






---

# VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

() Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport



“EFECTOS DE LAS TAREAS DOBLES EN EL RENDIMIENTO Y  
APRENDIZAJE MOTOR EN NIÑOS”

TESIS DOCTORAL

PROGRAMA DE DOCTORADO 3161

DPTO. EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA

PRESENTADA POR:

Dña. Pilar Bustillo Casero

DIRIGIDA POR:

Dr. D. Xavier García Massó

Dr. D. Luis-Millán González Moreno

Valencia, 2021

---



---

Este trabajo ha sido presentado en Febrero de 2021 en el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte de la *Universitat de València*.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned in the center of the page.

Fdo: Dña. Pilar Bustillo Casero

---



---

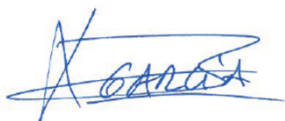
Dr. D. Xavier García Massó, Profesor Titular de Universidad de la Universidad de Valencia, adscrito al Departamento de Expresión Musical, Plástica y Corporal.

Dr. D. Luis-Millán González Moreno, Profesor Titular de Universidad de la Universidad de Valencia, adscrito al Departamento de Educación Física y Deportiva.

CERTIFICAN:

Que el presente trabajo, titulado “Efectos de las tareas dobles en el rendimiento y aprendizaje motor en niños”, ha sido realizado bajo su dirección, por Dña. Pilar Bustillo Casero para optar al grado de Doctor por la Universidad de Valencia. Habiéndose concluido, y reuniendo a su juicio las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizan su presentación a fin de que pueda ser defendido ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste expide y firma la presente certificación en Valencia a 3 Febrero de 2021.



Dr. Xavier García Massó



Dr. Luis-Millán González Moreno

---





---

Deseo expresar mi agradecimiento:

En primer lugar, a mi director Xavi por todo lo que me ha enseñado durante este tiempo. Por su paciencia, implicación y toda la dedicación que me ha ofrecido, y por sus grandes consejos para mi carrera investigadora. También a Luis, por su confianza depositada en mí.

A mis amigos, y en concreto a los *Masters of the univers* por su apoyo y por siempre sacar el lado bueno de las cosas.

A Alba, por ser la mejor compañera de carrera que podría haber tenido, mi gran amiga. Por enseñarme el otro lado de la moneda, y por hacerme comprender que en el medio está la virtud. No podría haber llegado hasta aquí sin su gran amistad y su motivación.

A Estefanía, por mostrarme el lado fácil. Por todos estos años de amistad. Por haberme enseñado tanto y haberme ayudado a crecer. Por su apoyo incondicional y su alegría. Por siempre estar.

A Mayte, por ayudarme durante el proceso y por los ratos tan divertidos que pasamos.

A Jacint, por creer tanto en mí.

Gracias a todos los participantes que han formado parte en estos estudios porque sin ellos nada de esto hubiese sido posible.

Por último, quiero dar las gracias a mi familia. A mi padre, por apoyarme en cualquier decisión y por creer tanto en mí. A mi madre, por no dejarme abandonar y por su apoyo constante. A mi hermana por hacerme sentir capaz de todo. Y en general a toda mi familia, que siempre me han apoyado y confiado en mí.

---



---

*A Pachy,*

---



---

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	25
I.1. La atención .....	25
I.1.1. Funciones cognitivas .....	25
I.1.2. Atención: conceptualización, factores determinantes y clasificación .....	27
I.1.3. La atención dividida.....	30
I.1.4. Investigación atención dividida.....	32
I.1.5. Atención, memoria y aprendizaje .....	33
I.1.6. Atención y deporte .....	35
I. 2. El control postural .....	37
I.2.1. Conceptualización .....	37
I.2.2. Sistemas involucrados en el control postural .....	39
I.2.3. Ajustes posturales.....	45
I.2.4. Teoría del péndulo invertido.....	47
I.2.5. Factores que influyen en el control postural.....	51
I.2.6. Desarrollo del control postural.....	53
I.3. Dobles tareas .....	55
I.3.1. Conceptualización y contextualización.....	55
I.3.2. Taxonomía de las dobles tareas .....	57
I.3.3. Teorías sobre las interferencias entre tareas .....	58
I.3.4. Investigación dobles tareas .....	61
I.4. Métodos de valoración .....	64

---

---

1.4.1. Métodos de valoración del control postural .....	64
1.4.2. Métodos valoración atención .....	70
1.5. Objetivos .....	74
1.5.1. Objetivo general .....	74
1.5.2. Objetivos específicos .....	74
2. ESTUDIO 1.....	79
2.1. Introducción .....	79
2.2. Material y Métodos .....	81
2.2.1. Participantes .....	81
2.2.2. Procedimiento experimental.....	82
2.2.3. Tareas individuales posturales .....	83
2.2.4. Tareas individuales cognitivas.....	83
2.2.5. Dobles Tareas .....	84
2.2.6. Recopilación de datos.....	84
2.2.7. Procesamiento de datos.....	85
2.2.8. Análisis estadístico .....	86
2.3. Resultados.....	87
2.3.1. Variables de control postural.....	87
2.3.2. Exactitud de la tarea cognitiva .....	92
3. ESTUDIO 2 .....	97
3.1. Introducción .....	97
3.2. Material y Métodos .....	100
3.2.1. Diseño .....	100

---

---

3.2.2. Participantes .....	100
3.2.3. Procedimiento experimental .....	101
3.2.4. Medición del control postural.....	102
3.2.5. Análisis de datos.....	103
3.2.6. Análisis estadístico .....	103
3.3. Resultados.....	104
4. ESTUDIO 3.....	109
4.1. Introducción.....	109
4.2. Material y Métodos .....	110
4.2.1. Diseño.....	110
4.2.2. Participantes.....	110
4.2.3. Procedimiento experimental.....	111
4.2.4. Medición memoria de trabajo .....	112
4.2.5. Análisis estadístico .....	112
4.3. Resultados .....	113
5. DISCUSIÓN .....	117
6. CONCLUSIONES GENERALES .....	129
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	133
8. ANEXOS.....	167
8.1. Anexo 1.....	167
8.2. Anexo 2.....	168

---





---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de las dobles tareas .....	58
Tabla 2. Características de los participantes (estudio 1). .....	82
Tabla 3. Efecto de los grupos de edad, de la tarea cognitiva y de la tarea postural en el coste de las dobles tareas sobre las variables del control postural. ....	88
Tabla 4. Diferencias entre grupos y tareas cognitivas en las variables de control postural. ....	90
Tabla 5. Características de los participantes (estudio 2). .....	101
Tabla 6. Características de los participantes (estudio 3). .....	111
Tabla 7. Efectos de la práctica en la memoria de trabajo. ....	113

---



---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las funciones cognitivas en las áreas del cerebro.....	27
Figura 2. Las cinco vías relacionadas con el control de los movimientos coordinados del cuerpo y extremidades.....	41
Figura 3. Anatomía del sistema vestibular.....	43
Figura 4. Representación gráfica de las variables de la ecuación 3.....	49
Figura 5. Representación gráfica de la estrategia de tobillo, la estrategia de cadera y la estrategia de paso.....	50
Figura 6. Rendimiento en las tareas dobles en función de su dificultad según el modelo de la U-invertida .....	61
Figura 7. Parte A y parte B del Trail Making Test.....	74
Figura 8. Ejemplos de señales de CoP durante las tres tareas individuales. (A) señales de CoP de adultos jóvenes y (B) señal de CoP de adolescentes. ....	86
Figura 9. Diferencias entre las condiciones de control postural en las variables de control y estabilidad postural. ....	89
Figura 10. Diferencias en función del efecto de las tareas posturales sobre el coste de la doble tarea.....	91
Figura 11. Diferencias entre condiciones cognitivas en el rendimiento de la tarea cognitiva.....	93
Figura 12. Esquema del procedimiento experimental.....	102
Figura 13. Comparaciones por parejas en el pre-test, post-test y la prueba de retención en las variables de control postural.....	105

---



---

## ABREVIATURAS

AP: antero-posterior

BoS: base de sustentación (*base of support*)

CoG: centro de gravedad (*center of gravity*)

CoM: centro de masas (*center of mass*)

CoP: centro de presiones (*center of pressure*)

DFA: detrended fluctuation analysis

DT: doble tarea

DTcost: coste o déficit de la doble tarea

EA: área de la elipse (*ellipse area*)

GC: grupo control

GDTD: grupo doble tarea difícil

GDTF: grupo doble tarea fácil

GTD: grupo tarea doble

GTS: grupo tarea simple

IC: intervalo de confianza

IMC: índice de masa corporal

ML: medio-lateral

MV<sub>AP</sub>: velocidad media en la dirección antero-posterior

MV<sub>ML</sub>: velocidad media en la dirección medio-lateral

RMS: media cuadrática (*root mean square*)

RVC: reflejos vestibulocervicales

RVE: reflejo vestibular

---

---

RVO: reflejos vestibulooculares

SNC: sistema nervioso central

WBB: Wii Balance Board

WMT: tarea de memoria de trabajo

3-D: secuencia de tres dígitos

4-D: secuencia de cuatro dígitos

5-D: secuencia de cinco dígitos

---

---

**I**

# Introducción general

---





---

## **I. INTRODUCCIÓN GENERAL**

### **I.I. La atención**

#### *I.I.I. Funciones cognitivas*

Las personas en nuestro día a día nos enfrentamos a numerosas situaciones en las cuales procesamos mucha información y, por lo tanto, llevamos a cabo un gran número de procesos cognitivos. La cognición, según Neisser (1976) citado por Bermejo (2015) es un “conjunto de procesos mediante los cuales la información sensorial entrante (input) es transformada, reducida, elaborada, almacenada, recuperada y utilizada” (1, p.14).

La cognición juega un papel significativo dentro del proceso de la construcción del conocimiento y en la adquisición del aprendizaje. Según Ceballos, Barbosa y Ramírez (2004):

Por su parte cuando hablamos de cognición nos referimos a cualquier actividad mental. El término cognición es utilizado por los psicólogos para designar el proceso de conocer. Refleja la manera como el individuo construye una base de conocimientos y los aplica, con sus propias estrategias en ambientes diferentes. Incluye todas las actividades de la mente como pensar, saber, recordar, percibir, reconocer y generalizar. (2,p. 143)

La cognición está constituida por diferentes procesos cognitivos, que a su vez se consideran como la base fundamental de estudio de la Psicología, ya que, es gracias a ellos que los seres humanos son capaces de reconocerse a sí mismos y el entorno en el cual se encuentran inmersos (3).

Sin embargo, existe una gran controversia a la hora de categorizar los diferentes procesos cognitivos. Para Fuenmayor y Villasmil (2008) estos procesos son: la percepción, la atención, el pensamiento, la memoria y el lenguaje (4). En cambio, otros autores establecen que existen unos procesos cognitivos básicos, que se pueden producir sin la intervención consciente del sujeto y tienen una

### *Introducción general*

---

raíz biológica, que son la percepción, la atención y la memoria (5). Por otro lado, según Gardner (2005) existen unos procesos cognitivos básicos, que son la atención, la memoria y el aprendizaje, que se asientan sobre un pilar fundamental que es la percepción (6).

Para Sternberg y Sternberg (2016) los procesos cognitivos incluyen funciones tales como el aprendizaje, el razonamiento, la atención, la memoria, la resolución de problemas, la toma de decisiones y el procesamiento del lenguaje (7).

En lo que sí que están de acuerdo los diferentes autores es respecto al control de los procesos cognitivos. Estos están controlados por las funciones cognitivas, ya que según afirman Drake y Torralva (2007) citado por Binotti et al (2009), las funciones cognitivas se definen como:

[...] un conjunto de habilidades cognitivas que controlan y regulan otras capacidades más básicas (como la atención, la memoria y las habilidades motoras), y que están al servicio del logro de conductas dirigidas hacia un objetivo o de resolución de problemas. Comprenden una serie de procesos cuya función principal es facilitar la adaptación del sujeto a situaciones nuevas y poco habituales, particularmente cuando las rutinas de acción no son suficientes para realizar la tarea. (8, p.120).

Las funciones cognitivas incluye habilidades vinculadas con la planificación, flexibilidad, monitorización, inhibición, autorregulación, fluencia verbal y habilidades visoespaciales (9). Estas actividades se encuentran reguladas por los lóbulos frontales, más específicamente, por las áreas prefrontales y sus conexiones recíprocas con otras zonas del córtex cerebral. Estas áreas son las más complejas y evolucionadas del ser humano, con un desarrollo más reciente (10).

Para Portellano (2005), las funciones cognitivas son un total de nueve: memoria, atención, percepción visual, orientación, lenguaje, razonamiento, control motor, esquema corporal y función ejecutiva (figura 1) (11).

---



Figura 1. Localización de las funciones cognitivas en las áreas del cerebro, a partir de Portellano (2005) extraído de Bermejo (2015) (1).

### 1.1.2. Atención: conceptualización, factores determinantes y clasificación

La atención es un concepto contemporáneo, ya que los primeros estudios que se realizaron sobre ella fueron en el siglo XIX, cuando la psicología pasó a ser una ciencia diferenciada e independiente de la filosofía (12). La atención forma parte de los procesos psicológicos básicos, conjuntamente con la memoria, la motivación y la emoción. Todos ellos son relevantes y de gran importancia para que se produzca correctamente el proceso atencional y, además ayudan y facilitan procesos cognitivos superiores.

En cuanto a su conceptualización ha habido diferentes nociones sobre la atención. Una de las más claras indica que la atención es el proceso que permite enfocar los órganos de los sentidos en focalizar y regular todos los estímulos que proporciona el medio (13).

### *Introducción general*

---

Además, la atención no es solamente una función del sistema cognitivo que empapa el resto de habilidades cognitivas sino que esta determina qué elementos de todos los que llegan hasta nuestros sentidos son percibidos, influye en qué contenidos se aprenden y memorizan y ejerce una función de control y supervisión de todo el sistema cognitivo (3).

Es decir, el proceso atencional selecciona los estímulos que son más relevantes para la realización de la tarea y así conseguir el objetivo. Por lo tanto, se puede asegurar que la dificultad o facilidad con las que se perciben y se realizan las tareas depende de gran medida del proceso atencional, que se encarga del análisis de la información. Asimismo, también ayuda a que durante periodos limitados de tiempo se pueda sostener la vigilancia, pero también a alternarla y pasar de una tarea a otra sin perder la continuidad en su ejecución (14).

La atención tiene un carácter evolutivo ya que, el desarrollo de esta comienza en edades tempranas, y con el paso del tiempo sufre una serie de modificaciones, afianzándose hasta la etapa de la adolescencia, donde se consolida (15).

Existen diferentes factores que determinan y/o afectan a la atención. Estos pueden ser internos y/o externos al sujeto e intervienen de forma conjunta, pudiendo ser interdependientes (12).

En cuanto a los factores externos, son aquellos estímulos que poseen propiedades que capturan en un mayor grado la atención, en comparación con otros de parecidas características. Entre ellos están: el tamaño, el color, la intensidad, el movimiento o la novedad.

Por otro lado, los factores internos son aquellos que están relacionados con las características del sujeto, es decir, son de origen endógeno. Estos son:

- Nivel de activación fisiológica (*arousal*): La activación hace referencia a un estado de alerta que el ser humano percibe de forma subjetiva, y que permite estar más reactivo ante los estímulos del entorno.

---

Fundamentalmente, va a estar determinada por la personalidad del sujeto y los factores estimulantes.

- Intereses y expectativas: Hacen referencia a aspectos motivacionales. Si los estímulos de la tarea están dentro del campo de interés del sujeto o se crean expectativas positivas en torno a la consecución de esa tarea, se prestará una mayor atención.
- Estados transitorios: Son todas aquellas situaciones que son efímeras y que influyen en la atención, como pueden ser la fatiga física o mental, el estrés, el consumo de drogas, inhibición del sueño... entre otras. Todas estas situaciones pueden alterar la activación del sujeto de una forma significativa, y por consiguiente alterar el proceso de atención, que se verá afectado.

Una vez nombrados los factores que afectan a la atención, es importante tener en cuenta que existen diferentes tipos de atención y, en consecuencia, también existen un gran número de clasificaciones sobre esta (16). Basándonos en la persistencia y voluntad con la que se atiende un estímulo, la atención se puede clasificar en:

a) Atención sostenida:

Este tipo de atención hace referencia a la capacidad de mantener la atención en un estímulo o en una tarea durante un periodo de tiempo relativamente amplio, buscando mejorar el rendimiento en esa actividad (12). El uso de este tipo de atención está íntimamente ligado al ámbito escolar, ya que la mayoría de actividades que realizan requieren de este tipo de atención (16).

b) Atención selectiva o focalizada:

Permite seleccionar la información más relevante para poder dar respuesta a las tareas, y descartar aquella información no relevante. Este tipo de atención ha sido estudiada por los modelos de filtro, que hablan sobre la imposibilidad del sistema cognitivo de procesar grandes cantidades de información (3).

c) Atención dividida:

Implica la capacidad del individuo de atender a dos o más estímulos al mismo tiempo. Este tipo de atención se da continuamente en la vida de las personas, por ejemplo cuando se conduce y se canta al mismo tiempo, leer y escribir... (12). Debido a la gran relevancia de este tipo de atención en las actividades físico-deportivas, en los siguientes apartados se realiza un análisis más detallado de ella.

*1.1.3. La atención dividida*

La función del sistema cognitivo que engloba el resto de habilidades cognitivas (tanto los procesos reflejos más básicos como los más elaborados como por ejemplo la voluntad y la consciencia) es la atención. Según Tudela (1992) citado por Belmar et al., (2013) la atención es un “mecanismo central de capacidad limitada cuya función primordial es controlar y orientar la actividad consciente del organismo de acuerdo con un objetivo determinado” (17, p2). Es así que la atención influye en diversos mecanismos que se ponen en acción según la necesidad o requerimientos de una situación particular, y puede ser así que la atención se mantenga durante más o menos tiempo, o que se enfoque en uno o en varios estímulos.

Como se ha hecho referencia anteriormente, la atención dividida comporta realizar varias operaciones al mismo tiempo en las que se da una respuesta adaptada teniendo en cuenta todos aquellos elementos y estímulos que han intervenido en la situación. Por lo tanto, se puede afirmar que la atención dividida se da en situaciones complejas, ricas en información, en las que se utilizan conjuntamente varias operaciones ya sean de tipo intelectual o perceptivo-motriz (18).

A lo largo de la historia, se han realizado investigaciones sobre los tipos de atención y cuáles son los mecanismos que intervienen, formulándose diferentes modelos explicativos (3). Como respuesta al paradigma de atención dividida o de doble tarea, en la que se realizan varias tareas de forma

---

---

simultánea, surgieron los modelos explicativos de recursos limitados. Estos modelos concluyen que:

- El sistema cognitivo de cada persona posee una cantidad de recursos que se pueden distribuir para así poder realizar varias actividades al mismo tiempo. Estos recursos son limitados y pueden variar en función de diversos factores.
- Cualquier actividad cognitiva implica un consumo de recursos que dependerá de la dificultad de la tarea.
- La tarea se realizará ineficazmente si esta demanda un mayor número de los recursos de los que hay disponibles. En el caso de doble tarea si no hay recursos para ambas se dará una interferencia de una tarea sobre la otra.

Estos modelos afirman que durante una tarea doble se requiere una mayor implicación de recursos atencionales en comparación con aquellos que se utilizan normalmente durante la realización de una tarea simple (19). Además, afirman que habitualmente al realizar una tarea que requiere atención dividida se observa un déficit o deterioro en el rendimiento de la tarea doble en comparación con la tarea simple, es decir, existe una interferencia o coste. Aunque, también se ha llegado a la conclusión que el rendimiento en las tareas va a depender de cómo sea la demanda de atención, es decir, si las tareas son altamente demandantes puede ser que no se dispongan de suficientes recursos. Esto se traduciría en un descenso del rendimiento en una o ambas tareas. Por el contrario, cuando las tareas son poco demandantes puede ocurrir que se tengan los recursos suficientes y por lo tanto no se observe un descenso del rendimiento en ninguna de las tareas.

Kanheman (1973) citado por González-Andrade (2016) explica la distribución de recursos y las interferencias entre tareas desde un modelo de circularidad, donde se atribuye la interferencia que existe entre dos tareas mediante la distribución de recursos y, a la vez, explica la distribución de estos últimos a

### *Introducción general*

---

partir de la interferencia entre tareas (3). En cambio, Yerkes y Dodson (1908) postulan una ley en la que se afirma que la relación entre el nivel de activación y los recursos atencionales viene determinada como una función en forma de U invertida (20), en la que a niveles altos y bajos de activación hay un nivel bajo de recursos atencionales, en cambio, si se da un grado de activación intermedio (que sería el óptimo), se conseguirían mayores niveles atencionales, y por lo tanto, un mayor rendimiento en la/s tarea/s (21). No obstante, otros autores afirmaron que la capacidad de procesamiento no solamente depende de la dificultad de la tarea sino de otras variables como el nivel de práctica y el nivel de fatiga (22).

Ha sido mucha la investigación realizada para entender mejor cómo actúa la atención dividida y qué estrategias utilizan los seres humanos para abordar dos tareas al mismo tiempo.

#### *1.1.4. Investigación atención dividida*

En la investigación de atención dividida se han llevado a cabo diferentes enfoques. Hay estudios que se han centrado en personas sanas y otros en pacientes con diferentes trastornos. También ha habido una gran diversidad en cuanto al tipo de tareas, realizándose investigaciones dónde se trabaja con dos tareas cognitivas y en otros con una tarea cognitiva y otra motriz o incluso dos tareas motrices.

Centrándonos en investigaciones que han utilizado principalmente dos tareas cognitivas en población sana, se ha obtenido que la completa maduración de la habilidad para distribuir los recursos atencionales no se alcanza hasta la edad adulta (23), y que va mejorando con la edad (24,25) . Además, se hallaron diferentes estrategias entre adultos jóvenes y adultos en edad avanzada cuando realizan dobles tareas. Los ancianos sacrifican la velocidad a favor de la precisión, en cambio, los jóvenes sacrifican precisión por velocidad, llegando a la conclusión que estas diferencias dependen de la complejidad y el nivel de dificultad de las tareas cognitivas (26).

---



---

En el caso de personas con demencia tipo Alzheimer se halló que existe un gran deterioro en la capacidad de dividir su atención (27,28). Otros grupos clínicos donde se ha estudiado la atención dividida son los pacientes con trastornos por déficit de atención e hiperactividad y esquizofrenia. Estos colectivos también muestran un deterioro en el rendimiento en dobles tareas (29). Aunque, en otro estudio, los pacientes con esquizofrenia mejoraban su rendimiento al realizar dobles tareas (30).

Otros estudios se han centrado en estudiar el paradigma de dobles tareas utilizando una tarea cognitiva al mismo tiempo que realizan una tarea postural. Estas investigaciones las podemos dividir en dos grupos según su objetivo: unas de ellas utilizan el paradigma de doble tarea para mejorar sus capacidades cognitivas (31–34), en cambio, otras investigaciones estudian cómo mejora el control postural utilizando el paradigma de dobles tareas (33–37).

#### *1.1.5. Atención, memoria y aprendizaje*

Durante nuestra vida cotidiana, las personas utilizamos constantemente dos procesos que están íntimamente ligados como son la atención y la memoria. La diferencia sustancial entre ambos es que, la atención nos da la capacidad para seleccionar de varias fuentes de estimulación aquella información que nos resulta más útil y práctica para llevar a cabo todas las acciones y tareas que desempeñamos. En cambio, la memoria nos permite almacenar la información adquirida para posteriormente poder recuperarla y utilizarla en otros momentos (38,39). Esta se ha clasificado, según su temporalidad, en memoria a corto plazo y a largo plazo.

Existen diferentes investigaciones que intentan demostrar y descubrir cuál es el grado de interacción entre la atención y la memoria, ya que ambas están reguladas por el sistema nervioso central. Algunos estudios han conseguido probar que ambas tienen una secuencia serial durante el proceso de adquisición de la información, ya que, en una investigación llevada a cabo con adultos y niños con trastorno de déficit de atención se demostró que estos

### *Introducción general*

---

presentan un detrimento en la adquisición de nueva información (la atención), y al mismo tiempo, también de su memorización (40). Otros estudios, afirman que existe una interacción entre ambos procesos, como es el caso de un estudio llevado a cabo en jóvenes sanos que al realizar una tarea de atención dividida, la recuperación posterior de información era significativamente menor que cuando realizaban tan solo una tarea simple de memorización (41). En otro estudio en pacientes con lesión cerebral, se obtuvieron beneficios importantes en la memoria de trabajo cuando se realizaba un entrenamiento de atención selectiva, sostenida y dividida, evidenciando así que es posible influir positivamente en la memoria de trabajo a partir del entrenamiento de la atención (42). Incluso se llega a afirmar que el sistema de atención participa de forma conjunta con el sistema de la memoria, y que la atención precede a los mecanismos de adquisición y se mantiene durante el reconocimiento de la información (39,43).

Paralelamente, se ha demostrado que la atención es el punto de inicio en el proceso de aprendizaje, ya que permite que el alumnado sea capaz de dirigir su energía hacia el estímulo adecuado y así se produzca un aprendizaje significativo (16).

Tal es la importancia de la atención, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que la falta de esta, y las deficiencias en su funcionamiento que presentan ciertas personas, está relacionada con la mayoría de casos que manifiestan problemas de aprendizaje (44). Algunas de las razones por las cuales las personas presentan dificultades para aprender son: la falta de un nivel de activación adecuado, la incompetencia que presentan para seleccionar la información relevante separándola de la irrelevante, la incapacidad para focalizar y concentrarse en la tarea y/o estímulo, la incapacidad de cambiar de forma flexible el foco atencional para atender a dos o más elementos importantes (simultánea o sucesivamente), la inhabilidad para mantener la atención durante el tiempo requerido, la falta de motivación hacia la tarea, o simplemente a la carencia de estrategias atencionales (15,45,46). Ferreras (2011)

---

---

analizó la influencia de la atención en la trayectoria escolar y obtuvo que las dificultades en el componente atencional generan grandes deficiencias en el procesamiento de la información, y por lo tanto, influye negativamente en la adquisición de nuevos aprendizajes y, en consecuencia, en el rendimiento académico (47).

#### *1.1.6. Atención y deporte*

Durante la realización de una práctica deportiva es muy necesario que se active y mantenga la atención, ya que esta es uno de los componentes fundamentales para percibir adecuadamente los estímulos y para el control de los movimientos (48). Además, en el deporte de alto rendimiento, se considera a la atención como un factor vital para conseguir un rendimiento deportivo óptimo (50).

Según Magill (2000) citado por Andrade et al., (2004) la atención es uno de los requisitos básicos para la coordinación y el control motor, ya que está asociada con las habilidades perceptivas, cognitivas y motoras (49). Es decir, si existe un déficit de atención, como hemos descrito en el punto anterior, habrá problemas en el aprendizaje, tanto del lenguaje, la escritura, el cálculo... así como en el aprendizaje de las habilidades motoras. Tal es así, que investigaciones llevadas a cabo en niños con déficit de atención, hiperactividad y esquizofrenia, es decir problemas en el sistema nervioso central, han demostrado que estos presentaban un deterioro significativo en el desempeño de tareas que implican el control motor fino y grueso (51,52). Siendo el control motor fino una de las habilidades que requieren más atención y concentración durante su ejecución, ya que implica una preparación del movimiento más compleja y esta se puede ver afectada por la atención y otros factores influyentes (50). Además, también se ha llegado a la conclusión de que la carga atencional juega un papel importante en la regulación de la postura (53).

Los pasos que se deben llevar a cabo para realizar cualquier movimiento coordinado son los siguientes: analizar la situación, buscar antiguas referencias sobre ello, mandar impulsos a los músculos para aplicar la fuerza necesaria y,

---

### *Introducción general*

---

por último, contraer y relajar los músculos. Si nos fijamos, el primer paso necesario para realizar un movimiento adecuadamente es analizar la información. Por este motivo se afirma que la atención tiene un papel fundamental en el aprendizaje de actividades físicas y habilidades motrices.

Además, la atención es una habilidad mejorable con la práctica. Cuanto más se practique y más situaciones diferentes se presenten, mayor va a ser la facilidad para detectar los estímulos importantes y descartar las distracciones, y por consiguiente será un punto clave para conseguir mayores avances en el aprendizaje. En términos deportivos y de actividad física, es muy importante que se trabaje la atención, ya que, generalmente durante las situaciones deportivas se ven integrados muchos estímulos diferentes y cambiantes, de modo que si el practicante es capaz de centrarse en aquello importante acrecentará su rendimiento motor y su aprendizaje, incrementando así sus posibilidades de tomar las decisiones correctas.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el mecanismo de la atención es un mecanismo limitado. Este se encarga de filtrar e interpretar la información,. Hay que tener en cuenta que generalmente las situaciones deportivas se producen de forma simultánea y cambiante. Es decir, implican un gran número de estímulos que se deben tener en cuenta y que se han de analizar rápidamente y no siempre es posible atender a todos estos estímulos al mismo tiempo. Por todo ello, es necesario que se oriente la actividad hacia un solo objetivo claro, es decir, que se produzca un filtro o cuello de botella que permita economizar los esfuerzos y no sobrecargar el sistema (53). Este proceso de orientar la atención pasa fundamentalmente cuando se realizan dos tareas al mismo tiempo que requieren atención dividida, concretamente cuando una de las tareas presenta una alta dificultad o ninguna de ellas se ha automatizado. Por ejemplo, en el caso de un jugador que conduce una pelota, si este es principiante y no domina correctamente el móvil, difícilmente prestará la atención a otra cosa que no sea el balón, en cambio, si es un jugador experto será capaz de conducir la pelota a la vez que atiende a otros estímulos. Esto se

---

---

produce porque el dominio del móvil al inicio requiere una gran atención que con la práctica deja de ser necesaria y, por lo tanto, hay una sobrecarga estimular en el control del móvil y se deshecha el resto de información. Es decir, hay una focalización de la atención. En cambio, cuando se llega a dominar el móvil la atención se distribuye entre otros elementos, en otras palabras, se divide la atención (48). Por lo cual se puede asegurar que la atención es crucial para aprender, mejorar y perfeccionar el control postural y las habilidades motrices.

