

**UNIVERSITAT DE VALÈNCIA**  
**Facultat de Fisioteràpia**



**TESIS DOCTORAL**

**COMPORTAMIENTO DE LA VARIABILIDAD MOTRIZ EN  
ADULTOS MAYORES NO INSTITUCIONALIZADOS: INFLUENCIA  
DE ESTÍMULOS COGNITIVOS, DURANTE EL DESARROLLO DE  
LA PRUEBA DE PASO DE 2 MINUTOS Y SU RELACIÓN CON  
EVENTOS DE CAÍDAS.**

**PRESENTADA POR:**

D. Juan Antonio Tortella González

**DIRIGIDA POR:**

Dra. Dña. Celedonia Igual Camacho

Dr. D. José María Blasco Igual

Dr. D. Marcelo Cano Cappellacci

**PROGRAMA OFICIAL DE DOCTORADO**

Procesos de Envejecimiento: Estrategias Sociosanitarias

Octubre de 2020



**Dra. Dña. Celedonia Igual Camacho**, Profesora Titular de la Facultat de Fisioteràpia de la Universitat de València.

**Dr. D. José María Blasco Igual** Profesor Contratado Doctor de la Facultat de Fisioteràpia de la Universitat de València.

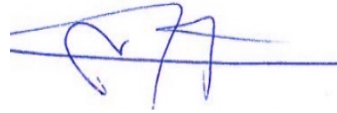
**Dr. Dr. D. Marcelo Cano Cappellacci** Profesor Titular Doctor de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile

**Certifican:**

Que la presente tesis, titulada “Comportamiento de la variabilidad motriz en adultos mayores no institucionalizados: influencia de estímulos cognitivos, durante el desarrollo de la prueba de paso de 2 minutos y su relación con eventos de caídas.”, ha sido realizada por D. Juan Antonio Tortella González, bajo su dirección y tutela académica, en el marco del Programa de Doctorado en Procesos de Envejecimiento: Estrategias Sociosanitarias, del Departament de Fisioteràpia de la Universitat de València, para optar al grado de Doctor. Habiéndose concluido y reuniendo a su juicio las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizan su presentación para su defensa ante el tribunal correspondiente.



Y para que conste, expiden y firman la presente certificación, en Valencia, octubre de 2020.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'C' followed by 'I' and 'C', with a horizontal line extending to the right.

**Fdo. Dra. Dña. Celedonia Igual Camacho, directora.**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Blasco', with a horizontal line extending to the right.

**Fdo. Dr. D. José María Blasco Igual, director.**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Cano', with a horizontal line extending to the right.

**Fdo. Dr. D. Marcelo Cano Cappellacci, director.**

A handwritten signature in blue ink, identical to the first signature, consisting of a stylized 'C' followed by 'I' and 'C', with a horizontal line extending to the right.

**Fdo. Dra. Dña. Celedonia Igual Camacho, tutora.**



*Sólo el que ha experimentado el dolor de una caída*

*Sabe el gozo que trae el volver a ponerse de pie.*

*Gracias Dios por dejarme llegar a hasta acá, sin ti hubiese sido*

*imposible, gracias por mantenerte vigilante como el mejor guardián*

*que alguien pueda desear, por estar atento y no dejarme caer.*





## AGRADECIMIENTOS

A mi amigo y maestro Marcelo Cano, no tengo palabras para agradecer tu apoyo, tu compromiso lleno de sabiduría y cariño que me permiten hoy llegar a este momento de mi formación profesional y académica. Gracias por enseñarme a fluir como lo hace el agua de los arroyos estoy seguro de que mis logros son reflejo de quien me ha formado con dedicación, cariño y rectitud. Gracias por estar siempre atento y dispuesto a ayudar. “Tarda en llegar y al final hay recompensa”

A mis directores Celedonia y José María, por acompañar el desarrollo de esta investigación, gracias por la ayuda incondicional, la comprensión y el apoyo que me han brindado durante estos años, sin ustedes jamás se hubiese concretado esta investigación, gracias por sus correcciones, por el enorme respeto y comprensión que siempre han demostrado para conmigo.

