminata reportó mayor intensidad de FC con respecto al baile, lo cual fue determinado mediante el análisis “t-student” para muestras emparejadas ($t = -7.95, p = 0.001$) (Ver Gráfico 2).

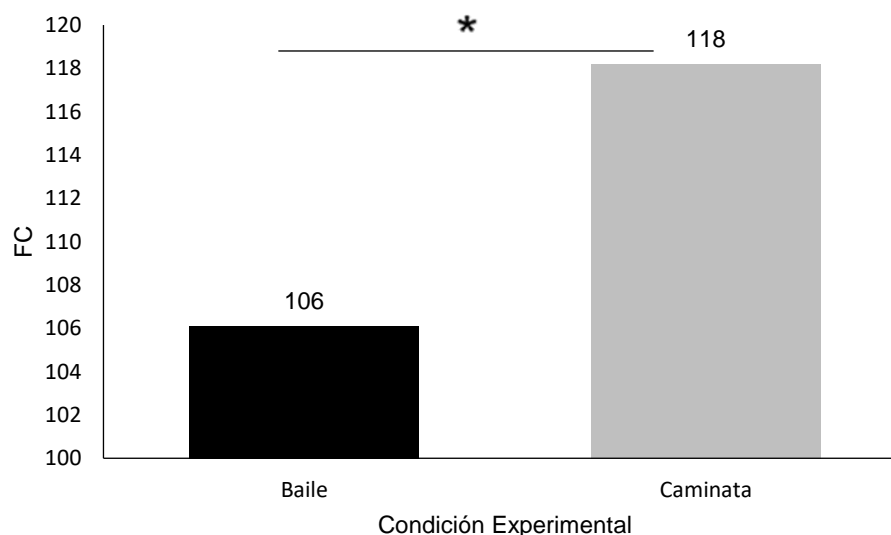


Gráfico 2. Frecuencia Cardiaca obtenida en las condiciones baile y caminata.

Equilibrio

Los resultados obtenidos indican que no se encontraron interacciones estadísticamente significativas entre condiciones y mediciones en la prueba SLS equilibrio estático. Por tanto, las condiciones experimentales no muestran una respuesta aguda significativa sobre el equilibrio estático en personas adultas mayores con respecto a la condición control. La prueba TUG equilibrio dinámico sí muestra interacciones estadísticamente significativas en cinco de las seis posiciones anatómicas evaluadas entre condiciones y mediciones (ver tabla 4).

Tabla 4. Resultados de análisis de varianza de las pruebas de equilibrio estático y dinámico entre las condiciones experimentales y control.

		Test de Apoyo Monopodal SLS						TUG		
		Pie Derecho			Pie Izquierdo			F	p	η^2
		F	p	η^2	F	p	U			
Tobillo derecho (TD)	Mediciones	1.35	0.26	0.01	-	-	-	0.48	0.70	0.00
	Grupo	1.27	0.29	0.02	-	-	-	2.72	0.07	0.03
	Interacción	1.29	0.26	0.02	-	-	-	2.54	0.38	0.03
Tobillo izquierdo (TI)	Mediciones	-	-	-	3.21	0.02*	0.03	7.42	0.001*	0.04
	Grupo	-	-	-	1.44	0.24	0.03	1.21	0.30	0.01
	Interacción	-	-	-	1.07	0.38	0.02	3.49	0.001*	0.04
Rodilla Derecha (RD)	Mediciones	1.15	0.33	0.01	-	-	-	1.96	0.11	0.01
	Grupo	1.14	0.32	0.02	-	-	-	1.32	0.27	0.02
	Interacción	1.43	0.20	0.03	-	-	-	3.87	0.001*	0.04
Rodilla Izquierda (RI)	Mediciones	-	-	-	3.44	0.01*	0.03	3.11	0.03*	0.02
	Grupo	-	-	-	0.48	0.61	0.01	0.84	0.44	0.01
	Interacción	-	-	-	1.27	0.27	0.02	7.45	0.001*	0.08
L3	Mediciones	1.39	0.24	0.01	2.98	0.03*	0.03	5.98	0.001*	0.03
	Grupo	0.88	0.41	0.02	0.32	0.73	0.00	0.33	0.72	0.00
	Interacción	1.3	0.26	0.02	1.11	0.35	0.02	6.56	0.001*	0.07
Espalda	Mediciones	1.43	0.23	0.01	3.38	0.01*	0.03	0.86	0.46	0.01
	Grupo	0.74	0.48	0.01	0.58	0.55	0.01	0.17	0.84	0.00
	Interacción	1.09	0.37	0.02	0.90	0.49	0.02	14.5	0.001*	0.14

* Nivel de significancia $p < 0.05$

Prueba SLS

Como se indica en la tabla 4, para la prueba de apoyo monopodal SLS-PD, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ningún punto anatómico. No obstante, en la prueba SLS-PI, se detectaron diferencias significativas entre las mediciones correspondientes a las pruebas de TI, RI, L3 y Espalda. Se realizó una prueba post hoc de Tukey y se encontró que las diferencias se encontraban en (Ver gráficos 3, 4, 5 y 6):

Para TI, entre las mediciones 1h y 3h en baile ($p = .04$, IC 95% [0.84, 4.71]) (Ver Gráfico 3).

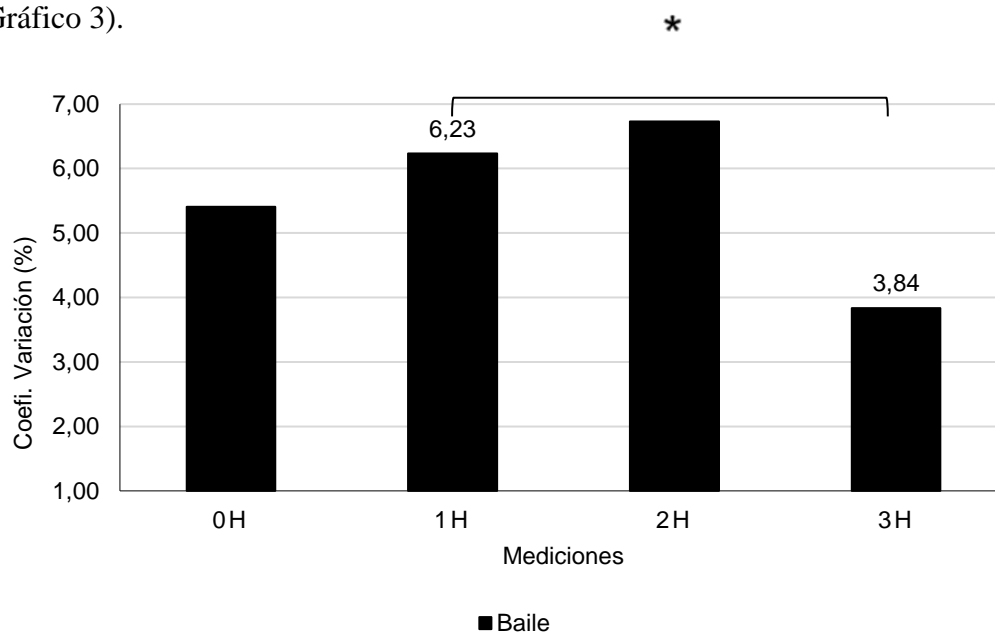


Gráfico 3. Diferencias reportadas en el TI en la prueba SLS-PI.

En la RI se observó entre las mediciones de 1h y 3h en baile ($p = .02$, IC 95% [0.35, 5.29]) (Ver Gráfico 4).

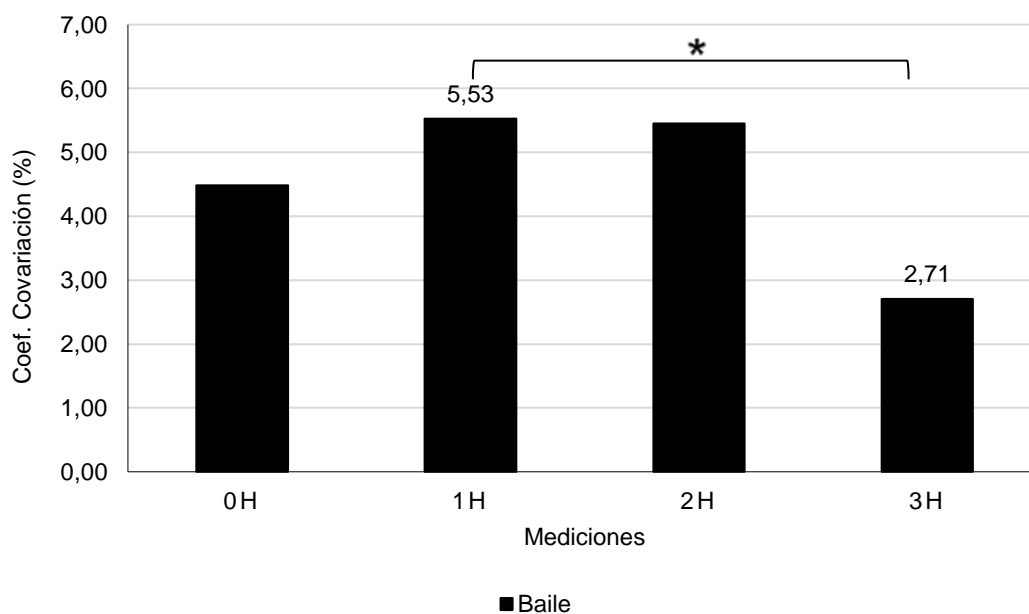


Gráfico 4. Diferencias reportadas en el RI en la prueba SLS-PI.

En la posición anatómica L3 fue entre 1h y 3h en baile ($p= .04$, IC 95% [0.03, 2.30]) (Ver Gráfico 5).

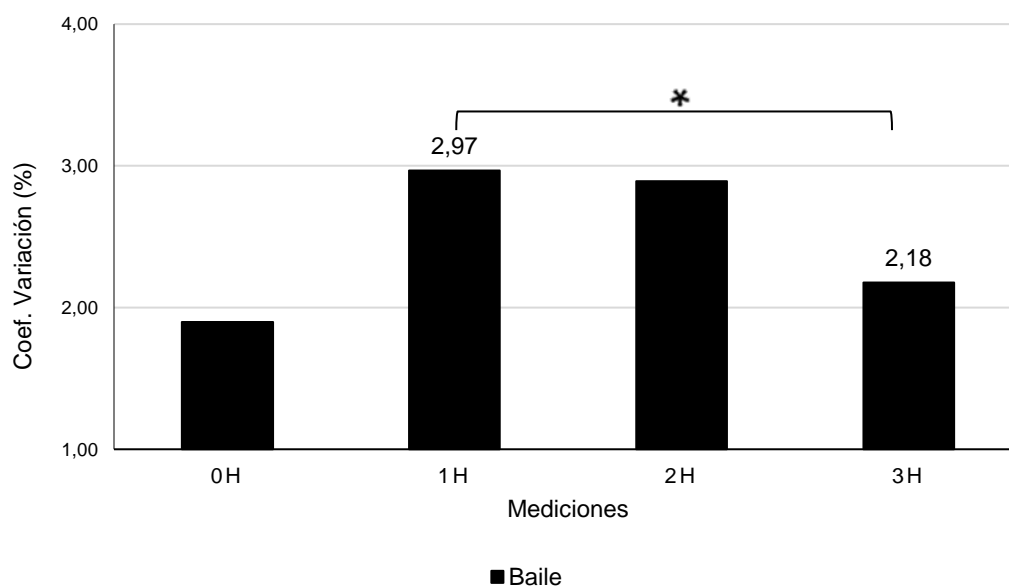


Gráfico 5. Diferencias reportadas en L3 en la prueba SLS-PI.

Y finalmente para la espalda se encontró que dichas diferencias se ubican entre 1h y 3h en baile ($p= .08$, IC 95% [0.07, 2.18]) (Ver Gráfico 6).

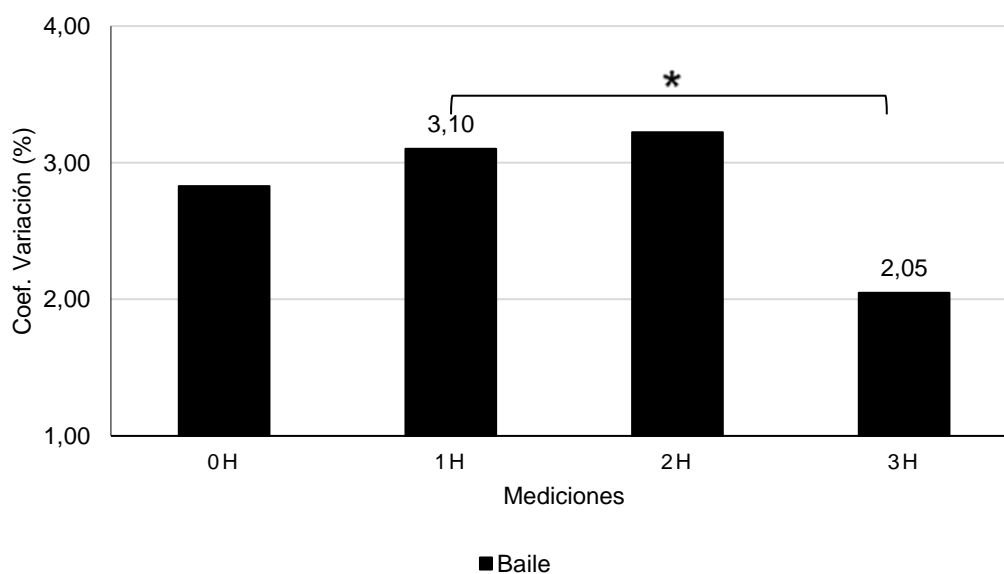


Gráfico 6. Diferencias reportadas en la Espalda en la prueba SLS-PI

Prueba TUG

En relación a la prueba TUG, se encontraron interacciones estadísticamente significativas en todos los puntos anatómicos excepto TD. Mediante el seguimiento de Anova se encontraron que dichas diferencias se distribuyen de la siguiente forma.

Para el TI se ubicó una interacción significativa, mediante el seguimiento de Anova. Se encontró que dichas diferencias ocurrieron entre el baile y el control en la medición 3h ($F= 3.48$, $p= .03$, $\eta^2= .04$). Por su parte, la condición control mostró diferencias significativas en la medición de 3h respecto a 0h, 1h y 2h ($F= 5.80$, $p= .001$, $\eta^2= .09$). Además, la condición caminata presentó diferencias significativas entre la medición 0h y 1h ($F= 3.27$, $p= .02$, $\eta^2= .05$) (Ver Gráfico 7, Anexo 3).

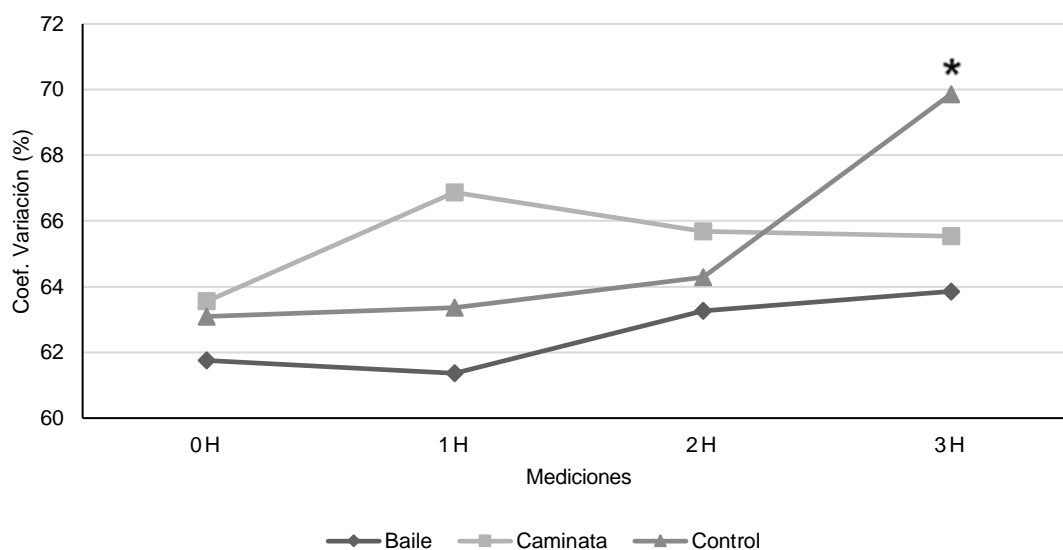


Gráfico 7. Interacción reportada en el TI en la prueba TUG.