En apartados posteriores se tratará con mayor detalle cómo se produce el aprendizaje de las tareas cuando estas se realizan de forma simultánea (i.e. dobles tareas).

## **1. 2. El control postural**

### *1.2.1. Conceptualización*

El control postural se entiende como la regulación de la posición del cuerpo en el espacio con el objetivo de alcanzar estabilidad y orientación (54,55). El objetivo principal de este es mantener el equilibrio ortoestático a partir de diferentes tácticas o estrategias, dependiendo del tipo de aferencias disponibles, de las condiciones externas y de la edad de los sujetos (56). Asimismo, el control postural también abarca el control del equilibrio durante el movimiento, es decir, durante la locomoción o cambios de postura, además de dar respuesta a perturbaciones que tengan un origen sensorial o mecánico (57).

Por lo tanto, se considera que el control postural tiene un papel fundamental dentro de las habilidades motrices de las personas, ya que, permite que puedan interactuar con el entorno y que además, puedan realizar movimientos coordinados (58) y desarrollar habilidades motoras (37). Tal es su importancia, que las personas que presentan alteraciones en el movimiento por la pérdida del control postural, se ven limitadas en la participación y realización de actividades de la vida cotidiana (59).

---

### *Introducción general*

---

A veces, el término “control postural” se confunde o se utiliza de manera indiferente con otros términos como postura, equilibrio o estabilidad postural. Todos ellos están relacionados, pero realmente no son lo mismo. Por lo tanto, a continuación, se expondrán los diferentes términos para un mejor entendimiento.

La postura se define como una posición relativa, es decir, es un concepto puramente descriptivo que define la posición de las diferentes partes del cuerpo con respecto a sí mismas, el ambiente o al campo gravitatorio (60) y puede caracterizarse según dos propiedades: la estabilidad y la orientación (61). Depende de factores individuales como la edad, el sexo y la constitución (62).

El equilibrio se define como la alineación biomecánica de las distintas partes del cuerpo y la correcta orientación de los segmentos corporales en el espacio, con la finalidad de imponerse a la gravedad (61). Para vencer a la fuerza de la gravedad se activan diferentes grupos musculares (e.g. el erector de la columna en la región dorsal del tronco, los músculos abdominales, glúteo medio, el tensor de la fascia lata, etc.)(63), de forma que se produce un constante re-equilibrio postural, constatando así que el equilibrio es oscilante (64).

Existen diferentes fuerzas que actúan sobre nuestro cuerpo: las externas y las internas. La fuerza gravitacional y las fuerzas de reacción del suelo que se transmiten a través de los pies cuando nos encontramos erguidos son consideradas fuerzas externas. En cambio, las fuerzas internas hacen referencia a las alteraciones fisiológicas (e.g. respiración) o a las posibles perturbaciones que producen los grupos musculares que se activan al mantener el equilibrio (65).

Se asegura que se consigue el equilibrio, estático o dinámico, cuando todas las fuerzas están completamente contrarrestadas, es decir, que la suma de las fuerzas ejercidas y sus momentos es igual a cero (ecuación 1 y 2) (66).

$$\text{Ec. 1} \quad \Sigma F = 0$$

---

$$\text{Ec. 2} \quad \Sigma M = 0$$

Sin embargo, no existe un equilibrio perfecto ya que no se llega nunca al mantenimiento de una postura completamente estática, sino que el cuerpo siempre se encuentra en continuo movimiento, consecuencia de la fuerza de la gravedad y la acumulación de masa corporal en el tren superior que causan un continuo desequilibrio (67). Por lo tanto, se considera que un individuo se encuentra en equilibrio cuando su centro de gravedad (CoG) y el centro de presiones (CoP) se encuentran dentro de la base de sustentación (BoS) sin sobrepasar los límites de estabilidad (63,68).

En definitiva, el equilibrio hace referencia al mantenimiento de la postura, a la prevención de caídas, y a la relación de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y las características inerciales de los segmentos corporales (69).

### *1.2.2. Sistemas involucrados en el control postural*

Como ya he descrito, para mantener el equilibrio, es necesario que el centro de gravedad (CoG) y el centro de presiones (CoP) se mantenga dentro de la base de sustentación (BoS). Para que esto se produzca es necesario que haya una regulación neural continuada, que integre y gestione tanto la información sensorial que indica la posición que mantienen los segmentos corporales con respecto a otras partes del cuerpo y del espacio y la habilidad de generar fuerzas. Estas fuerzas son generadas mediante contracciones musculares que pretenden contrarrestar los desequilibrios (54,62). Es decir, deben actuar e interaccionar los sistemas tanto sensoriales como motores que están regidos por el sistema nervioso central (SNC) (70). Por lo tanto, en el mecanismo del control postural intervienen diferentes factores, que se integran en las aferencias periféricas, que son las encargadas de la entrada de la información sensitiva a través de diferentes vías: el sistema somatosensorial, el sistema vestibular y el sistema visual. A continuación, explicaremos las diferentes bases neurofisiológicas involucradas en el control postural.

## *Introducción general*

---

### a) El sistema nervioso central

El SNC se encarga de la regulación del control postural y cabe destacar la función que llevan a cabo cinco estructuras de este (figura 2): tronco cerebral o encefálico, ganglios de la base o basales, cerebelo, hemisferios cerebrales a nivel del área motora suplementaria y el lóbulo parietal derecho (figura 2).

Por un lado, tenemos el tronco cerebral o encefálico (bulbo raquídeo, puente y mesencéfalo) y los ganglios de la base o basales (núcleo caudado, putamen, globo pálido, sustancia negra y núcleo subtalámico) que se encargan de regular los ajustes posturales, además de actuar en el proceso de retroalimentación de las acciones ejecutadas (60,62). El tronco encefálico contiene los núcleos vestibulares que forman conexiones con otras estructuras del SNC. Los ganglios de la base, tienen la función de controlar los patrones complejos de actividad motora aprendidos, y también la de participar en el control cognitivo de las secuencias de patrones motores y regular la intensidad y la duración de los movimientos (62).

El cerebelo se encarga de la regulación del movimiento a nivel de las sinergias musculares y es una de las estructuras que más aferencias recibe de los núcleos vestibulares.

Los hemisferios cerebrales a nivel del área motora suplementaria y el lóbulo parietal derecho se ocupan de la representación corporal y la elaboración de la respuesta motora (60,62).

### b) Aferencias periféricas

Para un buen control postural es necesario que se integre toda la información posible y las responsables de aportar toda esa información son las aferencias periféricas propioceptivas o somatosensoriales, vestibulares y visuales.



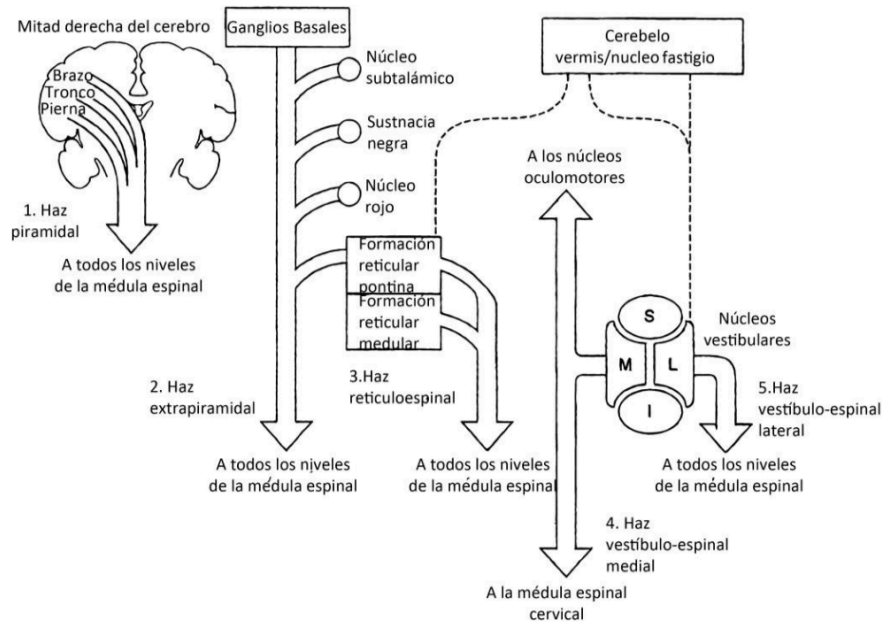


Figura 2. Las cinco vías relacionadas con el control de los movimientos coordinados del cuerpo y extremidades. Tomado de Shepard NT (71)

La información somatosensorial se recibe a través de aferencias musculares, articulares y cutáneas. Las aferencias musculares se encargan de informar sobre la activación y relajación de las fibras musculares, controlados por los husos musculares, los corpúsculos de Ruffini, el corpúsculo de Pacini y el órgano tendinoso de Golgi (72–74). Los husos musculares son los encargados de detectar cualquier cambio en la longitud del músculo y en la rapidez de este. Están constituidos por dos tipos de terminaciones; las terminaciones primarias que se conectan a las fibras aferentes de tipo Ia y son sensibles a los estiramientos rápidos y de baja amplitud. Y las terminaciones secundarias que se conectan con las fibras aferentes de tipo II y tienen una mayor sensibilidad a la posición (60). Por otro lado, el órgano tendinoso de Golgi está inervado por axones sensoriales de tipo Ib y tiene la función de informar al SNC de las posibles fuerzas internas y externas que puedan afectar el control postural. Este se activa cuando se produce una gran tensión muscular (tensión alta en el

### *Introducción general*

---

tendón) y para proteger la unión músculo-tendinosa, las fibras Ib envían una señal a la medula espinal, para que se inhiban las motoneuronas alfa del músculo, provocando la relajación del músculo agonista y estimular la musculatura antagonista. En cuanto al corpúsculo de Ruffini y de Pacini, se localizan en la cápsula articular y son sensibles a la presión y tensión capsular (60).

Por otro lado, los receptores cutáneos, hacen referencia a los mecanorreceptores que se encuentran en la piel de la planta de los pies. Estos proporcionan la información a través de las diversas fibras nerviosas aferentes, por la presión que ejercen los pies sobre una superficie y por vibraciones (73). Al mismo tiempo, tenemos los nociceptores que son sensibles al dolor (60).

El sistema vestibular está ubicado en el órgano auditivo, el cual está formado por el oído externo, el oído medial y el oído interno. Concretamente, el sistema vestibular se encuentra en el oído interno (figura 3) formado por dos tipos de receptores: los otolitos (utrículo y sáculo) que perciben la gravedad y el movimiento lineal de la cabeza, y por los canales semicirculares que son sensibles a los movimientos de rotación de la cabeza y a las aceleraciones angulares de esta (75). Cuando la información es transmitida a los núcleos vestibulares por los otolitos aparecen los reflejos vestibulocervicales (RVC) (76) que regulan el tono muscular y los movimientos de cabeza y extremidades. En cambio cuando la información es transmitida por los canales semicirculares se dan los reflejos vestibulooculares (RVO) (76) que tienen la función de estabilizar el entorno visual.

Toda la información generada por las aferencias vestibulares es transmitida a los núcleos vestibulares del tronco encefálico y el cerebelo. Posteriormente a su transmisión aparecen los RVC y RVO, con el objetivo de subsanar los movimientos inesperados que han sido realizados por la cabeza. Para ello, ajustan la posición del cuello y de los ojos, manteniendo la mirada fija sobre algún punto (76).

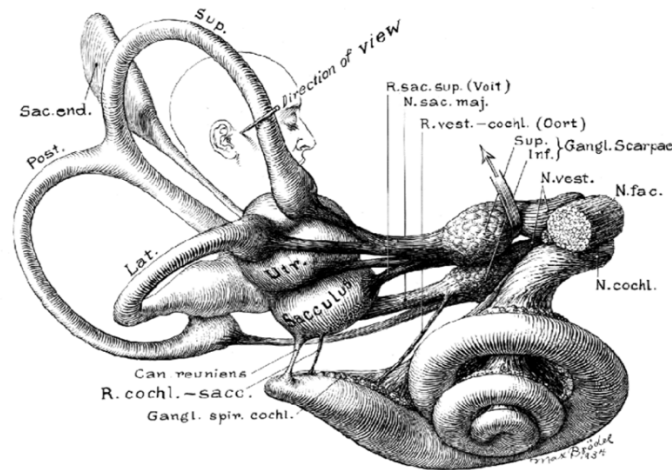


Figura 3. Anatomía del sistema vestibular. Tomado de Schubert y Shepard (77).

Además, el sistema visual también interviene durante el control postural. Las aferencias que intervienen son la visión central, que se caracteriza por ser de precisión y la visión periférica caracterizada por ser menos precisa (78). Es así que después de que el SNC reciba toda la información vestibular, visual y propioceptiva, este procesa toda la información poniendo en marcha los efectores musculares para dar una respuesta adecuada.

c) Efectores musculares

Los efectores musculares hacen referencia a la intervención del sistema músculo-esquelético en el mantenimiento del equilibrio. Este actúa, mediante la activación de la musculatura axial y periférica, para mantener el control postural y el equilibrio, oponiéndose a la fuerza de gravedad (60,62). Puede actuar de dos modos: de forma pasiva, cuando participa el componente viscoelástico (tono muscular), y de forma activa, cuando hay un reclutamiento muscular automático (tono muscular) (60,79). Para el mantenimiento del equilibrio participa musculatura de diferentes partes del cuerpo. A nivel cervical y dorsal encontramos toda la musculatura extensora del raquis, debido a su actividad antigravitatoria. A nivel lumbar y de cadera interviene el glúteo, el psoas iliaco e isquiotibiales. Mientras que, en las extremidades inferiores, los

### *Introducción general*

---

elementos capsuloligamentosos son los que permiten una posición equilibrada y el cuádriceps se activa bloqueando la rodilla cuando esta pierde su extensión. Por último, el tríceps sural es el principal encargado de mantener el equilibrio en la región del tobillo (60).

Además, también existen una serie de mecanismos del control postural estáticos y dinámicos, de los cuales se distinguen tres tipos de mecanismos motores (62,71,80).

El primero es el reflejo miotático que participa en la regulación de la estabilidad de las articulaciones que intervienen en el control postural. Este se origina cuando hay un estiramiento exógeno al músculo que activa los husos musculares lo que produce que se inhiba la contracción de los músculos antagonistas y se contraigan los agonistas (62,80).

En segundo lugar, tenemos la respuesta muscular automática (respuesta de estiramiento funcional). Esta pretende la recuperación del equilibrio después de que se produzca una perturbación externa que desestabiliza el CoG corporal. Estas respuestas son estereotipadas, pero tienen capacidad de adaptación, y suelen ser movimientos coordinados de segmentos corporales como la cadera o el tobillo (81). Para su puesta en marcha se tienen en cuenta las aferencias propioceptivas (82,83). La respuesta que se produzca va a depender fundamentalmente de la intensidad del estímulo propioceptivo desencadenante, de la información visual, vestibular y de la experiencia del individuo (62,84).

Es importante añadir que el sistema del control postural tiene la capacidad de adaptarse. Esto se debe a que el cuerpo tiene la habilidad de modificar la respuesta muscular automática emitida por las aferencias musculares (62,71,80).

Por último, encontramos el movimiento voluntario, que es un movimiento intencional aprendido (80) que está regulado por las áreas corticales sensoriales motoras (62). En la adquisición y ejecución de los movimientos voluntarios también intervienen los reflejos específicos, como son el reflejo vestibular

---

---

(RVE) (85) y el reflejo de corrección, relacionados ambos con el sistema vestibular (80,86). Según Berthoz, Lacour, Stoechting y Vidal (1979) citados en Lirola-Delgado (2010) la información más importante para el control postural es la somatosensorial (80). Aunque, cuando las tareas se complican, el sistema vestibular y visual toman mayor protagonismo. Siendo este último, el sistema visual, importante aunque no crítico, pudiendo ser suprimido sin mayor transcendencia en individuos sin alteraciones del equilibrio (80).

### *1.2.3. Ajustes posturales*

Ante numerosas situaciones perturbadoras, que pueden provocar un desequilibrio, y para conseguir así que el CoG se mantenga dentro de BoS, es necesario que se activen los grupos musculares y actúen sinérgicamente. Para ello es indispensable una correcta regulación neuronal y la integración de la información sensorial. Para tal fin, se producen una serie de estrategias y ajustes posturales, que son los procedimientos utilizados por el SNC para compensar el efecto perturbador que provoca el movimiento y así reducir al máximo el desplazamiento del CoG. En otras palabras, se generan una serie de contracciones musculares en diferentes músculos que ayudan a controlar las oscilaciones (64,87).

Entre las funciones de los ajustes posturales encontramos: estabilizar el cuerpo y la cabeza frente a las fuerzas externas, conseguir que el CoG y el CoP se mantengan dentro de la BoS y obtener una buena estabilidad mientras se genera el movimiento mediante la interacción entre los movimientos dinámicos y estabilizadores (62,88). Estos ajustes pueden ser de dos tipos:

- Ajustes posturales anticipatorios: para predecir y anticipar aquellos factores que desestabilizan, es decir, generan oscilaciones, y poder contrarrestarlos, se generan una serie de fuerzas y momentos voluntarios que ayudan a este fin. Por lo tanto, voluntariamente se producen una serie de ajustes posturales previos a estas oscilaciones, que dependen en gran medida de las a experiencias previas. Esta

## *Introducción general*

---

anticipación del desequilibrio ayuda a que este sea predecible y que el control postural no sea deficiente (70,87).

- Ajustes posturales compensatorios: gracias a los sistemas visual, vestibular y propioceptivo, se obtiene una información útil para que el sistema neuromuscular lleve a cabo una serie de ajustes posturales que contrarresten el efecto de fuerzas externas desestabilizadoras. (87).

Cabe destacar la posibilidad de aprendizaje. El aprendizaje motor es muy importante para que el ser humano vaya mejorando la capacidad de mantener el equilibrio. A través de este proceso de aprendizaje se van adquiriendo variedad de patrones, modelos y mecanismos para poder reajustar la postura mediante el sistema neuromuscular, para así alcanzar el equilibrio del cuerpo y una estabilidad corporal (80).

El ser humano presenta diferentes tipos de reacciones ante la pérdida del control postural y el equilibrio. Estas reacciones son automáticas y se van adquiriendo durante el desarrollo psicomotor. En la edad adulta ya están integradas, pero en el caso de los niños muchas veces pueden ayudar a determinar déficits en el mecanismo de control postural y establecer el nivel de desarrollo psicomotor (62).

Estas reacciones son: reacciones de equilibrio, que son reacciones pequeñas asociadas a los cambios de tono, que suceden continuamente al siempre querer reequilibrarse ante pequeños desplazamientos de peso, que se efectúan constantemente (ritmo cardíaco, respiración, circulación, deglución...) y que no se pueden realizar voluntariamente. Las reacciones de enderezamiento que se llevan a cabo cuando se produce un desequilibrio pero el centro de gravedad aún está dentro de los límites de la estabilidad. Estas reacciones se pueden realizar de forma voluntaria. Y, por último, las reacciones de apoyo que suceden cuando se quiere proporcionar una nueva base de sustentación cuando se desplaza el centro de gravedad a los límites de estabilidad para evitar la caída. Estas reacciones, según Paeth (2000) citado por Apolo-Arenas (2016) se

---

---

producen tanto en los miembros superiores, con el apoyo, y en los miembros inferiores, con paso anterior o lateral (62).

#### *1.2.4. Teoría del péndulo invertido*

Aunque se ha comentado con anterioridad, es importante recordar cómo se concibe el equilibrio corporal para poder entender la teoría o modelo biomecánico del péndulo invertido. Se dice que un cuerpo se encuentra en equilibrio desde un punto de vista biomecánico cuando la suma de todas las fuerzas y las fuerzas de torsión o momentos que actúan sobre él resultan igual a cero (89). Estas fuerzas se pueden clasificar en externas e internas. Entre las fuerzas externas se encuentran la fuerza gravitacional y la fuerza de reacción del suelo, que ambas se transmiten a través de los pies cuando nos encontramos en posición erguida. Por otro lado, las fuerzas internas son aquellas que produce nuestro propio cuerpo: las alteraciones fisiológicas (e.g., ritmo cardíaco y la respiración) o las perturbaciones creadas por la activación de los músculos para el mantenimiento de la postura y el propio movimiento (65,90). Todas estas fuerzas cambiantes producen que el cuerpo esté en continuo movimiento, por lo tanto, se puede afirmar que este nunca está en un estado perfecto de equilibrio, debido a las fuerzas que operan sobre él.

Para entender mejor el mecanismo compensatorio con el objetivo de encontrar el estado de equilibrio en la posición bípeda, se describió el modelo de péndulo invertido (91), que además ha servido para demostrar las diferencias que existen entre CoG y CoP (92,93).

El modelo del péndulo invertido consiste en relacionar el movimiento oscilatorio del cuerpo humano con el movimiento de un péndulo, aunque, en este caso el cuerpo se presenta como un péndulo invertido. En este tipo de péndulos la masa en vez de estar sujeta por el extremo superior, se representa sujeta por un elemento fijo en el extremo inferior que tiene un eje pivotante (i.e., tobillos) y esta masa se puede mover libremente en el plano sagital como consecuencia de la acción de la musculatura y de la fuerza de la gravedad (67).

### *Introducción general*

---

El efecto de la fuerza de la gravedad sobre el cuerpo se puede concentrar en un único punto (i.e., CoM), y las fuerzas ejercidas por la planta de los pies contra el suelo se concentran sobre la superficie en el CoP (94).

Hablando en términos matemáticos, esta descripción se calcula mediante la Ec.3, en la que  $I$  hace referencia al momento de inercia,  $\theta$  a la aceleración del ángulo del tobillo,  $m$  a la masa total,  $g$  a la fuerza de gravedad,  $h$  a la distancia entre el centro de masas y el tobillo,  $\theta$  el ángulo del tobillo,  $T$  al toque producido por la musculatura que produce acción en la articulación del tobillo (figura 4).

Según algunos estudios, una de las grandes estrategias utilizadas para contrarrestar las perturbaciones externas (explicadas anteriormente) cuando las personas se encuentran en bipedestación es una estrategia de tobillos (91,95–97) (figura 5). Además, a causa de que el CoG se localiza más cerca de las puntas de los pies (dejando atrás los tobillos), la masa del cuerpo (i.e., centro de masas) tiende a inclinarse hacia delante (dirección anterior). Consecuentemente, con el objetivo de compensar la desestabilización producida, la musculatura de la parte posterior de las extremidades inferiores se tensiona de una forma equivalente a la desestabilización, regulando y reequilibrando el cuerpo. Gagey y Weber (2004) recopilaron información de varios estudios en los cuales se observó, mediante electromiografía, que la secuencia de activación muscular en bipedestación estática se producía en dirección distal-proximal (97) . Es decir, la musculatura posterior de la pantorrilla es la primera que genera tensión/contracción para contrarrestar la perturbación externa, seguidamente, se activan los músculos que se localizan en los muslos y, finalmente, los de las caderas (97). Por lo tanto, se puede afirmar que la estrategia de los tobillos ante las fuerzas perturbadoras es efectiva y consigue que el CoG se mantenga dentro de los límites de la BoS, consiguiendo la estabilidad (98).

$$Ec.3 \quad I\ddot{\theta} = mgh \sin\theta + T$$



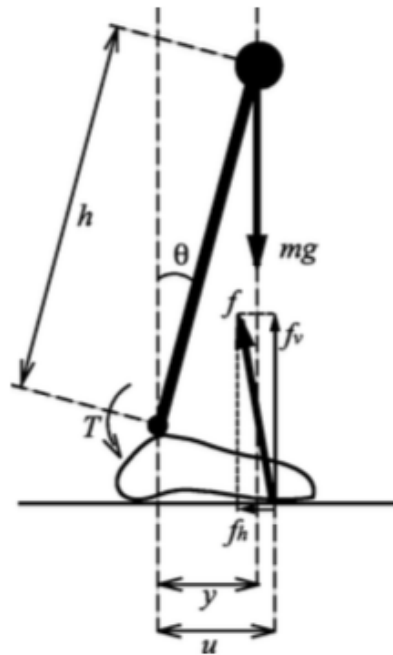


Figura 4. Representación gráfica de las variables de la ecuación 3.  $m$ : masa corporal total;  $g$ : fuerza de gravedad ejercida sobre el cuerpo;  $h$ : distancia entre el CoM y la altura del tobillo,  $\theta$ : ángulo del tobillo,  $f$ : fuerza de reacción del suelo;  $T$ : torque del tobillo,  $u$  es la posición del CoP, y  $y$ : la posición sobre la superficie del CoM.

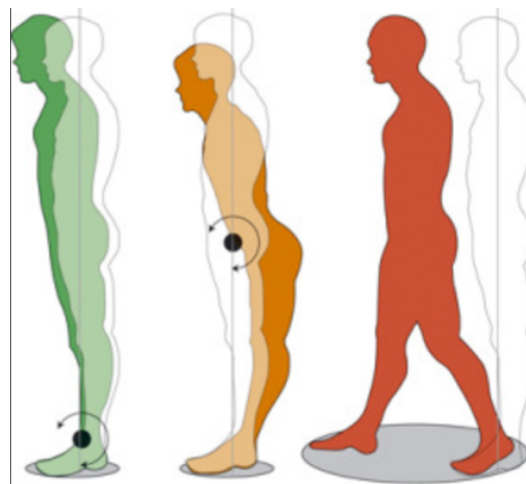
La teoría del péndulo invertido presenta un problema y es que no se tiene en cuenta la posible influencia que ejercen otras articulaciones. En esta teoría se sobreentiende que el tobillo es la única articulación que se moviliza en bipedestación estática y que el resto de articulaciones están siempre en máxima extensión y no intervienen en el proceso de volver a estabilizar el cuerpo. Es así que diferentes autores han propuesto un nuevo modelo: doble péndulo invertido. En este nuevo modelo se defiende que durante la bipedestación estática el cuerpo humano actúa como un péndulo invertido con dos articulaciones, hecho que aumenta los grados de libertad y la complejidad del sistema (100). Aunque esta teoría ha sido un avance significativo frente al péndulo invertido clásico sigue siendo una simplificación del comportamiento

### *Introducción general*

humano, ya que se ignora el efecto de diferentes articulaciones que también intervienen en el proceso (e.g., rodilla, columna vertebral, hombro, codo) (67).

En este sentido otros estudios han demostrado que existen otras estrategias diferentes que implican otras articulaciones. Una de ellas afirma que la articulación de la cadera también interviene en el control postural, activándose la estrategia de cadera (100) (figura 5). Esta se produce cuando el sujeto es sometido a perturbaciones rápidas y grandes o la superficie de apoyo es pequeña. Principalmente suele activarse después de que se produzca un balanceo hacia atrás, evitando así la caída (60), interviniendo la musculatura abdominal y el cuádriceps (56). Incluso, se puede afirmar que el movimiento de la cadera se coordina con el movimiento del tobillo para conseguir así un mayor control postural (101,102).

Por otro lado, también existe la estrategia de paso (figura 5), que recibe su nombre debido a que se desplaza un pie hacia delante o se produce una flexión de las extremidades inferiores. Esta estrategia se activa cuando las perturbaciones son muy grandes y rápidas (101), o lo suficientemente fuertes para desplazar el CoG fuera de la BoS.



*Figura 5. Representación gráfica de la estrategia de tobillo, la estrategia de cadera y la estrategia de paso.*

---

*1.2.5. Factores que influyen en el control postural*

Hay muchos factores que repercuten y alteran las repuestas del control postural. Lógicamente nos referimos a cualquier elemento que altere las funciones de las estructuras y de los sistemas que intervienen en el control postural.

Entre los factores que influyen en el equilibrio, Palmieri et al. (2002) indica que son la información sensorial, la coordinación, la gama de movimientos de la articulación y por último la fuerza muscular (103). Otros autores también destacan el papel de la fuerza muscular ya que cuando se produce una disminución de la misma se producen limitaciones funcionales significativas en la condición física y la salud física (104). Apolo (2016) indica que el equilibrio depende fundamentalmente de la amplitud de la BoS, la ubicación del CoG, la estabilidad, la complejidad de la tarea, la posición y el movimiento de la cabeza, la cantidad de información que reciba el organismo y la edad (62).

A continuación, se presentan algunos factores que dificultan las respuestas de control postural y equilibrio:

- **Edad:** La edad es un factor que influye en la capacidad del sujeto para mantener el equilibrio (105). El control postural se adquiere y mejora a medida que va aumentando la edad, desde la niñez hasta la edad adulta. Aunque también existen otros factores que igualmente ayudan a conseguirlo, como la interacción que va teniendo el sujeto con el entorno, es decir, la experiencias motrices que va viviendo (106,107)
- **Envejecimiento:** Con el paso de los años aumenta el balanceo del cuerpo, esto se debe a que la función de los sistemas sensoriales disminuye. Se reduce la fuerza muscular en las extremidades inferiores además de la función del sistema vestibular y la disminución de la agudeza visual. Además, tanto la conducción nerviosa como el procesamiento central en el tronco encefálico muestran una disminución de su velocidad. (53).

- **Sexo:** Se han encontrado evidencias en cuando a la diferencia del control postural en chicas y chicos. Algunos autores indican que, entre edades de 8 a 12 años, los chicos realizan más balanceos en comparación con las chicas (108), y que entre los 9 y 10 años las chicas presentan un mejor control postural (109). Entre los 10 a los 12 años estas diferencias entre niños y niñas van desapareciendo poco a poco. Según las diferentes investigaciones estas diferencias se deben al desarrollo madurativo, ya que, el sistema nervioso, la vista, el sistema vestibular y el sistema propioceptivo se desarrollan antes en las chicas que en los chicos (108,110,111). Además, otro aspecto importante es el crecimiento, la maduración y el desarrollo óseo, que también se produce antes en las chicas que en los chicos (112,113), aspecto que también afecta al equilibrio.
- **Ejercicio:** Por un lado se afirma que el ejercicio prolongado reduce el control postural, a causa del reajuste que se debe realizar por la hiperestimulación que tiene lugar durante el ejercicio (114).