A mis amigos y colegas Francisco, Victoria, Roberto y Josué gracias por empujar este carro, sin ustedes no hubiese sido posible cruzar la línea de meta.

Gracias a todos quienes con sus oraciones y cariño han hecho posible este momento, Sin duda alguna son artífices de este logro. Soy Feliz de saber que cuento con ustedes.



CON ESPECIAL AMOR DEDICO ESTE LOGRO...

*A mis padres Margarita y Bartolomé y mi hermana Lorena, gracias por confiar en mí y apoyarme en este camino, cada logro es fruto del sacrificio y amor que me han entregado cada día... Con ustedes siempre en el corazón*

*A mi querido Papá Rafael, tu cariño, oración y apoyo incondicional, han hecho posible llegar a cumplir esta nueva meta, gracias por estar presente en cada paso, por alimentar con tu entusiasmo cada sueño y ayudarme a superar cada tropiezo, eres un hermoso regalo de Dios en mi vida.*

*Gracias, Martín por enseñarme que la ruta se recorre paso a paso, que es mejor caminar con la esperanza de llegar más allá del horizonte y con gratitud por las sendas y vivencias que van quedando atrás, incluso saber agradecer las piedras que nos hacen tropezar... Al final del viaje lo único que queda es el Amor.*

*A nuestra Nanita... Vieja Descansa en paz en los brazos de Dios.*



*A mañ a per mostrar-me que el cor s'alegra  
quan deixes que algú entri i habiti en ell.  
gràcies per compartir amb mi el millor  
d'aquesta bella ciutat, el teu cor.*



## RESUMEN

La evidencia científica ha logrado establecer la existencia de un incremento en los niveles de dependencia y morbimortalidad en la medida que los sujetos envejecen, debido a una multiplicidad de cambios a nivel estructural y funcional, que disminuyen la capacidad de adaptación de los sujetos a las demandas internas y medioambientales. Entre los factores que se han identificado como claves en el proceso de disminución de la capacidad funcional de la población adulta mayor, se cuentan la pérdida de masa muscular, las alteraciones sensorio-motrices y la disminución de la función cognitiva, entre otras.

El estudio del movimiento humano ha logrado incorporar en las últimas décadas diversas herramientas tecnológicas que permiten identificar factores cinéticos y cinemáticos que influyen en el control de la ejecución motora, un ejemplo de esto es la variabilidad motriz, variable que conceptualmente representa el reflejo de las fluctuaciones aleatorias o ruido que se genera en el sistema sensorio motor durante la ejecución de un movimiento.

El presente estudio tuvo como objetivo principal, determinar la relación entre el registro de variabilidad motriz detectado mediante una plataforma de contacto durante la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos (2MST) y el registro de caídas previas en población adulta mayor. Al mismo tiempo fueron objetivos de esta investigación comparar el comportamiento de la variabilidad motriz registrada durante la prueba de 2MST, en presencia y ausencia de estímulos cognitivos estandarizados, así como el determinar la relación entre el registro de caídas previas y el desempeño alcanzado en las pruebas de función física, función cognitiva y los niveles de variabilidad motriz, en la población estudiada.

Se evaluaron un total de 151 sujetos, todos mayores de 60 años, con una edad promedio de  $70,5 \pm 7,5$  años, de los cuales un 80,1% correspondió a mujeres y un 19,9% a hombres.

Los resultados obtenidos durante el proceso de evaluación, tanto de las variables sociodemográficas y sanitarias como de las variables de función física y cognitiva

permiten determinar que la muestra estudiada presentó bajos niveles de riesgo funcional.

Respecto del análisis de las variables en estudio, se demostró que no existe correlación entre el historial de caídas registrado en un período de doce meses previos al inicio del estudio y los niveles de variabilidad motriz detectados durante el 2MST.

A su vez, se logró determinar que existen diferencias significativas entre los niveles de variabilidad motriz registrados durante la prueba 2MST, desarrollada sin estímulos cognitivos agregados, al ser comparada con el desarrollo de la misma prueba en presencia de un estímulo cognitivo asociado.