Para la RD, se ubicó una interacción significativa. Mediante el seguimiento de Anova se encontró que dichas diferencias ocurrieron entre la caminata con baile y control en la medición 1h ($F= 4.72$, $p= .01$, $\eta^2= .05$). Por su parte, la condición caminata mostró diferencias significativas en la medición de 1h respecto a 0h, 2h y 3h ($F= 7.33$, $p= .001$, $\eta^2= .11$). Además, la condición control presentó diferencias significativas entre la medición 2h y 3h ($F= 2.94$, $p= .03$, $\eta^2= .05$) (Ver Gráfico 8, Anexo 3).

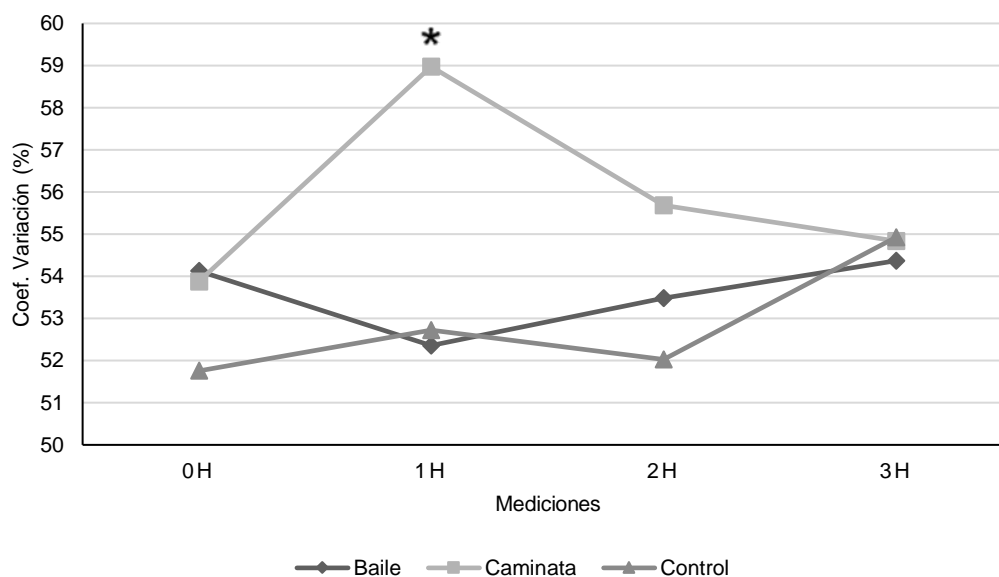


Gráfico 8. Interacción reportada en la RD en la prueba TUG.

También en la RI, se ubicó una interacción significativa. Mediante el seguimiento de Anova se encontró que dichas diferencias ocurrieron entre la caminata y control en la medición 1h ($F= 6.33$, $p= .001$, $\eta^2= .07$). Por su parte, la condición caminata mostró diferencias significativas en la medición de 1h respecto a 0h, 2h y 3h ($F= 10.76$, $p= .001$, $\eta^2= .16$). Además, la condición control presentó diferencias significativas entre la medición 1h con respecto a 2h y 3h ($F= 4.31$, $p= .01$, $\eta^2= .07$) (Ver Gráfico 9, Anexo 3).

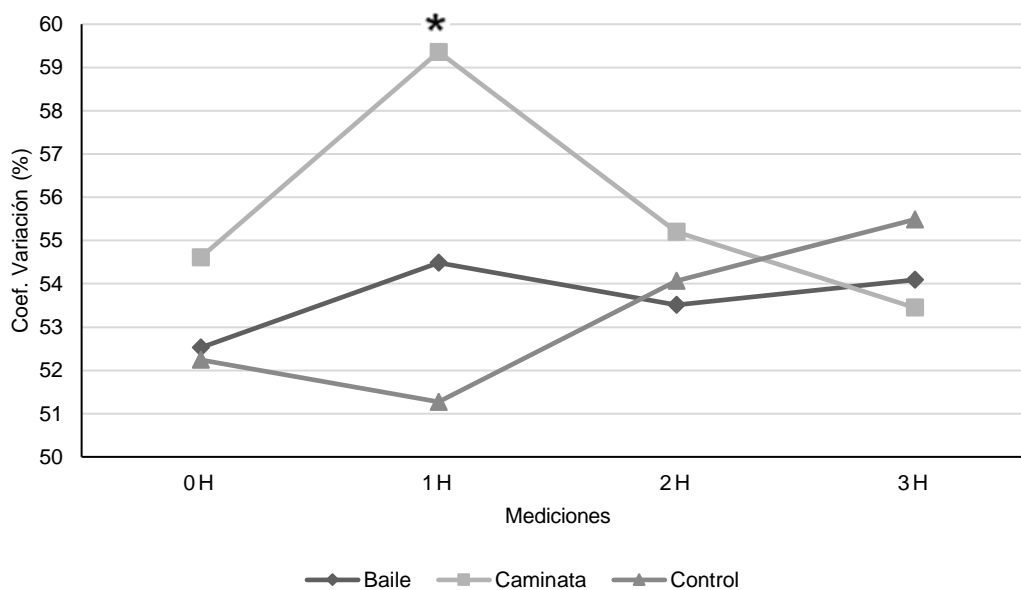


Gráfico 9. Interacción reportada en la RI en la prueba TUG.

Para la L3 se presentó una interacción significativa. Mediante el seguimiento de Anova se encontró que dichas diferencias ocurrieron entre la caminata y el baile en la medición 1h ($F= 3.71, p= .03, \eta^2= .04$). Por su parte, la condición baile mostró diferencias significativas en la medición de 1h respecto a 2h y 3h ($F= 7.08, p= .001, \eta^2= .11$). Además, la condición caminata presentó diferencias significativas entre la medición 1h con respecto a 0h, 2h y 3h ($F= 18.12, p= .001, \eta^2= .24$) (Ver Gráfico 10, Anexo 3).

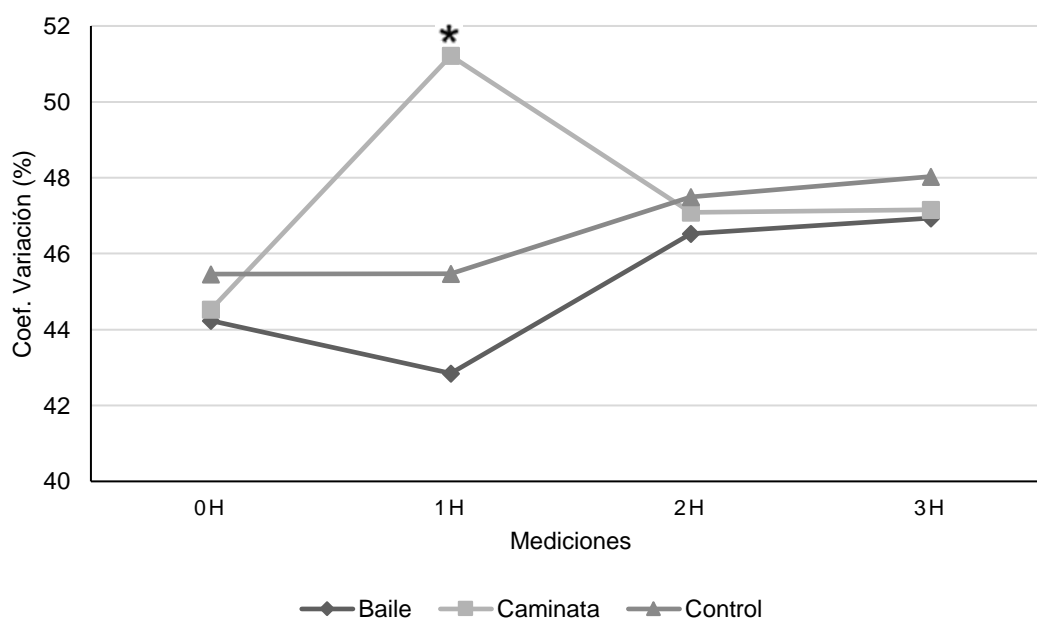


Gráfico 10. Interacción reportada en la L3 en la prueba TUG.

Con respecto en la posición de la Espalda presenta también una interacción significativa. Mediante el seguimiento de Anova se encontró que dichas diferencias ocurrieron entre la caminata con el baile y el control en la medición 1h ($F= 4.82$, $p= .01$, $\eta^2= .05$). Por su parte, la condición baile mostró diferencias significativas en la medición de 1h respecto a 0h, 2h y 3h ($F= 12.04$, $p= .001$, $\eta^2= .17$). Además, la condición caminata presentó diferencias significativas entre la medición 1h con respecto a 0h, 2h y 3h ($F= 32.12$, $p= .001$, $\eta^2= .36$). Asimismo, la condición control presentó diferencias significativas entre la medición 1h y 2h ($F= 4.92$, $p= .001$, $\eta^2= .08$) (Ver Gráfico 11, Anexo 3).

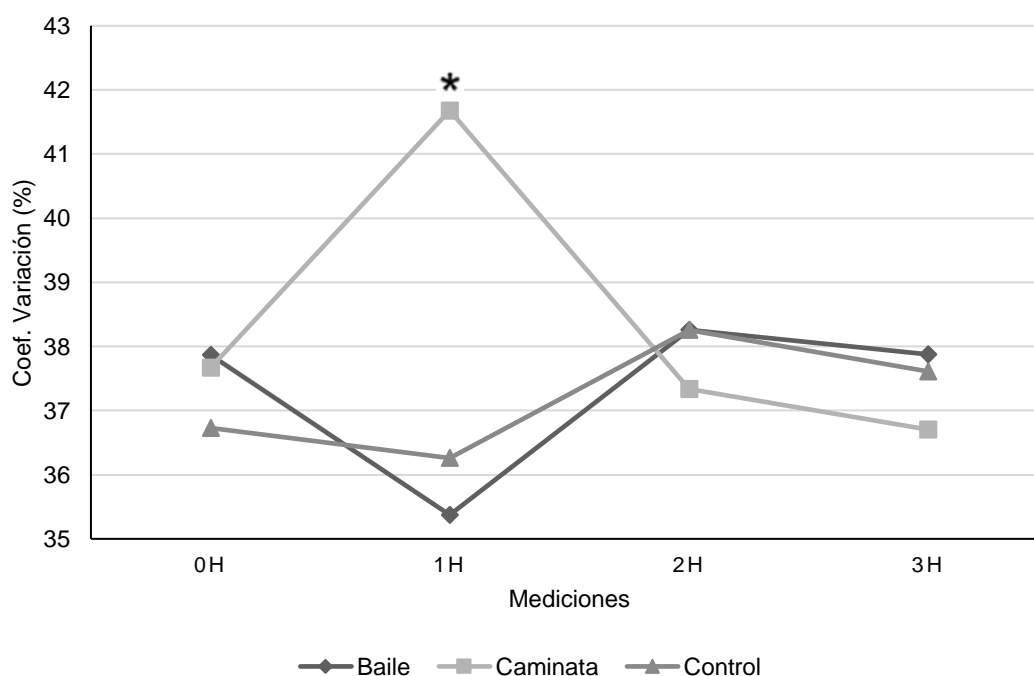


Gráfico 11. Interacción reportada en la Espalda en la prueba TUG.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

La presente investigación propuso un estudio enfocado en analizar mediante multisensores portátiles, la carga externa y el efecto agudo del baile y la caminata como ejercicio aeróbico sobre el equilibrio de personas mayores de 60 años. El propósito fue analizar y determinar si algunas actividades que realizan comúnmente las personas adultas mayores como el baile y la caminata generan un cambio positivo en el equilibrio estático y dinámico. Además, se buscó, valorar la carga de trabajo en cada una de esas actividades y realizar recomendaciones de acuerdo a las necesidades de las personas en el proceso de envejecimiento activo.

Carga Externa

Al analizar la carga externa del baile y la caminata sobre seis puntos corporales relacionados con el control de la postura en las personas mayores de 60 años, los resultados muestran diferencias significativas entre el baile y la caminata en cada una de las posiciones anatómicas de análisis. El baile reporta una mayor predominancia de impactos de menor magnitud en los puntos corporales más cercanos al suelo, como los tobillos (magnitudes de 0-1 y 1-2 g) y rodillas (magnitudes de 0-1 g). En el caso de la caminata se observa que en los mismos puntos corporales tiene una mayor predominancia en las magnitudes superiores (TD magnitudes de 4 a 7 g; TI de 2 a 7 g; RD de 1 a 7 g y RI de 2 a 6 g). Sobre la L3 (magnitudes de 0 a 2 g) y Espalda (magnitudes de 0 a 2 g), la caminata refleja mayor volumen de impactos de forma general que el baile.

Algunos estudios previos analizados en la implementación de programas de ejercicios para personas adultas mayores donde aplicaron como tratamiento el baile o la caminata (Bennett & Hackney, 2018; Borges et al., 2018; da Silva et al., 2020; Eyigor et al., 2009; Filar-Mierzwa et al., 2017; Gomeñuka et al., 2019; Granacher et al., 2012; Joung & Lee, 2019; Kim et al., 2021; Serrano-Guzmán et al., 2016; Sofianidis et al., 2009) no registraron haber realizado una medición de la carga externa de impactos producida por sus tratamientos sobre los participantes, lo único que se describe en los estudios son los volúmenes de trabajo deseados (sesiones/horas/días-semanas-meses/intensidad), siendo así importante señalar que, al no existir resultados previos sobre la carga externa en un uso

aplicado a actividades relacionadas a la salud, se contrastarán los resultados con lo encontrado en investigaciones previas, pero que son enfocadas en el rendimiento deportivo.

En el ámbito del deporte, la medición de la carga externa, por medio de los dispositivos de medición inercial, la variable impactos, es una de las más analizadas en la literatura científica. De acuerdo a Pino-Ortega & Rico-González (2021) la cuantificación de la carga de trabajo sobre la intensidad o el volumen de los impactos se ha utilizado predominantemente en deportes como el rugby, el fútbol y el fútbol americano, e indica que entre las modalidades deportivas, el factor diferenciador ha sido el umbral de impacto/colisión (en fuerzas-g) seleccionado para su detección. En este sentido, el umbral de detección en rugby o fútbol americano se ha fijado en 10 g (Gabbett, 2015; Wellman et al., 2017), en cambio, el umbral de detección fijado en el fútbol fue de 5 g (Abade et al., 2014); mostrando que cada deporte puede ser diferente por sus características y las acciones que se dan en el juego. El presente estudio a pesar que son rutinas de ejercicio físico diferente a lo que es un deporte el comportamiento es similar mostrando que se dan magnitudes de impactos significativamente diferentes al comparar una hora de baile con una hora de caminata mostrando que cada actividad posee características específicas en su ejecución. La caminata presenta magnitudes de impacto mayor que las que presenta el baile en los diferentes segmentos corporales analizados. Estos datos como menciona Rojas-Valverde, Gómez-Carmona, et al. (2020), son importantes para ser utilizados cuando se conducen nuevas técnicas de entrenamiento, estrategias de clases, protocolos de recuperación, programas de prevención de lesiones y otras decisiones basadas en los datos.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son congruentes con la literatura existente que analiza en sus estudios la carga externa en diferentes segmentos del cuerpo (Gómez-Carmona et al., 2020; Nedergaard et al., 2017) al presentar magnitudes mayores en las zonas más cercanas al piso (tobillo y rodillas). Por su parte Nedergaard et al. (2017) evaluaron diferentes desplazamientos deportivos ubicando dispositivos en la escápula, la pelvis y el eje de la tibia para registrar la aceleración máxima, la tasa de carga y el impulso, encontrando que la aceleración segmentaria generalmente sobrestimó la carga mecánica de todo el cuerpo y la tibia registró los impactos más altos. Además, Gómez-Carmona et al. (2019) evaluaron la carga de trabajo externa en cuatro ubicaciones

anatómicas (omóplato, centro de masa, rodilla y tobillo) y encontraron los mayores impactos en la rodilla y el tobillo durante la carrera en cinta rodante a todas las velocidades. Información relevante en la implicación práctica en especial con poblaciones de personas adultas mayores, ya que el conocimiento de la capacidad de absorción de la carga externa en cada persona permitirá establecer rutinas de trabajo más acorde a las situaciones específicas de esta población, hasta poder evitar una posible lesión.