Por otro lado, se afirma que el déficit de actividad física también afecta negativamente al control postural. Una de las causas es la disminución de la fuerza y del tono muscular que se da cuando hay grandes periodos de inactividad y que por consiguiente afectan directamente en el control de la postura. Además, otra consecuencia de la falta de actividad es la obesidad, que puede afectar al control postural a causa del aumento del peso corporal (67).

- **Peso:** La obesidad repercute negativamente en las respuestas posturales según diferentes estudios. Algunos de ellos, sugieren que en sujetos de 10 a 21 años, el aumento de la obesidad en los niños puede estar acompañado de un equilibrio funcional reducido (115,116). Otros estudios han demostrado que los adolescentes de entre 12 y 17 años con obesidad en comparación con sujetos de las mismas edades con peso normal, obtienen valores más altos en variables como la velocidad
-

---

media en direcciones anteroposterior y medio-lateral y el área en forma de elipse (117,118).

- Realización simultánea de diversas tareas: La realización de dos tareas al mismo tiempo puede alterar el control postural. Principalmente, cuando se intentan mantener posturas de equilibrio de gran dificultad ya que se requiere una mayor capacidad de procesamiento de la información y se produce una elevada demanda de recursos. Esto puede reducir la capacidad de realizar actividades simultáneas que requieran una distribución de la atención (62).

#### *1.2.6. Desarrollo del control postural*

Tanto los niños como los adultos utilizan la información del sistema visual, vestibular y propioceptivo para mantener su estabilidad postural, pero, se ha demostrado que la manera en la que se integra esa información y las estrategias que se utilizan son diferentes entre ellos (119). Muchas veces se tiende a pensar que un niño es un adulto en miniatura, pero su mente es totalmente diferente y no se pueden extrapolar los datos de los adultos a los niños. Esto se debe a que cuando un ser humano nace es un ser inmaduro que se encuentra bajo grandes modificaciones tanto morfológicas como funcionales. Todas estas transformaciones que sufre durante su maduración, se facilitan a través de experiencias (120).

Todas nuestras acciones y nuestra actividad están promovidas, orientadas y conducidas por toda la información recogida por los órganos sensoriales. Toda esta asimilación de información produce un aprendizaje que refuerza la maduración tanto del cerebro como de los órganos sensitivos. Es decir, se produce una evolución, por una parte, de carácter ontogénica y por otra de carácter constructiva a partir de la experiencia vivida. Desde un punto de vista ontogénico se ha podido afirmar que a lo largo de la vida existe una alternancia en cuanto a la dominancia sensorial, que fundamentalmente depende del contexto ambiental y a los diferentes periodos críticos que se producen a lo

### *Introducción general*

---

largo de la vida (121). Todas las etapas que se acontecen, refuerzan la teoría de que la maduración sensorial también viene determinado por el entrenamiento, experiencia y adaptación a diferentes situaciones vividas (122).

En cuanto a la evolución a lo largo de los años, muchos estudios afirman que el equilibrio y el control postural aumenta con la edad, ya que las oscilaciones posturales disminuyen (122,123). Aunque, debemos saber que la evolución del control postural no se lleva a cabo de forma lineal, sino que va a depender de la fase de crecimiento en la que se encuentre el individuo. La transición más significativa en el desarrollo motor se produce durante la primera década hasta los 10 u 11 años de edad (107,124). Aunque, durante esta primera etapa de gran desarrollo se ha demostrado que existen, a su vez, un par de etapas en las que el cambio es más significativo. A los 6-8 años se produce un aumento del control postural alcanzándose según algunos autores un patrón parecido al de los adultos en los límites de estabilidad tanto en la dirección medio-lateral (ML) como en la antero-posterior (AP) que se relaciona con la maduración de la coordinación muscular. Más tarde, a la de edad de los 9 y 11 años, se vuelve a observar otra maduración significativa con la que parece ser necesario un menor número de ajustes posturales (125).

Otro de los aspectos más estudiados es cuál es la estrategia elegida y más apropiada para mantener la estabilidad (126). De los tres sistemas sensoriales que rigen el control postural, la propiocepción es el sistema que mayor información proporciona para poder así equilibrarse y contrarrestar cualquier desestabilización en la edad adulta (127-129). En cambio, la visión es el sistema preferido por los niños para mantener su estabilidad y que mayor información sensorial les proporciona (130-132).

Por lo que respecta al momento en el que se produce una completa maduración de los sistemas sensoriales no existe un claro consenso. Muchos autores coinciden que el equilibrio estático está en constante desarrollo y es, a partir de la edad de los 12 años, cuando se consiguen registros similares a los que se

---

---

producen en la edad adulta (131,133,134). Esto se debe a que existen grandes diferencias en cuanto a la edad de maduración de los diferentes sistemas que controlan el equilibrio. Ejemplo de ello, es que el sistema propioceptivo parece alcanzar una maduración sobre los 3 o 4 años de edad, en cambio, el sistema visual y vestibular logran dicha maduración a los 15 o 16 años (67).

También se han intentado establecer diferencias del desarrollo del control postural centrándose en el sexo. Muchos estudios han intentado demostrar que sí existen diferencias a causa de la maduración más temprana de las niñas, y que, por lo tanto, estas tendrán un desarrollo más temprano del control postural (106,108,112). Sin embargo, los resultados que se han obtenido de dichas investigaciones son muy diferentes. Existen estudios que sí han encontrado diferencias significativas a favor de una mayor estabilidad en niñas (108,134). Entre estos estudios encontramos el realizado en niñas prepuberales en pruebas de equilibrio estático y dinámico, en el que obtuvieron mejores resultados que los niños, sobre todo en el equilibrio dinámico (135). En otro estudio en el que analizaron el balanceo en diferentes tipos de pruebas (con pies separados, pies juntos y solamente apoyando la pierna dominante) se obtuvo que las chicas tienen puntuaciones menores, es decir, un mejor resultado (108). En cambio, otros estudios solamente han encontrado una tendencia (no resultados significativos) a una mayor estabilidad de las chicas (122,136,137) y otros no han encontrado ninguna diferencia entre sexos (137,138).

### **1.3. Dobles tareas**

#### *1.3.1. Conceptualización y contextualización*

Las dobles tareas son un tipo de tareas muy comunes, ya que se realizan asiduamente durante la vida diaria. Las personas constantemente estamos realizando varias tareas al mismo tiempo (conducir y escuchar las noticias por la radio, andar y hablar por teléfono...) que implican mecanismos y recursos cognitivos comunes. Por tal motivo, se utiliza el paradigma de doble tarea para estudiar la habilidad de llevar a cabo dos tareas simultáneamente. Muchas de

### *Introducción general*

---

las dobles tareas que se realizan durante la vida diaria implican la realización de una tarea de control postural relacionada con el equilibrio o la marcha y otra de tipo cognitivo/social. El estudio de este tipo de dobles tareas puede aportar información útil, para la prevención de caídas en personas mayores (139) o para mejorar el proceso de aprendizaje de los niños (140).

Existen diferentes tipos de dobles tareas, que principalmente van a depender de la naturaleza motriz o cognitiva de cada una de las tareas que la componen:

- Cognitiva-cognitiva: ambas tareas son cognitivas. Algunos estudios han afirmado que la música relajante y calmada aumenta el rendimiento en aritmética y memoria en niños de educación primaria (141). Aunque, estos resultados no se pueden generalizar ya que, existe mucha controversia acerca de la mejora del rendimiento al realizar dos tareas de forma concurrente.
- Motriz-motriz: ambas tareas son motrices. Un ejemplo de este tipo de doble tarea es cuando vamos andando y al mismo tiempo escribimos un mensaje de texto en nuestro teléfono.
- Motriz-cognitiva: una tarea es de naturaleza cognitiva y la otra motriz. Es la categoría de doble tarea más utilizada en la bibliografía especializada y en concreto, en el ámbito del deporte y la educación física. Además, este tipo de tareas son muy comunes en la vida diaria, como por ejemplo cuando andamos y al mismo tiempo leemos mensajes del teléfono.

El paradigma de dobles tareas se ha utilizado con dos propósitos diferentes (142). Uno de ellos es investigar las demandas de atención de una tarea motora y, el otro, es examinar los efectos de las tareas cognitivas o motoras concurrentes sobre el desempeño motor. Los investigadores han utilizado ambos tipos de metodologías de doble tarea para examinar la influencia de la atención en la marcha y el equilibrio entre diversos grupos de edad, poblaciones de sujetos y tipos de tareas simultáneas (143–145).

---



---

Además, también se han empleado diferentes tipos de tareas cognitivas y condiciones posturales. Algunas tareas cognitivas utilizadas son: tareas de memoria (146), tareas aritméticas (147) y tareas de tiempo de reacción (148). Por otro lado, en cuanto a cambios en la tarea postural se han realizado referidos a la dificultad de la tarea postural, manipulando así la postura erguida, alterando la base de apoyo (140), variando las entradas sensoriales (149) y la postura en sí (150).

### *1.3.2. Taxonomía de las dobles tareas*

El número de estudios que utilizan el paradigma de dobles tareas ha aumentado exponencialmente y con ello también la multitud de tipos y combinaciones de estas tareas. Esta variedad dificulta en gran medida poder comparar estudios y/o tareas entre sí. Por lo tanto, existe la necesidad de disponer de una taxonomía de las dobles tareas, con el fin de agrupar y categorizar las tareas para su posterior comparación.

Para ello, McIsaac, Lamberg y Muratori (2015) propusieron una taxonomía (tabla 1) que se basaba en el tipo de tarea (i.e., cognitiva o motriz), su dificultad y novedad para los participantes (151). Se debe tener en cuenta que en ella no se contemplan las tareas dobles de tipo cognitiva-cognitiva ya que su clasificación está centrada en el ámbito de la actividad física y el entrenamiento deportivo. A continuación, se presenta la propuesta en la tabla 1 de taxonomía de las dobles tareas.

Como podemos ver en la tabla 1, las tareas dobles o simples se clasifican en función de su novedad y dificultad. Considerándose estas variables dicotómicas: en las que la dificultad es alta y baja y la novedad es alta y baja.

*Introducción general*

**Tabla 1. Taxonomía de las dobles tareas**

Tipo de tarea	Novedad de la tarea	Dificultad de la tarea	
		Baja	Alta
Motriz única	Baja	Beber un vaso de agua	Caminar transportando un vaso de agua
	Alta	Propulsarse en una silla de ruedas	Desplazarse con muletas
Cognitiva única	Baja	Recitar el abecedario	Realizar restas mentalmente
	Alta	Recitar letras del abecedario alternándolas	Realizar divisiones mentalmente
Doble motriz-motriz	Baja	Beber un vaso de agua y escribir una nota con la otra mano	Caminar y escribir un mensaje de texto al mismo tiempo
	Alta	Golpear el suelo con el pie lo más rápido posible mientras se dibuja una estrella de 6 puntas	Montar en bicicleta y hacer malabarismos al mismo tiempo
Doble cognitiva-motriz	Baja	Estar en posición unipodal mientras se recita el abecedario	Caminar esquivando obstáculos y nombrar a familiares al mismo tiempo
	Alta	Estar en posición unipodal mientras se realiza una tarea de generación de palabras	Caminar esquivando obstáculos y restar cifras por menos de 7

**1.3.3. Teorías sobre las interferencias entre tareas**

Durante mucho tiempo, los teóricos han intentado explicar la influencia de la atención en el desempeño de dobles tareas. Primero, durante las décadas de

---

1950 a 1980, los investigadores postularon que el cerebro solamente es capaz de procesar cierta cantidad de información, afirmando que la capacidad de este es limitada (152). Por lo tanto, afirman que el rendimiento durante el desempeño de una tarea concurrente no se ve afectado negativamente cuando este se encuentra dentro de la capacidad disponible del cerebro. En cambio, cuando los requisitos de la tarea exceden la capacidad del cerebro, se produce una interferencia de doble tarea. Además, estos investigadores sugieren que existe un proceso de atención selectiva, como medio para asignar los recursos disponibles en condiciones de multitarea (35).

En cambio, desde la década de 1980, fueron surgiendo nuevas teorías, una de ellas se basa en la selección. Esta teoría afirma que si se realizan simultáneamente varias tareas que pueden ser conflictivas para su finalización, entonces esas condiciones o se modifican para que la tarea se pueda realizar, o por el contrario, se pospone o no se realiza la tarea (153). Por lo tanto, el desempeño de una tarea simultánea se verá afectado por la dificultad de estas (36). Es así, que existen investigaciones que confirman esta teoría, como un estudio en el que se demostró que el balanceo postural aumentaba con el aumento de las demandas de las tareas cognitivas concurrentes, y que la tarea cognitiva de más dificultad era la que mayor influencia presentaba sobre el control postural (152).

A causa de esta disparidad de suposiciones entre los diferentes autores, se han propuesto tres teorías o modelos para explicar así la interferencia que se produce entre la tarea postural y cognitiva, cuando se realizan simultáneamente, en comparación de cuando se realizan independientemente.

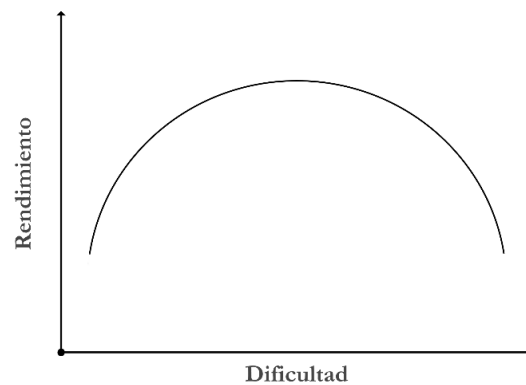
- **Modelo de competencia entre dominios:** este modelo postula que los recursos atencionales son limitados y por lo tanto, que el control postural compite con la tarea cognitiva por los recursos de atención (154). Debido a la competencia por los recursos atencionales que se produce, este modelo predice que el equilibrio debería ser menos

eficiente en condiciones de doble tarea, a causa de esta competición. Además, predice que el rendimiento baja en ambas tareas cuando estas se realizan simultáneamente, comparándolo con la realización de las tareas de forma independiente. Esto es debido a que la atención y resto de recursos se tiene que dividir entre dos tareas.

- Modelo de interacción no lineal en forma de U-invertida: este modelo considera que la dificultad funcional de la tarea (dependiente de la destreza de la persona que realiza la tarea) es el determinante del rendimiento que se va a conseguir. Por lo tanto, esto quiere decir que si la dificultad funcional de una tarea es muy baja el rendimiento puede ser bajo a causa de la falta de motivación o concentración en una acción tan sencilla (figura 6). Por otro lado, si es demasiado complicada el rendimiento puede ser bajo porque no se dispone de los recursos necesarios para poder llevarla a cabo. Y por último, si la dificultad es intermedia o moderada, es decir, se plantean retos alcanzables en función de los recursos personales, se consigue un nivel de *arousal* o activación óptimo para la realización de la tarea y un mayor rendimiento. En definitiva, este modelo sugiere que existe una relación en forma de U-invertida entre el control de la postura y la demanda cognitiva (154). Esta concepción significa que el equilibrio corporal puede mejorar o disminuir dependiendo de si la demanda de la tarea cognitiva es baja o alta.
- Modelo de priorización de tareas: según el cual los participantes eligen una de las tareas sobre la que focalizan sus esfuerzos, dejando de lado la segunda tarea. Por consiguiente, se consigue mantener el rendimiento de la tarea que consideran más importante mientras que se reduce el rendimiento en la que es considerada como secundaria o menos importante. Es importante entender que se ve una reducción en el rendimiento si lo comparamos con cuando se realiza esa misma tarea de forma aislada. Este modelo toma en cuenta las diferentes respuestas

---

adaptativas que están directamente relacionadas con la edad, y que conducen a comportamientos compensatorios o estrategias como la priorización de tareas (154). Su principal predicción es que los adultos mayores priorizan la estabilidad y el equilibrio postural a expensas del rendimiento cognitivo en las dobles tareas (154).



*Figura 6. Rendimiento en las tareas dobles en función de su dificultad según el modelo de la U-invertida*

Aunque actualmente no existe un consenso con respecto a la teoría / modelo que mejor explica todos los resultados de la literatura científica sobre tareas duales, todas estas teorías pueden proporcionar información útil, por ejemplo en el contexto de la prevención de caídas (139). Por lo tanto, el conocimiento de los factores que influyen en el desempeño de la tarea postural o cognitiva durante una doble tarea es valioso para concretar acciones aplicables en un contexto práctico / clínico.

#### *1.3.4. Investigación dobles tareas*

Relacionado con las diferentes teorías existentes Woollacott y Shumway-Cook (2002) afirman que los recursos de atención que requiere el control postural dependen de la naturaleza y complejidad de la tarea, así como de la edad y las capacidades de equilibrio del individuo (105).

### *Introducción general*

---

El efecto de la edad en la interacción sobre la atención y la postura ha sido de gran interés dentro de la literatura, llevándose a cabo muchas investigaciones. Esto se debe a que la edad tiene un efecto sobre los parámetros cognitivos (155,156) y en los posturales (157). Aunque, los efectos de las dobles tareas en el control postural y en el rendimiento cognitivo de niños y adolescentes han recibido mucha menos atención por la comunidad científica. De hecho, los estudios que investigan el control postural y el equilibrio de los niños en condiciones de doble tarea son muy recientes (158). Algunos autores afirman que los mecanismos cognitivos (122,159) y la estabilidad postural (160) mejoran durante la infancia. Aunque, existe controversia sobre los efectos de una tarea cognitiva concurrente en el desplazamiento del CoP.

Según una investigación realizada en niños de 9 años, al ejecutar una tarea doble, la estrategia de control postural de estos se veía afectada considerablemente (161). Otras investigaciones, compararon niños entre 8 y 10 años con adultos y obtuvieron que los niños mostraban un mayor desplazamiento de CoP al realizar un tarea cognitiva concurrente en comparación con los adultos (35). Por el contrario, en otra investigación no se encontró una disminución del balanceo postural al realizar una tarea de memoria en niños de 7 a 12 años (140). Aunque sí que encontraron un aumento significativo de los desplazamientos del CoP para los niños de entre 4 y 6 años. Según los autores esta mayor interferencia en niños más pequeños podría deberse a que los recursos de atención disponibles para realizar ambas tareas son mucho más limitados, por la mayor asignación de recursos atencionales que los que realmente son necesarios para controlar la tarea postural o por una combinación de ambos factores.

En otro estudio dónde se compararon tres grupos de edad diferentes, niños de 9 años, de 11 años y adultos jóvenes, se obtuvo que los niños muestran una marcada compensación cuando realizan dobles tareas, ya que mejoraron su estabilidad postural en condiciones de doble tarea, al mismo tiempo que reducen significativamente su desempeño en las tareas de memoria. En

---

---

contraste, los adultos jóvenes mostraron una gran disminución del rendimiento tanto de la tarea postural como de la tarea cognitiva cuando las realizaban al mismo tiempo (162).

Otras investigaciones obtuvieron que existen diferencias significativas entre adolescentes, jóvenes adultos y adultos. Los adolescentes de entre 14 y 15 años obtuvieron mayores desplazamientos de CoP que los adolescentes entre 16 y 17 años y en adultos, cuando realizan dobles tareas, independientemente del grado de complejidad de las tareas posturales (163). Una de las posibles explicaciones es que la adolescencia es un período dinámico de transición fisiológica y psicológica. El período entre los 14 y los 15 años se caracteriza por una degradación de la orientación postural y de la estabilización postural debido a una desatención transitoria de las señales propioceptivas (164).

En cuanto a adultos mayores se han llevado a cabo un gran número de manuscritos que investigan la interferencia de la doble tarea en el control postural (165,166). Además, también existen un gran número de investigaciones que tratan de aclarar cuáles son los beneficios que obtienen las personas mayores al participar en programas de estimulación que combinan el entrenamiento cognitivo y el físico (32,33).

En estas investigaciones se obtuvo que los adultos mayores consiguen un mayor rendimiento cognitivo cuando realizan un entrenamiento combinado, es decir, realizan un entrenamiento aeróbico y mental al mismo tiempo, que si lo realizan de forma separada (32,167–169). Según Kimura et al. (2007) esto se debe a que el envejecimiento sensoriomotor y el cognitivo están relacionados, y son funcionalmente interdependientes (170). Por lo tanto, la combinación de trabajo cognitivo y perceptivo-motriz podría tener transferencias positivas.

En cuanto a la dificultad de las tareas, pocos estudios han manipulado simultáneamente la complejidad de las tareas posturales y cognitivas en los niños. En el estudio de Olivier et al., (2010) la dificultad de la tarea postural no afectó al rendimiento cognitivo, pero su efecto en la estabilidad postural

## *Introducción general*

---

dependió de la edad (afectando más en niños pequeños) (158). Por otro lado, se observó una disminución general del control postural cuando se variaba la superficie de apoyo, y se utilizaba una espuma, independientemente del grupo de edad y la tarea cognitiva concurrente (163). Varios estudios indican que la tarea postural se vuelve más compleja en una superficie inestable (espuma) que en una firme y requiere más recursos de atención cuando disminuyen las señales sensoriales (171).

Por otro lado, el aumento de la complejidad de la tarea cognitiva reduce el rendimiento en la tarea independientemente de la edad y la dificultad de la tarea postural (158). En cambio, en el estudio llevado a cabo por Palluel et al. (2010) el aumento de la complejidad de la tarea también implicó un número menor de respuestas correctas, pero sí que se obtuvieron diferencias en cuanto a la edad, los adultos disminuyeron menos su rendimiento que los adolescentes (163). En cuanto a la complejidad de la tarea cognitiva, sí que producía una interferencia importante en el control postural dependiendo de la edad y de la dificultad de la tarea postural (158,163).

Aunque la investigación sobre el control postural y las tareas duales se ha incrementado en los últimos años, no existe suficiente literatura que aclare los efectos de la dificultad de la tarea cognitiva y postural sobre su desempeño en niños y adolescentes. Esta información podría usarse en las escuelas para mejorar el aprendizaje motor en las clases de educación física. También podría usarse este paradigma para proporcionar indicios sobre la eficacia de las dobles tareas a la hora de aumentar las funciones cognitivas en adolescentes.

### **1.4. Métodos de valoración**

#### *1.4.1. Métodos de valoración del control postural*

Son muchos los campos que se han interesado por investigar los mecanismos reguladores y la orientación de la posición corporal, siendo estos muy diversos y con fines muy diferentes: la medicina, la terapia física, la ingeniería, la física, la educación física y la psicología. Por ese motivo se han creado diferentes

---



---

técnicas de medición y evaluación, que han proporcionado diferentes resultados (137,172–175). Entre las técnicas más conocidas encontramos: los test clínicos, los análisis cinemáticos, los cuestionarios, los acelerómetros y las plataformas dinamométricas o de fuerzas.

Entre los test clínicos más utilizados encontramos la “escala de Berg” y la “escala de Tinetti”. Asimismo, entre las pruebas que más se utilizan en escuelas e institutos se encuentran: la prueba de equilibrio flamenco, la cual se utiliza en la batería de pruebas de Eurofit para medir el equilibrio, y el *timed up and go*, cuyo objetivo es evaluar tanto la movilidad como el equilibrio de las personas (174,176–178). Además, también se han utilizado otros métodos como la electromiografía, para detectar cambios en activación de la musculatura que se ve implicada en el mantenimiento del equilibrio (179,180), o la acelerometría que se basa en el análisis del movimiento empleando un sensor llamado acelerómetro, como principal herramienta de registro (181,182). Otro tipo de análisis muy utilizado es el análisis cinemático, que se basa en observar los cambios que se producen en los rangos del movimiento de la articulación o buscar diferencias en los patrones del movimiento mediante grabaciones en vídeo (179,183).

Por otra parte, la plataforma de fuerzas o dinamométrica se utiliza para medir el equilibrio, ya que permite medir aquellas fuerzas que se ejercen durante el apoyo del sujeto, tanto en equilibrio estático y dinámico. El equilibrio estático se mide y se estudia cuando la persona se encuentra en una posición (por ejemplo en bipedestación) erguida y relajadamente. De manera que, la plataforma de fuerzas ofrece información sobre cómo es el desplazamiento del CoP en el espacio. No obstante, el equilibrio dinámico refleja la respuesta que tiene un sujeto ante una perturbación mientras realiza una acción.

Cuando se realiza un análisis de las medidas obtenidas del CoP en estático registradas mediante una plataforma de fuerzas se está llevando a cabo una técnica conocida como posturografía. Se ha demostrado que mediante esta

---

### *Introducción general*

---

técnica los resultados obtenidos son de gran validez y fiabilidad, cuando se mide a personas sin ningún problema para mantenerse en posición bípeda (161). Por lo tanto, esta herramienta se considera totalmente válida para realizar estudios sobre el control postural por la comunidad científica (184,185).

#### *1.4.1.1. Posturografía*

La posturografía nos permite calcular de forma objetiva la colocación del CoP y sus oscilaciones, mientras el sujeto se encuentra en una posición estática. Una de las principales fortalezas de utilizar una plataforma de fuerzas es que permite medir el equilibrio de una forma rápida y fiable.

En cuanto a la generalización de los resultados que se obtienen y para su posterior comparación, es necesario que se controle el protocolo de medición, controlando así los posibles factores que afectan el control postural (186). Es así que con este objetivo, se han establecido protocolos de medición en personas sanas durante mediciones con ojos abiertos y cerrados.

La plataforma de fuerzas es un tablero que posee cuatro sensores (comúnmente se trata de cuatro) que miden las cargas (i.e., fuerzas) ejercidas sobre los mismos. Generalmente, estos sensores son de tipo piezoeléctrico o de célula y la distribución está pensada para que pueda registrar mejor los tres componentes de la fuerza (i.e., antero-posterior, medial-lateral y verticales) y a su vez los tres componentes del momento de fuerza que actúan sobre la misma plataforma. Los datos del CoP se obtienen a partir de las coordenadas en las direcciones antero-posterior (AP) y medio-lateral (ML) (187). La posición del CoP puede representarse de dos formas: por un lado, mediante un estatocinesiograma, que se trata de un mapa dibujado por el mismo CoP en la dirección AP frente a la dirección ML; por otro lado, con el estabilograma, que recoge la serie temporal del CoP en cada una de las direcciones.

El CoP expresa una localización, que es el punto en que se aplican las fuerzas de reacción del suelo ejercidas por la persona para reubicar y centrar el CoG (que indica el punto medio donde se encuentra todo el cuerpo en la

---

---

plataforma). Con otras palabras, en el CoP se aplica un vector fuerza como resultado de las respuestas neuromusculares que actúan sobre la plataforma: la fuerza del peso y las fuerzas internas transmitidas al suelo. Por lo tanto, de forma visual, si solo hay un pie en contacto con el suelo, el CoP se encontraría debajo de este, pero, en cambio, si se apoyan ambos pies, el CoP se situaría en algún lugar entre estos dos (91).

#### *1.4.1.2. Estandarización de la posturografía*

La valoración del control postural se puede realizar tanto dentro de un laboratorio como en espacios abiertos (en el caso de que se realicen evaluaciones de campo). Es necesario que se tengan en consideración las condiciones ambientales, para que estas sean adecuadas para la evaluación del sujeto, como la iluminación y los ruidos. Además, la atención es un factor que interfiere en la evaluación y se debe intentar controlar todo aspecto que pueda perturbarla.

La frecuencia con la que se adquiere la señal del CoP es variable. Normalmente, si se realiza la medición en un posición relajada en bipedestación estática con condiciones normales, los componentes de la frecuencia de señal están por debajo de 10 Hz (91). Por consiguiente, y basándonos en el teorema de Nyquist, la frecuencia de muestreo debe ser como mínimo el doble de la anchura de banda de frecuencias, es decir, una frecuencia de 20 Hz sería suficiente. Aunque, en la práctica, según algunos expertos aconsejan una frecuencia de muestreo algo superior a lo que se expone en el teorema. Por lo tanto, una frecuencia de 30 – 40 Hz es la que se suele configurar en pruebas de equilibrio y control postural.

Aunque hay que tener en cuenta que la amplia variabilidad de la señal del CoP puede llegar a ser un factor limitante, ya que se pueden dar procesos de aprendizaje de la prueba realizada, donde se da una reducción progresiva de la oscilación postural o, por el contrario, puede producir fatiga que provocan un empeoramiento del control postural. Es así que en la literatura se recomienda

### *Introducción general*

---

realizar de 2 (188) a 4 (189) ensayos para una adecuada adquisición de datos en dicha tarea.

Otro aspecto que se debe tener muy en cuenta es la duración de la prueba realizada, que se debe basar en los parámetros establecidos para cada una de ellas. En este caso existe mucha controversia sobre la duración idónea. En el caso de la evaluación en la postura de bipedestación en adultos se recomienda que la duración sea de 90 a 120 segundos (188,189). En cambio, Doyle et. al afirmaron que con 30 segundos se alcanzaba una fiabilidad aceptable en condiciones de ojos abiertos y ojos cerrados (190). Le Clair y Riach compararon diferentes duraciones (i.e. 10, 20, 30, 45 y 60 segundos) y concluyeron que las duraciones óptimas eran entre 20 y 30 segundos (191). Aunque, otros autores afirman que un período de adquisición de datos menor que 60 segundos puede llevar a conclusiones erróneas (192). Por el contrario, otros autores explican que una duración demasiado larga puede llevar a la fatiga (187,191).