Adicionalmente, no se encontró correlación entre los niveles de variabilidad motriz y los mecanismos habituales de valoración de riesgo de caída, particularmente en la prueba de *up and go*, así como en la prueba de apoyo unipodal. Lo mismo ocurrió entre dichos mecanismos de evaluación y el registro de caídas previas, por lo tanto, los mecanismos clásicos de evaluación, así como la herramienta evaluativa propuesta en esta investigación, presentan un comportamiento similar con relación al historial de caídas en la población evaluada.

Se hace necesario la realización de nuevos estudios en esta línea, que mediante la utilización de los hallazgos obtenidos en esta investigación y mediante diseños prospectivos permitan un mayor avance en la determinación de valores de variabilidad motriz, que identifiquen de manera precoz a población en riesgo de sufrir eventos graves de caídas y/o alteraciones funcionales severas. También parece relevante que en investigaciones futuras que utilicen el mismo diseño propuesto en esta investigación, se incluyan sujetos con un mayor nivel de deterioro funcional tanto físico, como cognitivo.



## ABSTRACT

Recently evidence has shown an important growing in dependence and morbimortality levels in elderly population compared with younger people. That's a result of a great number of structural and functional changes related to the normal aging process, which decrease the ability to adapt to the internal and environment demands. Some factors like sarcopenia, sensorial and motor illness and cognitive deterioration are signed like key factors in the decrease of functional capacity of elders.

In the last decades, the human movement study has incorporated new tools to assess kinetic and kinematic factors which influence the motor control process, one of these factors is motor variability (MV), which is known conceptually as a reflex of random fluctuations generated in the sensorial and motor system during normal movement.

The principal aim of the present study was to determine the relationship between MV assessed by pressure platform, during performing of 2 minutes step test (2MST) and the history of falls in community dwelling elderlies. Others study aims was to compare the behavior of MV during performing 2MST, in two different conditions, first one without extra cognitive interference and second one with cognitive stimulus interference. Other of aims was determine the relationship between the history of falls registered in the last 12 month and performance of physical and cognitive functional tests and MV levels in the studied sample.

151 persons older than 60 years old, were included in our study, media age  $70.5 \pm 7.5$  years, 80.1% females and 19.9% males.

The results of sociodemographic and health variables and physical and cognitive function variables showed a low risk of functional illness in the studied sample.

According to correlation study we demonstrated no statistical correlation between fall's history in the last 12 months previous to study and MV levels registered during 2MST. There was a significant difference in the MV development without extra cognitive interference and with cognitive stimulus interference. There was no statistical

relationship between MV with regular tests for assessing risk of falls, nor a relationship between those regular tests or MV and history of falls.

According to our results and conclusions, there would be a need to develop new research with a prospective temporal design, that could include people with low functional levels, that allow to identify MV reference values for people with high functional risk.

## **ÍNDICE GENERAL**

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	1
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	1
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	2
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES</b> .....	2
<b>LISTA DE ACRÓNIMOS</b> .....	3
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>2. MARCO CONTEXTUAL</b> .....	7
<b>2.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>2.2 ENVEJECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y EPIDEMIOLÓGICO</b> .....	8
<b>2.3 ENVEJECIMIENTO FISIOLÓGICO</b> .....	10
<b>2.4 ENVEJECIMIENTO Y SU INFLUENCIA EN EL CONTROL MOTOR</b> .....	20
<b>2.4.1 Teorías de control motor</b> .....	21
<b>2.4.2 Factores del envejecimiento que afectan el control motor</b> .....	26
<b>2.5 VARIABILIDAD MOTRIZ Y FUNCIONALIDAD EN</b> .....	33
<b>LA POBLACIÓN ADULTA MAYOR</b> .....	33
<b>2.6 VARIABILIDAD MOTRIZ, FUNCIONALIDAD Y CAÍDAS EN ADULTOS</b> <b>MAYORES</b> .....	40
<b>2.7 IMPORTANCIA DE LA FUNCIÓN FÍSICA EN POBLACIÓN ADULTA</b> <b>MAYOR</b> .....	43
<b>2.7.1 Fuerza</b> .....	46
<b>2.7.2 Resistencia</b> .....	47
<b>2.7.3 Equilibrio</b> .....	49