Los resultados encontrados en el presente estudio y en literatura científica existente se explican desde la anatomía y la biomecánica, entendiendo que el pie humano cumple tareas funcionales durante la caminata y otros desplazamientos, incluida la absorción de impactos y el retorno de energía (Papachatzis et al., 2020). De acuerdo a Simonsen (2014) el caminar humano se caracteriza por el golpe del talón con la articulación del tobillo en dorsiflexión y ninguna otra especie exhibe ese patrón de caminar. El talón humano es redondeado y cubierto por una almohadilla en el talón que consta de cámaras hechas de tejido conectivo y llenas de grasa, siendo la función de esta almohadilla la de amortiguación mecánica en el golpe del talón (Cichowitz et al., 2009). Por tanto, es el primer sistema de absorción de impacto del ser humano al realizar algún movimiento o desplazamiento. Sin embargo, tiempo atrás Coventry et al. (2006) al estudiar el efecto de la fatiga de las extremidades inferiores en la atenuación del impacto durante el aterrizaje con una sola pierna, encontraron que la flexión de la cadera y la rodilla aumentó y la flexión plantar del tobillo disminuyó en el contacto con la fatiga. Los resultados de la investigación de Coventry et al. (2006) sugirieron que la extremidad inferior es capaz de adaptarse a la fatiga alterando la cinemática en el impacto y redistribuyendo el trabajo a los músculos proximales más grandes, en este caso a la rodilla y la cadera. Otro factor que puede llevar a inhibir la función de la zona del pie en la absorción de los impactos. De acuerdo a Simonsen (2014) el patrón de marcha varía en gran medida entre los individuos, algunas personas eligen ejercer las fuerzas más altas sobre la articulación del tobillo, mientras que otras prefieren usar la articulación de la rodilla, colocándose a la hora de caminar con una ligera flexión en la rodilla.

Equilibrio

Por otra parte, se analizó el efecto agudo del baile y la caminata sobre el equilibrio estático y dinámico en las personas mayores de 60 años. Los resultados obtenidos en el estudio no reportan efectos significativos en el comportamiento de esta variable producto de los protocolos realizados de ejercicios aeróbicos, tanto en la clase de baile como en la caminata a nivel de cada uno de los puntos anatómicos analizados (TD, TI, RD, RI, L3 y Espalda) con respecto si fue en apoyo monopodal en pierna izquierda o derecha. Con respecto a la prueba TUG el equilibrio dinámico si muestra interacciones estadísticamente significativas en cinco de las seis posiciones anatómicas evaluadas entre condiciones y mediciones

En congruencia con los datos obtenidos dos estudios respaldan lo observado ya que no encontraron diferencias significativas entre los grupos de intervención de baile y los grupos control en el equilibrio estático (Granacher et al., 2012; Sofianidis et al., 2009). Esto apunta a que la prueba de apoyo monopodal ojos abiertos podría ser difícil de realizar para los adultos mayores que condujo a hallazgos similares para los grupos con y sin intervención de baile, recomendando mayor investigación para confirmar. Aunque los datos concuerdan, la justificante no así, ya que no se reportó por parte de los participantes en el actual estudio que la prueba de equilibrio estático fuera una prueba de difícil ejecución.

A pesar de que existe literatura que respalda los datos encontrados (Granacher et al., 2012; Sofianidis et al., 2009), la teoría apunta a los beneficios en equilibrio al participar en actividades como el baile y la caminata. De acuerdo a Liu et al. (2021) bailar es un ejercicio multifacético que produce varios estímulos como coordinar mejor las extremidades a través del movimiento siguiendo la música. La capacidad de mantener una buena función de movilidad asegura la estabilidad de la posición del cuerpo, lo cual es clínicamente importante, porque reduce el alto riesgo de caídas en adultos mayores sanos a ningún riesgo o a un riesgo de caídas reducido. El caminar beneficia la mejora de la fuerza de las extremidades, la amplitud de las articulaciones de las extremidades y el tronco, la coordinación y el equilibrio (Dal Bello-Haas et al., 2012).

Además, algunos estudios informaron que el baile beneficiaba la función física y reducía el riesgo de caídas en adultos mayores sanos (Filar-Mierzwa et al., 2017; Hwang &

Braun, 2017; Shanahan et al., 2016). Por su parte Bennett & Hackney (2018) indicaron en su estudio que, la función de equilibrio general de los adultos mayores en la puntuación BBS tuvo una mejora significativa en el grupo de intervención de baile de más de 8 semanas, lo que podría retrasar la disminución del equilibrio corporal y reducir el riesgo de caídas. También lo respaldan Borges et al. (2018), Joung & Lee (2019), Liu et al. (2021) y Rodrigues-Krause et al. (2019) quienes reportan mejoras en el equilibrio al llevar a cabo clases de baile.

Los datos obtenidos en la actual investigación podrían discrepar de los estudios reportados por el hecho que la metodología aplicada fue de una sola sesión de trabajo (efecto agudo) de los tratamientos y los tratamientos usados en la literatura existente fueron de efecto crónico (8 sem o más 1-2 veces/sem/1-2 horas; mayor estímulo) (Filar-Mierzwa et al., 2017; Hwang & Braun, 2017). Esto lo podemos reforzar a raíz del estudio realizado por (Santamaría et al., 2017) que determinaron en su estudio si la práctica aguda y crónica con el videojuego Dance Dance Revolution (DDR®) producía una mejora significativa en la atención, concentración, balance estático y balance dinámico en personas adultas mayores, y los resultados reportados para respuesta aguda fueron no significativos a diferencia de la respuesta crónica donde sí encontraron cambios significativos. A pesar de que se trató de un estímulo un tanto diferente, los hallazgos del presente estudio, refuerzan la hipótesis de que el efecto agudo no es suficiente para generar cambios significativos sobre un mejor control de los movimientos y así un buen equilibrio. Por tanto, se estima que incluyendo una intervención de mayor duración (8-12 semanas) es posible que el baile y la caminata genere mejoras significativas sobre el equilibrio en la persona adulta mayor.

Se debe comprender también que el equilibrio depende de varios factores sistémicos en el organismo. De acuerdo a Buatois et al. (2007), la estabilidad del equilibrio empeora con la edad, debido al deterioro de los tres sistemas que contribuyen al control postural, somato sensorial, vestibular y visual. Al existir un marcado descenso en la sensación de vibración, número de receptores vestibulares y agudeza visual, también, existe una disminución de la velocidad de conducción nerviosa periférica, una reducción del número de motoneuronas y una reducción de masa muscular. Además, la capacidad de procesamiento central de la información también disminuye con la edad, lo que se refleja

en una reducción en la velocidad con la cual las personas adultas mayores pueden reaccionar y moverse. Por tanto, siendo una posibilidad que al provocar un único estímulo (respuesta aguda) los sistemas encargados del equilibrio, la masa muscular y los cambios cinemáticos asociados con la edad no recibieron el suficiente estímulo para poder evidenciar un cambio significativo en la mejora del control del equilibrio con respecto a la media de los participantes evaluados.

Es importante indicar que los participantes eran personas físicamente activas pertenecientes a un programa de actividad física. Esto, de alguna forma pudo influir en los resultados encontrados, ya que, las adaptaciones o mejoras podrían ser mínimas debido a su capacidad física adquirida en ese momento (da Silva et al., 2020; Silva et al., 2013). Si bien es cierto, en el estudio se controló la actividad física realizada 48 horas antes de cada condición, la experiencia adquirida en el proceso de participación en programas de actividad física, pudo ser una variable externa que tuviera influencia directa sobre los resultados. Por tanto, es recomendable realizar estudios similares en poblaciones sedentarias o que no tengan participación en programas de actividad física. Esto podría generar resultados que muestren el efecto agudo del baile y/o la caminata sobre el equilibrio en personas adultas mayores. Respaldando lo anterior de acuerdo al estudio de Zech et al. (2010), mediante una revisión sistemática en el tema del entrenamiento del equilibrio para el control neuromuscular y la mejora del rendimiento, indica que el entrenamiento del equilibrio en deportistas y no deportistas la dosis de intervención, así como el nivel de rendimiento de un participante, deben de tenerse en cuenta al evaluar los efectos del entrenamiento del equilibrio en el rendimiento motor. Esto debe de considerarse a raíz de los resultados encontrados, que muestran que las personas no deportistas aumentaron significativamente la masa muscular en la zona de las rodillas por el tratamiento provocado con respecto a los deportistas, dejando evidencia de que las personas no entrenadas es una variable a considerar, ya que, puede influir en la magnitud de las adaptaciones.

Es necesario insistir en, que este es el primer estudio de campo que implementa un análisis sobre el equilibrio mediante multisensores inerciales portables con persona adultas mayores. Por tanto, deben realizarse más estudios en este sentido que permitan ratificar los datos e implementarlos con un tratamiento más extenso para determinar posibles cambios,

o bien determinar el posible efecto agudo en personas adultas mayores sin experiencia en participación en programas de actividad física, o bien personas adultas mayores sedentarias.

Además, para ello Sampedro et al., (2010) recomiendan ahondar más en el tema, e implementar nuevas tecnologías de evaluación aplicadas en equilibrio, de forma que no sean invasivas y que sean seguras para los sujetos. Por ejemplo, se recomienda sustituir los métodos de análisis notacionales, que consisten en reportes en papel y lápiz de los desplazamientos del sujeto en cuestión, teniendo una limitación potencial en la confiabilidad del procedimiento de ingreso de datos o la capacidad del investigador para reproducir el valor observado cuando se repite la medida (Hughes & Franks, 2004; Pino-Ortega & Rico-González, 2021), por métodos como, el utilizado en el estudio actual de recogida de datos que emplea el uso de los dispositivos inerciales con tecnología de acelerómetros triaxiales que están debidamente validados para este tipo de evaluaciones en equilibrio (Baker et al., 2021). Los cuales bajo información previa fueron utilizados en los segmentos correspondientes al control postural (Rose & González del Campo Román, 2005), y se utilizaron en cada segmento. Respaldo además por lo expresado por Nedergaard et al. (2017) que menciona que los acelerómetros solo registran la aceleración del segmento del cuerpo al que están conectados, siendo inadecuada la medición de la aceleración de todo el cuerpo con un solo dispositivo debido a la complejidad de múltiples articulaciones durante los movimientos, dejando de lado los criterios subjetivos a la hora de valorar el equilibrio en personas.

A pesar que los resultados al contrastar entre condiciones no fueron lo esperado donde se pretendía que el baile y la caminata actuaran diferente a la condición control, aunado esto principalmente a tener solamente una sesión de trabajo, se debe señalar que, al analizar las interacciones entre mediciones de una misma condición, se pudo evidenciar hallazgos importantes que permiten un análisis con respecto a evitar que la persona adulta mayor se pueda poner en riesgo de una lesión por un mal equilibrio. Se encontró que, al realizar baile en la prueba SLS en apoyo sobre la PI en las cuatro posiciones donde se ubicó el dispositivo WIMU (TI, RI, L3 y Espalda) inmediatamente después de hacer la clase de baile (test 1h) los participantes presentaron significativamente menor control de movimientos con respecto a la medición realizada a las 3h donde las personas presentaron

un mayor control de movimientos y por ende de equilibrio. Por su parte, en la prueba TUG en la interacción del test 1h, es interesante resaltar que, cuando se realiza la condición caminata en la evaluación correspondiente a 1h para los dispositivos ubicados en RD, RI, L3 y Espalda el equilibrio dinámico se ve afectado significativamente de forma negativa al presentar menor control de movimientos con respecto a las condiciones de baile y control en esa misma evaluación (1h).

Por tanto, con respecto a los resultados encontrados en la condición de baile en la prueba SLS-PI y la caminata en la prueba TUG en el test 1h, se debe entender que, después de una hora de actividad física de baile y caminata el equilibrio estático y dinámico se puede ver afectado negativamente. Conforme a la literatura se puede entender esta situación de acuerdo a la fatiga, entendida como una disminución en la capacidad de generar fuerza, la cual afecta negativamente a la estabilidad del equilibrio (García & Rodríguez, 2015). Esos autores indican que, la estabilidad del equilibrio está comprometida por una pérdida en la calidad de la información recibida (a través de los sistemas visual, vestibular y somato sensorial) y una pérdida en la capacidad de procesamiento de esa información a nivel central. Esta información obtenida como hallazgo es relevante, ya que, al trabajar sesiones aeróbicas con las personas adultas mayores, se deben considerar estos cambios fisiológicos en el organismo, para no incrementar el riesgo de lesiones por la posible pérdida del equilibrio a raíz de la fatiga que se provoque.

Además García & Rodríguez (2015) indican que, se ha demostrado que caminando y corriendo a la misma intensidad, la carrera provoca un mayor deterioro en la estabilidad, debido a que afecta en mayor medida a los sistemas visual y vestibular (mayor movimiento vertical de la cabeza). Sin embargo, sugieren que no todos los ejercicios son igual de fatigantes, ni tienen la misma repercusión en la estabilidad del equilibrio, por lo que son necesarios más estudios que relacionen ambas variables.

Carga sobre el equilibrio

Con respecto a la carga de trabajo externa de la clase de baile y de la caminata sobre el equilibrio estático y dinámico, los resultados muestran una caracterización de cada una

de las condiciones aplicadas con respecto a la carga externa. Sin embargo, el estímulo generado en ambas condiciones experimentales, no fue suficiente para producir un cambio positivo significativo en el control del equilibrio de los participantes.

La carga externa es un factor importante de considerar, ya que, desde el punto de vista deportivo de acuerdo a Fox et al. (2018) la respuesta del deportista a un estímulo es específica según su naturaleza, intensidad, duración y tarea a realizar. Lo mismo sería para una persona que asiste a un programa de ejercicios motivado en la mejora de su salud física. Dicho de otra forma, si el estímulo estresante (carga de trabajo) es desconocida por el organismo, la interrupción de la homeostasis estará determinada por un aumento de los procesos catabólicos o degenerativos, los cuales se mantienen hasta que dura la influencia de la carga, casi de forma inmediata. El organismo responde al estímulo estresante con un aumento de los procesos constitutivos, generativos o anabólicos para su debida recuperación a fin de dar protección al organismo por las pérdidas energéticas sufridas ante el esfuerzo realizado por la carga de entrenamiento (Fortaleza, 2009). Además, indica el autor que estos procesos de recuperación que suceden al ser interrumpida la homeostasis, no solo buscan volver al punto de inicio ante el esfuerzo sino más bien tienden a sobrepasar los niveles iniciales de capacidad, lo que parece ser una predisposición del organismo ante una nueva agresión: fenómeno llamado supercompensación. Los datos encontrados muestran que el baile y la caminata presentaron diferentes intensidades de impactos durante su ejecución, pero el estímulo no fue suficiente para lograr una supercompensación en los sistemas relacionados a la capacidad del equilibrio de las personas evaluadas. Esto explicado en los apartados anteriores que sugieren que al ser una sola sesión de baile y caminata no generara una respuesta positiva en la variable de equilibrio con respecto a la condición control o entre baile y caminata.