Aún a pesar de todas estas controversias, los autores recomiendan los 60 segundos para obtener una alta fiabilidad en el caso de los adultos (193), aunque en el caso de niños preadolescentes y adolescentes este tiempo puede ser excesivo y perder por tanto, la concentración durante la realización de la prueba. Además, algunos estudios defienden las mediciones alrededor de los 30 segundos, ya que confirmaron índices de fiabilidad de buenos a excelentes cuando se realizaban 3 pruebas de 30 segundos en niños con un desarrollo normal (194).

Un procedimiento habitual durante la evaluación del control postural, es pedir al participante que mantenga la mirada en un punto fijo. Este punto fijo, generalmente se encuentra estático a la altura de sus ojos. Aunque, lo importante es establecer la distancia a la que se encuentra este punto del participante, ya que, puede afectar al control postural (192,195,196). Además, se tienen que tener en cuenta múltiples factores como la agudeza visual,

---

luminosidad, focalización y los posibles estímulos existentes dentro del campo visual, que pueden interferir en la estabilidad.

*1.4.1.3. Análisis de la posturografía*

Para la medición del control postural en bipedestación estática, la comunidad científica, aprueba la utilización del CoP como un método apropiado y efectivo (185). Aunque, también es cierto que aún no existen investigaciones con resultados y conclusiones claras sobre cómo debe ser el protocolo que se debe seguir para su medición (67).

Para la medición del control postural mediante posturografía existen múltiples métodos. Por un lado, existen los parámetros globales que son aquellos que estiman los patrones del balanceo (parámetros de dominio temporal y frecuencial). Por otro lado, los parámetros estructurales intentan descomponer los patrones de balanceo en diferentes elementos y posteriormente examinar las interacciones que existen entre ellos (197).

Centrándonos en el análisis de los parámetros de dominio temporal, se obtiene la longitud de la trayectoria del CoP, tanto en la dirección AP como en la ML. A continuación, con estos datos se calcula la elipse (EA), como el área que encierra entre el 90% y el 95% de los datos/puntos de la trayectoria del CoP. Lo que se intenta conocer es el área general por donde se ha desplazado el CoP y así eliminar las pequeñas perturbaciones que han podido alterar el CoP y que no son representativas del control global. Este parámetro indica el grado de estabilidad (i.e., menos área equivale a una mayor estabilidad), pero además, otros parámetros como la velocidad media del balanceo en las direcciones AP y ML, puede indicar el grado de desgaste neuromuscular durante la realización de la tarea (198).

Además para el análisis del CoP también se puede utilizar el proceso denominado análisis espectral. Este proceso se lleva a cabo procesando las señales obtenidas en la prueba mediante, por ejemplo, la transformada rápida de Fourier. Esta analiza la descomposición de cada señal como una suma de

---

funciones (seno y coseno) de las diferentes amplitudes, frecuencias y fases, obteniendo así información sobre las frecuencias que componen una señal.

#### *1.4.2. Métodos valoración atención*

Uno de los aspectos más relevantes en el ámbito de la evaluación neuropsicológica es la atención (199). Esto se debe a que los trastornos atencionales afectan a un gran número de pacientes con lesión cerebral (200) y, también afectan en el proceso de aprendizaje de un gran número de personas.

Dado que el concepto de atención es complejo y ha evolucionado a través de la historia de la psicología, muchas de las pruebas que evalúan la atención no miden lo mismo, por lo tanto, hay multitud de pruebas con diferentes objetivos (201). Además, la atención no es unitaria, es decir, está constituida por componentes diversos (atención selectiva, nivel de activación, funciones ejecutivas múltiples e independientes...), de manera que unas pruebas miden unos componentes, otras miden otros diferentes y algunas los miden todos o varios en mezclas heterogéneas. Por otro lado, muchas de estas pruebas tienen su origen en un concepto intuitivo o de sentido común de atención, algunas con o sin validez de constructo; otras están motivadas por la teoría cognitiva o, incluso, por la práctica clínica. Algunas de las pruebas o test están diseñadas para poder comparar la puntuación obtenida por el participante con las puntuaciones de una población de referencia, en percentiles o puntuaciones tipificadas. Pero otras, en cambio, han sido pensadas para medir las diferencias entre grupos mediante el análisis estadístico.

La evaluación de la atención es un proceso complejo, que va a depender de tres fuentes primarias de información. Según Cohen (2014) citado por Puerta Lopera et al. (2019) por un lado tenemos la observación conductual directa y su medición, por otro está el diseño de pruebas psicométricas que miden diferentes funciones cognitivas y que aportan información indirecta acerca de la atención y por último, están las pruebas neurocognitivas que son aquellas

---

que se han desarrollado específicamente para evaluar la atención y sus procesos subyacentes (202).

Entre los problemas más destacados en cuanto a las pruebas de evaluación de la atención encontramos la falta de estandarización de los instrumentos. Muchos de ellos no se encuentran validados para los diferentes contextos culturales, incluso la evaluación neuropsicológica está altamente influenciada por variables como el idioma, la cultura, la edad y la educación, así como por el ambiente en que se realizan las pruebas (203). Así mismo, se ha indicado que ninguna prueba neuropsicológica de atención es una medida perfecta, por consiguiente, se aconseja evaluar la atención con diferentes pruebas para una mayor fiabilidad (203).

Otro aspecto muy importante es que, aunque los procedimientos de evaluación neuropsicológica están ampliamente disponibles, existe una gran escasez de test validados en contextos de habla hispana, debido a que muchos de las pruebas e instrumentos han sido diseñados en países de habla inglesa con otras particularidades sociales y culturales (203).

*1.4.2.1. Test medición de la atención – tareas cognitivas.*

En cuanto a las tareas cognitivas utilizadas en diferentes investigaciones encontramos una gran variedad. Algunos investigadores en sus estudios han utilizado tareas cognitivas relacionadas con la memoria de trabajo (WMT) (146,204,205), o relacionadas con el tiempo de reacción (147,148,206). Al-Yahya et al., (2011) presenta una clasificación de las tareas cognitivas en función de las demandas y procesos mentales que se necesitan para ejecutar las tareas (207). Esta clasificación distingue cinco tipos:

- **Las tareas de tiempo de reacción** pretenden medir el tiempo que transcurre entre la presentación de un estímulo hasta que se produce la respuesta conductual (145,208). A partir estas tareas se pretende medir la velocidad de procesamiento (201).

- **Las tareas de discriminación y toma de decisiones** demandan que exista una atención selectiva ante un estímulo o característica determinada, y que en consecuencia se produzca una respuesta o reacción. Con este tipo de tarea se intenta medir la inhibición de la atención y la respuesta dada. Un ejemplo de este tipo de tarea sería el test Stroop (209).
- **Las tareas de seguimiento mental** pretenden examinar la atención sostenida y la velocidad de procesamiento de la información (192,204). Lezak et al., (2004) las definen como, aquellas tareas en las cuales se necesita conservar la información en la mente mientras se realiza un proceso mental (199).
- **Las tareas de memoria de trabajo** requieren mantener la información en la mente para la posterior manipulación y procesamiento (210).
- **Las tareas de fluidez verbal** requieren la elaboración de palabras de forma espontánea bajo condiciones (previamente especificadas) de búsqueda. Este tipo de tareas se utilizan para evaluar la función ejecutiva (199,211).

Como hemos podido observar son muchos los test que existen para la medición de la atención. A continuación, se expondrán algunos de los test más utilizados para la medición de los diferentes tipos de la atención. Aunque muchos de estos test miden, además de la atención, otros dominios neuropsicológicos, como las funciones ejecutivas, la memoria de trabajo y la memoria, que están íntimamente ligada con ella e incluso pueden llegar a solaparse (199).

- **Test de span verbal (dígitos directos e inversos):** es una tarea de atención y memoria que consta de dos partes diferenciadas: en la primera, el sujeto debe repetir una secuencia de números en el mismo orden que se le presenta y, en la segunda, en el orden inverso de su presentación. En la tarea de dígitos directos, la literatura describe que existe una marcada influencia de la escolaridad en el rendimiento (212–214), con un efecto mínimo a partir de los 65 años (215,216). En cambio,
-



---

en la de dígitos inversos, se observa un decremento en el rendimiento a partir de los 70 años, y no se han encontrado diferencias en relación con el género ni con la escolaridad (217). El test de span de dígitos del test de Wechsler es el formato más comúnmente usado en la exploración neuropsicológica (217)

- **El test de span visuoespacial (cubos de Corsi, directos e inversos).** La prueba consta de un tablero con unos cubos distribuidos de manera aleatoria. El test tiene dos partes: en la primera, el sujeto debe reproducir en el mismo orden una secuencia realizada previamente por el examinador; en la segunda, el sujeto debe realizar a la inversa la secuencia presentada. Durante la realización de este test no se encontraron diferencias entre las puntuaciones obtenidas entre los 14 y los 21 años (218). En cambio, sí que se encontraron una disminución en el rendimiento a partir de los 50 (216) y de los 65 años (219).
- **El test de *Letter-Number Sequencing*** consiste en la repetición de una secuencia de letras y números en la que los sujetos deben ordenar primero los números, de menor a mayor, seguidos de las letras, por orden alfabético. Los estudios normativos para la secuenciación de letras y números indican una influencia moderada de la edad (220,221). Esta prueba está incluida en las baterías WAIS-III y WMS-III (217).
- **El *Trail Making Test*:** consta de dos partes, A y B: en la primera hay que unir rápidamente con líneas los números, estando estos colocados aleatoriamente en orden numérico y en la segunda es preciso unir los números y las letras con líneas, estando estos colocados aleatoriamente, por ejemplo, uniendo el 1 con la A, el 2 con la B, etc (figura 7). Estudios recientes en un amplio rango de edad mostraron peor rendimiento en la parte A del test con el aumento de la edad (222–224). Los sujetos con niveles bajos de escolaridad muestran rendimientos pobres en el TMT (222-224).

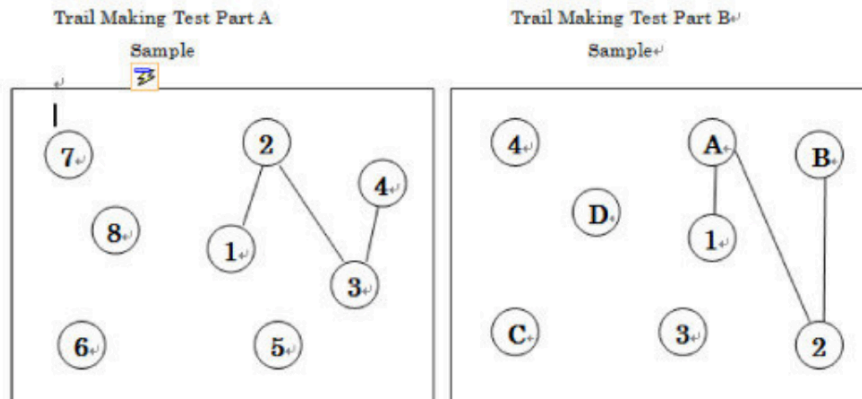


Figura 7. Parte A y parte B del Trail Making Test (225).

## 1.5. Objetivos

Por todo lo expuesto en el marco teórico general, en este apartado se exponen los objetivos del presente trabajo de investigación.

### 1.5.1. Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo de investigación es determinar la influencia que tienen las tareas dobles (tarea postural y tarea cognitiva) sobre el rendimiento y aprendizaje motor y cognitivo en adolescentes.

### 1.5.2. Objetivos específicos

#### Estudio 1

Objetivo 1: Determinar las diferencias en el control postural entre adolescentes y jóvenes adultos, cuando realizan una tarea cognitiva y una tarea postural al mismo tiempo. La hipótesis de partida es que los adolescentes mostrarán un control postural más deficiente que los adultos jóvenes.

Objetivo 2: Comprobar el efecto de la dificultad de la tarea postural en una doble tarea sobre el rendimiento motor y cognitivo en adolescentes y adultos

---

---

jóvenes. El rendimiento motor y cognitivo es peor cuando la dificultad de la tarea postural es alta, tanto en niños como en adultos jóvenes.

Objetivo 3: Contrastar el efecto de la dificultad de la tarea cognitiva en una doble tarea sobre el rendimiento motor y cognitivo en adolescentes y adultos jóvenes. El rendimiento motor y cognitivo es peor cuando la dificultad de la tarea cognitiva es alta, tanto en niños como en adultos jóvenes.

Estudio 2

Objetivo 1: Comparar el efecto sobre el aprendizaje de una tarea de control postural en adolescentes al realizar una intervención mediante la práctica de dobles tareas. La hipótesis que se espera encontrar es que los adolescentes aprenderán de forma más eficiente cuando practican la tarea de estabilidad en situaciones de doble tarea que cuando practican con tareas simples.

Objetivo 2: Determinar si la dificultad de la tarea doble con la que los adolescentes practican influye en el aprendizaje de la tarea de estabilidad. La hipótesis que se plantea es que los adolescentes verán facilitado su aprendizaje motriz con dobles tareas de alta dificultad.

Estudio 3

Objetivo 1: Evaluar el efecto sobre el incremento del rendimiento cognitivo en adolescentes al realizar una intervención basada en dobles tareas. Nuestra hipótesis es que los adolescentes que practiquen con dobles tareas obtendrán un incremento de su rendimiento cognitivo superior a aquellos adolescentes que practiquen realizando tareas únicamente cognitivas.



# Estudio I

---



---

## **2. ESTUDIO I**

### **2.1. Introducción**

Durante la vida diaria, las personas realizan tareas de forma simultánea que requieren mecanismos y recursos cognitivos comunes. A lo largo de los años, las personas van dominando y consiguiendo un mayor control de estos mecanismos cognitivos, siendo la infancia el período en el que se aprende a realizar e integrar simultáneamente tareas complejas (226), llegando incluso a automatizarlas ya en la edad adulta. Habitualmente, se ha utilizado el paradigma de doble tarea para estudiar la capacidad de realizar tareas simultáneas en diferentes poblaciones. Por este motivo se considera que la utilización de este paradigma en diferentes contextos puede aportar información muy útil para ámbitos de estudio muy diferentes, como pueden ser el científico, clínico o educativo. Por ejemplo, existen algunas investigaciones que estudian si realizar programas de entrenamiento utilizando dobles tareas ayuda a prevenir caídas en personas mayores (139), ya que es una de las principales causas de lesión en personas de edad avanzada. Por otro lado, también se realizan investigaciones que pretenden conocer el efecto de las dobles tareas sobre el aprendizaje, centrándose en mejorar el proceso de enseñanza de los niños (140), para poder así aplicarlo en el contexto educativo.

Gracias al aumento reciente de estudios que se centran en la utilización de las dobles tareas, se pueden seleccionar el tipo de tareas y los parámetros óptimos de estas para poder alcanzar los resultados deseados según los objetivos que se persigan. Además, en las numerosas investigaciones existentes hasta ahora, se han utilizado una gran diversidad de tareas cognitivas y motrices, permitiendo así esclarecer qué tareas son las más apropiadas para usar en un entorno práctico / clínico (227), y así conseguir los mayores beneficios posibles. Cabe destacar que todos estos estudios se han centrado en dos aspectos diferentes. El primero es la interferencia que se genera entre las tareas simultáneas y el coste que se produce en términos de rendimiento. Es decir, comprobar si el

rendimiento que se obtiene al realizar las tareas dobles es igual, inferior o superior que cuando se realizan las tareas de forma individual. El segundo aspecto que ha recibido atención (aunque bastante menos) es cómo influye la utilización de dobles tareas en programas de intervención para mejorar la motricidad. Es decir, se analiza si aquellos programas, ya sean formativos (educación física) o terapéuticos (fisioterapia), que incluyen dobles tareas son más efectivos a la hora de provocar una mejora sobre aspectos relacionados con la motricidad (e.g., equilibrio). En este primer estudio el foco de atención se pone sobre la primera cuestión: analizar los efectos de las tareas dobles sobre el rendimiento motor y cognitivo.

En este sentido, los investigadores han utilizado diferentes combinaciones de tareas cognitivas y condiciones posturales. Entre las tareas cognitivas más utilizadas encontramos: tareas de memoria (146), tareas aritméticas (147) y tareas de tiempo de reacción (148). Por otro lado, se han utilizado una gran variedad de tareas posturales, con diversas bases de apoyo (140), variando las entradas sensoriales (149) y aplicando perturbaciones mecánicas (150).

En cuanto a qué variables han sido más estudiadas en el paradigma de dobles tareas, encontramos la edad como una de las principales y que más atención ha recibido por la comunidad científica. Muchas investigaciones se han centrado en estudiar cómo afecta el paso de los años en el control postural y en la ejecución de tareas cognitivas durante tareas recurrentes, llevándose a cabo un gran número de estudios en adultos mayores (165,166). En cambio, los efectos de dobles tareas en niños y adolescentes ha recibido mucha menos atención por parte de la comunidad científica, siendo los estudios disponibles muy recientes (158). Tanto es así que existe una gran controversia sobre los efectos que tiene la realización de una tarea cognitiva al mismo tiempo que se realiza una tarea de equilibrio en el control postural en niños y adolescentes.

Otra de las variables de las que depende considerablemente el control postural es la dificultad de las tareas (105). Sin embargo, pocos estudios han manipulado



---

simultáneamente la complejidad de las tareas posturales y cognitivas, al menos en los niños (158). Estos estudios llegan a la conclusión de que si hay un aumento en la complejidad de la tarea cognitiva, el rendimiento cognitivo se ve afectado independientemente de la edad y de la dificultad de la tarea postural. Sin embargo, la estabilidad postural se ve perjudicada en niños únicamente cuando estos realizan tareas posturales de alta dificultad y tareas cognitivas complejas al mismo tiempo (158).

Aunque la investigación sobre el control postural y las tareas dobles se ha incrementado en los últimos años, no existe suficiente literatura que aclare los efectos de la dificultad de la tarea cognitiva y postural sobre su desempeño en niños y adolescentes. Por lo tanto, no sabemos cuáles son las estrategias que utilizan los púberes cuando se enfrentan a tareas de diferentes dificultades. Ni tampoco sabemos cuál es la progresión de la maduración del control postural o los cambios de estrategia que se producen durante las diferentes etapas de nuestra vida, ni a qué edad se producen esos cambios. Por ello, el principal objetivo de este estudio es conocer los efectos de la dificultad de la tarea (tanto cognitiva como postural) en adolescentes y adultos jóvenes. Asimismo, este estudio pretende determinar si existen diferencias entre adolescentes y adultos en cuanto al efecto de la dificultad postural y de tareas cognitivas.

## **2.2. Material y Métodos**

### *2.2.1. Participantes*

Trece adolescentes y quince adultos participaron en este estudio. Ninguno de los participantes indicó que padeciera algún tipo de trastorno neurológico o de equilibrio conocido. Además, todos ellos tenían visión normal o corregida a normal. Las características de los participantes se muestran en la tabla 2.

Los participantes fueron informados sobre la naturaleza y el objetivo del estudio, y firmaron, sus tutores legales en el caso de los adolescentes, un consentimiento informado indicando su aceptación a participar. Además, el

## Estudio 1

Comité Ético Institucional de la Universidad de Valencia aprobó el estudio (código HI44360988294I, Anexo 1).

Tabla 2. Características de los participantes (estudio 1).

	Adolescentes (n = 13)	Adultos (n = 15)
Sexo		
<i>Masculino</i>	7	7
<i>Femenino</i>	6	8
Edad (años)	12.23 (0.12)	21.22 (0.8)
Altura (m)	1.59 (0.014)	1.68 (0.22)
Peso (kg)	52.01 (2.7)	64.38 (3.02)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	20.55 (0.98)	22.48 (0.71)

La variable sexo está expresada en número de casos. Las otras variables están expresadas mediante la media (error estándar de la media). IMC = Índice masa corporal.

### 2.2.2. Procedimiento experimental

La sesión experimental se realizó en una sala adecuadamente preparada para el proceso de recolección de datos. Primero se realizó una medición de la antropometría, donde se tuvo en cuenta la altura, el peso y la composición corporal. Para esto, los sujetos fueron medidos descalzos utilizando un estadiómetro SECA modelo 217 (Seca, Hamburgo, Alemania) y se pesaron en una báscula realizándose un análisis de impedancia bioeléctrica (Tanita BC-601, Amsterdam, Holanda). Durante la sesión experimental se realizó una familiarización con las diferentes tareas, donde los sujetos realizaron una breve prueba (aproximadamente 10 segundos) de cada una de las tareas de control postural y tareas cognitivas que posteriormente se iban a llevar a cabo en la prueba de medición.

Después, la adquisición de datos se llevó a cabo en una sola sesión en la que los participantes completaron las tareas individuales y las tareas dobles. Cada participante realizó un total de 15 ensayos de 35 segundos con 1 minuto de descanso entre ellos. Los quince ensayos (los cuales combinan todas las

---

dificultades de las tareas posturales y cognitivas) se realizaron en un orden aleatorio. El tiempo total de cada sesión de medición fue de unos 30 minutos.

### 2.2.3. Tareas individuales posturales

Las variables de control postural se obtuvieron en tres condiciones posturales diferentes: i. postura bípeda, ii. postura en tándem y iii. postura unipodal. Las condiciones fueron seleccionadas de acuerdo a su dificultad, considerando que cuanto menor es la base de apoyo, mayor es la dificultad de la tarea. Durante la postura bípeda, los sujetos estaban descalzos con ambos pies paralelos, manteniendo los talones separados a una distancia igual que el ancho de los hombros y los dedos de los pies debían estar apuntando hacia adelante. En posición tándem, los participantes colocaron el pie dominante [basado en la preferencia de apoyo de Coren (228)] delante del no dominante, por lo tanto, el talón del pie delantero tocaba los dedos del pie de detrás. Finalmente, la postura unipodal se realizó utilizando como soporte el pie dominante y la otra pierna se colocó con una flexión de rodilla de 90°. Todas estas posiciones se mantuvieron con los ojos abiertos mirando a un punto de referencia, descalzos, con los brazos relajados a los lados y se les informó que se quedaran lo más quietos posible. El punto de referencia (5 cm de diámetro) se situó a 2 m delante del sujeto a la altura de los ojos.

### 2.2.4. Tareas individuales cognitivas

La tarea cognitiva era una prueba de *span test* de dígitos hacia atrás. En esta prueba, los participantes deben memorizar una secuencia de números y luego decir la secuencia en orden inverso. Por lo tanto, esta prueba mide la memoria de trabajo (229). Se ha considerado que recordar una secuencia de números en orden inverso aumenta la demanda de atención y emplea un mayor número de recursos ejecutivos (229).

Los sujetos realizaron la prueba de secuencias de dígitos hacia atrás en tres niveles de dificultad diferentes: i. Secuencias de 3 dígitos, ii. Secuencias de 4 dígitos y iii. Secuencias de 5 dígitos. Durante cada condición, el sujeto completó

---

durante 35 segundos el mayor número de secuencias posible. Cada número se mostró durante 1 segundo y el tiempo entre dígitos fue de 0.1 segundos. Por lo tanto, el número de secuencias en cada condición de dificultad fue diferente, siendo mayor en las secuencias de 3 dígitos que en las secuencias de 5 dígitos, aunque el número de dígitos no varió mucho entre las condiciones en los adolescentes (media = 17,4; intervalo de confianza del 95% = 16,9-17,9) y los adultos jóvenes (media = 18,2; intervalo de confianza del 95% = 18,1-18,4). Para realizar la prueba de la tarea cognitiva simple, los números aparecieron en la pantalla del ordenador y los participantes, en posición sentada, tenían que decir la secuencia en orden inverso.

#### *2.2.5. Dobles Tareas*

Las dobles tareas fueron la combinación de las tareas posturales (3; posición bípeda, tándem y unipodal) y las tareas cognitivas (3; secuencias de 3, 4 y 5 dígitos). Por tanto, fueron un total de nueve pruebas. Los sujetos mantuvieron las mismas posiciones que en la tarea postural simple (es decir, postura bípeda, en tándem o unipodal) mientras, al mismo tiempo realizaban una de las pruebas cognitivas (es decir, 3, 4 o 5 dígitos). Se instruyó a los sujetos para que realizaran ambas tareas lo mejor posible (i.e., mantenerse lo más quieto posible y recordar las secuencias de dígitos con precisión).

#### *2.2.6. Recopilación de datos*

Los datos de balanceo postural se obtuvieron usando la Wii Balance Board (WBB; 45 x 26.5 cm; Nintendo, Kyoto, Japón). La WBB tiene cuatro sensores de carga de galgas extensométricas que miden las fuerzas verticales. La WBB estaba conectada a un ordenador portátil a través de Bluetooth. Se utilizó el software Matlab 7.6 (Mathworks Inc, Natick, EE. UU.) para la adquisición de datos con el script diseñado y compartido por el Neuromechanics Lab de la Universidad de Colorado. La WBB ha sido validada y mostró una buena fiabilidad para las mediciones de control postural (230). Los datos de balanceo postural fueron muestreados a 40 Hz.

---

---

Con respecto a la tarea cognitiva, los datos se obtuvieron utilizando un software gratuito que graba la pantalla del ordenador portátil y el audio adyacente. Por lo tanto, se obtuvo un videoclip para cada tarea cognitiva, en el que aparecieron primero los dígitos y luego se reprodujo la voz de los sujetos que decían la secuencia en orden inverso. Por lo tanto, estos videos permitieron determinar la cantidad de dígitos que se nombraron correctamente. Se utilizó el porcentaje de dígitos nombrados en orden correcto para medir el rendimiento de la tarea.

### 2.2.7. Procesamiento de datos

Las señales de CoP se pre-procesaron para atenuar el ruido utilizando un filtro Butterworth IIR pasa-baja. La frecuencia de corte se estableció en 12 Hz, como se ha utilizado anteriormente porque el 99% de la densidad espectral de potencia estaba por debajo de esta frecuencia (231). En la figura 8 se muestran las señales filtradas en las tres tareas posturales para los adultos jóvenes (A) y adolescentes (B). Los primeros 10 segundos de cada ensayo se excluyeron del análisis. El área de elipse (con un intervalo de confianza del 95%) y la velocidad media en direcciones anteroposterior ( $MV_{AP}$ ) y mediolateral ( $MV_{ML}$ ) se calcularon a partir de los 25 segundos restantes de señal (232,233). El coste de la tarea cognitiva en las variables de control postural se calculó mediante la ecuación 4. Por lo tanto, el coste del EA, la  $MV_{AP}$  y la  $MV_{ML}$  durante las condiciones de doble tarea se obtuvieron individualmente para cada tarea de control postural.

$$Ec4. \quad DT_{COST} = \frac{(DT - ST)}{ST} \cdot 100$$

Siendo  $DT_{cost}$  el coste de la doble tarea,  $DT$  el rendimiento que se obtiene durante la realización de la tarea doble y  $ST$  el rendimiento durante la tarea única.

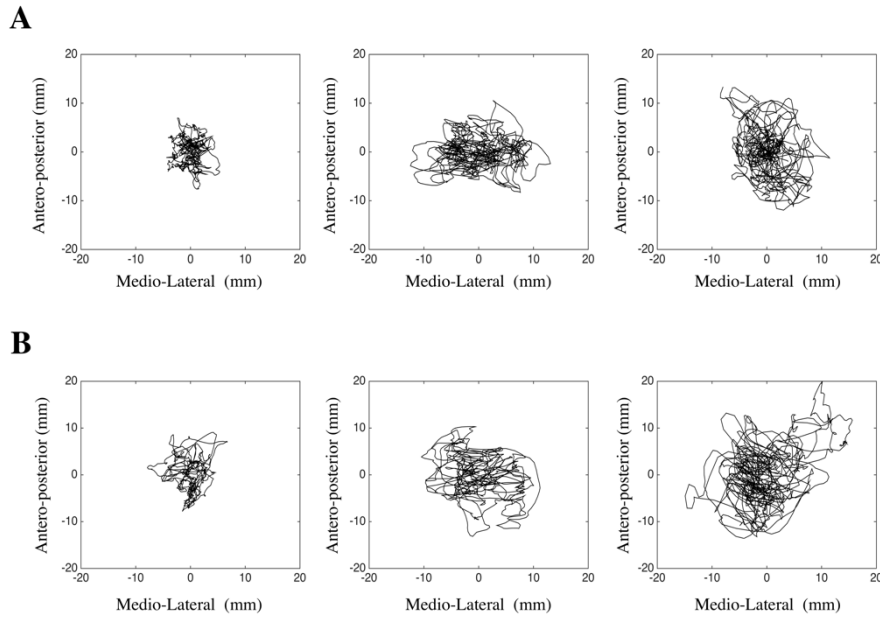


Figura 8. Ejemplos de señales de CoP durante las tres tareas individuales. (A) señales de CoP de adultos jóvenes y (B) señal de CoP de adolescentes.

### 2.2.8. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con SPSS 20 (IBM, Armonk, EE. UU.). En primer lugar, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para analizar la distribución de las variables. Las variables de balanceo postural se distribuyeron normalmente. Por lo tanto, se realizó una MANOVA de modelo mixto para determinar los efectos del grupo de edad (i.e., adolescentes y adultos), la dificultad de la tarea postural (i.e., sentado, bípedo, en tándem y unipodal) y la dificultad de la tarea cognitiva (i.e., sin dígitos, 3 dígitos, 4 dígitos y 5 dígitos) sobre las variables de balanceo postural. También se realizó una MANOVA de modelo mixto para establecer los efectos de la edad, la dificultad de la tarea postural y la dificultad de la tarea cognitiva sobre las variables de coste de la doble tarea. El seguimiento de los contrastes multivariados se realizó mediante contrastes univariados. Finalmente, se solicitaron las comparaciones por pares en el caso de efectos significativos. Por otro lado, la exactitud de

---

---

respuesta en las tareas cognitivas no se distribuía normalmente. Por lo tanto, se realizaron ANOVAs de Friedman para verificar los efectos de la dificultad de las tareas cognitivas y posturales en el porcentaje de éxito. El seguimiento de las ANOVAs de Friedman se realizó mediante múltiples test de Dunn. Finalmente, para establecer diferencias entre adolescentes y adultos con respecto al rendimiento de la tarea cognitiva, se aplicó la prueba U-Mann Whitney. Debido a las comparaciones múltiples, aplicamos la corrección de Bonferroni. El nivel de significancia se estableció en  $p = 0.05$ .