2.7.4	Velocidad.....	50
2.7.5	Flexibilidad.....	51
2.8	<b>FUNCIÓN COGNITIVA.....</b>	<b>51</b>
3.	<b>JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>55</b>
3.1.	<b>JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>56</b>
3.2	<b>PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>58</b>
3.3	<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>58</b>
3.4	<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>59</b>
3.4.1	Objetivo general.....	59
3.4.2	Objetivos específicos.....	59
4.	<b>MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>61</b>
4.1	<b>CONSIDERACIONES ÉTICAS.....</b>	<b>61</b>
4.2	<b>TIPO DE ESTUDIO.....</b>	<b>62</b>
4.3	<b>VARIABLES DEL ESTUDIO.....</b>	<b>62</b>
4.3.1	Variables sociodemográficas.....	64
4.3.2	Variables para condiciones sanitarias.....	65
4.3.3	Variables antropométricas.....	66
4.3.4	Variables de función física.....	67
4.3.5	Variables de función cognitiva.....	74
4.4	<b>MUESTRA.....</b>	<b>75</b>
4.4.1	Criterios de inclusión.....	75
4.4.2	Criterios de Exclusión.....	75
4.4.3	Tamaño de la muestra.....	76
4.5	<b>MECANISMOS Y PROCESO DE EVALUACIÓN.....</b>	<b>77</b>

<b>5.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>91</b>
<b>5.1</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO.</b> .....	<b>93</b>
<b>5.2</b>	<b>RESULTADOS SEGÚN OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA INVESTIGACIÓN.</b> .....	<b>98</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Resultados objetivo 1</b> .....	<b>98</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Resultados objetivo 2</b> .....	<b>99</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Resultados objetivo 3</b> .....	<b>102</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Resultados objetivo 4</b> .....	<b>104</b>
<b>6.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>107</b>
<b>6.1</b>	<b>RELACIÓN ENTRE HISTORIAL DE CAÍDAS Y VALORES DE VARIABILIDAD MOTRIZ.</b> .....	<b>108</b>
<b>6.2</b>	<b>VARIABILIDAD MOTRIZ Y ESTÍMULO COGNITIVO.</b> .....	<b>109</b>
<b>6.3</b>	<b>VARIABILIDAD MOTRIZ Y SU RELACIÓN CON LAS PRUEBAS DE EVALUACIÓN FUNCIONAL DE RIESGO DE CAÍDA.</b> .....	<b>111</b>
<b>6.4</b>	<b>FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL ESTUDIO</b> .....	<b>112</b>
<b>6.5</b>	<b>PROYECCIONES.</b> .....	<b>114</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.</b> .....	<b>117</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>119</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>137</b>
<b>9.1</b>	<b>CONSIDERACIONES COMITÉ DE ÉTICA</b> .....	<b>137</b>
<b>9.2</b>	<b>FORMULARIO CONSENTIMIENTO INFORMADO</b> .....	<b>143</b>
<b>9.3</b>	<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	<b>145</b>
<b>9.4</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE PLATAFORMA DE CONTACTO DMJUMP®.</b>	<b>150</b>



## **ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1 .....	79
TABLA 2 .....	113
TABLA 3 .....	115
TABLA 4 .....	119
TABLA 5 .....	122
TABLA 6 .....	123
TABLA 7 .....	124
TABLA 8 .....	124
TABLA 9 .....	125
TABLA 10 .....	128
TABLA 11 .....	129

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1 .....	29
FIGURA 2 .....	30
FIGURA 3 .....	39
FIGURA 4 .....	51
FIGURA 5 .....	55
FIGURA 6 .....	58
FIGURA 7 .....	98
FIGURA 8 .....	99
FIGURA 9 .....	112