Por tanto, aplicar este tipo de evaluación a las intervenciones es aclaratorio, la carga externa o bien interna puede dar referencia más certera del trabajo que la persona está desarrollando y así entender si la propuesta está siendo la adecuada para el cambio que estamos buscando. El análisis de la carga externa se aplica, hasta el momento, en el campo deportivo y no en el campo de la salud, pero el fin último es pertinente para ambos ámbitos. Por ejemplo, en el campo deportivo la carga de trabajo acumulada, se indica a través del

índice player load (PL) que mide el cambio en la aceleración en los planos anterior-posterior (ax), medio-lateral (ay) y vertical (az). Esta variable se normaliza por el tiempo total de la sesión (min) y así se puede comparar entre sesiones de entrenamientos o competiciones de diferente duración (Pino-Ortega & Rico-González, 2021). Con ello se pudieron determinar diferentes cargas de trabajo en los deportes como fútbol, balonmano, rugby, hockey y rugby (Gabbett, 2015; Polglaze et al., 2015; Read et al., 2017; Trewin et al., 2018; Wik et al., 2017).

El seguimiento de estos índices debe utilizarse para detectar la carga de trabajo específica con mayor precisión e individualización. Tanto la carga acumulada como las demandas específicas de destrezas/habilidades, aunque los autores (Gómez-Carmona et al., 2020; Gómez-Carmona, Gamonales-Puerto, et al., 2019) se enfatiza en el deporte esto mismo en el campo de salud sería trascendental para individualizar la carga específica de cada actividad.

Los resultados obtenidos hasta el momento, confirman que existen diferencias entre los deportes de equipo en cuanto a la carga de trabajo externo, pero, se hace imprescindible, analizar las exigencias de actividades propuestas en el campo de la salud (baile, caminata, clases de aeróbicos, spinning, zumba, entre otras) para así diseñar los estímulos correctos durante las sesiones de entrenamiento y lograr mejorar el rendimiento en términos de salud física y calidad de vida.

Esto impactaría de mejor manera a una población que mayormente practica ejercicio físico por salud. Por ejemplo, en Costa Rica la población deportista es apenas el 1.35% (70102 deportistas) de la población total en la actualidad (5 185 498 personas según INEC) de acuerdo al informe 2018 sobre el Estado del Deporte y la Recreación en Costa Rica. Por tanto, implementar evaluaciones con estas nuevas tecnologías en actividades enfocadas en salud impactarían en mayor medida a la población en temas de aplicación de programas acorde a las condiciones de la población, mejorando los resultados e impacto sobre la salud física especialmente en la población adulta mayor que crece exponencialmente a nivel nacional y global.

Por consiguiente, a pesar que no se encontró mejoras significativas en el equilibrio estático de los participantes entre condiciones, con respecto a la condición control, la

investigación evidencia lo relevante que es determinar la carga de cualquier actividad o ejercicio físico que realizan las personas y así poder determinar la intensidad de entrenamiento que las personas realizan. Con ello se pueden impactar de mejor forma los objetivos planteados. Por tanto, se abren las puertas a futuras intervenciones del monitoreo de la carga externa aprovechando la portabilidad de las unidades o dispositivos inerciales para recabar información en actividades como clases de aeróbicos, spinning y zumba que son populares entre la población adulta mayor.

Además, es crucial brindar la atención necesaria a las personas adultas mayores en la sociedad actual, ya que cada vez hay más personas adultas mayores que requieren cuidados y atención especializada. Es importante que se les brinde el cuidado y la atención necesaria para garantizar su bienestar y calidad de vida.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se procede en este apartado a brindar las conclusiones después de analizados los datos y de acuerdo con los objetivos de esta investigación se concluye que:

Cuando se analizó la carga externa de una clase de baile y la caminata sobre seis puntos corporales en las personas adultas mayores se concluye que, la caminata es la actividad que provoca mayor carga en su ejecución con relación al baile y es en las zonas de los tobillos y rodillas donde se absorben los impactos con mayores magnitudes. Este hallazgo tiene implicaciones prácticas importantes para las personas adultas mayores que desean realizar ejercicio físico efectivo y seguro. Se debe considerar, a la hora de prescribir una u otra actividad, algún tipo de lesión articular o condición especial que se pueda ver afectada por la magnitud de impacto.

Si se realiza caminata, es importante tomar medidas preventivas para reducir el riesgo de lesiones y dolor en las articulaciones. Por ejemplo, las personas pueden optar por caminar en superficies más suaves como césped o tierra en lugar de pavimento, utilizar zapatos con mayor capacidad de amortiguamiento o bien hacer ejercicios de fortalecimiento muscular y flexibilidad previos para mejorar el soporte en las articulaciones. Además, se puede ajustar la intensidad y duración de la caminata según las capacidades y necesidades individuales.

En última instancia, el conocimiento de los posibles riesgos asociados a la caminata puede ayudar a las personas adultas mayores a mantener un estilo de vida activo y saludable sin poner en peligro su salud articular, principalmente en tobillos y rodillas donde se demostró que se absorben mayormente los impactos de más altas magnitudes.

Al determinar el efecto agudo del baile y la caminata como ejercicios aeróbicos sobre el equilibrio estático y dinámico en las personas adultas mayores se concluye que una sola sesión de ejercicio aeróbico de baile o caminata no es suficiente para generar cambios significativos en el control de movimientos del equilibrio estático, pero que en el equilibrio dinámico si, y se debe de tener los cuidados necesarios inmediatamente después de realizar una caminata al verse reducido el control de los movimientos corporales significativamente el equilibrio con respecto al baile y el control.

En conclusión, esta información es importante para las personas adultas mayores que realizan estas actividades, ya que deben ser conscientes de que su capacidad de equilibrio puede disminuir inmediatamente después de la sesión de ejercicio y así tomar las precauciones necesarias para garantizar la seguridad y el bienestar. Además, los profesionales de la salud que trabajan con personas adultas mayores pueden utilizar estos hallazgos para diseñar programas de ejercicio adecuados y para educar a los participantes sobre los efectos potenciales de los diferentes tipos de ejercicios en su equilibrio.

Al analizar los efectos de la carga de trabajo externa de la clase de baile y de la caminata sobre el equilibrio estático y dinámico, se concluye que una sola sesión de ejercicio aeróbico como el baile o la caminata no es suficiente para generar mejoras significativas en el equilibrio estático y dinámico en la población adulta mayor. Esto implica que es necesario que las personas adultas mayores realicen actividad física de manera regular y consistente para obtener resultados significativos en su salud.

Por tanto, es importante destacar que la continuidad y consistencia en la actividad física son fundamentales para lograr mejoras significativas en la salud y calidad de vida de esta población. Es así que, los profesionales de la salud deben motivar a las personas adultas mayores a participar en programas de actividad física que les permitan mejorar su equilibrio estático y dinámico, así como su salud en general. La regularidad en la actividad física debe ser considerada como aspecto clave para alcanzar un envejecimiento activo y saludable en la población adulta mayor.

Para finalizar, al evaluar la carga externa y el efecto agudo del baile y la caminata como ejercicio aeróbico sobre el equilibrio de personas mayores de 60 años, el presente estudio arrojó hallazgos con implicaciones prácticas importantes, se pudo obtener información precisa y detallada sobre la carga externa que se aplicó en cada sesión de baile y caminata, lo que permite poder ajustar la intensidad y el volumen del ejercicio según las necesidades y capacidades individuales de cada persona.

Además, se pudo obtener datos objetivos sobre el efecto agudo del ejercicio en el equilibrio estático y dinámico, lo que puede ayudar a identificar los beneficios específicos de cada tipo de actividad y ajustar los protocolos de entrenamiento para maximizar los efectos sobre el equilibrio y la prevención de caídas.

También, se pueden identificar las posibles limitaciones o riesgo en el uso de estas actividades para personas con ciertas condiciones de salud o capacidades limitadas, lo que permite una mayor personalización y seguridad en el diseño de los programas de ejercicios.

En conclusión, la evaluación de la carga externa y el efecto agudo del baile y la caminata mediante multisensores portátiles en personas mayores de 60 años que asisten a un programa institucionalizado de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, tiene importantes implicaciones prácticas para la mejora del diseño y la implementación de programas de ejercicio personalizados y seguros para esta población vulnerable. Por su parte, el uso de dispositivos inerciales es una herramienta muy valiosa para la investigación y planificación de programas de ejercicio para la mejora del equilibrio. La incorporación de estas herramientas puede profesionalizar aún más el campo del ejercicio por salud y mejorar la calidad de vida de las personas adultas mayores.

RECOMENDACIONES

Abordar temáticas de ejercicio enfocado en salud con la implementación de nuevas tecnologías a la fecha utilizadas únicamente en el campo deportivo y competitivo es de vital importancia para poder generar datos y así basar los criterios para los programas de ejercicios enfocados en las personas adultas mayores.

Desarrollar estrategias y métodos enfocados en la educación de las personas adultas mayores hacia una adecuada implementación de programas de ejercicios enfocados al mejoramiento o mantenimiento del equilibrio estático y dinámico, y así disminuir al máximo el porcentaje de posibles caídas perjudiciales para la autonomía funcional de la persona.

Realizar estudios similares a este, en la medida de lo posible con personas sedentarias, mayores de 60 años, con evaluaciones en respuesta aguda y crónica. Para conocer los resultados en función de estas demandas particulares, donde además se pueda incluir otras variables de carga externa e interna.

Realizar estudios que incluyan evaluaciones de fatiga e hidratación de los participantes, variables relacionadas al cansancio muscular y la transmisión adecuada de la información en tiempo y forma que podría afectar el desempeño de los sistemas encargados del equilibrio.

Utilizar la información recogida en el actual estudio para orientar a las personas que están por incorporarse a un programa de ejercicios para mejorar sus capacidad funcional y física.

Capacitar a los profesionales en ciencias del movimiento humano en el uso de las nuevas tecnologías y así ver los alcances que la prescripción del ejercicio tienen para generar un mayor rendimiento en las personas que realizan ejercicio en beneficio de su salud física.

Crear en la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente un proyecto de investigación que tenga como objetivo la implementación de protocolos de ejercicio físico para mejorar el equilibrio estático y dinámico en las personas adultas mayores y que brinde parámetros de carga externa e interna para generar parámetros específicos según la

actividad que se realice, con el fin de que este conocimiento oriente el trabajo a realizar con los distintos entes que laboran con esta población.

Se propone el seguimiento de esta temática en futuros estudios, donde se pueda evaluar de forma conjunta el efecto agudo y crónico del baile y la caminata sobre el equilibrio. Además de poder determinar la carga de trabajo del baile y la caminata e incluso otras actividades que las personas adultas mayores practican y no sólo en la variable impactos sino agregando otros factores que podría generar resultados importantes para la elaboración de guías de entrenamiento para esta población. También, se debe recalcar que la tecnología empleada para la investigación (WIMU) tiene un alcance mayor que aquel para el cual fue utilizada y por ello se podría generar otro sin número de líneas de investigación.

REFERENCIAS

- Abade, E. A., Gonçalves, B. V., Leite, N. M., & Sampaio, J. E. (2014). Time-motion and physiological profile of football training sessions performed by under-15, under-17 and under-19 elite Portuguese players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 463–470. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0120>
- ACSM, Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(7), 1510–1530. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>
- Akune, T., Ohba, S., Kamekura, S., Yamaguchi, M., Chung, U., Kubota, N., Terauchi, Y., Harada, Y., Azuma, Y., Nakamura, K., Kadowaki, T., & Kawaguchi, H. (2004). PPAR γ insufficiency enhances osteogenesis through osteoblast formation from bone marrow progenitors. *The Journal of Clinical Investigation*, 113(6), 846–855. <https://doi.org/10.1172/JCI19900>
- Alberts, J. L., Hirsch, J. R., Koop, M. M., Schindler, D. D., Kana, D. E., Linder, S. M., Campbell, S., & Thota, A. K. (2015). Using Accelerometer and Gyroscopic Measures to Quantify Postural Stability. *Journal of Athletic Training*, 50(6), 578–588. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.2.01>
- Alpert, P. T., Miller, S. K., Wallmann, H., Havey, R., Cross, C., Chevalia, T., Gillis, C. B., & Kodandapari, K. (2009). The effect of modified jazz dance on balance, cognition, and mood in older adults. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*, 21(2), 108–115. <https://doi.org/10.1111/j.1745-7599.2008.00392.x>

- Álvarez, G. M. (2013). Salud y bienestar, retos del envejecimiento demográfico. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 18, 5–12.
- André, H.-I., Moniz-Pereira, V., Ramalho, F., Santos-Rocha, R., Veloso, A., & Carnide, F. (2020). Responsiveness of the Calf-Raise Senior test in community-dwelling older adults undergoing an exercise intervention program. *PLOS ONE*, 15(4), e0231556. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231556>
- Araújo, C. G. S. de. (2008). Flexibility assessment: Normative values for flexitest from 5 to 91 years of age. *Arquivos Brasileiros De Cardiologia*, 90(4), 257–263. <https://doi.org/10.1590/s0066-782x2008000400008>
- Arias, M. S., & Gutiérrez, Y. (2020). Envejecimiento saludable basado en el fortalecimiento de las capacidades cognitivas y el reforzamiento de prácticas saludables de un grupo de personas adultas mayores. *Población y Salud en Mesoamérica*. <https://doi.org/10.15517/psm.v17i2.39979>
- Aziz, O., Park, E. J., Mori, G., & Robinovitch, S. N. (2014). Distinguishing the causes of falls in humans using an array of wearable tri-axial accelerometers. *Gait & Posture*, 39(1), 506–512. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.08.034>
- Baker, N., Gough, C., & Gordon, S. J. (2021). Inertial Sensor Reliability and Validity for Static and Dynamic Balance in Healthy Adults: A Systematic Review. *Sensors*, 21(15), 5167. <https://doi.org/10.3390/s21155167>
- Barnes, D. E., Yaffe, K., Satariano, W. A., & Tager, I. B. (2003). A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(4), 459–465. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2003.51153.x>

- Barnett, A., Smith, B., Lord, S. R., Williams, M., & Baumann, A. (2003). Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: A randomised controlled trial. *Age and Ageing*, 32(4), 407–414.
<https://doi.org/10.1093/ageing/32.4.407>
- Bartlett, J. D., O'Connor, F., Pitchford, N., Torres-Ronda, L., & Robertson, S. J. (2017). Relationships Between Internal and External Training Load in Team-Sport Athletes: Evidence for an Individualized Approach. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 230–234. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2015-0791>
- Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C. D., Reche, P., Gil, P. G., & Ortega, J. P. (2018). *Valoración de la estabilidad del tronco mediante un dispositivo inercial Trunk stability assesment using an inercial device. 5.*
- Bauer, C., Gröger, I., Rupprecht, R., & Gaßmann, K. G. (2008). Intrasession Reliability of Force Platform Parameters in Community-Dwelling Older Adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(10), 1977–1982.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.02.033>
- Bennett, C. G., & Hackney, M. E. (2018). Effects of line dancing on physical function and perceived limitation in older adults with self-reported mobility limitations. *Disability and Rehabilitation*, 40(11), 1259–1265.
<https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1294207>
- Bergland, A., Jarnlo, G.-B., & Laake, K. (2003). Predictors of falls in the elderly by location. *Aging Clinical and Experimental Research*, 15(1), 43–50.
<https://doi.org/10.1007/bf03324479>