### 2.3. Resultados

#### 2.3.1. Variables de control postural

Los contrastes multivariados mostraron un efecto principal de la edad (Wilks'  $\lambda = 0.3$ ;  $F_{3,24} = 21.11$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2_p = 0.72$ ), dificultad de la tarea cognitiva (Wilks'  $\lambda = 0.35$ ;  $F_{9,18} = 15.2$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2_p = 0.88$ ) y dificultad de la tarea de control postural (Wilks'  $\lambda = 0.11$ ;  $F_{6,21} = 29.82$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2_p = 0.89$ ) en las variables dependientes. Además, se encontró un efecto de interacción entre la edad y la dificultad de la tarea cognitiva (Wilks'  $\lambda = 0.44$ ;  $F_{9,18} = 3.11$ ;  $p = 0.02$ ;  $\eta^2_p = 0.61$ ) y entre la tarea cognitiva y la dificultad de la tarea postural (Wilks'  $\lambda = 0.03$ ;  $F_{18,9} = 18.3$ ;  $p < 0.001$ ;  $\eta^2_p = 0.97$ ) en las variables dependientes. Finalmente, se encontró un efecto de interacción entre la dificultad de la tarea cognitiva, la dificultad de la tarea postural y la edad ( $F_{18,9} = 2.96$ ;  $p = 0.05$ ;  $\eta^2_p = 0.86$ ). Los contrastes univariados informaron que todos estos efectos fueron significativos en todas las variables dependientes (i.e., EA,  $MV_{AP}$  y  $MV_{ML}$ ). Los efectos de la edad, la dificultad de la tarea cognitiva y la dificultad de la tarea postural en el coste de las dobles tareas sobre las variables del control postural se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Efecto del grupo de edad, de la tarea cognitiva y de la tarea postural en el coste de las dobles tareas sobre las variables del control postural.

Efecto	F	Grados de libertad	p-valor	$\eta^2_p$
Grupo de edad	3.89	3; 24	0.021	0.33
Tarea cognitiva	0.38	6; 21	0.88	0.1
Tarea postural	2.59	6; 21	0.049	0.42
Grupo de edad x Tarea postural	4.48	6; 21	0.005	0.56
Grupo de edad x Tarea cognitiva	0.74	6; 21	0.62	0.17
Tarea cognitiva x Tarea postural	2.73	12; 15	0.03	0.69
Grupo de edad x Tarea Cognitiva x Tarea Postural	2.96	12; 15	0.02	0.7

Las diferencias entre los grupos, las condiciones de control postural y la dificultad de la tarea cognitiva dependen de los otros factores debido a los efectos de interacción encontrados. En la figura 9 se puede ver el patrón de cada variable dependiente en función de la dificultad de la tarea postural y cognitiva para ambos grupos. En general, la estabilidad postural de los adultos jóvenes y los adolescentes fue mayor en tareas posturales con un grado de dificultad menor y menor cuando se realizaban tareas posturales de mucha dificultad (figura 9). En cuanto a la dificultad de la tarea cognitiva no tuvo ningún efecto sobre la estabilidad postural de los adultos jóvenes. Sin embargo, la dificultad de la tarea cognitiva sí que tuvo un efecto sobre el control postural y la estabilidad de los adolescentes (tabla 4). Se encontraron múltiples diferencias entre los niveles de dificultad cognitiva en la posición bípeda, pero no se observaron casi diferencias en la posición tándem y unipodal. El coste de la doble tarea tuvo un efecto diferente en la estabilidad de los adolescentes según la dificultad de la tarea postural (figura 10). En las tareas posturales fáciles (es decir, en posición bípeda), la tarea cognitiva tenía un efecto negativo sobre el control y la estabilidad postural. Sin embargo, en condiciones posturales muy difíciles (es decir, unipodal) la tarea cognitiva no tuvo un efecto significativo en el control y la estabilidad postural.



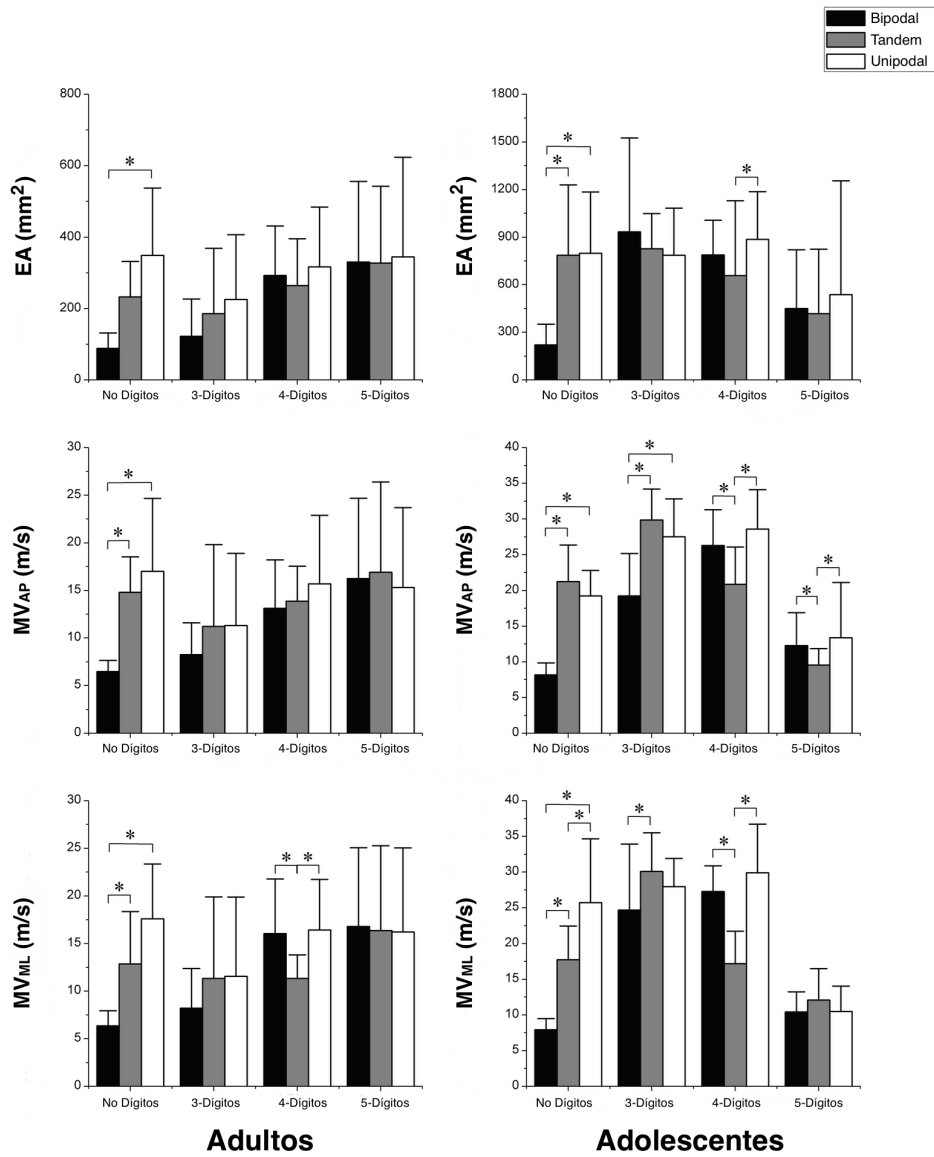


Figura 9. Diferencias entre las condiciones de control postural en las variables de control y estabilidad postural. Las barras representan la media y las barras de error el error estándar de la media. \* Indica diferencias significativas entre las condiciones posturales ( $p < 0.05$ ).

Tabla 4. Diferencias entre grupos y tareas cognitivas en las variables de control postural.

Tareas Postural	Tarea Cognitiva	Elipse Área (mm <sup>2</sup> )		Velocidad Media AP (mm·s <sup>-1</sup> )		Velocidad Media ML (mm·s <sup>-1</sup> )	
		Adultos	Adolescentes	Adultos	Adolescentes	Adultos	Adolescentes
Bipodal	No Dígitos	88.43 (11.16)	221.76 (36.15) <sup>*34</sup>	6.49 (0.3)	8.17 (0.46) <sup>*345</sup>	6.35 (0.41)	7.93 (0.43) <sup>*345</sup>
	3-Dígitos	78.07 (11.04)	450.97 (102.69) <sup>*N</sup>	6.32 (0.39)	12.28 (1.27) <sup>*N</sup>	6.09 (0.41)	10.41 (0.78) <sup>*N</sup>
	4-Dígitos	78.11 (10.27)	418.29 (112.82) <sup>*N</sup>	6.33 (0.37)	12.09 (1.22) <sup>*N</sup>	5.88 (0.33)	9.53 (0.65) <sup>*N</sup>
	5-Dígitos	89.48 (17.23)	537.74 (199.36) <sup>*</sup>	6.48 (0.39)	13.37 (2.15) <sup>*N</sup>	5.82 (0.35)	10.48 (0.98) <sup>*N</sup>
Tandem	No Dígitos	251.84 (32.38)	658.00 (131.32) <sup>*5</sup>	11.29 (0.71)	17.16 (1.27) <sup>*</sup>	14.69 (0.96)	20.85 (1.45) <sup>*4</sup>
	3-Dígitos	254.58 (37.53)	787.38 (122.99) <sup>*</sup>	11.65 (0.93)	17.74 (1.31) <sup>*</sup>	13.80 (0.99)	21.23 (1.42) <sup>*4</sup>
	4-Dígitos	239.01 (22.55)	799.11 (107.5) <sup>*</sup>	11.33 (0.65)	19.24 (0.99) <sup>*</sup>	13.88 (0.83)	25.72 (2.48) <sup>*N3</sup>
	5-Dígitos	245.15 (28.98)	934.40 (164.4) <sup>*N</sup>	11.53 (0.59)	19.25 (1.64) <sup>*</sup>	13.26 (0.7)	24.67 (2.57) <sup>*</sup>
Unipodal	No Dígitos	431.30 (48.45)	887.87 (83.23) <sup>*</sup>	21.56 (1.9)	28.62 (1.52) <sup>*</sup>	20.40 (1.28)	29.92 (1.89) <sup>*</sup>
	3-Dígitos	442.89 (40.39)	827.27 (61.8) <sup>*</sup>	20.98 (1.51)	30.09 (1.5) <sup>*5</sup>	21.55 (1.24)	29.85 (1.21) <sup>*</sup>
	4-Dígitos	439.29 (30.64)	788.06 (82.01) <sup>*</sup>	21.42 (1.65)	27.54 (1.46) <sup>*</sup>	22.40 (1.56)	27.98 (1.09) <sup>*</sup>
	5-Dígitos	446.06 (53.0)	789.22 (60.89) <sup>*</sup>	19.90 (1.4)	26.29 (1.38) <sup>*3</sup>	21.87 (1.24)	27.28 (1.0) <sup>*</sup>

AP = antero-posterior; ML = medio-lateral. \* Indica diferencias significativas con respecto al grupo de adultos jóvenes ( $p < 0.05$ ). Los números en superíndice indican diferencias significativas con dicha condición de dificultad de la tarea cognitiva ( $p < 0.05$ ).

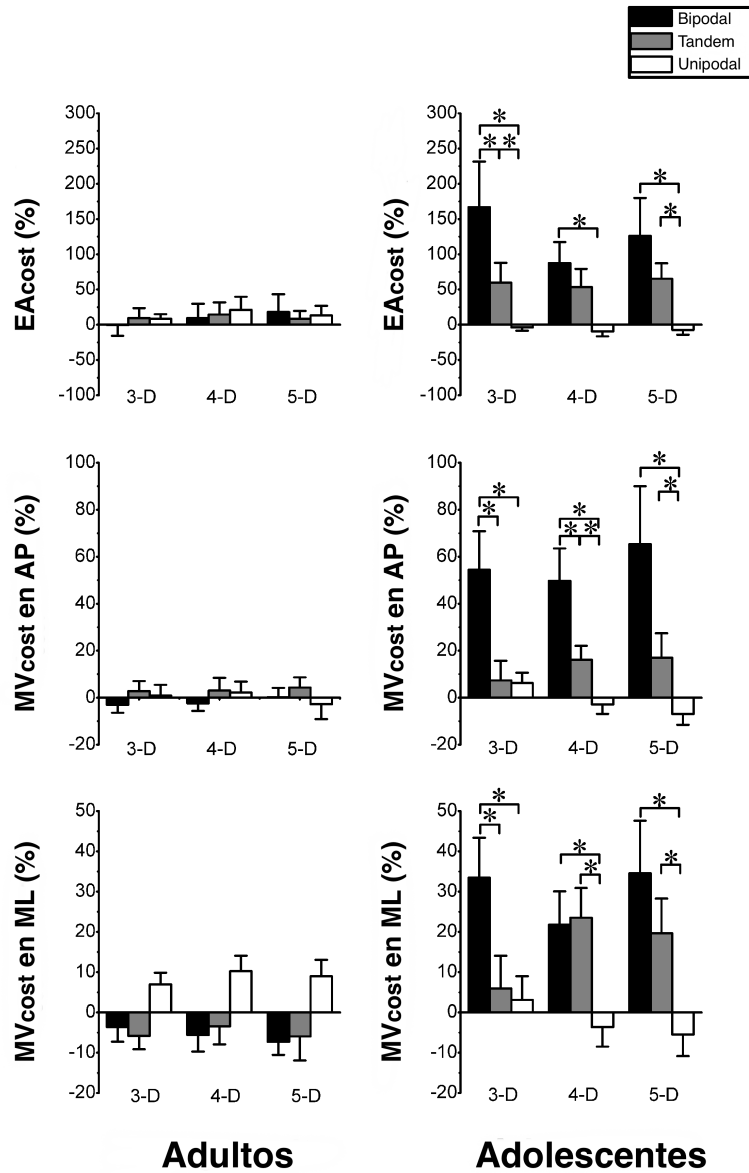


Figura 10. Diferencias en función del efecto de las tareas posturales sobre el coste de la doble tarea. Las barras representan la media y las barras de error el error estándar de la media. \* Indica diferencias significativas entre condiciones cognitivas ( $P < 0.05$ ). MV = velocidad media; AP = antero-posterior; ML = medio-lateral; 3-D = secuencias de 3 dígitos; 4-D = secuencias de 4 dígitos; 5-D = secuencias de 5 dígitos.

---

2.3.2. *Exactitud de la tarea cognitiva*

En cuanto al rendimiento en la tarea cognitiva, se encontró un efecto del número de dígitos al realizar la tarea en posición sentada ( $\chi^2_2 = 12.84$ ;  $p = 0.002$ ). Las comparaciones múltiples mostraron que hay un mayor número de errores en la serie de 5 dígitos que en 3 dígitos ( $z = 3.33$ ;  $p = 0.003$ ). También, se encontró un efecto significativo de la dificultad de la tarea cognitiva en la posición sentada en el grupo de adultos jóvenes ( $\chi^2_2 = 8.91$ ;  $p = 0.012$ ). Sin embargo, las comparaciones por pares no mostraron diferencias entre ninguno de los tres niveles de dificultad (figura 11).

En cuanto a la posición bípeda, también encontramos un efecto significativo de acuerdo con el número de dígitos de la tarea cognitiva en adolescentes ( $\chi^2_2 = 12.15$ ;  $p = 0.002$ ). La precisión fue mayor en el nivel de dificultad de 3 dígitos que en la condición de 5 dígitos ( $z = 2.94$ ;  $p = 0.010$ ). En el grupo de adultos jóvenes también hubo un efecto ( $\chi^2_2 = 17.57$ ;  $p < 0.001$ ) de la dificultad de la tarea cognitiva en cuanto su precisión. Se encontró una mayor precisión en la condición de 3 dígitos que en el nivel de dificultad de 5 dígitos ( $z = 3.31$ ;  $p = 0.003$ ).

En cambio, en posición tándem, solo se observó un efecto significativo de la dificultad de la tarea cognitiva en adultos jóvenes ( $\chi^2_2 = 15.80$ ;  $p < 0.001$ ). Obtuvieron un mayor número de errores en 5 dígitos que en 3 dígitos ( $z = 2.74$ ;  $p = 0.019$ ) y 4 dígitos ( $z = 2.74$ ;  $p = 0.019$ ).

Finalmente, en posición unipodal se encontró un efecto significativo de la dificultad de la tarea cognitiva tanto en el grupo de adolescentes ( $\chi^2_2 = 16.45$ ;  $p < 0.001$ ) como en el grupo de adultos jóvenes ( $\chi^2_2 = 6.43$ ;  $p = 0.04$ ). En el caso de los adolescentes, el número de errores en la serie con 5 dígitos fue mayor que en la serie de 3 dígitos ( $z = 3.92$ ;  $p < 0.001$ ). No se encontraron diferencias significativas en el grupo de adultos.

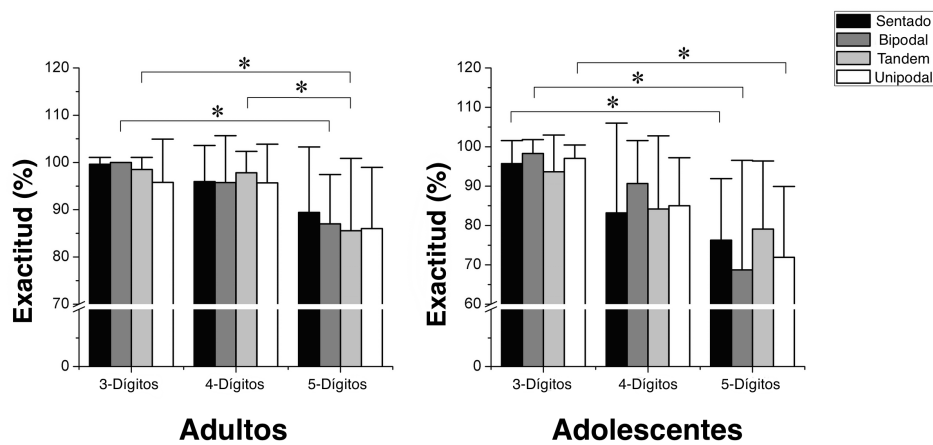


Figura II. Diferencias entre condiciones cognitivas en el rendimiento de la tarea cognitiva. Las barras representan la media y las barras de error el error estándar de la media. \* Indica diferencias significativas entre condiciones cognitivas ( $p < 0.05$ ).

Por otro lado, no se encontró un efecto de la dificultad de la tarea de control postural en el rendimiento de la tarea cognitiva tanto en adolescentes como en adultos, con independencia de la dificultad de la tarea cognitiva. Con respecto a las diferencias entre adolescentes y adultos, se encontró una mayor precisión en el grupo de adultos durante la condición unipodal conjuntamente con la tarea cognitiva de 4 dígitos ( $U = 40.5$ ;  $p = 0.02$ ). En el resto de las posiciones de control postural y el nivel de dificultad de la tarea cognitiva no hubo diferencias significativas entre los grupos.



## Estudio 2

---





---

### 3. ESTUDIO 2

#### 3.1. Introducción

Uno de los principales desafíos de los profesores de educación física siempre ha sido enseñar y perfeccionar las diferentes habilidades motrices, a través de múltiples experiencias y tareas que sean significativas para el alumnado (234). Una de las principales motivaciones para conseguir este objetivo, tal y como las investigaciones sugieren, es que el desarrollo de habilidades fundamentales de movimiento (es decir, correr, equilibrarse, saltar, etc.) tiene importantes implicaciones para la salud de los jóvenes (235). Una de las razones de este beneficio es que las personas que se ven a sí mismas como seres con una buena competencia motriz es más probable que sean físicamente activas (236). Además, este también es uno de los principales objetivos de los docentes, conseguir alumnos y alumnas que practiquen ejercicio durante su tiempo libre.

Entre los contenidos fundamentales que se desarrollan en las clases de educación física encontramos el desarrollo e incremento del equilibrio y control postural, conjuntamente con otras habilidades y capacidades motrices. Tal es así, que el trabajo y la práctica de estos obtienen una posición importantísima dentro del currículo de Educación física tal y como establece el Decreto 108/2014, de 4 de julio, del *Consell*, por el que se establece el currículum y despliega la ordenación general de la Educación Primaria en la *Comunitat Valenciana*, en el cual de los 5 bloques de contenidos se encuentra el “*Bloque 2: Habilidades motrices, coordinación y equilibrio. Actividades en el medio natural*”, constatando la importancia de este contenido dentro del plan de estudios. Por otro lado, también en el Decreto 87/2015, de 5 de junio, del *Consell*, por el que se establece el currículum y desarrolla la ordenación general de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la *Comunitat Valenciana*, aparece el desarrollo del equilibrio y el control postural, aunque en esta etapa educativa recibe una menor importancia y se relaciona e integra con otras actividades y prácticas deportivas.

## *Estudio 2*

---

La importancia que obtiene el equilibrio y el control postural, por parte del sistema educativo, es debido a que estos tienen un valor inestimable para la salud y la capacidad motora de los jóvenes (237–243). Desde el punto de vista de la salud, las caídas son una de las principales causas de lesiones no intencionales en los niños (244) y también es uno de los mayores motivos de mortalidad y morbilidad en adultos mayores (245). Dado que el entrenamiento del equilibrio reduce efectivamente las tasas de caídas (246), se podría asegurar que mejorar el equilibrio de los niños podría reducir las caídas y las lesiones asociadas en esta población. Por otro lado, en términos de competencia motora, un buen equilibrio es necesario para realizar acciones motrices complejas, como la locomoción (247), e incluso es importante en deportes como el fútbol y el golf, ya que, se ha demostrado que el trabajo del equilibrio y el control postural confiere una ventaja en el rendimiento de estas prácticas deportivas (248).

Algunos autores postulan que los mecanismos relacionados con el control postural, alcanzan la madurez en niños de 6 a 12 años (III,249–251), es decir, durante la etapa de educación primaria en el sistema educativo español. Sin embargo, un estudio reciente encontró que el control postural en condiciones de doble tarea no alcanza un nivel adulto hasta al menos los 15 o 16 años de edad (252)

En general, las personas tienen poca conciencia de que su equilibrio, ordinariamente, se controla y coordina de manera muy eficaz durante las actividades diarias (253,254). Es decir, las personas mantienen su equilibrio incluso mientras realizan tareas secundarias cognitivas al mismo tiempo (255). Esta situación se conoce como paradigma de doble tarea (como se ha explicado anteriormente). Varios estudios han investigado la interferencia o reducción del rendimiento durante la ejecución de una doble tarea (140,146-150) incluido el primer estudio que se presenta en este trabajo de investigación.

---

Respecto al entrenamiento con dobles tareas, centrándonos en la práctica motora, recientes estudios han señalado que practicar con dobles tareas durante un número limitado de sesiones, aumenta más el rendimiento motor que realizar el mismo número de sesiones solamente utilizando una sola tarea (256–258). Silsupadol et al., (2009) estudiaron a 23 adultos mayores, que presentaban deterioro en el equilibrio, y obtuvieron que realizando un entrenamiento de doble tarea, durante 4 semanas en las que practicaban 3 veces por semana, mejoraron mucho más su equilibrio que realizando el mismo entrenamiento utilizando tareas individuales (259). Sin embargo, en otro estudio en el que se pretendía mejorar un patrón complejo de coordinación bimanual a través de dobles tareas, llevado a cabo en mujeres con una edad media de 23 años, se obtuvo que el entrenamiento a partir de dobles tareas afectaba considerablemente al rendimiento motor, debido a la competencia por los mismos recursos atencionales (260). En niños y adolescentes, Torres-Oviedo, Vasudevan, Malone y Bastian (2011) encontraron que al entrenar solamente cambiando el patrón de la marcha (i.e., tarea simple), hay adaptación pero la retención empeora; sin embargo, el entrenamiento con doble tarea da como resultado una adaptación más lenta pero una mejor retención (261). Por último, en otro estudio se encontraron mayores mejoras en el control postural, usando tareas duales en comparación con tareas únicas, en niños con hemiparesia espástica (262).

Por tanto, el siguiente estudio tiene como objetivo comparar el efecto de la práctica con doble tarea frente a la práctica de una tarea simple, para aumentar el rendimiento de una tarea postural en adolescentes. Además, se pretende determinar el efecto de la dificultad de las tareas dobles durante la práctica sobre el aprendizaje de la tarea de control postural.

## 3.2. Material y Métodos

### 3.2.1. Diseño

Se realizó un estudio aleatorio controlado en el que participaron treinta adolescentes asignados al azar a tres grupos: un grupo de control (GC;  $n = 10$ ) que practicó solo una tarea postural, otro grupo que se entrenó haciendo una doble tarea con una tarea cognitiva fácil (GDTF;  $n = 10$ ) y un tercer grupo que realizó una doble tarea con una tarea cognitiva difícil (GDTD;  $n = 10$ ). Todos los participantes realizaron una pre-test, una sesión de práctica, un post-test y una prueba de retención.

### 3.2.2. Participantes

Antes del reclutamiento, el tamaño de la muestra se calculó usando G Power 3.1 (Universidad de Düsseldorf, Düsseldorf, Alemania). Se requirió un tamaño de muestra de 9 sujetos por grupo para alcanzar una potencia estadística de 0,95 y un nivel de 0.05, con un tamaño de efecto estimado de 1.25, basado en datos anteriores (152). Treinta adolescentes de 13 y 14 años (14 hombres y 16 mujeres) se ofrecieron como voluntarios para el estudio. Fueron asignados al azar a uno de los tres grupos ( $n=10$  cada uno). Los criterios de inclusión para poder participar en el estudio fueron: i) no tener ninguna experiencia previa con la tarea experimental, ii) tener entre 13 o 14 años de edad, y iii) no tener ninguna patología neural que pudiera afectar el equilibrio y el control postural. La tabla 5 muestra las características de los participantes.

El comité de ética de la Universidad de Valencia aprobó el protocolo de estudio (código H1487009749831, Anexo 2). Los padres / tutores de los participantes dieron su consentimiento firmado antes de llevarse a cabo las pruebas, y los participantes dieron su consentimiento oralmente.

Tabla 5. Características de los participantes (estudio 2).

Variable	GC	GDTF	GDTD
<b>Género</b>			
Masculino	3	6	4
Femenino	7	4	6
<b>Edad</b> (años)	13.1 (0.32)	13.1 (0.32)	13.1 (0.32)
<b>Peso</b> (kg)	54.9 (10.19)	56.8 (14.11)	62.2 (11.76)
<b>Altura</b> (m)	1.59 (0.08)	1.62 (1.06)	1.64 (0.59)
<b>IMC</b> (kg·m <sup>-3</sup> )	21.84 (4.26)	21.59 (4.74)	23.21 (4.11)
<b>IMC<sub>Percentile</sub></b>	68.9 (23.05)	65.60 (25.3)	78.1 (23.87)

Datos expresados mediante la media (desviación standard). GC = grupo control; GDTF = grupo doble tarea fácil; GDTD = grupo doble tarea difícil. IMC = Índice de masa corporal.

### 3.2.3. Procedimiento experimental

El estudio se realizó en diferentes escuelas durante dos días consecutivos, donde se evaluaron a los diferentes grupos de alumnos (de forma individual). El primer día, realizaron las pruebas pre-test, una sesión de práctica y el post-test. Pasadas 24 horas realizaron una prueba de retención. En el pre-test, post-test y en la prueba de retención, los participantes realizaron una única tarea postural. Esta tarea consistía en mantener un estabilograma (con inestabilidad en la dirección medio lateral, figura 12) lo más horizontal posible, durante tres ensayos de 30 segundos cada uno (con un tiempo de descanso de 30 a 60 segundos entre ellos). Se colocó un punto de referencia a 2 metros de altura, enfrente del participante al nivel de los ojos. Se colocó una WBB en el estabilograma para evaluar el desplazamiento del CoP; se pidió a los participantes que se colocaran sobre la WBB con los pies separados a la altura de los hombros, moviendo sus brazos libremente para aumentar la estabilidad.

## Estudio 2

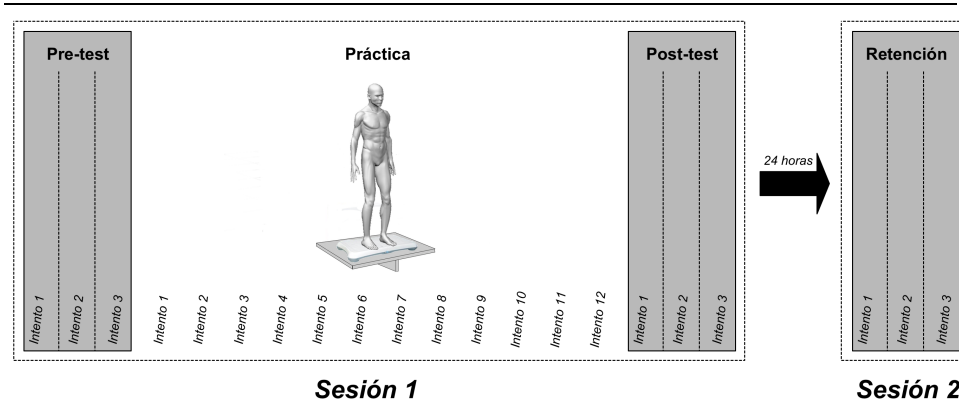


Figura 12. Esquema del procedimiento experimental.

La intervención consistió en realizar una doble tarea (GDTF o GDTD) o tarea única (GC) durante 12 intentos de 30 segundos (con 30-60 segundos de descanso entre ellos). Los participantes de GDTF y GDTD realizaron una tarea cognitiva al mismo tiempo que la tarea postural, mientras que el GC llevó a cabo solo la tarea postural. La tarea cognitiva consistía en un prueba spam de dígitos hacia atrás, en la que los sujetos debían repetir las secuencias de números en orden inverso. Durante la prueba aparecían secuencias de 3 o 5 números en la pantalla del ordenador, que estaba colocada a 2 metros de distancia enfrente los adolescentes a una altura al nivel de sus ojos. Los participantes de GDTF realizaron cuatro secuencias de tres dígitos en cada prueba de 30 segundos de duración, mientras que el GDTD completó la misma tarea pero con tres secuencias de cinco dígitos por prueba. En el GDTF, los participantes dijeron correctamente el 95.89% de los números [95% de intervalo de confianza (IC) 94.5–97.29], comparado con 80.23% (IC 95% 77.24 – 83.23) en el GDTD.