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

GRÁFICO 1 .....	116
GRÁFICO 2 .....	117
GRÁFICO 3 .....	126
GRÁFICO 4 .....	126

## **ÍNDICE DE IMÁGENES**

IMAGEN 1 .....	101
IMAGEN 2 .....	102
IMAGEN 3 .....	103
IMAGEN 4 .....	104
IMAGEN 5 .....	105
IMAGEN 6 .....	106
IMAGEN 7 .....	107
IMAGEN 8 .....	108
IMAGEN 9 .....	109
IMAGEN 10 .....	110



## **LISTA DE ACRÓNIMOS**

<b>AM</b>	Adulto(s) Mayor(es)
<b>AUd</b>	Prueba de apoyo unipodal derecha
<b>AUi</b>	Prueba de apoyo unipodal izquierda
<b>CM</b>	Control Motor
<b>DT</b>	Doble tarea
<b>EBC</b>	Escolaridad básica en sistema educacional chileno
<b>EBI</b>	Escolaridad básica incompleta en sistema educacional chileno
<b>ELEAM</b>	Establecimiento larga estadía para adultos mayores
<b>EMC</b>	Escolaridad media incompleta en sistema educacional chileno
<b>EMI</b>	Escolaridad media incompleta en sistema educacional chileno
<b>EUC</b>	Educación Universitaria/técnica incompleta
<b>EUI</b>	Educación Universitaria/técnica incompleta
<b>EVN</b>	Esperanza de vida al nacer
<b>H1</b>	Hipótesis 1
<b>H2</b>	Hipótesis 2
<b>H3</b>	Hipótesis 3
<b>IMC</b>	Índice de masa corporal
<b>INE</b>	Instituto nacional de estadísticas Chile
<b>MINSAL</b>	Ministerio de salud Chile
<b>MMSE</b>	Examen minimental
<b>OMS</b>	Organización mundial de la salud
<b>ONU</b>	Organización de Naciones Unidas
<b>RAC</b>	Señal auditiva rítmica
<b>rMSSD</b>	Variabilidad expresada en términos de raíz cuadrada del promedio de las diferencias de registros consecutivos
<b>SE</b>	Sin estudios formales en sistema educacional chileno

<b>SENAMA</b>	Servicio nacional del adulto mayor
<b>SNC</b>	Sistema nervioso central
<b>TC</b>	Prueba del reloj fase copia
<b>TR</b>	Prueba del reloj
<b>TUG</b>	Prueba de levantarse caminar 3 m, y volver ( <i>time up and go</i> )
<b>TV</b>	Prueba del reloj fase orden verbal
<b>UM</b>	Unidad motora
<b>VM</b>	Variabilidad motriz/variabilidad motora
<b>VO<sub>2</sub>Máx.</b>	Consumo máximo de Oxígeno
<b>5STS</b>	Prueba funcional pararse y sentarse 5 veces

## 1. INTRODUCCIÓN.

El envejecimiento, corresponde a un proceso normal en el ciclo vital de las especies, el cual está acompañado de una serie de cambios en el organismo que repercuten de manera directa en la capacidad de adaptación a las demandas y cambios del medioambiente, esto se refleja de manera puntual en la especie humana incrementando el riesgo de morbimortalidad en la población de edad avanzada [Santoni, G., et al. (2015)]. Una de las características de este proceso corresponde a la disminución progresiva de las capacidades motrices, principalmente evidenciada en el desempeño del movimiento, el que se ve afectado tanto en su generación como en sus procesos control.

Esta disminución en el desempeño de la función motora que se registra durante el proceso de envejecimiento, se vincula directamente con un incremento en el riesgo de sufrir alteraciones funcionales, constituyendo una de las causas más importantes de caídas, del aumento en el riesgo de dependencia y de discapacidad en los adultos mayores [Clark, C., Taylor, L. (2011)]. En este sentido, uno de estos factores del comportamiento motor que ha sido estudiado en los últimos años corresponde a la variabilidad motriz, que ha sido medida principalmente con relación a la función muscular y en virtud de algunos parámetros cinemáticos registrados durante la marcha, identificándose en muchos casos como un factor asociado al incremento del riesgo de caídas y de deterioro funcional. Sin embargo, el comportamiento de la variabilidad motriz no ha logrado establecerse como un mecanismo irrefutable en la evaluación del riesgo motor en personas mayores, los estudios desarrollados requieren en muchas ocasiones la implementación de equipos de alto costo que no son susceptibles de financiar en los sistemas de salud primario y se limitan a centros especializados, laboratorios o universidades, disminuyendo de esta forma su aplicación en la población general. En este contexto, el propósito de esta investigación es determinar mediante un dispositivo portátil basado en sensores de presión que detectan los tiempos de contacto de las extremidades inferiores con la superficie de apoyo, durante una prueba de paso en el lugar de dos minutos de duración, para