- Bergland, A., & Wyller, T. B. (2004). Risk factors for serious fall related injury in elderly women living at home. *Injury Prevention: Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, *10*(5), 308–313.
<https://doi.org/10.1136/ip.2003.004721>
- Blum, L., & Korner-Bitensky, N. (2008). Usefulness of the Berg Balance Scale in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Physical Therapy*, *88*(5), 559–566.
<https://doi.org/10.2522/ptj.20070205>
- Borges, E. G. da S., Cader, S. A., Vale, R. G. de S., Cruz, T. H. P., Carvalho, M. C. de G. de A., Pinto, F. M., & Dantas, E. H. M. (2012). The effect of ballroom dance on balance and functional autonomy among the isolated elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *55*(2), 492–496.
<https://doi.org/10.1016/j.archger.2011.09.004>
- Borges, E. G. da S., Vale, R. G. de S., Pernambuco, C. S., Cader, S. A., Sá, S. P. C., Pinto, F. M., Regazzi, I. C. R., Knupp, V. M. de A. O., & Dantas, E. H. M. (2018). Effects of dance on the postural balance, cognition and functional autonomy of older adults. *Revista Brasileira De Enfermagem*, *71*(suppl 5), 2302–2309.
<https://doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0253>
- Boulgarides, L. K., McGinty, S. M., Willett, J. A., & Barnes, C. W. (2003). Use of clinical and impairment-based tests to predict falls by community-dwelling older adults. *Physical Therapy*, *83*(4), 328–339.
- Brandes, R. P., Fleming, I., & Busse, R. (2005). Endothelial aging. *Cardiovascular Research*, *66*(2), 286–294. <https://doi.org/10.1016/j.cardiores.2004.12.027>
- Brauer, S. G., Burns, Y. R., & Galley, P. (2000). A prospective study of laboratory and clinical measures of postural stability to predict community-dwelling fallers. *The*

Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences,
55(8), M469-476. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.8.m469>

- Brenes, G., Masís, K., Rapso, M., & (Coord.). (2020). *II Informe estado de situación de la persona adulta mayor en Costa Rica*. San José, C.R.: Universidad de Costa Rica. ISBN 978-9968-9688-9-8
- Bruna, O., Subirana, J., Puyuelo, M., Virgili, C., Villalta, V., & Signo, S. (2011). Velocidad de procesamiento de la información como medida para la valoración del deterioro cognitivo. Estudio preliminar. *Alzheimer Realidades e Investigación en Demencia*, 47, 39.
- Bruna, O., Subirana, J., & Signo, S. (2012). Corteza prefrontal, funciones ejecutivas y envejecimiento normal. *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas, 2012*, ISBN 978-84-92931-13-2, págs. 223-240, 223–240.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5080153>
- Buatois, S., Gauchard, G. C., Aubry, C., Benetos, A., & Perrin, P. (2007). Current physical activity improves balance control during sensory conflicting conditions in older adults. *International Journal of Sports Medicine*, 28(1), 53–58.
<https://doi.org/10.1055/s-2006-924054>
- Calderón, A. M. (2005). Los estrógenos y el hueso: Revisión de la evidencia. *Progresos de Obstetricia y Ginecología*, 48(2), 79–90. [https://doi.org/10.1016/S0304-5013\(05\)72361-X](https://doi.org/10.1016/S0304-5013(05)72361-X)
- Cao, J. J., Wronski, T. J., Iwaniec, U., Phleger, L., Kurimoto, P., Boudignon, B., & Halloran, B. P. (2005). Aging Increases Stromal/Osteoblastic Cell-Induced Osteoclastogenesis and Alters the Osteoclast Precursor Pool in the Mouse. *Journal*

of Bone and Mineral Research, 20(9), 1659–1668.

<https://doi.org/10.1359/JBMR.050503>

Casas, Á., Cadore, E. L., Martínez, N., & Izquierdo, M. (2015). El ejercicio físico en el anciano frágil: Una actualización. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 50(2), 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2014.07.003>

Ceballos, O. (2012). *Actividad física en el adulto mayor*. México: Editorial El Manual Moderno S.A.

Chacón, R. (2007). *Factores asociados a la condición funcional del adulto mayor: Costa Rica 2004-2006*. 44.

Chang, J. T., Morton, S. C., Rubenstein, L. Z., Mojica, W. A., Maglione, M., Suttorp, M. J., Roth, E. A., & Shekelle, P. G. (2004). Interventions for the prevention of falls in older adults: Systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 328(7441), 680.

<https://doi.org/10.1136/bmj.328.7441.680>

Chodzko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(7), 1510–1530.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>

Cichowitz, A., Pan, W. R., & Ashton, M. (2009). The heel: Anatomy, blood supply, and the pathophysiology of pressure ulcers. *Annals of Plastic Surgery*, 62(4), 423–429.

<https://doi.org/10.1097/SAP.0b013e3181851b55>

CONAPAM. (2013). *Política Nacional de Envejecimiento y Vejez 2011-2021*. 1 ed. San José, CR. <https://www.conapam.go.cr/mantenimiento/POLITICA%20PDF.pdf>

- Concha-Cisternas, Y. F., Guzman-Muñoz, E. E., & Marzuca-Nassr, G. N. (2017). Efectos de un programa de ejercicio físico combinado sobre la capacidad funcional de mujeres mayores sanas en Atención Primaria de Salud. *Fisioterapia*, *39*(5), 195–201. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2017.03.002>
- Coventry, E., O'Connor, K. M., Hart, B. A., Earl, J. E., & Ebersole, K. T. (2006). The effect of lower extremity fatigue on shock attenuation during single-leg landing. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, *21*(10), 1090–1097. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2006.07.004>
- da Silva, E. Sepúlveda-Loyola, W., Martins da Silva, J., Castilho dos Santos, G., & Pereira, C. (2020). Comparación entre simple y doble tarea, capacidad cognitiva y equilibrio postural en adultos mayores que participan de 3 modalidades de ejercicio físico. *Fisioterapia*, *42*(1), 33–38. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2019.10.002>
- Dal Bello-Haas, V. P., Thorpe, L. U., Lix, L. M., Scudds, R., & Hadjistavropoulos, T. (2012). The effects of a long-term care walking program on balance, falls and well-being. *BMC Geriatrics*, *12*, 76. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-12-76>
- Day, L., Fildes, B., Gordon, I., Fitzharris, M., Flamer, H., & Lord, S. (2002). Randomised factorial trial of falls prevention among older people living in their own homes. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, *325*(7356), 128. <https://doi.org/10.1136/bmj.325.7356.128>
- Díaz, C. (2008). Principales trastornos en la edad adulta y en la vejez. *Psicología del desarrollo: desde la infancia a la vejez*, 2008, ISBN 978-84-481-6871-1, págs. 199-212, 199–212. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2725019>
- Dillon, L., Clemson, L., Ramulu, P., Sherrington, C., & Keay, L. (2018). A systematic review and meta-analysis of exercise-based falls prevention strategies in adults aged

- 50+ years with visual impairment. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 38(4), 456–467. <https://doi.org/10.1111/opo.12562>
- Eyigor, S., Karapolat, H., Durmaz, B., Ibisoglu, U., & Cakir, S. (2009). A randomized controlled trial of Turkish folklore dance on the physical performance, balance, depression and quality of life in older women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 48(1), 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2007.10.008>
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Federici, A., Bellagamba, S., & Rocchi, M. B. L. (2005). Does dance-based training improve balance in adult and young old subjects? A pilot randomized controlled trial. *Aging Clinical and Experimental Research*, 17(5), 385–389. <https://doi.org/10.1007/BF03324627>
- Fernández, X., Robles, A., & (Coord.). (2008). *I Informe estado de situación de la persona adulta mayor en Costa Rica*. San José, C.R.: s.n. ISBN 978-9968-9688-1-2
- Fernández-Argüelles, E. L., Rodríguez-Mansilla, J., Antunez, L. E., Garrido-Ardila, E. M., & Muñoz, R. P. (2015). Effects of dancing on the risk of falling related factors of healthy older adults: A systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 60(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.10.003>
- Fielding, R. A., Vellas, B., Evans, W. J., Bhasin, S., Morley, J. E., Newman, A. B., Kan, G. A. van, Andrieu, S., Bauer, J., Breuille, D., Cederholm, T., Chandler, J., Meynard, C. D., Donini, L., Harris, T., Kannt, A., Guibert, F. K., Onder, G., Papanicolaou, D., ... Zamboni, M. (2011). Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Current Consensus Definition: Prevalence, Etiology, and Consequences.

- International Working Group on Sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(4), 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2011.01.003>
- Filar-Mierzwa, K., Długosz, M., Marchewka, A., Dąbrowski, Z., & Poznańska, A. (2017). The effect of dance therapy on the balance of women over 60 years of age: The influence of dance therapy for the elderly. *Journal of Women & Aging*, 29(4), 348–355. <https://doi.org/10.1080/08952841.2016.1194689>
- Fortaleza, A. (2009). Entrenamiento Deportivo: preparación para el rendimiento (1a ed., Vol. 1). Kinesis. https://www.libreriadeportiva.com/libro/entrenamiento-deportivo-preparacion-para-el-rendimiento_29534
- Fox, J. L., Stanton, R., Sargent, C., Wintour, S.-A., & Scanlan, A. T. (2018). The Association Between Training Load and Performance in Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(12), 2743–2774. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0982-5>
- Freiberger, E., Häberle, L., Spirduso, W. W., & Zijlstra, G. A. R. (2012). Long-Term Effects of Three Multicomponent Exercise Interventions on Physical Performance and Fall-Related Psychological Outcomes in Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(3), 437–446. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03859.x>
- Gabbett, T. J. (2015). Relationship Between Accelerometer Load, Collisions, and Repeated High-Intensity Effort Activity in Rugby League Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3424–3431. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001017>

- Galloza, J., Castillo, B., & Micheo, W. (2017). Benefits of Exercise in the Older Population. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 28(4), 659–669. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2017.06.001>
- García, J., & Rodríguez, J. (s/f). *Capítulo 5: Equilibrio y estabilidad del cuerpo humano*. Paidotribo.
- García, J., & Rodríguez, J. (2015). *Equilibrio y estabilidad del cuerpo humano*. Paidotribo. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4875990>
- García, T., & Villalobos, J. (2012). *Malnutrición en el anciano. Parte I: desnutrición, el viejo enemigo*.
- Ghislieri, M., Gastaldi, L., Pastorelli, S., Tadano, S., & Agostini, V. (2019). Wearable Inertial Sensors to Assess Standing Balance: A Systematic Review. *Sensors*, 19(19), 4075. <https://doi.org/10.3390/s19194075>
- Gillespie, L. D., Gillespie, W. J., Robertson, M. C., Lamb, S. E., Cumming, R. G., & Rowe, B. H. (2003). Interventions for preventing falls in elderly people. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4, CD000340. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000340>
- Gomeñuka, N. A., Oliveira, H. B., Silva, E. S., Costa, R. R., Kanitz, A. C., Liedtke, G. V., Schuch, F. B., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2019). Effects of Nordic walking training on quality of life, balance and functional mobility in elderly: A randomized clinical trial. *PLOS ONE*, 14(1), e0211472. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211472>
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., García-Rubio, J., Ibáñez, S. J., & Pino-Ortega, J. (2019). Static and dynamic reliability of WIMU PROTM accelerometers according to anatomical placement. *Proceedings of the Institution of Mechanical*

Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology, 233(2), 238–248. <https://doi.org/10.1177/1754337118816922>

Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., González-Custodio, A., Olcina, G., & Pino-Ortega, J. (2020). Using an Inertial Device (WIMU PRO) to Quantify Neuromuscular Load in Running: Reliability, Convergent Validity, and Influence of Type of Surface and Device Location. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(2), 365–373. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003106>

Gómez-Carmona, C. D., Gamonales-Puerto, J. M., Feu, S., & Ibáñez, S. J. (2019). Estudio de la carga interna y externa a través de diferentes instrumentos. Un estudio de casos en fútbol formativo. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 5(3), 444–468.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2019.5.3.5464>

González de Gago, J. (2010). Teorías de Envejecimiento. *Tribuna del Investigador*, 11(1–2), 42–66.

González R, A., & Achiardi T, Ó. (2016). Relación entre capacidad aeróbica y variables antropométricas en mujeres jóvenes físicamente inactivas de la ciudad de Concepción, Chile. *Revista chilena de nutrición*, 43(1), 18–23.

<https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100003>

Granacher, U., Muehlbauer, T., Bridenbaugh, S. A., Wolf, M., Roth, R., Gschwind, Y., Wolf, I., Mata, R., & Kressig, R. W. (2012). Effects of a Salsa Dance Training on Balance and Strength Performance in Older Adults. *Gerontology*, 58(4), 305–312.

<https://doi.org/10.1159/000334814>

Gutiérrez, M. (1999). *Biomecánica Deportiva* (1a ed.). SINTESIS.

- Haff, G. G. (2010). Sport Science. *Strength & Conditioning Journal*, 32(2), 33–45.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181d59c74>
- Hain, T. C., Fuller, L., Weil, L., & Kotsias, J. (1999). Effects of T'ai Chi on Balance. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 125(11), 1191–1195.
<https://doi.org/10.1001/archotol.125.11.1191>
- Halvarsson, A., Oddsson, L., Olsson, E., Farén, E., Pettersson, A., & Ståhle, A. (2011). Effects of new, individually adjusted, progressive balance group training for elderly people with fear of falling and tend to fall: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 25(11), 1021–1031. <https://doi.org/10.1177/0269215511411937>
- Haskell, W. L., Lee, I.-M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Macera, C. A., Heath, G. W., Thompson, P. D., & Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1423–1434.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180616b27>
- Heikkinen, E., & Harris, W. (1995). *Center for the study of aging*. Albany, New York.
- Hollenberg, M., Yang, J., Haight, T. J., & Tager, I. B. (2006). Longitudinal changes in aerobic capacity: Implications for concepts of aging. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(8), 851–858.
<https://doi.org/10.1093/gerona/61.8.851>
- Hortobágyi, T., Lesinski, M., Gäbler, M., VanSwearingen, J. M., Malatesta, D., & Granacher, U. (2015). Effects of Three Types of Exercise Interventions on Healthy Old Adults' Gait Speed: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(12), 1627–1643. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0371-2>

- Hsieh, K. L., Roach, K. L., Wajda, D. A., & Sosnoff, J. J. (2019). Smartphone technology can measure postural stability and discriminate fall risk in older adults. *Gait & Posture*, *67*, 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.005>
- Hughes, M., & Franks, I. M. (2004). *Notational Analysis of Sport: Systems for Better Coaching and Performance in Sport*. Psychology Press.
- Hurvitz, E. A., Richardson, J. K., Werner, R. A., Ruhl, A. M., & Dixon, M. R. (2000). Unipedal stance testing as an indicator of fall risk among older outpatients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *81*(5), 587–591. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(00\)90039-x](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(00)90039-x)
- Hwang, P. W.-N., & Braun, K. L. (2017). *The Effectiveness of Dance Interventions to Improve Older Adults' Health: A Systematic Literature Review*. *21*, 14.
- INEC. (2021). *Estimaciones y Proyecciones de población | Instituto Nacional de Estadística y Censos*. <https://www.inec.cr/poblacion/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion>
- Intolo, P., Milosavljevic, S., Baxter, D. G., Carman, A. B., Pal, P., & Munn, J. (2009). The effect of age on lumbar range of motion: A systematic review. *Manual Therapy*, *14*(6), 596–604. <https://doi.org/10.1016/j.math.2009.08.006>
- Isles, R. C., Choy, N. L. L., Steer, M., & Nitz, J. C. (2004). Normal Values of Balance Tests in Women Aged 20–80. *Journal of the American Geriatrics Society*, *52*(8), 1367–1372. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52370.x>
- Jara, M. (2008). La estimulación cognitiva en la persona adulta mayor. *Revista Cúpula*, *22*(2), 4–14.