### 3.2.4. Medición del control postural

Se adquirieron señales de CoP mediante una WBB. La WBB ha sido validada como una herramienta adecuada para analizar el control postural de pie tanto en adultos (263–265) como en niños (266). Los datos se obtuvieron utilizando el software WiiLab (Universidad de Colorado, Boulder, Co, EE. UU.) para Matlab

---

R2007 (Mathworks Inc, Natick, MA, EE. UU.). Las señales se registraron a una frecuencia de 40 Hz.

### 3.2.5. *Análisis de datos*

Las señales en la dirección medio-lateral del desplazamiento de CoP fueron filtradas digitalmente por un filtro de pasa baja Butterworth con una frecuencia de corte de 12 Hz. En cuanto a la magnitud de balanceo, calculamos la raíz cuadrada media (RMS) en la dirección medio-lateral utilizando ecuaciones propuestas previamente (233). También evaluamos la dinámica de la oscilación temporal utilizando el análisis *detrended fluctuation analysis* (DFA). El exponente de escala- $\alpha$  en la dirección medio-lateral fue calculado como una variable dependiente para el análisis inferencial.

Esta variable proporciona información sobre la autocorrelación de largo alcance en la señal (267). Busa, Ducharme y Van Emmerik (2016) han sugerido que los valores de exponente escala- $\alpha$  cercanos a 1 son representativos de los cambios adaptativos, mientras que los cambios con valores superiores a 1.6 son representativos de las estrategias de mala adaptación (268). Por lo tanto, un cambio cercano a 1 podría indicar aprendizaje de la tarea basado en el uso de un patrón no predecible para realizar la tarea, mostrando una mayor adaptabilidad a las condiciones instantáneas.

### 3.2.6. *Análisis estadístico*

Se utilizó el Software SPSS, versión 21 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.) para llevar a cabo el análisis estadístico. La prueba Shapiro-Wilk indicó que algunas variables no cumplían con el supuesto de normalidad y, por lo tanto, se utilizaron pruebas no paramétricas. Se calcularon los valores de la mediana y los valores de rango intercuartílicos por métodos estadísticos estándares como parámetros descriptivos. Además, se aplicaron pruebas de Kruskal-Wallis para establecer los efectos del grupo sobre las variables dependientes en el pre-test, post-test y en la retención. Por medio de la ANOVA de Friedman, se analizó el

---

efecto de las intervenciones sobre el control postural de cada grupo. Las comparaciones por pares de Dunn se utilizaron como seguimiento, conjuntamente con la corrección de Bonferroni (se llevaron a cabo dos comparaciones: pre-test versus post-test y pre-test versus retención). Un valor de  $p = 0.05$  fue aceptado como el umbral de significancia en todos los análisis estadísticos.

### 3.3. Resultados

La prueba de Kruskal-Wallis mostró que no había diferencias entre los grupos en el exponente de escala- $\alpha$  ni RMS en cualquier momento (i.e., pre-test, post-test ni retención). Con respecto al efecto de la intervención, no se observaron diferencias significativas en el GC entre los puntos de tiempo en el exponente de escala- $\alpha$  ( $\chi^2_2 = 2.60$ ;  $p = 0.273$ ) ni RMS ( $\chi^2_2 = 3.80$ ;  $p = 0.150$ ). En el GDTE, la RMS difería dependiendo del momento de medición ( $\chi^2_2 = 8.60$ ;  $p = 0.014$ ), pero el exponente de escala- $\alpha$  no lo hizo ( $\chi^2_2 = 5.4$ ;  $p = 0.07$ ). Las comparaciones por pares mostraron una RMS más baja en el post-test que en el pre-test ( $z = 2.91$ ;  $p = 0.008$ ;  $r = 0.65$ ), aunque no hubo diferencias entre el pre-test y la retención. En el GDTD, hubo un efecto significativo de la intervención en el exponente de escala- $\alpha$  ( $\chi^2_2 = 11.4$ ;  $p = 0.003$ ) y la RMS ( $\chi^2_2 = 7.20$ ;  $p = 0.027$ ). Las comparaciones por pares mostraron que las variables exponente de escala- $\alpha$  ( $z = 3.35$ ;  $p = 0.002$ ;  $r = 0.75$ ) y RMS ( $z = 2.68$ ;  $p = 0.014$ ;  $r = 0.6$ ) fueron más bajas en el post-test que en el pre-test. No hubo diferencias entre el pre-test y la retención en la RMS ni el exponente de escala- $\alpha$  en el GDTD. La figura 13 muestra los diagramas de caja asociados con estas comparaciones.



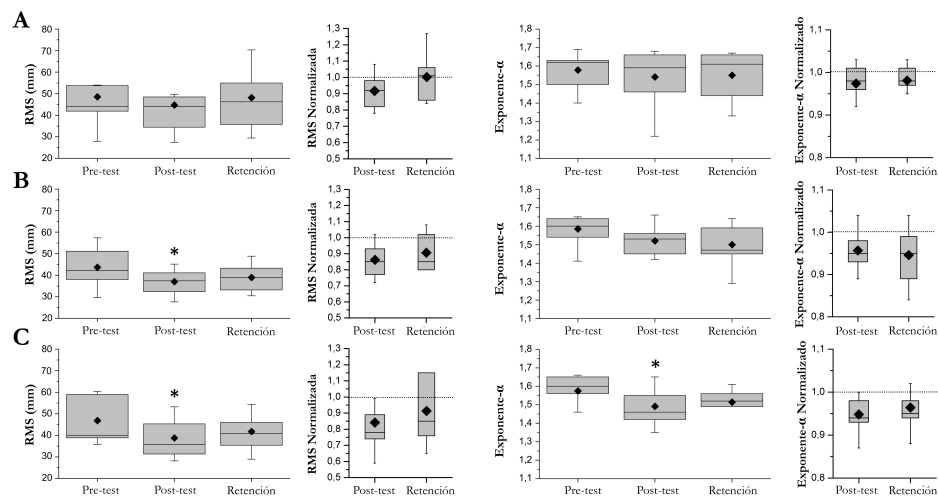


Figura 13. Comparaciones por parejas en el pre-test, post-test y la prueba de retención en las variables de control postural. A indica los resultados del grupo control, B indica los resultados del GDTF y C indica los resultados del GDTD. RMS = media cuadrática. \* indica diferencias significativas respecto al pre-test ( $p < 0.05$ ).



## Estudio 3

---



---

## **4. ESTUDIO 3**

### **4.1. Introducción**

La actividad física se ha relacionado con un mayor rendimiento académico (269,270). En una revisión llevada a cabo por Reloba, Chiroso y Reigal (2016) se señala que existe una influencia positiva entre la actividad física y los procesos cognitivos de los discentes (271). Además, otras investigaciones han encontrado que existe una relación entre el rendimiento académico y el ejercicio físico practicado de manera crónica. Esta relación se sustenta especialmente en los estudios que utilizan las calificaciones en el centro escolar como indicador del rendimiento académico (272).

Durante la niñez y la adolescencia se desarrollan múltiples funciones cognitivas y competencias específicas que están relacionadas y son necesarias para el aprendizaje de diferentes materias escolares como es el caso de las matemáticas o por otro lado, de las diferentes lenguas. Al mismo tiempo, también se ha asociado la memoria de trabajo como agente crucial para la comprensión y aprendizaje de las diferentes materias escolares (273,274). Además, también se ha obtenido, que la memoria de trabajo es importante en el proceso de aprendizaje motor, es decir, está relacionada con la materia de educación física (275,276). Por lo tanto, se puede llegar a la conclusión, que aumentando la memoria de trabajo (y probablemente otras funciones cognitivas) se podría aumentar el rendimiento académico de los estudiantes. Aunque, hasta ahora, no se ha estudiado en profundidad el efecto de combinar habilidades motrices y tareas cognitivas (en las que se trabaje la memoria de trabajo) en los programas educativos.

En cambio, sí que se ha estudiado el efecto de combinar ambas tareas en adultos mayores. En este sentido una investigación llevada a cabo en 300 personas, con una media de 70 años obtuvo que realizando el programa “Memoria en movimiento”, que consiste en la realización de tareas que integran la implicación motriz en la resolución de problemas cognitivos, es decir, utilizan

### *Estudio 3*

---

el paradigma de doble tarea, se obtienen mejoras en las funciones cognitivas de la memoria y de la atención y las funciones perceptivo-motrices de la conciencia corporal y de la estructuración espacial (30). En otra investigación llevada a cabo en adultos mayores, se obtuvo que el entrenamiento con dobles tareas mejoró el rendimiento cognitivo independientemente de si tienen deterioro cognitivo (277) así como en personas con esclerosis múltiple (278).

Sin embargo, no hay estudios disponibles que utilicen este paradigma para potenciar las funciones cognitivas en programas educativos en niños o adolescentes. Por lo tanto, la evidencia sobre la mejora cognitiva mediante la práctica del paradigma de dobles tareas es escasa y mayormente limitada a las poblaciones de ancianos y / o lesionados (279), por lo que se deberían llevar a cabo investigaciones en niños y adolescentes. De esta forma, esta información podría usarse en las escuelas para mejorar, no solo el aprendizaje motor en las clases de educación física, sino el rendimiento escolar en el resto de materias al mejorarse las funciones cognitivas.

Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la práctica de una sola tarea en comparación con realizar dobles tareas en el rendimiento cognitivo en adolescentes.

## **4.2. Material y Métodos**

### *4.2.1. Diseño*

Se realizó un estudio experimental aleatorio controlado en el que participaron veinte adolescentes divididos en dos grupos: un grupo de tareas cognitivas simples (GTS, n = 10), y un grupo de entrenamiento de doble tarea (GTD, n = 10). Todos los participantes realizaron una pre-test, una sesión de práctica, un post-test y una prueba de retención.

### *4.2.2. Participantes*

Veinte adolescentes se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio (12 niñas y 8 niños). Los criterios de inclusión fueron: i) que no tuvieran

---

ninguna experiencia previa con la tarea experimental, ii) que tuvieran 13 o 14 años de edad, y iii) que no presentaran ninguna patología neural que pudiera afectar el equilibrio y el control postural. La tabla 6 muestra las características de los participantes.

Tabla 6. Características de los participantes (estudio 3).

Variable	GTS	GTD
<b>Género</b>		
Masculino	4	4
Femenino	6	6
Edad (años)	13.3 (0.48)	13.1 (0.32)
Peso (kg)	49.9 (9.75)	53.98 (6.92)
Altura (m)	1.65 (0.07)	1.65 (0.08)
IMC (kg·m <sup>-2</sup> )	18.33(3.64)	19.87 (1.95)
IMC <sub>Percentile</sub>	39.3 (35.26)	61.4 (21.06)

Datos expresados mediante la media (desviación standard). GTS = grupo tarea simple; GTD = grupo tarea difícil; IMC = Índice de masa corporal

La Junta de Revisión Institucional de la Universidad de Valencia aprobó el protocolo de estudio (código H1487009749831, Anexo 2). Padres / tutores de los participantes dieron su consentimiento informado firmado antes de las pruebas, y los participantes dieron su consentimiento oralmente.

#### 4.2.3. Procedimiento experimental

Todos los participantes fueron evaluados en sus escuelas en dos días consecutivos. El primer día, realizaron un pre-test, sesión de práctica y post-test. Además, realizaron una prueba de retención 24 horas más tarde. Las evaluaciones de pre-test, post-test y de retención consistieron en la realización de una sola tarea cognitiva durante tres ensayos de 30 segundos (con 30-60 segundos de descanso entre ellos). Los participantes tuvieron que memorizar las secuencias de números y luego repetirlas en orden inverso (es decir, prueba de spam de dígitos hacia atrás). La intervención consistió en doce ensayos de 30 segundos en los que los adolescentes realizaron la misma tarea cognitiva.

### *Estudio 3*

---

Ambos grupos realizaron tres secuencias de cinco dígitos en cada prueba de 30 segundos. El GTS solo realizó la tarea cognitiva, mientras que el GTD realizó una tarea cognitiva y una tarea postural simultáneamente. En la tarea de control postural, los participantes tuvieron que mantener un estabilograma (inestabilidad en la dirección medio-lateral) lo más horizontal posible.

#### *4.2.4. Medición memoria de trabajo*

Los datos de la tarea cognitiva se obtuvieron utilizando software de código abierto; en la que los números aparecían en la pantalla del ordenador, y luego los participantes tenían que escribirlos en orden inverso en el teclado. Durante la sesión de práctica del GTD, los adolescentes realizaron la tarea postural al mismo tiempo que la tarea cognitiva, en este caso repetían los números en voz alta para que el investigador pudiera escribirlos en el teclado. Durante el pre-test, post-test y la retención, los participantes de ambos grupos escribieron los números directamente en el teclado.

Los resultados de la evaluación se guardaron en un archivo, con las frecuencias absolutas y relativas de las respuestas correctas que sirvieron como medida del rendimiento de la tarea cognitiva.

#### *4.2.5. Análisis estadístico*

Para el análisis estadístico se utilizó el Software SPSS versión 21 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Según la prueba de Shapiro-Wilk, algunas variables no cumplían con el supuesto de normalidad, por lo tanto, se utilizaron pruebas no paramétricas. La prueba U de Mann-Whitney se aplicó para comparar el número y el porcentaje de respuestas correctas entre los grupos durante el pre-test, post-test y la prueba de retención, individualmente. Se realizaron dos ANOVA de Friedman para establecer el efecto de la intervención sobre el rendimiento cognitivo en ambos grupos individualmente. Como seguimiento se utilizaron las comparaciones por pares de Dunn con la corrección de Bonferroni (dos comparaciones: pre-test versus post-test y pre-test versus



retención). Un valor de  $p$  de 0.05 fue aceptado como el umbral de significancia en todos los análisis estadísticos.

### 4.3. Resultados

La prueba U de Mann-Whitney determinó que no existían diferencias significativas en las respuestas correctas durante el pre-test, post-test y retención entre los grupos. La ANOVA de Friedman mostró un efecto de la intervención sobre el número de respuestas correctas tanto en el GTS ( $\chi^2_2 = 7$ ;  $p = 0.03$ ) como en el GTD ( $\chi^2_2 = 6.06$ ;  $p = 0.048$ ). Sin embargo, las comparaciones por pares no mostraron diferencias significativas en el número de respuestas correctas entre el pre-test y el post-test o entre el pre-test y la retención en ninguno de los grupos. La intervención mostró un efecto significativo sobre el porcentaje de respuestas correctas en el GTD ( $\chi^2_2 = 6.69$ ;  $p = 0.035$ ) pero no en el GTS ( $\chi^2_2 = 4.27$ ;  $p = 0.12$ ). Las comparaciones por pares (tabla 7) mostraron que el GTD obtuvo un mayor porcentaje de respuestas correctas en la prueba de retención que en el pre-test ( $p = 0.038$ ).

Tabla 7. Efectos de la práctica en la memoria de trabajo.

Variable	GTS			GTD		
	Pre-test	Post-test	Retención	Pre-test	Post-test	Retención
Respuestas correctas (número)	12.17 (2.91)	13.83 (2.33)	13.67 (1.33)	12.83 (1.67)	13.5 (2.75)	14.17 (2.67)
Respuestas correctas (%)	81.17 (19.67)	92.17 (15.33)	91.17 (8.92)	85.67 (11.25)	90.17 (18.33)	94.33 (17.58) *

Datos expresados mediante la mediana (Rango intercuartil). GTS = grupo tarea simple; GTD = grupo tarea doble. \* indica diferencias significativas respecto el pre-test ( $p < 0.05$ ).



## Discusión

---



---

## 5. DISCUSIÓN

A partir de los tres estudios presentados se han encontrado diferentes hallazgos que nos permiten entender mejor cómo afecta la utilización de dobles tareas en el control y aprendizaje motor, así como en la mejora de la atención y memoria de trabajo. En el primer estudio, dónde se investigó hasta qué punto la presencia de una tarea cognitiva impactó en las estrategias posturales para el control postural durante la adolescencia y la edad adulta, el principal hallazgo fue que ambos grupos mostraron diferentes efectos de la dificultad de las tareas cognitivas y posturales sobre las variables de control postural. Por lo tanto, ambos grupos mostraron diferentes estrategias de control postural para manejar las situaciones o condiciones de dobles tareas en función de la dificultad de la tarea motriz y cognitiva.

Por otra parte, en el segundo estudio, los hallazgos obtenidos sobre la mejora del desempeño del control postural, proporcionan una evidencia importante sobre que la práctica de dobles tareas podría ser más efectiva para mejorar el equilibrio que las tareas posturales simples en adolescentes. Tras una única sesión de entrenamiento, el GDTD y el GDTF mejoraron su desempeño en la tarea postural en el post-test, aunque esta mejora no se mantuvo en la retención. Así, el GDTD y el GDTF mostraron una adaptación motora durante la tarea postural, pero no cambios permanentes. Sin embargo, el GC no mejoró debido a la práctica, ni en el post-test ni en la retención. Por tanto, nuestros resultados sugieren que la práctica de doble tarea podría ser eficaz para mejorar las habilidades motoras y en concreto las habilidades de estabilidad. Además, parece que la dificultad de la tarea doble podría facilitar el aprendizaje, siendo la tarea más difícil de las testadas (i.e., 5-D y estabilidad) la que proporcionó unos resultados más favorables.

En el tercer estudio, se halló que la práctica de dobles tareas también parece ser más efectiva que la práctica con tareas simples para mejorar el rendimiento cognitivo. Estos resultados sugieren que la inclusión de actividades físicas

## *Discusión*

---

sencillas en el resto de asignaturas escolares podría facilitar el aprendizaje de los contenidos disciplinares así como la mejora de las funciones cognitivas generales.

Una vez enumerados los principales hallazgos de los diferentes estudios, llevaremos a cabo una comparación de nuestros resultados con los de la bibliografía científica existente y una discusión de las implicaciones prácticas y teóricas de estos.

En primer lugar, nos basaremos en analizar las **diferencias existentes en el control postural entre adolescentes y adultos jóvenes**. En el primer estudio encontramos que los adolescentes mostraron un área de CoP más grande y una velocidad media más elevada que los adultos jóvenes. Estos datos también se encontraron en estudios anteriores similares, en los que se ha visto que el control postural en niños / adolescentes es menor que en adultos (158,162,163). Es decir, los adolescentes desarrollan diferentes estrategias para el control postural en comparación con los adultos (158). Esto se debe a que las estrategias para mantener el control postural van adaptándose desde la infancia mediante un refinamiento de la actividad muscular y un cambio en la integración sensorial lo que produce una gestión más eficiente del control postural. Estas diferentes estrategias en cuanto al control postural que se observaron entre los adultos jóvenes y los adolescentes cuando realizaron una doble tarea en función de la dificultad de la tarea postural se podrían explicar basándose en la teoría de sistemas dinámicos (280). Esta teoría propone que el movimiento se produce a partir de la interacción de múltiples subsistemas relacionados con la persona, la tarea y el entorno, y todos estos subsistemas se auto-organizan espontáneamente e interactúan entre ellos, para así producir el movimiento más eficiente adecuándose de manera específica a cada tarea (280). Además según esta teoría de sistemas dinámicos, el desarrollo motor es un proceso no lineal (280). Esto sugiere que el movimiento no se desarrolla a un ritmo constante, sino que más bien, cuando se produce un pequeño cambio (pero crítico) en un subsistema puede producir el cambio de todo el sistema, dando

---

---

como resultado un nuevo comportamiento motor. Siguiendo estas premisas, el brote de crecimiento que se produce en la adolescencia (o la maduración de otro de los sistemas implicados en el control postural) podría facilitar un cambio en el comportamiento motor, apareciendo así nuevas estrategias de control postural.

Además, según los resultados obtenidos en el primer estudio en el grupo de adolescentes, se encontraron diferentes efectos de la dificultad de la tarea cognitiva sobre el control postural dependiendo de la dificultad de la tarea postural. Se observó que durante las tareas posturales fáciles (es decir, durante la posición bípeda), los adolescentes redujeron su control y estabilidad postural cuando realizaban una tarea cognitiva simultáneamente. Sin embargo, durante las tareas posturales de alta dificultad (es decir, durante una posición unipodal) no redujeron su control postural y estabilidad a medida que aumentaba la dificultad de la tarea cognitiva. Por otro lado, en cuanto al rendimiento cognitivo, este disminuyó a medida que aumentó la dificultad de la tarea cognitiva.

Si comparamos estos resultados con los publicados previamente, un estudio sí encontró una disminución del control postural en niños de 7 años debido a la condición de doble tarea. Sin embargo, no hubo un efecto significativo de la doble tarea sobre el control postural en los niños de 8 a 11 años, ni en los adultos jóvenes (158). Hay que tener en cuenta que en este estudio no se testaron diferentes niveles de dificultad de las tareas y, por tanto, sus resultados son limitados. Además, la franja de edad de los sujetos de este estudio no es la misma que la de los adolescentes que participaron en el estudio 1 presentado en este documento. Así, es posible que en edades anteriores, se produzcan diferentes interferencias de las dobles tareas en el control postural que en adolescentes.

En cambio, Palluel, Nougier y Olivier, (2010), llevaron a cabo un estudio sobre el control postural en adolescentes de 12 a 17 años y en adultos jóvenes variando

## *Discusión*

---

la dificultad de la tarea cognitiva y postural. En este caso, sí que obtuvieron una degradación del control postural cuando realizaban la tarea postural de mayor dificultad (posición tándem sobre una superficie de espuma) independientemente del grupo de edad y de la dificultad de la tarea cognitiva (163). Además, también obtuvieron que la dificultad de la tarea cognitiva tenía un efecto sobre el control y la estabilidad postural. Estos utilizaron tres tipos de tareas cognitivas: color neutro, color incongruente y contar hacia atrás, siendo esta última la de mayor dificultad y la que obtuvo un menor control postural durante su realización en la tarea doble. En este sentido, Palluel, Nougier y Olivier, (2010) utilizaron un modelo de competencia multidominio para explicar sus resultados sobre los efectos de la dificultad de la tarea cognitiva en adolescentes (163). Es decir, ellos afirman que los recursos de atención se dividen para superar las dos tareas, ya sea porque tienen dificultades para asignar adecuadamente los recursos de atención entre ambas tareas o porque existe una incapacidad de gestionar el aumento de solicitudes de atención, debido a una capacidad limitada de procesamiento de información. Sin embargo, Schaefer et al., (2008), en su estudio llevado a cabo en niños de 9 a 11 años y jóvenes adultos, encontraron que en el caso de los niños había una priorización de la tarea de equilibrio, mostrándose así un patrón de compensación, como consecuencia de la interferencia de doble tarea (162). Es decir, encontraron una disminución en el rendimiento cognitivo mientras que, se producía un aumento del control postural en los niños durante la condición de doble tarea. La explicación que aportan es que los niños priorizan la tarea postural con la intención de evitar poner en riesgo de su equilibrio y poder controlar su estabilidad postural evitando así una caída. En cambio, centrándonos en el estudio 1, en el que utilizamos 3 grados de dificultad tanto de la tarea cognitiva como de la tarea postural, hemos encontrado un interesante patrón en forma de U invertida de las variables posturales. A través de este patrón, lo que podemos interpretar es que los adolescentes intentan mantener lo más alto posible el desempeño de ambas tareas en el nivel de

---



---

dificultad medio de la tarea cognitiva. Esto sugiere una competencia por los recursos de atención entre ambas tareas en este nivel de dificultad (es decir, modelo de competencia entre dominios). Sin embargo, en la tarea cognitiva de alta dificultad los adolescentes centran su atención en la tarea de control postural. Por tanto, se adopta una priorización de la tarea postural para proteger a los adolescentes de las caídas y sus nocivas consecuencias.

En segundo lugar y por el contrario, obtuvimos que los adultos jóvenes tenían un patrón diferente, ya que, la dificultad de la tarea cognitiva no influyó en el control y estabilidad postural, independientemente de la dificultad de la tarea postural. Sin embargo, a mayor dificultad de la tarea postural, menor fue el control postural y la estabilidad. Algunos estudios anteriores han encontrado un aumento de la inestabilidad postural a medida que aumenta la dificultad cognitiva y otros han encontrado una disminución del balanceo postural en condiciones cognitivas de alta dificultad en adultos jóvenes (204,281). Pellecchia, (2003) encontró un aumento del balanceo postural debido al incremento de la dificultad de la tarea cognitiva, en la postura bípeda en una superficie estable (152). Por otro lado, Polskaia y Lajoie, (2016) encontraron que cuando se utilizaron tareas cognitivas más desafiantes se redujo el balanceo postural (281). Probablemente, factores como la condición postural, la capacidad de equilibrio y el tipo de tarea cognitiva realizada influyan en los efectos de la doble tarea en las variables de control postural.

Por otro lado, en nuestro segundo estudio ya no se pretendía valorar la interferencia o coste de realizar dobles tareas sobre el rendimiento postural o cognitivo sino que se analizó el efecto de la práctica con dobles tareas sobre el aprendizaje motor. En este sentido, se realizó un estudio experimental en el que tres grupos de adolescentes practicaron una tarea postural variando la dificultad de la tarea cognitiva (i.e., sin tarea, 3-D y 5-D). En este estudio obtuvimos que cuanto mayor es la dificultad de la tarea cognitiva mayor es la adaptación del sujeto a la tarea postural, ya que el GDTD mostró una mejoría en el mismo día tanto en la RMS como en el exponente de escala- $\alpha$ . Sin

---

## *Discusión*

---

embargo, el GDTF mejoró solo en la RMS. Estos resultados se podrían explicar a través de la hipótesis de dificultad de Goh et al. (2012), ya que estos probaron dos hipótesis diferentes con respecto a las características que debía poseer la doble tarea para mejorar el rendimiento motor (257). La primera fue la hipótesis de la dificultad, apoyada por los resultados de Polskaia y Lajoie (2016) que obtuvieron que a mayor dificultad de la tarea cognitiva con la que se practica menor es el balanceo postural (281). Según esta hipótesis, se requieren dobles tareas de alta dificultad para mejorar el rendimiento motor. La segunda fue la hipótesis de similitud, que postula que la doble tarea mejora el rendimiento motor cuando ambas tareas utilizan procesos similares; los resultados obtenidos en su estudio apoyan esta hipótesis. Los autores recomiendan practicar con dobles tareas en las que la actividad secundaria implique procesos similares a los que se utilizan en la tarea de control postural para facilitar el aprendizaje de la tarea motriz.

En concreto, en nuestro segundo estudio, utilizamos una tarea motora con cierta complejidad y una tarea cognitiva que involucraba la memoria de trabajo. Algunos estudios han encontrado que la memoria de trabajo está involucrada en el desempeño y aprendizaje de habilidades motoras, como el equilibrio (276,282). Por lo tanto, nuestras tareas podrían utilizar procesos similares, como lo sugieren Gho et al.,(2012) (257). Aunque, nuestros resultados se explican de manera más clara con la hipótesis de dificultad, ya que usando la misma tarea cognitiva en el GDTF y GDTD, el GDTD mostró una mejoría tanto en la RMS como en el exponente de escala- $\alpha$ , mientras que el GDTF sólo mostró mejoría en la RMS.

Refiriéndonos a **qué tipo de tarea es más eficaz** para facilitar el aprendizaje motor, nuestro hallazgo corrobora los resultados de otros estudios que encontraron que las dobles tareas son más eficientes para mejorar el desempeño en una tarea motriz, en comparación con las tareas simples (256-259). Sin embargo, estos estudios utilizaron una intervención de dobles tareas en adultos mayores, adultos jóvenes y en personas que padecen alguna

---

---

enfermedad, siendo así pocos los estudios llevados a cabo con grupos de adolescentes. Por lo tanto, al existir ciertas diferencias en el control postural durante las diferentes etapas de la vida (es decir, infancia-adolescencia, edad adulta y vejez) (127) puede ser que algunas técnicas de aprendizaje motor sean más efectivas en mejorar el control postural en algunos de estos períodos que en otros, y que, por lo tanto sea difícil trasladar los resultados obtenidos de unos estudios a otros con diferentes grupos de edad. En nuestro caso, los resultados obtenidos en el estudio 2 sugieren que, para mejorar el rendimiento motor en adolescentes, las dobles tareas (sobre todo de dificultad elevada) podrían ser más efectivas que las tareas simples.

El modelo de competencia entre dominios podría explicar la mejora en el rendimiento motor cuando se practica con dobles tareas. Este modelo afirma que cuando se realizan dos tareas al mismo tiempo, compiten por la atención, disminuyendo el desempeño de ambas (154). Los resultados publicados anteriormente apoyan este modelo en adolescentes (163). En nuestro estudio, se realizó una doble tarea durante el entrenamiento donde las tareas competían continuamente por la atención. Posteriormente, cuando los participantes realizaron la única tarea postural en la evaluación posterior a la prueba, su desempeño mejoró considerablemente, ya que no hubo otra tarea para competir por los recursos de atención. Otro posible mecanismo involucrado en el efecto de la doble tarea sobre el aprendizaje motor podría estar relacionado con la activación neural facilitada por la tarea secundaria (258). Estudios previos han informado que cuando la tarea secundaria activa las mismas regiones neuronales que la tarea principal se facilita la activación neuronal, lo que podría facilitar un mayor aprendizaje motor (258). Además, Rietschel et al. (2012) encontraron que la activación neuronal se correlaciona con la dificultad de la doble tarea, por lo que cuanto más difícil es la doble tarea durante la práctica, más activas están las áreas neuronales requeridas para realizar las tareas, lo que probablemente también conduce a un mayor aprendizaje (283).