identificar el comportamiento de la variabilidad motriz expresada en tiempos de contactos bipodales sucesivos y establecer su relación con el historial de caídas reportado por un grupo de 151 personas mayores de 60 años que viven en la comunidad, de igual forma resulta importante establecer la relación entre el riesgo de caídas evaluado por pruebas clínicas de uso habitual en centros de salud primaria y los valores de variabilidad encontrados en esta investigación y así proyectar su uso como elemento objetivo de valoración de riesgo de caer o de alteración funcional en la población adulta mayor.

En los siguientes capítulos se desarrollan cada uno de los aspectos que sustentan esta investigación y que permiten contextualizar la necesidad de desarrollar nuevo conocimiento en esta área y de tal forma contribuir en la detección de factores que puedan relacionarse con un aumento del riesgo de dependencia, limitación funcional y morbimortalidad en la población adulta mayor.

## **2. MARCO CONTEXTUAL.**

### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

En el presente capítulo se desarrollan los antecedentes que permiten contextualizar esta investigación doctoral, cuyo propósito es determinar el comportamiento de la variabilidad motriz evaluada durante el desarrollo de una prueba de marcha en el lugar en población adulta mayor. Esta valoración supone dos condiciones, una condición inicial basal y una condición interferida por estímulos cognitivos de origen auditivo, lo que permite determinar si dichos estímulos influyen en el comportamiento de la variabilidad motriz y a la vez poder identificar la posible relación de este parámetro con el historial de caídas de la población estudiada.

Se hace necesario entonces, desarrollar un recorrido por aquellos antecedentes y conceptos que nos permitan situarnos en los temas centrales de esta investigación, en primera instancia se han abordado los conceptos vinculados al proceso de envejecimiento desde su contexto demográfico y epidemiológico, para luego conocer sus implicancias fisiológicas y funcionales más relevantes vinculadas al tema central del estudio. En segundo término, se realiza una descripción de las condicionantes y mecanismos de regulación del control del movimiento humano, para posteriormente referirnos al concepto y alcances de la funcionalidad en las personas mayores, sus mecanismos de evaluación y la influencia de estos en el aumento del riesgo de discapacidad y morbimortalidad en dicho grupo etario. Finalmente son expuestos los criterios de búsqueda y los resultados de la revisión de literatura consultada para la construcción de esta investigación.

## 2.2 ENVEJECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y EPIDEMIOLÓGICO.

Según cifras de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se calcula que casi 962 millones de personas en todo el mundo tienen actualmente 60 años o más, lo que representaría aproximadamente un 11-13% de la población mundial, presentando una tasa de crecimiento del 3% anual, lo que según estimaciones de este organismo haría esperar para 2030 que el número de adultos mayores (AM) alcance cifras cercanas a los 1400 millones de personas [United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017)]. Este comportamiento de la población mundial ha sido influenciado por numerosos factores, entre los que destacan la disminución en la tasa de natalidad y los niveles de mortalidad infantil, que según cifras del Banco Mundial alcanzó a 12,4/1000 personas y 28,9/1000 personas respectivamente en el período 2018 [UNICEF, OMS, Grupo del Banco Mundial y Naciones Unidas (2019)]. Junto a estos factores, cabe mencionar que el constante desarrollo científico y tecnológico han incidido en forma directa en la capacidad diagnóstica y terapéutica en el ámbito de la salud, lo cual ha favorecido esta disminución progresiva de las tasas de mortalidad infantil y con ello un aumento sostenido de la esperanza de vida al nacer (EVN) [Banco Mundial (2018)]. Estos cambios se han hecho patentes en todo el mundo, es así como en los países de Latinoamérica se han experimentado los efectos de esta acelerada transición demográfica y epidemiológica, en el caso puntual de Chile este fenómeno se ha manifestado de manera rápida y progresiva, cuyas primeras señales se visualizaron a partir del año 1960, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística de Chile (INE), la población AM mayor de 65 años supera los 2 millones de personas, lo que equivale al 11,4% de la población total del país. Estas cifras registradas en el último censo de población del año 2017 posicionan a Chile como uno de los países con mayor proporción de adultos mayores en la región [INE CENSO (2017)], por encima de países como Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, incluso superior al porcentaje mundial que bordea el 9% de personas de más de 65 años [Banco Mundial (2018)]. Otra perspectiva que da cuenta de la magnitud del aumento de la población adulta mayor es la relación que existe entre el número de personas mayores de 65 años con respecto a la población menor de 15 años, esta relación conocida como índice de envejecimiento alcanza en Chile un 63,1