- John, D., & Freedson, P. (2012). ACTIGRAPH AND ACTICAL PHYSICAL ACTIVITY MONITORS: A PEEK UNDER THE HOOD. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(1 Suppl 1), S86–S89. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182399f5e>
- Jones, B., & Kenward, M. G. (1989). *Design and Analysis of Cross-Over Trials*. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.4324/9780203009277>
- Joung, H. J., & Lee, Y. (2019). Effect of Creative Dance on Fitness, Functional Balance, and Mobility Control in the Elderly. *Gerontology*, 65(5), 537–546. <https://doi.org/10.1159/000499402>
- Kamel, H. K. (2003). Sarcopenia and Aging. *Nutrition Reviews*, 61(5), 157–167. <https://doi.org/10.1301/nr.2003.may.157-167>
- Karinkanta, S., Nupponen, R., Heinonen, A., Pasanen, M., Sievänen, H., Uusi-Rasi, K., Fogelholm, M., & Kannus, P. (2012). Effects of Exercise on Health-Related Quality of Life and Fear of Falling in Home-Dwelling Older Women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 20(2), 198–214. <https://doi.org/10.1123/japa.20.2.198>
- Keogh, J. W. L., Kilding, A., Pidgeon, P., Ashley, L., & Gillis, D. (2009). Physical benefits of dancing for healthy older adults: A review. *Journal of Aging and Physical Activity*, 17(4), 479–500. <https://doi.org/10.1123/japa.17.4.479>
- Kim, S., Lee, E.-J., & Kim, H.-O. (2021). Effects of a Physical Exercise Program on Physiological, Psychological, and Physical Function of Older Adults in Rural Areas. *International journal of environmental research and public health*, 18(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph18168487>
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular

- Events in Healthy Men and Women: A Meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024–2035.
<https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>
- Krampe, J. (2013). Exploring the Effects of Dance-Based Therapy on Balance and Mobility in Older Adults. *Western Journal of Nursing Research*, 35(1), 39–56.
<https://doi.org/10.1177/0193945911423266>
- Kunze, K. S., Bahle, G., Lukowicz, P., & Partridge, K. (2010). Can magnetic field sensors replace gyroscopes in wearable sensing applications? *International Symposium on Wearable Computers 2010, ISWC 2010*, 5665859.
<https://doi.org/10.1109/ISWC.2010.5665859>
- Lai, C.-H., Peng, C.-W., Chen, Y.-L., Huang, C.-P., Hsiao, Y.-L., & Chen, S.-C. (2013). Effects of interactive video-game based system exercise on the balance of the elderly. *Gait & Posture*, 37(4), 511–515.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.003>
- Lee, I.-M., & Buchner, D. M. (2008). The importance of walking to public health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(7 Suppl), S512-518.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c65d0>
- Leirós-Rodríguez, R., Arce, M. E., Souto-Gestal, A., & García-Soidán, J. L. (2015). Identificación de puntos de referencia anatómicos para la valoración del equilibrio mediante dispositivos cinemáticos. *Fisioterapia*, 37(5), 223–229.
<https://doi.org/10.1016/j.ft.2014.10.006>
- Leirós-Rodríguez, R., García-Soidán, J. L., & Romo-Pérez, V. (2019). Analyzing the Use of Accelerometers as a Method of Early Diagnosis of Alterations in Balance in Elderly People: A Systematic Review. *Sensors*, 19(18), 3883.
<https://doi.org/10.3390/s19183883>

- Li, R. T., Kling, S. R., Salata, M. J., Cupp, S. A., Sheehan, J., & Voos, J. E. (2016). Wearable Performance Devices in Sports Medicine. *Sports Health*, 8(1), 74–78. <https://doi.org/10.1177/1941738115616917>
- Lima, M. M. S., & Vieira, A. P. (2007). Ballroom Dance as Therapy for the Elderly in Brazil. *American Journal of Dance Therapy*, 29(2), 129–142. <https://doi.org/10.1007/s10465-007-9040-9>
- Liu, X., Shen, P.-L., & Tsai, Y.-S. (2021). Dance intervention effects on physical function in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(2), 253–263. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01440-y>
- Logghe, I. H., Verhagen, A. P., Rademaker, A. C., Bierma-Zeinstra, S. M., Rossum, E. van, Faber, M. J., & Koes, B. W. (2010). The effects of Tai Chi on fall prevention, fear of falling and balance in older people: A meta-analysis. En *Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE): Quality-assessed Reviews [Internet]*. Centre for Reviews and Dissemination (UK). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK79966/>
- Loría, T., & Rodríguez, M. (2019). Efecto del ejercicio aeróbico sobre el equilibrio en personas adultas mayores de 50 años: Un meta-análisis de ensayos controlados aleatorios. *Pensamiento Actual*, 19(32), Article 32. <https://doi.org/10.15517/pa.v19i32.37877>
- Mańko, G., Pieniżek, M., Tim, S., & Jekielek, M. (2019). The Effect of Frankel’s Stabilization Exercises and Stabilometric Platform in the Balance in Elderly Patients: A Randomized Clinical Trial. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 55(9). <https://doi.org/10.3390/medicina55090583>

- Mayolas, C., Villarroya, A., & Reverter Masia, J. (2011). *Lateralidad de miembro inferior y su relación con la distribución de las presiones plantares en el equilibrio estático*. 43.
- McLaren, S. J., Weston, M., Smith, A., Cramb, R., & Portas, M. D. (2016). Variability of physical performance and player match loads in professional rugby union. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(6), 493–497.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.05.010>
- Medeiros, H. B. de O., Araújo, D. S. M. S. de, & Araújo, C. G. S. de. (2013). Age-related mobility loss is joint-specific: An analysis from 6,000 Flexitest results. *Age*, 35(6), 2399–2407. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9525-z>
- Méndez, A., & Fernández, J. (2016). Prescripción de la actividad física en personas mayores: Recomendaciones actuales. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 0(377), Article 377.
- Micheo, W., Baerga, L., & Miranda, G. (2012). Basic Principles Regarding Strength, Flexibility, and Stability Exercises. *PM&R*, 4(11), 805–811.
<https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2012.09.583>
- Mitchell, W., Atherton, P., Williams, J., Larvin, M., Lund, J., & Narici, M. (2012). Sarcopenia, Dynapenia, and the Impact of Advancing Age on Human Skeletal Muscle Size and Strength; a Quantitative Review. *Frontiers in Physiology*, 3, 260.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00260>
- Moe-Nilssen, R. (1998). A new method for evaluating motor control in gait under real-life environmental conditions. Part 1: The instrument. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 13(4–5), 320–327. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(98\)00089-8](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(98)00089-8)

- Molina-Carmona, I., Gómez-Carmona, C., Bastida-Castillo, A., & Pino Ortega, J. (2018). Validez del dispositivo inercial WIMU PRO para el registro de la frecuencia cardiaca en un test de campo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 7. <https://doi.org/10.6018/321921>
- Muiños, M. (2014). *Ejercicio Físico y Envejecimiento: Habilidades Visoperceptivas en Deportistas Jóvenes y Mayores* [Universidad Nacional de Educación a Distancia]. <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:Psicologia-Mmuinos/Documento.pdf>
- Muntaner, A. (2016). *La prescripción de ejercicio físico a través de las aplicaciones móviles y su impacto sobre la salud en personas de edad avanzada* [Universitat de les Illes Balears]. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/369035/tesamm1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- National Institutes of Health. (2021). *¿Por qué los adultos mayores deben hacer ejercicio?* National Institute on Aging. <http://www.nia.nih.gov/espanol/adultos-mayores-deben-hacer-ejercicio>
- Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., Eusterwiemann, E., Drust, B., Lisboa, P. J., & Vanrenterghem, J. (2017). The Relationship Between Whole-Body External Loading and Body-Worn Accelerometry During Team-Sport Movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 18–26. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0712>
- Nguyen, M. H., & Kruse, A. (2012). A randomized controlled trial of Tai chi for balance, sleep quality and cognitive performance in elderly Vietnamese. *Clinical Interventions in Aging*, 7, 185–190. <https://doi.org/10.2147/CIA.S32600>

- Ochoa, P. Y. (2015). Confiabilidad del consumo máximo de oxígeno evaluado en pruebas de esfuerzo consecutivas mediante calorimetría indirecta. *Nutrición Hospitalaria*, 31(4), 1726–1732. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.4.8487>
- OMS. (2015). *OMS | Informe Mundial sobre el envejecimiento y la salud*. WHO. <http://www.who.int/ageing/publications/world-report-2015/es/>
- OMS. (2018). *Envejecimiento y salud*. <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/envejecimiento-y-salud>
- OMS. (2020). *Actividad física*. <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/physical-activity>
- Papachatzis, N., Malcolm, P., Nelson, C. A., & Takahashi, K. Z. (2020). Walking with added mass magnifies salient features of human foot energetics. *The Journal of Experimental Biology*, 223(Pt 12), jeb207472. <https://doi.org/10.1242/jeb.207472>
- Papalia, G. F., Papalia, R., Diaz Balzani, L. A., Torre, G., Zampogna, B., Vasta, S., Fossati, C., Alifano, A. M., & Denaro, V. (2020). The Effects of Physical Exercise on Balance and Prevention of Falls in Older People: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 9(8), 2595. <https://doi.org/10.3390/jcm9082595>
- Paulson, T. A. W., Mason, B., Rhodes, J., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2015). Individualized Internal and External Training Load Relationships in Elite Wheelchair Rugby Players. *Frontiers in Physiology*, 6, 388. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00388>
- Pedrero-Chamizo, R., Gómez-Cabello, A., Delgado, S., Rodríguez-Llarena, S., Rodríguez-Marroyo, J. A., Cabanillas, E., Meléndez, A., Vicente-Rodríguez, G., Aznar, S., Villa, G., Espino, L., Gusi, N., Casajus, J. A., Ara, I., González-Gross, M., & EXERNET Study Group. (2012). Physical fitness levels among independent non-

institutionalized Spanish elderly: The elderly EXERNET multi-center study.

Archives of Gerontology and Geriatrics, 55(2), 406–416.

<https://doi.org/10.1016/j.archger.2012.02.004>

Pérez, P., & Llana, S. (2016). *Biomecánica básica: Aplicada a la actividad física y el deporte (Color)*. Paidotribo.

Petretto, D. R., Pili, R., Gaviano, L., Matos López, C., & Zuddas, C. (2016).

Envejecimiento activo y de éxito o saludable: Una breve historia de modelos conceptuales. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 51(4), 229–241.

<https://doi.org/10.1016/j.regg.2015.10.003>

Pfitzenmeyer, P., Mourey, F., Mischis-Troussard, C., & Bonneval, P. (2001). Rehabilitation

of serious postural insufficiency after falling in very elderly subjects. *Archives of*

Gerontology and Geriatrics, 33(3), 211–218. [https://doi.org/10.1016/s0167-](https://doi.org/10.1016/s0167-4943(01)00181-9)

[4943\(01\)00181-9](https://doi.org/10.1016/s0167-4943(01)00181-9)

Pino-Ortega, J., & Rico-González, M. (2021). *The Use of Applied Technology in Team*

Sport (1a ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003157007>

Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The Timed “Up & Go”: A Test of Basic Functional

Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*,

39(2), 142–148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>

Polglaze, T., Dawson, B., Hiscock, D. J., & Peeling, P. (2015). A comparative analysis of

accelerometer and time-motion data in elite men’s hockey training and competition.

International Journal of Sports Physiology and Performance, 10(4), 446–451.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0233>

- Portal-Núñez, S., Lozano, D., de la Fuente, M., & Esbrit, P. (2012). Fisiopatología del envejecimiento óseo. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 47(3), 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2011.09.003>
- Portell, M., & Domenech, J. (1997). UNA PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS DE RESPUESTAS BINARIAS EN DISEÑOS «CROSS-OVER». *Psicothema*, 9, 407–415.
- Read, D. B., Jones, B., Phibbs, P. J., Roe, G. A. B., Darrall-Jones, J. D., Weakley, J. J. S., & Till, K. (2017). Physical Demands of Representative Match-Play in Adolescent Rugby Union. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(5), 1290–1296. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001600>
- Reche-Soto, P., Cardona, D., Díaz, A., Gómez-Carmona, C., & Pino-Ortega, J. (2020). ACELT Y PLAYER LOAD: DOS VARIABLES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA NEUROMUSCULAR. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 20(77), 167. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2020.77.011>
- Reddy, R. S., & Alahmari, K. A. (2016). Effect of Lower Extremity Stretching Exercises on Balance in Geriatric Population. *International Journal of Health Sciences*, 10(3), 389–395.
- Rendon, A. A., Lohman, E. B., Thorpe, D., Johnson, E. G., Medina, E., & Bradley, B. (2012). The effect of virtual reality gaming on dynamic balance in older adults. *Age and Ageing*, 41(4), 549–552. <https://doi.org/10.1093/ageing/afs053>
- Resnick, B., Luisi, D., & Vogel, A. (2008). Testing the Senior Exercise Self-efficacy Project (SESEP) for use with urban dwelling minority older adults. *Public Health*

- Nursing (Boston, Mass.)*, 25(3), 221–234. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1446.2008.00699.x>
- Resnick, B., Palmer, M. H., Jenkins, L. S., & Spellbring, A. M. (2000). Path analysis of efficacy expectations and exercise behaviour in older adults. *Journal of Advanced Nursing*, 31(6), 1309–1315. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2000.01463.x>
- Rikili, R., & Jones, C. (2001). *Senior Fitness Test Manual* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
<https://books.google.com.co/books?id=NXfXxOFFOVwC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Robledo, C. A., & Orejuela, J. J. (2020). Teorías de la sociología del envejecimiento y la vejez. *Revista Guillermo de Ockham*, 18(1), Article 1.
<https://doi.org/10.21500/22563202.4660>
- Rodrigues-Krause, J., Krause, M., & Reischak-Oliveira, A. (2019). *Dancing for Healthy Aging: Functional and Metabolic Perspectives*. 25(1), 21.
- Rogers, M. E., Rogers, N. L., Takeshima, N., & Islam, M. M. (2003). Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Preventive Medicine*, 36(3), 255–264. [https://doi.org/10.1016/s0091-7435\(02\)00028-2](https://doi.org/10.1016/s0091-7435(02)00028-2)
- Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Oliva-Lozano, J. M., Ibáñez, S. J., & Pino-Ortega, J. (2020). Quarter's external workload demands of basketball referees during a European youth congested-fixture tournament. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(3), 432–444.
<https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1759299>

- Rojas-Valverde, D., Pino Ortega, J., Gómez-Carmona, C., & Rico-González, M. (2020). A Systematic Review of Methods and Criteria Standard Proposal for the Use of Principal Component Analysis in Team's Sports Science. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*, 1–13.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17238712>
- Rojas-Valverde, D., Pino-Ortega, J., Timón, R., Gutiérrez-Vargas, R., Sánchez-Ureña, B., & Olcina, G. J. (2021). Agreement and reliability of magnetic, angular rate, and gravity (MARG) sensors to assess multiple body segment's external loads during off-road running. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 1754337121996986.
<https://doi.org/10.1177/1754337121996986>
- Rojas-Valverde, D., Sánchez-Ureña, B., Pino-Ortega, J., Gómez-Carmona, C., Gutiérrez-Vargas, R., Timón, R., & Olcina, G. (2019). External Workload Indicators of Muscle and Kidney Mechanical Injury in Endurance Trail Running. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(20), Article 20.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16203909>
- Rose, D. J. (2002). Promoting Functional Independence among “At Risk” and Physically Frail Older Adults through Community-Based Fall-Risk-Reduction Programs. *Journal of Aging and Physical Activity*, *10*(2), 207–225.
<https://doi.org/10.1123/japa.10.2.207>
- Rose, D. J. (2005). *Equilibrio y movilidad con personas mayores*. Paidotribo.
- Rose, D. J., & González del Campo Román, P. (2005). *Equilibrio y movilidad con personas mayores*. Editorial Paidotribo.