## *Discusión*

---

Estos hallazgos sugieren que un circuito neuronal común puede ser el mecanismo subyacente para el desempeño de dos tareas simultáneas (258).

En relación al **rendimiento cognitivo**, los resultados del tercer experimento sugieren que la práctica de dos tareas concurrentes podría mejorar el rendimiento cognitivo más que la práctica de tareas individuales. El hecho de que los participantes que practicaron con tareas dobles obtuvieran mejores resultados en la prueba de retención que en el pre-test indica una mejora considerable.

Sin embargo, no hubo diferencias entre las evaluaciones pre-test y post-test. Esto podría atribuirse a la disminución del rendimiento que se produce por la fatiga producida con el paso del tiempo dedicado a la tarea (284–286). Es decir, la realización de la tarea cognitiva durante la sesión de entrenamiento reduce el rendimiento cognitivo de los participantes (debido a la fatiga), enmascarando el efecto real del entrenamiento. Este resultado podría servir como base para estrategias que faciliten el aprendizaje de procesos que involucran la memoria de trabajo (e.g., matemáticas o idiomas) en adolescentes. Es decir, para facilitar el aprendizaje en estas asignaturas se podrían promover estrategias en las que se integren aspectos cognitivos y motrices al mismo tiempo. En este sentido, se están desarrollando cada vez más intervenciones de aprendizaje activo en las escuelas (287-289). En estas intervenciones se incluyen algunas actividades dentro del desarrollo normal de las asignaturas en las que el alumnado no solo debe trabajar los contenidos a desarrollar en esa sesión sino que se introducen aspectos motrices (actividad física) para facilitar el aprendizaje de los contenidos. Al mismo tiempo, se considera que estas intervenciones pueden ayudar a la promoción de actividad física en niños y adolescentes así como facilitar que estos alcancen los niveles mínimos recomendados como saludables.

Por lo que respecta al rendimiento cognitivo, en el primer estudio la condición de la tarea postural (incluida la condición de sentado) no afectó a la exactitud

---

de las respuestas, ni en adolescentes ni en adultos. Sin embargo, sí que se obtuvo que el rendimiento cognitivo disminuye a medida que aumenta la dificultad de la tarea cognitiva. Esto está de acuerdo con estudios previos en los cuales se ha encontrado un efecto de la dificultad de la tarea cognitiva, pero no un efecto de la doble tarea en la exactitud de las respuestas (152,204). Sin embargo, cuando se habla del aprendizaje o la mejora de las funciones cognitivas con la práctica de dobles tareas (no el coste de la doble tarea en el rendimiento instantáneo), en el estudio tres de este trabajo se encontraron diferencias significativas en la exactitud de las respuestas entre el pre-test y retención. Esto podría indicar que practicar con dobles tareas conduce a una mejora de las funciones cognitivas.

En resumen, tanto los resultados de desempeño cognitivo como postural durante el entrenamiento con dobles tareas podrían usarse para extraer aplicaciones prácticas para maestros y profesores de educación física y otros educadores. Por un lado, según el primer estudio el rendimiento cognitivo no aumentó con la realización de una tarea motora concurrente. Esto significa que no se podría utilizar un paradigma de doble tarea para aumentar el rendimiento cognitivo de una tarea en un momento determinado en un entorno académico. Por lo tanto, el rendimiento cognitivo de los adolescentes será el mismo (o peor) si están sentados o de pie (incluso en posición unipodal). En cambio, según el tercer estudio trabajar con dobles tareas es conveniente e indicado para aprender tareas en las que se vea involucrada la memoria de trabajo. Es decir, la inclusión de actividad física en las tareas de clase no sería útil para mejorar el rendimiento instantáneo en la tarea pero sí para facilitar el aprendizaje a corto-medio plazo.

Por otro lado, para mejorar las habilidades motoras, creemos que sería apropiado aplicar dobles tareas en lugar de tareas simples. En este sentido, se podrían agregar tareas cognitivas como actividad secundaria, para así mejorar fundamentalmente el rendimiento motor y, además, realizar proyectos de aprendizaje interdisciplinar, tan demandados y útiles en la escuela actual.

---

## *Discusión*

---

Aunque, entre las consideraciones a tener en cuenta es importante que la tarea secundaria sea lo suficientemente difícil como para aumentar las demandas cognitivas así como para requerir un alto grado de atención.

Los estudios presentados en este trabajo tienen varias limitaciones. Primero, el tamaño de la muestra es reducido y probablemente podría ocurrir un error de tipo II en algunas comparaciones. Además, en trabajos futuros deberían incluirse más grupos de edad para conocer el proceso de maduración durante la infancia y la adolescencia en cuanto a las condiciones de la doble tarea y el efecto de la dificultad de las tareas tanto posturales como cognitivas.

Segundo, tan sólo se ha realizado un día de entrenamiento cognitivo y de equilibrio; el efecto del entrenamiento de doble tarea podría mejorarse con sesiones adicionales. Además, los resultados de la retención se evaluaron 24 horas después del entrenamiento, por lo que aún se desconocen los efectos del entrenamiento a largo plazo (es decir, meses después).

En tercer lugar, la evaluación del equilibrio en el estudio dos incluyó la dirección medio-lateral pero no el desplazamiento anteroposterior. Sería conveniente realizar estudios futuros que evalúen la transferencia entre ambos ejes. También sería necesaria más investigación para confirmar estos resultados en un entorno más ecológico.

## Conclusiones generales

---





---

## **6. CONCLUSIONES GENERALES**

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal analizar cómo afecta la realización de tareas simples vs tareas dobles, variando su dificultad, sobre el control motor y su aprendizaje en adolescentes. Además de estudiar la influencia de la edad (adultos jóvenes y adolescentes) sobre los diversos factores. A continuación, se enumeran las conclusiones que se derivan de los resultados obtenidos para, de este modo, dar respuesta a los objetivos e hipótesis planteadas en este proyecto de investigación.

Como conclusión general, se ha encontrado que el coste de realizar dobles tareas en adolescentes y adultos jóvenes es diferente. En concreto, la dificultad de la tarea cognitiva no afectó al control postural de los adultos jóvenes con independencia de la dificultad de la tarea postural (i.e., bipodal, tándem o posición unipodal) mientras que el control postural de los adolescentes en las posiciones más sencillas fue menor cuando la dificultad de la tarea cognitiva aumenta. Sin embargo, en condiciones posturales difíciles el incremento de la dificultad de la tarea cognitiva no tuvo un efecto sobre el control postural de los adolescentes. Finalmente, se encontró que realizar intervenciones centradas en la práctica de dobles tareas facilitó el aprendizaje motor y el incremento del rendimiento cognitivo en mayor medida que cuando la práctica se realiza con tareas únicas. A continuación se enumeran las conclusiones específicas.

### Estudio I

Conclusión 1: Los adolescentes mostraron un peor control y estabilidad postural que los adultos jóvenes tanto en las tareas únicas como dobles y con independencia de la dificultad de la doble tarea.

Conclusión 2: a medida que la dificultad de la tarea postural aumenta se disminuye el rendimiento y estabilidad postural tanto en adultos jóvenes como en adolescentes. Sin embargo, la dificultad de la tarea postural no afectó al desempeño cognitivo en ninguno de los dos grupos.

### *Conclusiones generales*

---

Objetivo 3: La dificultad de la tarea cognitiva influyó de forma diferente a los adultos jóvenes y a los adolescentes. En los adultos se observó que el incremento de la dificultad cognitiva no modificó la estabilidad postural con independencia de la tarea postural que se realiza. Por el contrario, la dificultad cognitiva disminuyó la estabilidad postural de los adolescentes solo en las tareas posturales sencillas pero no en las más complicadas. Por lo que respecta al rendimiento cognitivo, la dificultad de la tarea de memoria de trabajo disminuyó este parámetro tanto en adultos como en adolescentes.

#### *Estudio 2*

Conclusión 1: el rendimiento motor en tareas de estabilidad en adolescentes puede ser mejorado en mayor medida practicando dobles tareas que tareas únicas.

Conclusión 2: La dificultad de la segunda tarea (cognitiva) en una tarea doble influye en el aprendizaje de la tarea de estabilidad postural en adolescentes. A mayor dificultad de la doble tarea parece existir una mayor adaptación a la misma.

#### *Estudio 3*

Conclusión 1: la memoria de trabajo (rendimiento cognitivo) aumentó únicamente cuando los adolescentes practicaron con la intervención de dobles tareas. De esta forma, se puede concluir que las dobles tareas facilitan el desarrollo y aumento del rendimiento cognitivo en adolescentes.

## Referencias bibliográficas

---



---

## **7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Bermejo JL. Efecto del estrés inducido por el ejercicio físico puntual sobre el rendimiento cognitivo en militares [Tesis Doctoral]. Valencia: Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir; 2015
2. Ceballos EC, Barbosa CP, Ramírez MS. Cognición y desarrollo humano: una propuesta de investigación en el programa de psicología. *Duazary*. 2004;1(2):141–147.
3. González-Andrade A. Evaluación de la atención dividida y estudio de la relación con el funcionamiento ejecutivo en pacientes con esquizofrenia [Tesis Doctoral]. Jaén: Universidad de Jaén; 2016.
4. Fuenmayor G, Villasmil Y. La percepción, la atención y la memoria como procesos cognitivos utilizados para la comprensión textual. *Revista de artes y humanidades UNICA*. 2008;9(22):187–202.
5. de Avalos MV, Velasquez M. *Comprensión Lectora: Dificultades Estratégicas en Resolución de Preguntas Inferenciales*. Ediciones Colihue SRL; 2000.
6. Gardner H. *Inteligencias múltiples*. Vol. 46. Paidós Barcelona; 2005.
7. Sternberg RJ, Sternberg K. *Cognitive psychology*. Nelson Education; 2016.
8. Binotti P, Spina D, De la Barrera ML, Danolo D. Funciones ejecutivas y aprendizaje en el envejecimiento normal. Estimulación cognitiva desde una mirada psicopedagógica. *Revista chilena de neuropsicología*. 2009;4(2):119–126.
9. Bausela Herreras E. *Implicaciones de las conexiones córtico y subcorticales del lóbulo frontal en la conducta humana*; 2007.
10. Papazian O, Alfonso I, Luzondo RJ. Trastornos de las funciones ejecutivas. *Revista de neurología*. 2006;42(3):45–50.

### *Referencias bibliográficas*

---

11. Portellano J. *Cómo desarrollar la inteligencia. Entrenamiento neuropsicológico de la atención y funciones ejecutivas* Madrid-España: Somos psicología; 2005.
  12. Monsalve Ruiz MA. *Niveles de aptitud para la atención focalizada en estudiantes de educación superior [Tesis Grado]*. Bogotá: Fundación universitaria Los Libertadores; 2016.
  13. Serna Jaramillo AJ, Vanegas Uribe AI, Álvarez Rueda EM, Niño Restrepo N, Ramírez Salazar DA. Propuesta didáctica para el desarrollo de repertorios básicos de atención y memoria en niñas y niños con síndrome de Down integrados al aula regular. *Revista Educación y Pedagogía*. 2005;41:113-130.
  14. Londoño LP. La atención: un proceso psicológico básico Attention as a basic psychological process. *Pensando Psicología*. 2009;5:91-100.
  15. Tejedor-Tejedor FJ, González-González SG, García-Señorán M. Estrategias atencionales y rendimiento académico en estudiantes de secundaria. *Revista latinoamericana de psicología*. 2008;40(1):123–132.
  16. Borja-Sihuinta. *Niveles de atención en escolares de 6-11 años de una institución educativa primaria del distrito de Ventanilla [Tesis Grado]*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola; 2012.
  17. Belmar Mellado M, Navas L, Holgado Tello FP. Procesos atencionales implicados en el Trastorno por Déficit Atencional con Hiperactividad (TDAH). *Convergencia educativa*. 2013; 2: (9-19).
  18. Boujon C, Quaireau C. *Atención, aprendizaje y rendimiento escolar: aportaciones de la psicología cognitiva y experimental*. Vol. 147. Narcea Ediciones; 1999.
  19. Baddeley AD. Is working memory still working? *European psychologist*. 2002;7(2):85.
  20. Yerkes RM, Dodson JD. The relation of strength of stimulus to rapidity
-

- 
- of habit-formation. *Journal of comparative neurology and psychology*. 1908;18(5):459–482.
21. Teigen KH. Yerkes-Dodson: A Law for all Seasons. *Theory & Psychology*. noviembre de 1994;4(4):525-47.
22. Navon D, Gopher D. On the economy of the human-processing system. *Psychological review*. 1979;86(3):214.
23. Karatekin C. Development of attentional allocation in the dual task paradigm. *International Journal of Psychophysiology*. 2004;52(1):7–21.
24. Pick AD, Frankel GW. A developmental study of strategies of visual selectivity. *Child Development*. 1974;1162–1165.
25. Schiff AR, Knopf IJ. The effect of task demands on attention allocation in children of different ages. *Child Development*. 1985;621–630.
26. Vaportzis E, Georgiou-Karistianis N, Stout JC. Dual Task Performance in Normal Aging: A Comparison of Choice Reaction Time Tasks. Paterson K, editor. *PLoS ONE*. 2013;8(3):e60265.
27. Baddeley AD, Baddeley HA, Bucks RS, Wilcock GK. Attentional control in Alzheimer’s disease. *Brain*. 2001;124(8):1492-508.
28. Lonie JA, Herrmann LL, Tierney KM, Donaghey C, O’Carroll R, Lee A, et al. Lexical and semantic fluency discrepancy scores in aMCI and early Alzheimer’s disease. *Journal of Neuropsychology*. 2009;3(1):79-92.
29. Karatekin C, White T, Bingham C. Divided attention in youth-onset psychosis and attention deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Psychology*. 2008;117(4):881-95.
30. López-Luengo B, Vázquez C. Effects of Attention Process Training on cognitive functioning of schizophrenic patients. *Psychiatry Research*. 2003;119(1):41-53.
-

### *Referencias bibliográficas*

---

31. Rey A, Canales I, Táboas MI. Características y efectos de un programa integrado de estimulación cognitiva a través de la motricidad. *Apunts Educación Física y Deportes*. 2011;(105):21–27.
  32. Fabre C, Chamari K, Mucci P, Massé-Biron J, Préfaut C. Improvement of Cognitive Function by Mental and/or Individualized Aerobic Training in Healthy Elderly Subjects. *Int J Sports Med*. 2002;23(6):415-21.
  33. Fernández-Ballesteros R, Caprara MG, Iñiguez J y, García LF. Promoción del envejecimiento activo: efectos del programa «Vivir con vitalidad»®. *Revista española de geriatría y gerontología*. 2005;40(2):92–103.
  34. Rebok, Plude. Relation of physical activity to memory functioning in older adults: the memory workout program. *Educational Gerontology*. 2001;27(3-4):241–259.
  35. Blanchard Y, Carey S, Coffey J, Cohen A, Harris T, Michlik S, et al. The influence of concurrent cognitive tasks on postural sway in children. *Pediatric Physical Therapy*. 2005;17(3):189–193.
  36. Huang H-J, Mercer VS. Dual-task methodology: applications in studies of cognitive and motor performance in adults and children. *Pediatric Physical Therapy*. 2001;13(3):133–140.
  37. Laufer Y, Ashkenazi T, Josman N. The effects of a concurrent cognitive task on the postural control of young children with and without developmental coordination disorder. *Gait & posture*. 2008;27(2):347–351.
  38. Dudai Y. *Memory from A to Z: Keywords, Concepts, and Beyond*. USA: Oxford University Press; 2004.
  39. Ruiz-Contreras A, Cansino S. Neurofisiología de la interacción entre la atención y la memoria episódica: revisión de estudios en modalidad visual. *Revista de neurología*. 2005;41(12):733–743.
  40. French BF, Zentall SS, Bennett D. Short-term memory of children with
-



---

and without characteristics of attention deficit hyperactivity disorder. *Learning and Individual Differences*. 2003;13(3):205–225.

41. Craik FIM, Govoni R, Naveh-Benjamin M, Anderson ND. The effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory. *Journal of Experimental Psychology: General*. 1996;125(2):159-80.

42. Sohlberg M, McLaughlin K, Pavese A, Heidrich A, Posner M. Evaluation of Attention Process Training and Brain Injury Education in Persons with Acquired Brain Injury. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*. 2000;22:656-76.

43. Moreno-Carrillo CM, López-Restrepo. Efectos de un entrenamiento cognitivo de la atención en el funcionamiento de la memoria de trabajo durante el envejecimiento. 2009;25(4):8.

44. Ojeda-Ojeda DM. Influencia de la atención y las estrategias de aprendizaje en el rendimiento académico [Tesis de maestría]. Bogotá: Universidad Internacional de La Rioja; 2014.

45. Capdevila-Brophy C, Artigas-Pallarés J, Obiols-Llandrich JE. Tempo cognitivo lento: ¿síntomas del trastorno de déficit de atención/hiperactividad predominantemente desatento o una nueva entidad clínica?. *Revista de Neurología*. 2006;42(2):127–134.

46. Casas AM, Castellar RG, de Alba AM, Taverner RM. Aportaciones al conocimiento del trastorno por déficit de atención con hiperactividad. Desde la investigación a la práctica. *Revista de Neurología*. 2004;38(1):156–163.

47. Ferreras AP. Coexistencia de la dislexia y el Déficit de Atención. *Fundación de Neuropsicología Clínica*; 2011.

48. Castejón-Oliva FJC. La utilización del modelo integrado de enseñanza en la iniciación deportiva: limitaciones desde la atención y la memoria. *Revista complutense de educación*. 2004;15(1):203–230.

### *Referencias bibliográficas*

- 
49. Moran A. Attention in sport. *Advances in applied sport psychology: A review*. In S.D. Mellalieu & S. Hanton (Eds.). Abington: Routledge. 2009;195–220.
50. Andrade A, Luft C di B, Rolim M. O desenvolvimento motor, a maturação das áreas corticais e a atenção na aprendizagem motora. *Revista Digital*. 2004;10(78):1–14.
51. Danckert J, Saoud M, Maruff P. Attention, motor control and motor imagery in schizophrenia: implications for the role of the parietal cortex. *Schizophrenia research*. 2004;70(2-3):241–261.
52. Pereira HS, Landgren M, Gillberg C, Forssberg H. Parametric control of fingertip forces during precision grip lifts in children with DCD (developmental coordination disorder) and DAMP (deficits in attention motor control and perception). *Neuropsychologia*. 2001;39(5):478–488.
53. Lacour M. Fisiología del equilibrio: de los modelos genéticos a los enfoques cognitivistas. *EMC-Podología*. 2013;15(2):1–8.
54. Deliagina TG, Zelenin PV, Beloozerova IN, Orlovsky GN. Nervous mechanisms controlling body posture. *Physiology & Behavior*. 2007;92(1):148–54.
55. Shumway-Cook A, Woollacot M. *Motor Control: Theory and Practical Applications*. Baltimore, MD: Williams and Wilkins; 1995.
56. Nashner LM, Cordo PJ. Relation of automatic postural responses and reaction-time voluntary movements of human leg muscles. *Experimental Brain Research*. 1981;43(3-4):395–405.
57. Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Physical therapy*. 1997;77(5):517–533.
58. Katić R, Bonacin D, Blazević S. Phylogenetically conditioned
-

---

possibilities of the realization and of the development of complex movements at the age of 7 years. *Coll Antropol.* 2001;25(2):573-83.

59. Westcott SL, Burtner P. Postural Control in Children: Implications for Pediatric Practice. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics.* 2004;24(1-2):5-55.

60. Martín-Nogueras. Bases neurofisiológicas del equilibrio postural [Tesis Doctoral]. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2004.

61. Amblard B, Cremieux J, Marchand AR, Carblanc A. Lateral orientation and stabilization of human stance: static versus dynamic visual cues. *Experimental brain research.* 1985;61(1):21–37.

62. Apolo-Arenas A. Análisis y valoración del control postural mediante indicadores basados en acelerometría. Propuesta de aplicación en hipoterapia [Tesis Doctoral]. Universidad de Extremadura; 2016.

63. Rose DJ. Equilibrio y movilidad con personas mayores. Paidotribo; 2014.

64. Winter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *Journal of electromyography and kinesiology.* 2003;13(1):49–56.

65. Loram ID, Lakie M. Direct measurement of human ankle stiffness during quiet standing: the intrinsic mechanical stiffness is insufficient for stability. *The journal of physiology.* 2002;545(3):1041–1053.

66. Martín-Nogueras. Prevención de las caídas en las personas mayores a partir del tratamiento fisioterápico del desequilibrio postural [Tesis Doctoral]. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2008

67. Villarrasa Sapiña I. Influencia de la obesidad infantil sobre el control postural y la marcha [Tesis Doctoral]. Valencia: Universitat de València; 2019.

68. Horak FB, Macpherson JM. Postural orientation and equilibrium.

### *Referencias bibliográficas*

---

Comprehensive Physiology. 2010;255–292.

69. Izquierdo M, Redín MI. Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte/Biomechanics and Neuromuscular Bases of Physical Activity and Sport. Ed. Médica Panamericana; 2008.

70. Granit R, Burke RE. The control of movement and posture. Brain Res. 1973;53(1):1-28.

71. Shepard NT. Evaluation and management of balance system disorders. Issues in Hand Book of Clinical Audiology. 2002;5:390–407.

72. Forget R, Lamarre Y. Anticipatory postural adjustment in the absence of normal peripheral feedback. Brain research. 1990;508(1):176–179.

73. Lacour M, Dupui P, Montoya R. Physiologie, Techniques, Pathologies. Groupe de Boeck; 2003.

74. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. Journal of athletic training. 2002;37(1):71.

75. Patton KT, Thibodeau GA. Anatomía y fisiología. Elsevier Health Sciences; 2013.

76. Breinbauer HA. Evaluación Vestibular En 2016. Puesta Al Día. Revista Médica Clínica Las Condes. 2016;27(6):863–871.

77. Schubert MC, Shepard NT. Practical anatomy and physiology of the vestibular system. Balance function assessment and management. 2008;1–12.

78. Duclos N, Duclos C, Mesure S. Control postural: fisiología, conceptos principales e implicaciones para la readaptación. EMC-Kinesiterapia-Medicina Física. 2017;38(2):1–9.

79. Diener H-C, Dichgans J. On the role of vestibular, visual and somatosensory information for dynamic postural control in humans. En: Progress

---

---

in brain research. Elsevier; 1988. p. 253–262.

80. Lirola-Delgado AG. Registro posturográfico y craneocorpográfico de las alteraciones del equilibrio producidas por el alcohol [Tesis Doctoral]. Universidade de Santiago de Compostela; 2010.

81. Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Experimental brain research*. 1990;82(1):167–177.

82. Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of neurophysiology*. 1986;55(6):1369–1381.

83. Nashner LM, Woollacott M, Tuma G. Organization of rapid responses to postural and locomotor-like perturbations of standing man. *Experimental Brain Research*. 1979;36(3):463–476.

84. Nashner L, Berthoz A. Visual contribution to rapid motor responses during postural control. *Brain research*. 1978;150(2):403–407.

85. Nashner LM, Shupert CL, Horak FB. Head-trunk movement coordination in the standing posture. En: *Progress in brain research*. Elsevier; 1988. p. 243–251.

86. Taguchi K, Igarashi M. Vestibular and neural front: proceedings of the 12th International Symposium on Posture and Gait, Matsumoto, 3-7 October 1994. Vol. 588. Elsevier Science Ltd; 1994.

87. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Biochemistry D of, Jessell MBT, Siegelbaum S, et al. *Principles of neural science*. Vol. 4. McGraw-hill New York; 2000.

88. Alexander KM, Kinney LaPier TL. Differences in static balance and weight distribution between normal subjects and subjects with chronic unilateral low back pain. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 1998;28(6):378–

---

383.

89. Bell F. Principles of mechanics and biomechanics. Nelson Thornes; 1998.
90. Casadio M, Morasso PG, Sanguineti V. Direct measurement of ankle stiffness during quiet standing: implications for control modelling and clinical application. *Gait & posture*. 2005;21(4):410–424.
91. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & posture*. 1995;3(4):193–214.
92. Spaepen AJ, Fortuin JM, Willems EJ. Comparison of the movements of the center of gravity and of the center of pressure in stabilometric studies. Comparison with Fourier analysis. *Agressologie*. 1979;20(B):115–116.
93. Verbecque E, Vereeck L, Hallemans A. Postural sway in children: A literature review. *Gait & posture*. 2016;49:402–410.
94. Aftab Z, Robert T, Wieber P-B. Predicting multiple step placements for human balance recovery tasks. *Journal of biomechanics*. 2012;45(16):2804–2809.
95. Nashner LM. Sensory, neuromuscular, and biomechanical contributions to human balance. *Proceeding of APTA Forum, Tennessee, 1989*. 1989. p. 5–12.
96. Nashner LM. Adapting reflexes controlling the human posture. *Experimental brain research*. 1976;26(1):59–72.
97. Gagey P-M, Weber B. *Posturologie: régulation et dérèglements de la station debout*. Elsevier Masson; 2004.
98. Daubney ME, Culham EG. Lower-extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. *Physical therapy*. 1999;79(12):1177–1185.
99. Suzuki Y, Nomura T, Casadio M, Morasso P. Intermittent control with ankle, hip, and mixed strategies during quiet standing: a theoretical proposal based on a double inverted pendulum model. *Journal of Theoretical Biology*.

2012;310:55–79.

100. Bortolami SB, Dizio P, Rabin E, Lackner JR. Analysis of human postural responses to recoverable falls. *Experimental brain research*. 2003;151(3):387–404.
  101. Aramaki Y, Nozaki D, Masani K, Sato T, Nakazawa K, Yano H. Reciprocal angular acceleration of the ankle and hip joints during quiet standing in humans. *Experimental brain research*. 2001;136(4):463–473.
  102. Sasagawa S, Ushiyama J, Kouzaki M, Kanehisa H. Effect of the hip motion on the body kinematics in the sagittal plane during human quiet standing. *Neuroscience letters*. 2009;450(1):27–31.
  103. Palmieri RM, Ingersoll CD, Stone MB, Krause BA. Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *Journal of sport rehabilitation*. 2002;11(1):51–66.
  104. Takken T, Elst E, Spermon N, Helders PJ, Prakken ABJ, Van der Net J. The physiological and physical determinants of functional ability measures in children with juvenile dermatomyositis. *Rheumatology*. 2003;42(4):591–595.
  105. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture*. 2002;16(1):1-14.
  106. Raudsepp L, Pääsuke M. Gender differences in fundamental movement patterns, motor performances, and strength measurements of prepubertal children. *Pediatric Exercise Science*. 1995;7(3):294–304.
  107. Roncesvalles MNC, Woollacott MH, Jensen JL. Development of lower extremity kinetics for balance control in infants and young children. *Journal of motor behavior*. 2001;33(2):180–192.
  108. Mickle KJ, Munro BJ, Steele JR. Gender and age affect balance performance in primary school-aged children. *Journal of science and medicine in sport*. 2011;14(3):243–248.
-

### *Referencias bibliográficas*

---

109. Geldhof E, Cardon G, De Bourdeaudhuij I, Danneels L, Coorevits P, Vanderstraeten G, et al. Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children. *European journal of pediatrics*. 2006;165(11):779–786.
110. Cumberworth VL, Patel NN, Rogers W, Kenyon GS. The maturation of balance in children. *The Journal of Laryngology and Otology*. 2007;121(5):449.
111. Peterson ML, Christou E, Rosengren KS. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture*. 2006;23(4):455-63.
112. Alves RF, Rossi AG, Pranke GI, Lemos LFC. Influence of gender in postural balance of school age children. *Revista CEFAC*. 2013;15(3):528-37.
113. Beunen GP, Malina RM, Lefevre J, Claessens AL, Renson R, Eynde BK, et al. Skeletal maturation, somatic growth and physical fitness in girls 6-16 years of age. *International journal of sports medicine*. 1997;28(06):413–419.
114. Lepers R, Bigard AX, Diard J-P, Gouteyron J-F, Guezennec CY. Posture control after prolonged exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1997;76(1):55–61.
115. Goulding A, Jones IE, Taylor RW, Piggot JM, Taylor D. Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity. *Gait & posture*. 2003;17(2):136–141.
116. McGraw B, McClenaghan BA, Williams HG, Dickerson J, Ward DS. Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2000;81(4):484–489.
117. García-Massó X, Marco-Ahulló A, Villarrasa-Sapiña I, Álvarez-Pitti J, Bermejo J-L. Obesity Affects Postural Control in Middle Childhood and Adolescence but not in Early Childhood. *Journal of Motor Learning and Development*. 2019;1(aop):1–13.
-



- 
118. Villarrasa-Sapiña I, García-Massó X, Serra-Añó P, Garcia-Lucerga C, Gonzalez L-M, Lurbe E. Differences in intermittent postural control between normal-weight and obese children. *Gait & Posture*. 2016;49:1–6.
119. Assaiante C, Amblard B. An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Human Movement Science*. 1995;14(1):13–43.
120. Mesure S, Lamendin H. *Posture, pratique sportive et rééducation*. Masson: Paris; 2001.
121. Woollacott MH, Shumway-Cook A, Nashner LM. Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination. *The International Journal of Aging and Human Development*. 1986;23(2):97–114.
122. Kirshenbaum N, Riach C, Starkes J. Non-linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Experimental brain research*. 2001;140(4):420–431.
123. Sakaguchi M, Taguchi K, Miyashita Y, Katsuno S. Changes with aging in head and center of foot pressure sway in children. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 1994;29(2):101–109.
124. Ferdjallah M, Harris GF, Smith P, Wertsch JJ. Analysis of postural control synergies during quiet standing in healthy children and children with cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*. 2002;17(3):203–210.
125. Schmid M, Conforto S, Lopez L, Renzi P, D'Alessio T. The development of postural strategies in children: a factorial design study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2005;2(1):29.
126. Shumway-Cook A, Woollacott M. Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *Journals of Gerontology-Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(1):M10.
127. Hytönen M, Pyykkö I, Aalto H, Starck J. Postural control and age. *Acta*
-

### *Referencias bibliográficas*

---

oto-laryngologica. 1993;113(2):119–122.