- Rosselli, M., & Jurado, M. B. (2012). Las funciones ejecutivas y el lóbulo frontal en el envejecimiento típico y atípico. *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas, 2012, ISBN 978-84-92931-13-2, págs. 417-444, 417-444.*
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5080214>
- Said, C. M., Goldie, P. A., Patla, A. E., Culham, E., Sparrow, W. A., & Morris, M. E. (2008). Balance during obstacle crossing following stroke. *Gait & Posture, 27*(1), 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.12.009>
- Salech, F., Jara, R., & Michea, L. (2012). Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. *Revista Médica Clínica Las Condes, 23*(1), 19–29.
[https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70269-9](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70269-9)
- Salthouse, T. (2009). *Major Issues in Cognitive Aging*. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195372151.001.0001>
- Sampedro, J. S., Meléndez, A., & Ruiz, P. (2010). *Análisis comparativo de la relación entre el número de caídas anual y baterías de pruebas de equilibrio y agilidad en personas mayores. 3.*
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Sanromà, J. C., & Balasch, J. R. i. (2008). Evolución del equilibrio estático y dinámico desde los 4 hasta los 74 años. *Apunts: Educación física y deportes, 92*, 15–25.
- Santamaría, K. G., Fonseca, A. S., Jiménez, J. M., & Mora, L. C. S. (2018). *Mejora del equilibrio, atención y concentración después de un programa de entrenamiento exergame en la persona adulta mayor. 33*, 102–105.
- Santamaría, K. G., Salicetti Fonseca, A., Moncada Jiménez, J., & Solano Mora, L. C. (2017). Mejora del equilibrio, atención y concentración después de un programa de

entrenamiento exergame en la persona adulta mayor (Balance, attention and concentration improvements following an exergame training program in elderly).

Retos, 33, 102–105. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i33.43574>

Santos, R. K. M. dos, Maciel, Á. C. C., Britto, H. M. J. de S., Lima, J. C. C., & Souza, T.

O. de. (2015). Prevalência e fatores associados ao risco de quedas em idosos adscritos a uma Unidade Básica de Saúde do município de Natal, RN, Brasil.

Ciência & Saúde Coletiva, 20, 3753–3762. [https://doi.org/10.1590/1413-](https://doi.org/10.1590/1413-812320152012.00662015)

812320152012.00662015

Santos-Parker, J. R., LaRocca, T. J., & Seals, D. R. (2014). Aerobic exercise and other

healthy lifestyle factors that influence vascular aging. *Advances in Physiology*

Education, 38(4), 296–307. <https://doi.org/10.1152/advan.00088.2014>

Seals, D. R., Walker, A. E., Pierce, G. L., & Lesniewski, L. A. (2009). Habitual exercise

and vascular ageing. *The Journal of Physiology*, 587(23), 5541–5549.

<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.178822>

Serrano-Guzmán, M., Aguilar-Ferrándiz, M. E., Valenza, C. M., Ocaña-Peinado, F. M.,

Valenza-Demet, G., & Villaverde-Gutiérrez, C. (2016). Effectiveness of a flamenco

and sevillanas program to enhance mobility, balance, physical activity, blood

pressure, body mass, and quality of life in postmenopausal women living in the

community in Spain: A randomized clinical trial. *Menopause*, 23(9), 965–973.

<https://doi.org/10.1097/GME.0000000000000652>

Serway, R., & Jewett, J. (2013). *Physics for Scientists and Engineers* (9a ed.). Brooks Cole:

San Francisco, CA, USA.

Shahzad, A., Ko, S., Lee, S., Lee, J.-A., & Kim, K. (2017). Quantitative Assessment of

Balance Impairment for Fall-Risk Estimation Using Wearable Triaxial

Accelerometer. *IEEE Sensors Journal*, 17(20), 6743–6751.

<https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2749446>

Shanahan, J., Coman, L., Ryan, F., Saunders, J., O’Sullivan, K., Ni Bhriain, O., & Clifford,

A. M. (2016). To dance or not to dance? A comparison of balance, physical fitness and quality of life in older Irish set dancers and age-matched controls. *Public Health*, 141, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2016.07.015>

Health, 141, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2016.07.015>

Sherrington, C., Whitney, J. C., Lord, S. R., Herbert, R. D., Cumming, R. G., & Close, J. C.

T. (2008). Effective exercise for the prevention of falls: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(12), 2234–2243.

<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.02014.x>

Silva, P., Nunes, F., Vasconcelos, A., Kerwin, M., Moutinho, R., & Teixeira, P. (2013).

Using the Smartphone Accelerometer to Monitor Fall Risk while Playing a Game:

The Design and Usability Evaluation of Dance! Don’t Fall. En D. D. Schmorro &

C. M. Fidopiastis (Eds.), *Foundations of Augmented Cognition* (Vol. 8027, pp. 754–

763). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39454-6_81

Simonsen, E. B. (2014). Contributions to the understanding of gait control. *Danish Medical*

Journal, 61(4), B4823.

Simpson, M. E., Serdula, M., Galuska, D. A., Gillespie, C., Donehoo, R., Macera, C., &

Mack, K. (2003). Walking trends among U.S. adults: The Behavioral Risk Factor

Surveillance System, 1987-2000. *American Journal of Preventive Medicine*, 25(2),

95–100. [https://doi.org/10.1016/s0749-3797\(03\)00112-0](https://doi.org/10.1016/s0749-3797(03)00112-0)

Soares, R., Santos, A., & Cattuzzo, M. T. (2013). Associação entre atividade física, aptidão

física e desempenho cognitivo em idosos. *Motricidade*, 9, 85–94.

[https://doi.org/10.6063/motricidade.9\(2\).2670](https://doi.org/10.6063/motricidade.9(2).2670)

- Sofianidis, G., Hatzitaki, V., Douka, S., & Grouios, G. (2009). Effect of a 10-Week Traditional Dance Program on Static and Dynamic Balance Control in Elderly Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, *17*(2), 167–180.
<https://doi.org/10.1123/japa.17.2.167>
- Solano, W., & Carazo, P. (2018). Intervenciones con ejercicio contra resistencia en la persona adulta mayor diagnosticada con sarcopenia. Una revisión sistemática. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, *16*(1), 30000.
<https://doi.org/10.15517/pensarmov.v16i1.30000>
- Spiriduso, W. W. (2013). *Dimensões físicas do envelhecimento*. 4, 20.
- Spiriduso, W. W., Francis, K. L., & MacRae, P. G. (2005). *Physical dimensions of aging* (2a ed.). Human Kinetics.
- Springer, B. A., Marin, R., Cyhan, T., Roberts, H., & Gill, N. W. (2007). Normative Values for the Unipedal Stance Test with Eyes Open and Closed. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, *30*(1), 8–15.
- Štambuk, A., & Tomičić, V. (2020). Experiences of Older People with Dancing as a Form of Physical Activity / Iskustva starijih osoba s plesom kao oblikom fizičke aktivnosti. *Croatian Journal of Education - Hrvatski Časopis Za Odgoj i Obrazovanje*, *22*(4), Article 4. <https://doi.org/10.15516/cje.v22i4.3805>
- Steffen, T. M., Hacker, T. A., & Mollinger, L. (2002). Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Physical Therapy*, *82*(2), 128–137. <https://doi.org/10.1093/ptj/82.2.128>
- Steinberg, N., Adams, R., Waddington, G., Karin, J., & Tirosh, O. (2017). Is There a Correlation Between Static and Dynamic Postural Balance Among Young Male and

Female Dancers? *Journal of Motor Behavior*, 49(2), 163–171.

<https://doi.org/10.1080/00222895.2016.1161595>

Sterling, M., Jull, G., & Wright, A. (2001). The effect of musculoskeletal pain on motor activity and control. *The Journal of Pain*, 2(3), 135–145.

<https://doi.org/10.1054/jpai.2001.19951>

Sturnieks, D. L., St George, R., & Lord, S. R. (2008). Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology*, 38(6), 467–478.

<https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.001>

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>

Tankó, L. B., Movsesyan, L., Mouritzen, U., Christiansen, C., & Svendsen, O. L. (2002). Appendicular lean tissue mass and the prevalence of sarcopenia among healthy women. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 51(1), 69–74.

Tiedemann, A., O'Rourke, S., Sesto, R., & Sherrington, C. (2013). A 12-Week Iyengar Yoga Program Improved Balance and Mobility in Older Community-Dwelling People: A Pilot Randomized Controlled Trial. *The Journals of Gerontology: Series A*, 68(9), 1068–1075. <https://doi.org/10.1093/gerona/glt087>

Tinetti, M. E., Baker, D. I., McAvay, G., Claus, E. B., Garrett, P., Gottschalk, M., Koch, M. L., Trainor, K., & Horwitz, R. I. (1994). A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *The New England Journal of Medicine*, 331(13), 821–827.

<https://doi.org/10.1056/NEJM199409293311301>

- Trewin, J., Meylan, C., Varley, M. C., & Cronin, J. (2018). The match-to-match variation of match-running in elite female soccer. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(2), 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.009>
- Troiano, R. P., Berrigan, D., Dodd, K. W., Mâsse, L. C., Tilert, T., & Mcdowell, M. (2008). Physical Activity in the United States Measured by Accelerometer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(1), 181–188. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815a51b3>
- Tudor-Locke, C., Hart, T. L., & Washington, T. L. (2009). Expected values for pedometer-determined physical activity in older populations. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 6(1), 59. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-6-59>
- Ustárroz, J., García-Molina, A., Rios-Lago, M., & Ardila, A. (2012). *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas*.
- Vale, R. G. S., Castro, J. B. P., da Silva Mattos, R., Rodrigues, V. F., de Oliveira, F. B., Rosa, G., Gama, D. R. N., & Nunes, R. A. M. (2018). Análisis de Equilibrio, Fuerza Muscular, Autonomía Funcional y Calidad de Vida en Mujeres Mayores Sometidas a un Programa de Fuerza y Caminata—Ciencias del Ejercicio. *PubliCE*. <https://g-se.com/analisis-de-equilibrio-fuerza-muscular-autonomia-funcional-y-calidad-de-vida-en-mujeres-mayores-sometidas-a-un-programa-de-fuerza-y-caminata-2446-sa-O5b61ce7d250f8>
- Villalobos, C., Rivera, J. M., Ramos, A., Cervantes, M., López, S., & Hernandez Torres, R. P. (2019). Métodos de evaluación del equilibrio estático y dinámico en niños de 8 a 12 años (Evaluation methods of static and dynamic balance in children aged 8 to 12 years old). *Retos*, 793–801. <https://doi.org/10.47197/retos.v37i37.67809>

- Voelcker, C., Godde, B., & Staudinger, U. M. (2010). Physical and motor fitness are both related to cognition in old age. *The European Journal of Neuroscience*, *31*(1), 167–176. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2009.07014.x>
- Vuillerme, N., Burdet, C., Isableu, B., & Demetz, S. (2006). The magnitude of the effect of calf muscles fatigue on postural control during bipedal quiet standing with vision depends on the eye-visual target distance. *Gait & Posture*, *24*(2), 169–172. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.07.011>
- Wang, J., Liu, Y., & Fan, W. (2006). *Design and Calibration for a Smart Inertial Measurement Unit for Autonomous Helicopters Using MEMS Sensors*. 2006, 956–961. <https://doi.org/10.1109/ICMA.2006.257754>
- Weightman, M. M., Radomski, M. V., Mashima, P. A., Institute (U.S.), B., & Roth, C. R. (2014). *Mild Traumatic Brain Injury Rehabilitation Toolkit*. Government Printing Office.
- Weir, A., Darby, J., Inklaar, H., Koes, B., Bakker, E., & Tol, J. L. (2010). Core Stability: Inter- and Intraobserver Reliability of 6 Clinical Tests. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *20*(1), 34–38. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181cae924>
- Wellman, A. D., Coad, S. C., Goulet, G. C., & McLellan, C. P. (2017). Quantification of Accelerometer Derived Impacts Associated With Competitive Games in National Collegiate Athletic Association Division I College Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(2), 330–338. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001506>
- Wik, E. H., Luteberget, L. S., & Spencer, M. (2017). Activity Profiles in International Women's Team Handball Using PlayerLoad. *International Journal of Sports*

Physiology and Performance, 12(7), 934–942. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0732>

Winter, D. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193–214. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9)

Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(01\)00156-4](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(01)00156-4)

Yang, X. J., Hill, K., Moore, K., Williams, S., Dowson, L., Borschmann, K., Simpson, J. A., & Dharmage, S. C. (2012). Effectiveness of a Targeted Exercise Intervention in Reversing Older People's Mild Balance Dysfunction: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 92(1), 24–37. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100289>

Yoo, E. J., Jun, T. W., & Hawkins, S. A. (2010). The effects of a walking exercise program on fall-related fitness, bone metabolism, and fall-related psychological factors in elderly women. *Research in Sports Medicine (Print)*, 18(4), 236–250. <https://doi.org/10.1080/15438627.2010.510098>

Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer, K. (2010). Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 45(4), 392–403. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.4.392>

ANEXOS

Anexo # 1 Consentimiento Informado Aprobado por el CECUCR en CEC-158-2022.



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO
Teléfono/Fax: (506) 2511-4201

Doctorado en Ciencias del Movimiento
Humano UCR-UNA

**FORMULARIO PARA EL CONSENTIMIENTO INFORMADO BASADO EN LA LEY
N° 9234 "LEY REGULADORA DE INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA" Y EL
"REGLAMENTO ÉTICO CIENTÍFICO DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
PARA LAS INVESTIGACIONES EN LAS QUE PARTICIPAN SERES HUMANOS"**

Uso potencial de multisensores portátiles para evaluar la carga externa y el efecto agudo del baile y la caminata como ejercicio aeróbico sobre el equilibrio de personas mayores de 60 años que asisten a un programa institucionalizado de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente

Código (o número) de proyecto: _____

Nombre de el/la investigador/a principal: M.Sc. Tyrone Loria Calderón

Nombre del/la participante: _____

Medios para contactar a la/al participante: números de teléfono _____

Correo electrónico _____

Contacto a través de otra persona _____

A. INFORMACIÓN SOBRE EL PROYECTO

- El presente estudio que se realizará involucra una investigación con la participación como investigador principal del M.Sc. Tyrone Loria Calderón estudiante del Doctorado en Ciencias del Movimiento Humano de la UCR-UNA con la supervisión y guía del profesor tutor el Ph.D. Mynor Rodríguez Hernández de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, y profesores colaboradores la Ph.D. Andrea Solera Herrera de la Universidad de Costa Rica y el Ph.D. José Pino Ortega de la Universidad de Murcia, España. El proyecto no cuenta con financiamiento del Doctorado ni de otra institución externa.

B. PROPÓSITO DEL PROYECTO:

- En la persona adulta mayor, el ejercicio representa un medio de suma importancia para su independencia funcional, ya que potencia habilidades físicas como la fuerza, flexibilidad y el equilibrio; estas habilidades físicas sufren deterioro con el aumento de la edad, que está relacionada a una pérdida progresiva del funcionamiento de sistemas como el muscular, vestibular y de la visión, que pueden contribuir a los déficits del equilibrio. Los trastornos

Página 1 de 6

Firma de sujeto participante: _____
Comite Etico Cientifico - Universidad de Costa Rica - Número de sesión en que fue aprobado el proyecto: _____ Comite Etico Cientifico - Universidad de Costa Rica

en el equilibrio representan un problema creciente de salud pública debido a la asociación con caídas, particularmente en regiones del mundo en las que una alta proporción de la población es adulta mayor. Las caídas pueden marcar el comienzo de una disminución de la función y la independencia y son la principal causa de hospitalización relacionada con lesiones en las personas mayores. Ante este panorama, es necesario conocer los efectos que posee el baile y la caminata como ejercicio aeróbico que potencia el equilibrio en la persona adulta mayor.