128. Olivier I, Cuisinier R, Vaugoyeau M, Nougier V, Assaiante C. Dual-task study of cognitive and postural interference in 7-year-olds and adults. *Neuroreport*. 2007;18(8):817–821.

129. Schmitz C, Martin N, Assaiante C. Building anticipatory postural adjustment during childhood: a kinematic and electromyographic analysis of unloading in children from 4 to 8 years of age. *Experimental Brain Research*. 2002;142(3):354–364.

130. Bucci MP, Kapoula Z, Yang Q, Brémond-Gignac D, Wiener-Vacher S. Speed-accuracy of saccades, vergence and combined eye movements in children with vertigo. *Experimental Brain Research*. 2004;157(3):286–295.

131. Ferber-Viart C, Ionescu E, Morlet T, Froehlich P, Dubreuil C. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: maturation and normative data for children and young adults. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2007;71(7):1041–1046.

132. Ionescu E, Morlet T, Froehlich P, Ferber-Viart C. Vestibular assessment with Balance Quest: normative data for children and young adults. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 2006;70(8):1457–1465.

133. Hsu Y-S, Kuan C-C, Young Y-H. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 2009;73(5):737–740.

134. Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, Scholtz AW. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental medicine and child neurology*. 2006;48(6):477–482.

135. Cratty BJ. *Perceptual and Motor Development in Infants and Children*. Second Edition. New York: Macmillan; 1979.

136. Laughton CA, Slavin M, Katdare K, Nolan L, Bean JF, Kerrigan DC, et al.

---

---

Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait & posture*. 2003;18(2):101–108.

137. Riach CL, Hayes KC. Maturation of postural sway in young children. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 1987;29(5):650–658.

138. Siegel JC, Marchetti M, Tecklin JS. Age-related balance changes in hearing-impaired children. *Physical therapy*. 1991;71(3):183–189.

139. Zijlstra A, Ufkes T, Skelton DA, Lundin-Olsson L, Zijlstra W. Do dual tasks have an added value over single tasks for balance assessment in fall prevention programs? A mini-review. *Gerontology*. 2008;54(1):40–49.

140. Reilly DS, van Donkelaar P, Saavedra S, Woollacott MH. Interaction between the development of postural control and the executive function of attention. *Journal of motor behavior*. 2008;40(2):90–102.

141. Hallam S, Price J, Katsarou G. The effects of background music on primary school pupils' task performance. *Educational studies*. 2002;28(2):111–122.

142. Abernethy B. Dual-task methodology and motor skills research: Some applications and methodological constraints. *Journal of Human Movement Studies*. 1988; 14(3):101-132.

143. Maylor EA, Wing AM. Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*. 1996;51(3):143–154.

144. Smith MD, Chamberlin CJ. Effect of Adding Cognitively Demanding Tasks on Soccer Skill Performance. *Percept Mot Skills*. 1992;75(3):955-61.

145. Wright DL, Kemp TL. The dual-task methodology and assessing the attentional demands of ambulation with walking devices. *Physical therapy*. 1992;72(4):306–312.

### *Referencias bibliográficas*

---

146. Mehdizadeh H, Taghizadeh G, Ghomashchi H, Parnianpour M, Khalaf K, Salehi R, et al. The effects of a short-term memory task on postural control of stroke patients. *Topics in stroke rehabilitation*. 2015;22(5):335–341.
147. Vuillerme N, Vincent H. How performing a mental arithmetic task modify the regulation of centre of foot pressure displacements during bipedal quiet standing. *Experimental brain research*. 2006;169(1):130–134.
148. Weaver TB, Janzen MR, Adkin AL, Tokuno CD. Changes in spinal excitability during dual task performance. *Journal of motor behavior*. 2012;44(4):289–294.
149. Stins JF, Ledebt A, Emck C, Van Dokkum EH, Beek PJ. Patterns of postural sway in high anxious children. *Behavioral and Brain Functions*. 2009;5(1):42.
150. Patel PJ, Bhatt T. Attentional demands of perturbation evoked compensatory stepping responses: Examining cognitive-motor interference to large magnitude forward perturbations. *Journal of motor behavior*. 2015;47(3):201–210.
151. McIsaac TL, Lamberg EM, Murafori LM. Building a framework for a dual task taxonomy. *BioMed research international* 2015;2015.
152. Pellecchia GL. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait & posture*. 2003;18(1):29–34.
153. Neumann O. Beyond capacity: A functional view of attention. *Perspectives on perception and action*. 1987;14:361–394.
154. Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M. Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2008;38(6):411–421.
155. Birren JE, Fisher LM. Aging and Speed of Behavior: Possible Consequences for Psychological Functioning. *Annual Review of Psychology*.
-

1995;46(1):329-53.

156. Cerella J, Hale S. The rise and fall in information-processing rates over the life span. *Acta Psychol (Amst)*. 1994;86(2-3):109-97.

157. Maki BE, McIlroy WE. Postural control in the older adult. *Clin Geriatr Med*. 1996;12(4):635-58.

158. Olivier I, Cuisinier R, Vaugoyeau M, Nougier V, Assaiante C. Age-related differences in cognitive and postural dual-task performance. *Gait & Posture*. 2010;32(4):494-9.

159. Olivier I, Palluel E, Nougier V. Effects of attentional focus on postural sway in children and adults. *Experimental Brain Research*. 2008;185(2):341-5.

160. Rival C, Ceyte H, Olivier I. Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience letters*. 2005;376:133-6.

161. Schmid M, Conforto S, Lopez L, D'Alessio T. Cognitive load affects postural control in children. *Experimental brain research*. 2007;179(3):375–385.

162. Schaefer S, Krampe RTh, Lindenberger U, Baltes PB. Age differences between children and young adults in the dynamics of dual-task prioritization: Body (balance) versus mind (memory). *Developmental Psychology*. 2008;44(3):747-57.

163. Palluel E, Nougier V, Olivier I. Postural control and attentional demand during adolescence. *Brain Research*. 2010;1358:151-9.

164. Viel S, Vaugoyeau M, Assaiante C. Adolescence: a transient period of proprioceptive neglect in sensory integration of postural control. *Motor Control*. 2009;13(1):25-42.

165. Shumway-Cook A, Woollacott M, Kerns KA, Baldwin M. The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1997;52(4):M232-240.

---

### *Referencias bibliográficas*

- 
166. Teasdale N, Simoneau M. Attentional demands for postural control: the effects of aging and sensory reintegration. *Gait Posture*. 2001;14(3):203-10.
167. Oswald WD, Rupprecht R, Gunzelmann T, Tritt K. The SIMA-project: Effects of 1 year cognitive and psychomotor training on cognitive abilities of the elderly. *Behavioural Brain Research*. 1996;78(1):67-72.
168. Pont Geis P. Efectes d'un programa d'activitat física sobre la memòria en la gent gran [Tesis Doctoral]. Universitat de Barcelona; 2005.
169. Valencia Marín CM, López Alzate E, Tirado Pérez V, Zea Herrera M del C, Lopera Restrepo F, Rupprecht R, et al. Efectos cognitivos de un entrenamiento combinado de memoria y psicomotricidad en adultos mayores. *RevNeurol*. 2008;46(08):465.
170. Kimura N, Kazui H, Kubo Y, Yoshida T, Ishida Y, Miyoshi N, et al. Memory and physical mobility in physically and cognitively-independent elderly people. *Geriatrics & Gerontology International*. 2007;7(3):258-65.
171. Teasdale N, Bard C, LaRue J, Fleury M. On the cognitive penetrability of posture control. *Exp Aging Res*. 1993;19(1):1-13.
172. Díaz CA, Torres A, Ramírez JI, García LF, Álvarez N. Descripción de un dispositivo destinado al análisis de la marcha en dos dimensiones, CineMED. *Revista EIA*. 2006;(5):85-92.
173. Ortuño-Cortés MA, Sanz EM, Guzmán RB de. Posturografía estática frente a pruebas clínicas en ancianos con vestibulopatía. *Acta otorrinolaringológica española: Organó oficial de la Sociedad española de otorrinolaringología y patología cérvico-facial*. 2008;59(7):334-40.
174. Rodríguez Guevara C, Lugo LH. Validity and reliability of Tinetti Scale for Colombian people. *Revista Colombiana de Reumatología*. 2012;19(4):218-233.
175. Stagni R, Tersì L, Merlo A, Sawaha Z, Fantozzi S. Validation of Motion
-

---

Analysis Protocols: A Fundamental Issue for Clinical Application and Modeling. En: 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering. Springer; 2011. p. 7–10.

176. Baydal-Bertomeu JM, Viosca-Herrero E, Ortuño-Cortés MA, Quinza-Valero V, Garrido-Jaen D, Broseta MV. Estudio de la eficacia y fiabilidad de un sistema de posturografía en comparación con la escala de Berg. *Rehabilitación*. 2010;44(4):304–310.

177. Schoene D, Wu SM-S, Mikolaizak AS, Menant JC, Smith ST, Delbaere K, et al. Discriminative ability and predictive validity of the timed Up and Go test in identifying older people who fall: systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2013;61(2):202–208.

178. Tsigilis N, Douda H, Tokmakidis SP. Test-retest reliability of the Eurofit test battery administered to university students. *Perceptual and motor skills*. 2002;95(3):1295–1300.

179. Santos M, Liu H, Liu W. Unloading reactions in functional ankle instability. *Gait & posture*. 2008;27:589-94.

180. Caulfield B, Crammond T, O’Sullivan A, Reynolds S, Ward T. Altered Ankle-Muscle Activation during Jump Landing in Participants with Functional Instability of the Ankle Joint. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2004;13(3):189-200.

181. Encarnación-Martínez AE. Análisis biomecánico de la Marcha Nórdica: efectos de la experiencia y de la velocidad de práctica sobre el patrón de presión plantar, las fuerzas de reacción del suelo y los niveles de impacto [Tesis Doctoral]. Universitat de València; 2012.

182. Ferrin C, Encarnación-Martínez A, Cárdenas-Sandoval R-P. Técnicas Complementarias de Evaluación Biomecánica Aplicadas al Deporte. 2018. p. 177-221.

### *Referencias bibliográficas*

---

183. Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Ankle function during hopping in subjects with functional instability of the ankle joint. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2007;17(6):641-8.
184. Cavanaugh JT, Guskiewicz KM, Stergiou N. A nonlinear dynamic approach for evaluating postural control. *Sports medicine*. 2005;35(11):935–950.
185. Ruhe A, Fejer R, Walker B. Center of pressure excursion as a measure of balance performance in patients with non-specific low back pain compared to healthy controls: a systematic review of the literature. *European Spine Journal*. 2011;20(3):358–368.
186. Furman JM. Posturography: uses and limitations. *Bailliere's clinical neurology*. 1994;3(3):501.
187. Duarte M, Freitas SM. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Brazilian Journal of physical therapy*. 2010;14(3):183–192.
188. Lafond D, Corriveau H, Hébert R, Prince F. Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2004;85(6):896–901.
189. Corriveau H, Hébert R, Prince F, Raïche M. Intrasession reliability of the “center of pressure minus center of mass” variable of postural control in the healthy elderly. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2000;81(1):45–48.
190. Doyle RJ, Hsiao-Wecksler ET, Ragan BG, Rosengren KS. Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. *Gait & posture*. 2007;25(2):166–171.
191. Le Clair K, Riach C. Postural stability measures: what to measure and for how long. *Clinical biomechanics*. 1996;11(3):176–178.
192. Paulus WM, Straube A, Brandt TH. Visual stabilization of posture: physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain*.
-



---

1984;107(4):1143–1163.

193. Carpenter MG, Frank JS, Winter DA, Peysar GW. Sampling duration effects on centre of pressure summary measures. *Gait & posture*. 2001;13(1):35–40.

194. De Kegel A, Dhooge I, Cambier D, Baetens T, Palmans T, Van Waelvelde H. Test–retest reliability of the assessment of postural stability in typically developing children and in hearing impaired children. *Gait & posture*. 2011;33(4):679–685.

195. Prado JM, Stoffregen TA, Duarte M. Postural sway during dual tasks in young and elderly adults. *Gerontology*. 2007;53(5):274–281.

196. Stoffregen TA, Pagulayan RJ, Bardy BG, Hettinger LJ. Modulating postural control to facilitate visual performance. *Human Movement Science*. 2000;19(2):203–220.

197. Baratto L, Morasso PG, Re C, Spada G. A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques. *Motor control*. 2002;6(3):246–270.

198. Paillard T, Noé F. Techniques and methods for testing the postural function in healthy and pathological subjects. *BioMed research international*. 2015;2015.

199. Lezak MD, Howieson DB, Loring DW, Fischer JS. *Neuropsychological Assessment*. USA: Oxford University Press; 2004.

200. Cohen RA. *The Neuropsychology of Attention*. New York: Plenum Press;1993.

201. Rodríguez-Artacho M de los A. Diferencias en flexibilidad cognitiva medidas mediante el paradigma de cambio de tarea en sinestesia y esclerosis múltiple [Tesis Doctoral]. Granada: Universidad de Granada; 2011.

### *Referencias bibliográficas*

---

202. Puerta Lopera IC, Dussán Lubert C, Montoya Londoño DM, Landínez Martínez D. Estandarización de pruebas neuropsicológicas para la evaluación de la atención en estudiantes universitarios. *CES Psicología*. 2019;12(1):17-31.
203. Mitrushina MN, Boone KB, Razani LJ, D'Elia LF. *Handbook of Normative Data for Neuropsychological Assessment*. Second Edition. Oxford, New York: Oxford University Press; 2005. 029 p.
204. Huxhold O, Li S-C, Schmiedek F, Lindenberger U. Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain research bulletin*. 2006;69(3):294–305.
205. Little CE, Woollacott M. EEG measures reveal dual-task interference in postural performance in young adults. *Exp Brain Res*. 2015;233(1):27-37.
206. Lajoie Y, Teasdale N, Bard C, Fleury M. Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Exp Brain Res*. 1993;97(1):139-44.
207. Al-Yahya E, Dawes H, Smith L, Dennis A, Howells K, Cockburn J. Cognitive motor interference while walking: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2011;35(3):715-28.
208. Strauss E, Sherman EMS, Spreen O. *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary*. Oxford University Press; 2006. 1235 p.
209. MacLeod CM. Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological bulletin*. 1991;109(2):163.
210. Williams MA, LaMarche JA, Alexander RW, Stanford LD, Fielstein EM, Boll TJ. Serial 7s and Alphabet Backwards as brief measures of information processing speed. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 1996;11(8):651-9.
211. Spreen O, Strauss E. *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary*. Oxford University Press; 1998.
-

- 
212. Ardila A, Rosselli M. Neuropsychological characteristics of normal aging. *Developmental Neuropsychology*. 1989;5(4):307-20.
213. Hsieh S-LJ, Tori CD. Normative data on cross-cultural neuropsychological tests obtained from Mandarin-speaking adults across the life span. *Arch Clin Neuropsychol*. 2007;22(3):283-96.
214. Kaufman A, McLean J, Reynolds C. Sex, race, residence, region, and education differences on the 11 WAIS-R subtests. *Journal of clinical psychology*. 1988;44:231-48.
215. Howieson DB, Holm LA, Kaye JA, Oken BS, Howieson J. Neurologic function in the optimally healthy oldest old. *Neuropsychological evaluation*. *Neurology*. 1993;43(10):1882-6.
216. Wilde NJ, Strauss E, Tulskey DS. Memory Span on the Wechsler Scales. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2004;26(4):539-49.
217. Tamayo F, Casals-Coll M, Sánchez-Benavides G, Quintana M, Manero RM, Rognoni T, et al. Estudios normativos españoles en población adulta joven (Proyecto Neuronorma jóvenes): normas para las pruebas span verbal, span visuoespacial, Letter-Number Sequencing, Trail Making Test y Symbol Digit Modalities Test. *Neurología*. 2012;27(6):319-29.
218. Farrell K, Busch R, Medina K, Bartok J, Krikorian R. Developmental Normative Data for the Corsi Block-Tapping Task. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*. 2006;28:1043-52.
219. Orsini A, Grossi D, Capitani E, Laiacona M, Papagno C, Vallar G. Verbal and spatial immediate memory span: normative data from 1355 adults and 1112 children. *Ital J Neurol Sci*. 1987;8(6):539-48.
220. Crowe SF. Does the letter number sequencing task measure anything more than digit span? *Assessment*. 2000;7(2):113-7.
221. Haut MW, Kuwabara H, Leach S, Arias RG. Neural Activation During
-

*Referencias bibliográficas*

---

Performance of Number-Letter Sequencing. *Applied Neuropsychology*. 2000;7(4):237-42.

222. Ashendorf L, Jefferson AL, O'Connor MK, Chaisson C, Green RC, Stern RA. Trail Making Test errors in normal aging, mild cognitive impairment, and dementia. *Arch Clin Neuropsychol*. 2008;23(2):129-37.

223. Periañez JA, Ríos-Lago M, Rodríguez-Sánchez JM, Adrover-Roig D, Sánchez-Cubillo I, Crespo-Facorro B, et al. Trail Making Test in traumatic brain injury, schizophrenia, and normal ageing: sample comparisons and normative data. *Arch Clin Neuropsychol*. 2007;22(4):433-47.

224. Tombaugh TN. Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Arch Clin Neuropsychol*. 2004;19(2):203-14.

225. Susilowati IH, Yasukouchi A. Cognitive characteristics of older Japanese drivers. *Journal of physiological anthropology*. 2012;31(1):1-10.

226. Shumway-Cook, Woollacott MH. *Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice*. Lippincott Williams & Wilkins; 2007. 634 p.

227. Remaud A, Boyas S, Caron G, Bilodeau M. Attentional Demands Associated With Postural Control Depend on Task Difficulty and Visual Condition. *Journal of motor behavior*. 2012;44:329-40.

228. Coren S, Porac C. The validity and reliability of self-report items for the measurement of lateral preference. *British Journal of Psychology*. 1978;69(2):207-211.

229. St Clair-Thompson H, Gathercole S. Executive function and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly journal of experimental psychology*. 2006;59:745-59.

230. Wikstrom EA. Validity and reliability of Nintendo Wii Fit balance scores. *Journal of athletic training*. 2012;47(3):306-313.

- 
231. Bonnechere B, Jansen B, Omelina L, Sholukha V, Van Sint Jan S. Validation of the balance board for clinical evaluation of balance during serious gaming rehabilitation exercises. *Telemedicine and e-Health*. 2016;22(9):709–717.
232. Cabeza-Ruiz R, García-Massó X, Centeno-Prada RA, Beas-Jiménez JD, Colado JC, González L-M. Time and frequency analysis of the static balance in young adults with Down syndrome. *Gait & posture*. 2011;33(1):23–28.
233. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1996;43(9):956-66.
234. Obrusnikova I, Rattigan PJ. Using Video-Based Modeling to Promote Acquisition of Fundamental Motor Skills. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*. 2016;87(4):24-9.
235. Lubans DR, Morgan PJ, Cliff DP, Barnett LM, Okely AD. Fundamental Movement Skills in Children and Adolescents. *Sports Med*. 2010;40(12):1019-35.
236. Hellín Gómez PH, Murcia JAM, Rodríguez-García PL. Relación de la competencia motriz percibida con la práctica físico-deportiva. *Revista de psicología del deporte*. 2006;15(2):219-31.
237. García-Flores FI, Rivera-Cisneros AE, Sánchez-González JM, Guardado-Mendoza R, Torres-Gutiérrez JL. Correlation between gait speed and muscular strength with balance for reducing falls among elderly. *Cirugía y Cirujanos (English Edition)*. 2016;84(5):392-7.
238. Granacher U, Muehlbauer T, Gollhofer A, Kressig RW, Zahner L. An intergenerational approach in the promotion of balance and strength for fall prevention—a mini-review. *Gerontology*. 2010;57(4):304–315.
239. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and ageing*. 2006;35(2):ii7–
-

ii11.

240. Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *Journal of gerontology*. 1994;49(2):M72–M84.

241. Myers AM, Powell LE, Maki BE, Holliday PJ, Brawley LR, Sherk W. Psychological indicators of balance confidence: relationship to actual and perceived abilities. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1996;51(1):M37–M43.

242. Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, Herbert RD, Cumming RG, Close JC. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2008;56(12):2234–2243.

243. Vellas BJ, Wayne SJ, Romero L, Baumgartner RN, Rubenstein LZ, Garry PJ. One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1997;45(6):735–738.

244. Moorin RE, Hendrie D. The epidemiology and cost of falls requiring hospitalisation in children in Western Australia: a study using linked administrative data. *Accid Anal Prev*. 2008;40(1):216-22.

245. Ambrose AF, Paul G, Hausdorff JM. Risk factors for falls among older adults: A review of the literature. *Maturitas*. 2013;75(1):51-61.

246. Nagy E, Feher-Kiss A, Barnai M, Domján-Preszner A, Angyan L, Horvath G. Postural control in elderly subjects participating in balance training. *European journal of applied physiology*. 2007;100(1):97–104.

247. Assaiante C. Development of locomotor balance control in healthy children. *Neuroscience & biobehavioral reviews*. 1998;22(4):527–532.

248. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med*. 2011;41(3):221-32.

- 
249. Barela JA, Jeka JJ, Clark JE. Postural control in children. Coupling to dynamic somatosensory information. *Exp Brain Res.* 2003;150(4):434-42.
250. Busquets A, Aranda-Garcia S, Ferrer-Uris B, Marina M, Angulo-Barroso R. Age and gymnastic experience effects on sensory reweighting processes during quiet stand. *Gait Posture.* 2018;63:177-83.
251. McKay SM, Wu J, Angulo-Barroso RM. Effect of Achilles tendon vibration on posture in children. *Gait Posture.* 2014;40(1):32-7.
252. Estevan I, Gandia S, Villarrasa-Sapiña I, Bermejo JL, García-Massó X. Working Memory Task Influence in Postural Stability and Cognitive Function in Adolescents. *Motor Control.* 2018;22(4):425-35.
253. Canning CG. The effect of directing attention during walking under dual-task conditions in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2005;11(2):95-9.
254. McNevin NH, Wulf G. Attentional focus on supra-postural tasks affects postural control. *Hum Mov Sci.* 2002;21(2):187-202.
255. Cluff T, Gharib T, Balasubramaniam R. Attentional influences on the performance of secondary physical tasks during posture control. *Exp Brain Res.* 2010;203(4):647-58.
256. Roche RAP, Commins S, Agnew F, Cassidy S, Corapi K, Leibbrand S, et al. Concurrent task performance enhances low-level visuomotor learning. *Percept Psychophys.* 2007;69(4):513-22.
257. Goh H-T, Sullivan KJ, Gordon J, Wulf G, Winstein CJ. Dual-task practice enhances motor learning: a preliminary investigation. *Exp Brain Res.* 2012;222(3):201-10.
258. Goh H-T, Lee Y-Y, Fisher BE. Neural correlates of dual-task practice benefit on motor learning: a repetitive transcranial magnetic stimulation study. *Eur J Neurosci.* 2013;37(11):1823-9.
-

### *Referencias bibliográficas*

- 
259. Silsupadol P, Shumway-Cook A, Lugade V, van Donkelaar P, Chou L-S, Mayr U, et al. Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2009;90(3):381–387.
260. Rémy F, Wenderoth N, Lipkens K, Swinnen SP. Dual-task interference during initial learning of a new motor task results from competition for the same brain areas. *Neuropsychologia*. 2010;48(9):2517-27.
261. Torres-Oviedo G, Vasudevan E, Malone L, Bastian AJ. Locomotor adaptation. *Progress in brain research*. Elsevier; 2011. p. 65–74.
262. Elhinidi EIM, Ismaeel MMI, El-Saeed TM. Effect of dual-task training on postural stability in children with infantile hemiparesis. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(3):875-80.
263. Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture*. 2010;31(3):307-10.
264. Koslucher F, Wade MG, Nelson B, Lim K, Chen F-C, Stoffregen TA. Nintendo Wii Balance Board is sensitive to effects of visual tasks on standing sway in healthy elderly adults. *Gait Posture*. 2012;36(3):605-8.
265. Park D-S, Lee G. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11:99.
266. Larsen LR, Jørgensen MG, Junge T, Juul-Kristensen B, Wedderkopp N. Field assessment of balance in 10 to 14 year old children, reproducibility and validity of the Nintendo Wii board. *BMC Pediatr*. 2014;14:144.
267. Lin D, Seol H, Nussbaum MA, Madigan ML. Reliability of COP-based postural sway measures and age-related differences. *Gait & Posture*. 2008;28(2):337-42.
-



- 
268. Busa M, Ducharme S, Van Emmerik VE. Non-Linear Techniques Reveal Adaptive and Maladaptive Postural Control Dynamics in Persons with Multiple Sclerosis. *Journal of Multiple Sclerosis*. 2016;3(2):1-3.
269. Morales J, Gomis M, Pellicer-Chenoll M, García-Massó X, Gómez A, González L-M. Relation between Physical Activity and Academic Performance in 3rd-Year Secondary Education Students. *Percept Mot Skills*. 2011;113(2):539-46.
270. Pellicer-Chenoll M, Garcia-Massó X, Morales J, Serra-Añó P, Solana-Tramunt M, González L-M, et al. Physical activity, physical fitness and academic achievement in adolescents: a self-organizing maps approach. *Health Educ Res*. 2015;30(3):436-48.
271. Reloba S, Chiroso LJ, Reigal RE. Relación entre actividad física, procesos cognitivos y rendimiento académico de escolares: revisión de la literatura actual. *Revista andaluza de medicina del deporte*. 2016;9(4):166–172.
272. Tomporowski PD, Davis CL, Miller PH, Naglieri JA. Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. *Educ Psychol Rev*. 2008;20(2):111-31.
273. Daneman M, Merikle PM. Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*. 1996;3(4):422-33.
274. Raghobar KP, Barnes MA, Hecht SA. Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*. 2010;20(2):110-22.
275. Bo J, Borza V, Seidler RD. Age-Related Declines in Visuospatial Working Memory Correlate With Deficits in Explicit Motor Sequence Learning. *Journal of Neurophysiology*. 2009;102(5):2744-54.
276. Seidler RD, Bo J, Anguera JA. Neurocognitive contributions to motor
-

### *Referencias bibliográficas*

---

- skill learning: the role of working memory. *J Mot Behav.* 2012;44(6):445-53.
277. Delbroek T, Vermeulen W, Spildooren J. The effect of cognitive-motor dual task training with the biorescue force platform on cognition, balance and dual task performance in institutionalized older adults: a randomized controlled trial. *Journal of physical therapy science.* 2017;29(7):1137–1143.
278. Sosnoff JJ, Wajda DA, Sandroff BM, Roeing KL, Sung J, Motl RW. Dual task training in persons with Multiple Sclerosis: a feasibility randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2017;31(10):1322-31.
279. Ghai S, Ghai I, Effenberg AO. Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging.* 2017;12:557-77.
280. Thelen E. Motor development. A new synthesis. *Am Psychol.* febrero de 1995;50(2):79-95.
281. Polskaia N, Lajoie Y. Reducing postural sway by concurrently performing challenging cognitive tasks. *Human movement science.* 2016;46:177–183.
282. Dault MC, Frank JS, Allard F. Influence of a visuo-spatial, verbal and central executive working memory task on postural control. *Gait & posture.* 2001;14(2):110–116.
283. Rietschel JC, Miller MW, Gentili RJ, Goodman RN, McDonald CG, Hatfield BD. Cerebral-cortical networking and activation increase as a function of cognitive-motor task difficulty. *Biological psychology.* 2012;90(2):127–133.
284. Kirchner GL, Knopf IJ. Differences in the vigilance performance of second-grade children as related to sex and achievement. *Child Development.* 1974;490–495.
285. Lim J, Wu W, Wang J, Detre JA, Dinges DF, Rao H. Imaging Brain Fatigue from Sustained Mental Workload: An ASL Perfusion Study of the Time-
-

On-Task Effect. *Neuroimage*. 2010;49(4):3426-35.

286. Szalma JL, Warm JS, Matthews G, Dember WN, Weiler EM, Meier A, et al. Effects of sensory modality and task duration on performance, workload, and stress in sustained attention. *Human factors*. 2004;46(2):219–233.

287. Phillips S, Marttinen R. Physical education and maths: The perfect couple. *New Zealand Physical Educator*. 2013, 46 (3):20-23.

288. Kaprinis S, Digelidis N, Papaioannou A. Physical education and math: an interdisciplinary teaching approach. *Inquiries in Sport & Physical Education*. 2009;7 (2):90-102.

289. Coral i Mateu J. L'aprenentatge de l'anglès a través de l'educació física: el programa 'Mou-te i aprèn'. *Temps d'educació*. 2010;39:149-170.



# Anexos

---



---

## 8. ANEXOS

### 8.1. Anexo I

VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA Vicerektorat  
d'Investigació i Política Científica

**D. Francesc Francés Bozal**, Profesor Contratado Doctor del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Ciencias de la Alimentación, Toxicología y Medicina Legal, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 29 de octubre de 2015, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:

*“Desarrollo del equilibrio estático en niños y adolescentes durante la realización de diferentes tareas”, número de procedimiento H1443609882941,*

cuyo responsable es D. Xavier García Massó,

ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a cuatro de noviembre de dos mil quince.



---

## 8.2. Anexo 2

UNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA Vicerectorat  
d'Investigació i Política Científica

**D. José María Montiel Company**, Profesor Contratado Doctor Interino del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

**CERTIFICA:**

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 2 de marzo de 2017, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:  
*"Aprendizaje y retención de una tarea de control postural mediante la realización de tareas dobles"*,  
número de procedimiento H1487009749831,  
cuyo responsable es D. Xavier García Massó,  
ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a tres de marzo de dos mil diecisiete.