- *Profesional responsable de la investigación, colaboradores e instituciones a la que pertenecen:* la presente investigación será dirigida por M.Sc. Tyrone Loria Calderón, quien es estudiante del Doctorado en Ciencias del Movimiento Humano de la UCR-UNA.
- *Fuente de financiación del proyecto de investigación:* el presente estudio no posee ninguna fuente de financiación externa, tampoco por parte de la Universidad de Costa Rica.
- *Objetivo y propósito de la investigación:* Evaluar la carga externa y el efecto agudo del baile y la caminata como ejercicio aeróbico sobre el equilibrio de personas mayores de 60 años que asisten a un programa institucionalizado de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, mediante multisensores portátiles.
- *Número aproximado y características de las personas que van a participar:* la investigación requiere de la participación de personas mayores de 60 años, hombres y mujeres que asisten a un programa institucionalizado de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente (UCR, SO), específicamente de los Proyectos de Actividad Física del Programa Integral para la Persona Adulta Mayor (PIPAM) de la UCR, SO. Los cuales, tengan destrezas básicas de baile, ser personas funcionales físicamente, no tener ninguna limitación física que le impida realizar las sesiones de baile y caminata y no tener problemas relacionados al equilibrio (lesiones en el sistema sensorial (es decir, vestibular, somato sensorial, y visual), sistema muscular, sistema nervioso) o reportar alguna condición médica que le impida realizar ejercicio físico.

C. ¿QUÉ SE HARÁ?:

- *Qué es lo que tiene que hacer para participar en el estudio:* debe asistir a la charla informativa donde se expondrán los detalles de la investigación impartida por el M.Sc. Tyrone Loria Calderón, si su persona muestra interés firmará un consentimiento informado donde acepta participar por su propia voluntad de la investigación.
- *Compromiso al participar de la investigación:* Si desea comprometerse, se requiere que tenga la disponibilidad de tiempo de seis días continuos y así pueda completar el protocolo propuesto para tal investigación. Durante esos días no deberá realizar ejercicios físicos de moderada a alta intensidad a excepción de los propuestos en el protocolo, lo que será monitoreado con el dispositivo para medir niveles de actividad física en persona (un acelerómetro ActyGraph) colocado a la altura de la cadera derecha sujetado por una banda elástica alrededor cuerpo (el dispositivo se utiliza como andar cualquier otro accesorio y autónomamente va recogiendo los datos de su actividad física por medio de sensores incluidos). Deberá para la investigación utilizar un traje especial diseñado para la investigación, el cual consiste en una licra y un top que se pueden utilizar sobre la ropa que trae puesta o bien cambiarse y sólo utilizar la licra y el top (el participante decide cuál

opción acoger). Desplazarse por sus propios medios al lugar de las evaluaciones, en este caso al gimnasio de la UCR, SO. Y realizar de forma completa el protocolo propuesto.

- *Tratamiento que se va a utilizar en la investigación:* se realizarán tres condiciones o tratamientos, una clase de baile popular con una duración de 60 minutos donde se conjugarán ritmos de salsa, merengue, bachata y cumbia; una caminata de 60 minutos en una pista de atletismo (superficie plana al aire libre) y reposo sentado. Importante aclarar, las condiciones o tratamientos se asignarán de forma aleatoria, por tanto, el orden de los tratamientos puede variar.
- *Cuánto tiempo demorará el estudio y su participación en él:* la totalidad del estudio es de seis días, asistiendo a las instalaciones ya indicadas tres de los seis días con diferencia de 48 horas, las sesiones presenciales duraran 4 horas y 30 minutos.
- *Procedimientos que se van a seguir y el orden cronológico:* se le citará a una sesión informativa, donde se le explicará los pormenores del estudio y se programará el horario y el día a convenir para efectuar su participación, llenará el consentimiento informado y se le tomará el peso y la talla más algunos datos personales. En la fecha y hora acordada se presentará con ropa deportiva en el gimnasio de las instalaciones deportivas de la Sede de Occidente de la Universidad de Costa Rica, en donde, durante la sesión se explicará brevemente el funcionamiento de los dispositivos inerciales (WIMU PRO), el protocolo de colocación y ajuste del traje de licra, las señales de inicio y finalización del test de equilibrio, así como cualquier duda relacionada a las pruebas. Al tener todo claro, se procede a la primera evaluación de equilibrio primero sobre pie derecho y posterior pie izquierdo, a continuación, dará inicio a la clase de baile, caminata o reposo (previamente aleatorizado) y una vez finalizada la misma realiza nuevamente los test de equilibrio, posterior deberá de reposar sentado(a) por 60 minutos para efectuar de nuevo las pruebas (en este tiempo de reposo podrá hidratarse y tomar una merienda), vuelve a espera en reposo sentado(a) otros 60 minutos para la última prueba y así finaliza.
- *Instrumentos y técnicas se van a usar para tomar los datos o muestras:* Se utilizarán 6 dispositivos de medición inercial de la marca WIMU, para medir mediante sensores integrados en el dispositivo la variabilidad del movimiento durante los tratamientos y las pruebas de equilibrio (los WIMU serán fijados en bolsillos colocados en los tobillos, rodillas, cadera y espalda del traje de licra y asegurados con velcro). Se colocará un sensor de frecuencia cardiaca de banda en la zona del esternón, midiendo la intensidad del esfuerzo físico del participante en los tratamientos. Una romana marca TANITA para medir el peso. Un tallímetro portátil, para medir la altura. Y un dispositivo ActyGraph, es un acelerómetro que mediante sensores integrados informan de la actividad física y su intensidad realizada por los participantes a lo largo del estudio. Se tomará fotografías y videos de los instrumentos utilizados y del participante con el traje colocado con el fin de ilustrar en una eventual publicación. En ningún caso aparecerá la identidad del participante, tanto en el video como en las fotografías tomadas.
- *Estrategia para devolver los resultados de la investigación a las personas participantes:* una vez concluida su participación, se procesarán los datos y se presentará un informe detallado en una presentación a la cual se les convocará mediante los datos proporcionados en la hoja control, lugar a convenir (posible lugar Auditorio de la Sede de Occidente, UCR).

D. RIESGOS:

Página 3 de 6

Firma de sujeto participante: _____
 Comité Ético Científico - Universidad de Costa Rica - Número de sesión en que fue aprobado el proyecto: _____ Comité Ético Científico - Universidad de Costa Rica

- *La participación en este estudio puede significar cierta molestia o riesgo para usted por lo siguiente:* el bailar o caminar es una actividad de bajo impacto, sin embargo, la realización de los tres protocolos tanto de baile, caminata, como de equilibrio estático puede exponerlo a una situación no controlable de un accidente, tales como torceduras de tobillo, pérdida del equilibrio, agotamiento u otro. Para poder sobrellevar de forma adecuada la sesión de investigación es de mucha relevancia que le indique al investigador si posee alguna condición que le impida bailar o caminar sin ayuda o realizar un apoyo con un solo pie. Se entiende que todas las personas poseen diversas habilidades o limitaciones que afectan su desempeño, la intención de esta investigación es determinar la relación que posee el baile y la caminata con el equilibrio y la carga externa que estas actividades producen, por tanto; conocer si este factor puede generar algún beneficio o riesgo a la hora de realizar actividades diarias, por ello, no existen resultados buenos o malos, solo son resultados que nos permitirán ofrecerle recomendaciones que le permitan practicar esta disciplina por mucho tiempo y con buena salud.
- *Respuesta a eventuales molestias:* Si durante algún momento durante el protocolo percibe alguna molestia, debe indicarlo al investigador o a los colaboradores con el fin de atenderle con la mayor brevedad posible. Las instalaciones poseen botiquín de primeros auxilios y la Sede cuenta con dos profesionales de salud en el servicio médico quienes podrían intervenir en la atención primaria por cualquier situación adversa, además se puede coordinar con el servicio de ambulancia todos los días (llamando al 911), por lo que nuestra capacidad de respuesta es excelente ante cualquier eventualidad. Si sufriera algún daño como consecuencia de los procedimientos a que será sometido para la realización de este estudio, los investigadores participantes realizarán una referencia al profesional apropiado para que se le brinde el tratamiento necesario para su total recuperación.

E. BENEFICIOS:

- *Como resultado de su participación en este estudio:* usted podrá disfrutar de los beneficios asociados a la actividad física en general, además de obtener una valoración podológica (equilibrio, impactos, inercias, cargas en las articulaciones), lo cual le orientará en la mejora potencial de algún aspecto técnico en la prevención de alguna lesión, o pérdida del equilibrio; además, se le ofrecerá información de los beneficios del baile y la caminata y sus características. A la vez ayudará al investigador a comprender cómo incide el baile y la caminata en la forma en que se desplaza y mantiene un mejor equilibrio la persona adulta mayor, lo cual es un beneficio en el estudio del movimiento humano y esta población.

F. VOLUNTARIEDAD

- La participación en la presente investigación es absolutamente voluntaria y puede negarse a participar o retirarse del protocolo en cualquier momento. De la misma forma el retirarse en algún momento después de iniciado la investigación, no le hará perder los beneficios a los cuales tiene derecho, ni a ser castigado(a) de ninguna forma por su retiro o falta de participación.

G. CONFIDENCIALIDAD

- *Privacidad de sus datos:* para reducir los riesgos de que usted pierda privacidad de los datos que nos proporciona, toda la información obtenida a lo largo de este estudio será manejada confidencialmente por el investigador principal. El investigador principal guardará toda su información en una base de datos en la cual no aparecerá su nombre, sino un código que la identifique. Los datos serán digitados en una computadora de la que únicamente el señor Loria tiene clave. Esos datos se analizarán estadísticamente para preparar un informe de investigación. En ningún caso su nombre aparecerá en algún documento; de esta forma cualquier uso futuro de los resultados de la investigación se mantendrá el anonimato de su participación.
- *Sobre la confidencialidad de la información:* está limitada por lo dispuesto en la legislación costarricense. Por ejemplo, cuando la ley obliga a informar sobre ciertas enfermedades o sobre cualquier indicio de maltrato o abandono infantil o cualquier circunstancia que ponga en riesgo al participante o a terceros, deberá de ser señalada y atendida por las autoridades competentes y de acuerdo a los protocolos.

H. MUESTRAS BIOLÓGICAS

- La presente investigación no obtendrá ninguna muestra biológica.

I. INFORMACIÓN

- Antes de dar su autorización para este estudio, usted debe haber hablado con el investigador M.Sc. Tyrone Loria Calderón, y él debe haber contestado satisfactoriamente todas sus preguntas. Si quisiera más información, puede comunicarse con el señor Tyrone Loria al teléfono 8853-8334 en el horario de oficina o por medio del correo electrónico tyrone.loriacalderon@ucr.ac.cr. Además, puede consultar sobre los derechos de los sujetos participantes en proyectos de investigación al Consejo Nacional de Salud del Ministerio de Salud (CONIS), teléfonos 2257-7821 extensión 119, de lunes a viernes de 8 a.m. a 4 p.m. Cualquier consulta adicional puede comunicarse con la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica a los *teléfonos 2511-4201, 2511-1398*, de lunes a viernes de 8 am a 5 pm.
- Recibirá una copia de esta fórmula firmada para su uso personal.
- Su participación en este estudio es confidencial, los resultados podrían aparecer en una publicación científica o ser divulgados en una reunión científica, pero de una manera anónima.
- No perderá ningún derecho legal por firmar este documento.

J. CONSENTIMIENTO

He leído o se me ha leído toda la información descrita en esta fórmula antes de firmarla. Se me ha brindado la oportunidad de hacer preguntas y estas han sido contestadas en forma adecuada. Por lo tanto, declaro que entiendo de qué trata el proyecto, las condiciones de mi participación y accedo a participar como sujeto de investigación en este estudio

Página 5 de 6

Firma de sujeto participante: _____
 Comité Ético Científico - Universidad de Costa Rica - Número de sesión en que fue aprobado el proyecto: _____ Comité Ético Científico - Universidad de Costa Rica

Este documento debe de ser autorizado en todas las hojas mediante la firma, (o en su defecto con la huella digital), de la persona que será participante o de su representante legal.

Nombre, firma y cédula del sujeto participante

Lugar, fecha y hora

Nombre, firma y cédula del padre/madre/representante legal (menores de edad)

Lugar, fecha y hora

Nombre, firma y cédula del/la investigador/a que solicita el consentimiento

Lugar, fecha y hora

Nombre, firma y cédula del/la testigo

Lugar, fecha y hora

Versión 2 – Junio 2021

Formulario aprobado en sesión ordinaria N° 216 del Comité Ético Científico, realizada el 02 de junio del 2021.

KAROL GABRIELA RAMIREZ CHAN (FIRMA)
 PERSONA FISICA, CPF-01-0987-0022.
 Fecha declarada: 25/03/2022 04:40:10 PM
 Lugar: UCR Contacto: 2511-1398

Página 6 de 6

Firma de sujeto participante: _____
 Comité Ético Científico - Universidad de Costa Rica - Número de sesión en que fue aprobado el proyecto: _____ Comité Ético Científico - Universidad de Costa Rica

Anexo # 2. Descripción de la clase de baile completa.

#	de	Duración	SPRO	Ritmo	Cantante o Grupo	Nombre de la canción
1		4'00"	0-4	Kizomba (Estiramiento y calentamiento)	Soha	Mil pasos
2		4'26"	4-8"26	Roots (Estiramiento y calentamiento)	Eli Mac	DubStop
3		4'06"	8"26- 12"32	Cumbia	Margarita la Diosa de la Cumbia (Margarita María de Santa Teresita Vargas Gaviria)	Amor de mis amores
4		3'03"	12"32- 15"35	Vallenato	Carlos Vives	Ahí llego yo
5		3'14"	15"35- 18"49	Bachata	Kewin Cosmos	Dile
6		3'44"	18"49- 22"33	Cumbia	Los Ángeles Azules, Ximena Sariñana	Sentimientos
7		3'22"	22"33- 25"55	Salsa	Marvin Santiago	Fuego a la Jicotea
8		4'09"	25"55- 30"04	Merengue	La Makina	Mi reina

9	3'08"	30"04- 33"12	Cumbia	Super Grupo Colombia	Cumbia Campirana
10	4'03"	33"12- 37"15	Bachata	Johnny Sky	Sólo quiero
11	4'52"	37"15- 42"07	Merengue	Juan Luis Guerra	A pedir su mano
12	2'47"	42"07- 44"54	Bolero	Natalie Cole	Acércate más
13	2'53"	44"54- 47"47	Cumbia	No encontrado	Negra soledad (Noche llena de estrellas)
14	3'51"	47"47- 51"38	Cha Cha Cha	El Rubio Loco	Cha Charanga
15	4'19"	51"38- 55"57	Cumbia	Los Ángeles Azules, Natalia Lafourcade	Nunca es suficiente
16	4'00"	55"57- 59"57	Bolero (Relajación)	José Luis Rodríguez	No me quieras tanto

Anexo # 3. Seguimiento de Anovas para la prueba TUG.

Mediciones en los Grupos (A en B)

Posición	TI			RD			RI			L3			Espalda		
	F	p	η^2	F	p	η^2	F	p	η^2	F	p	η^2	F	p	η^2
0h	0,30	0,74	0,00	0,63	0,53	0,01	0,57	0,57	0,01	0,09	0,91	0,00	0,14	0,87	0,00
1h	2,77	0,07	0,03	4,72	0,01*	0,05	6,33	0,00*	0,07	3,71	0,03*	0,04	4,82	0,01*	0,05
2h	0,58	0,56	0,01	1,52	0,22	0,02	0,33	0,72	0,00	0,05	0,95	0,00	0,11	0,90	0,00
3h	3,48	0,03*	0,04	0,05	0,95	0,00	0,58	0,56	0,01	0,06	0,94	0,00	0,18	0,84	0,00

* Nivel de significancia p <0.05

Grupos en cada Medición (B en A)

Posición	TI			RD			RI			L3			Espalda		
	F	p	η^2	F	p	η^2	F	p	η^2	F	p	η^2	F	p	η^2
GRUPO															
Baile	1,41	0,24	0,02	1,09	0,35	0,02	1,38	0,25	0,02	7,08	0,00*	0,11	12,04	0,00*	0,17
Caminata	3,27	0,02*	0,05	7,33	0,00*	0,11	10,76	0,00*	0,16	18,12	0,00*	0,24	32,12	0,00*	0,36
Control	5,80	0,00*	0,09	2,94	0,03*	0,05	4,31	0,01*	0,07	2,52	0,06	0,04	4,92	0,00*	0,08

* Nivel de significancia p <0.05