proyectándose por parte del INE para el 2025 un índice de 78,4, lo cual indica que el peso relativo de la población AM seguirá aumentando sostenidamente en el país [INE (2017)].

El proceso de envejecimiento poblacional no se relaciona únicamente con un cambio en la dinámica de las poblaciones, sino que genera un enorme desafío sociosanitario en los distintos países [Christensen, K., et. al. (2009)] toda vez, que coexiste con este fenómeno poblacional, una creciente asociación con trastornos de salud de la población, es así como los indicadores de morbimortalidad en la población AM tienden a ser superiores que en otros grupos etarios, según la información emanada del informe mundial sobre envejecimiento y salud de la OMS, se constata que el aumento de parámetros de morbilidad no sólo afecta a algunas sociedades desarrolladas sino que tiende incluso a ser mayor en los países pobres [OMS (2015)].

En este sentido, las estadísticas muestran que un 35,7% de la población AM reporta una enfermedad crónica, el 22% registra al menos dos de ellas y un 0,4% más de 6 enfermedades de este tipo [Thumala, D., et. al. (2017)]. Por su parte y respecto de las causas de muerte en la población AM, una de cada cuatro muertes fue vinculada a enfermedades cardiovasculares, mientras que una de cada seis a enfermedades neuropsiquiátricas [Román Lay, A., et. al. (2020)]. En este contexto, según lo registrado por el Ministerio de Salud de Chile (MINSAL) las causas de muerte en personas mayores de 65 años corresponden en primer lugar a patología oncológica, seguido por enfermedades de origen cardiovascular y del sistema respiratorio [MINSAL (2019)]. En cuanto a los niveles de dependencia registrados en la población AM, si bien existen variaciones entre las distintas realidades, se estima por parte del Servicio Nacional del Adulto Mayor de Chile (SENAMA) que un 24% de los mayores de 65 años presenta algún grado de dependencia en labores de la vida diaria, la que se encuentra asociada al desarrollo de discapacidad [SENAMA (2015)]. Estas características en conjunto con las condiciones mencionadas anteriormente tensionan y ejercen una presión creciente sobre las sociedades, las cuales ven aumentada la necesidad de recursos sanitarios, estrategias de prevención y de cuidados avanzados en esta población, con el fin de generar mejoras en su calidad de vida y particularmente en sus niveles de funcionalidad [Schrack, J.A. et. al. (2010)]. Esta realidad ha impulsado a la OMS a fomentar de manera explícita en las sociedades de

todo el mundo, los esfuerzos necesarios para responder a este cambio poblacional, haciendo énfasis en la promoción de un envejecimiento saludable, fomentando que los sistemas de salud se alineen con las necesidades de las personas mayores, de tal manera que sean cubiertas las necesidades de atención crónica en esta población, incluida en este contexto la atención paliativa, que se vele además por la creación de entornos adaptados para las personas mayores, favoreciendo así las estrategias de mejoramiento en mecanismos de medición, seguimiento y comprensión de los cambios y necesidades de la población AM, esto genera la necesidad de avanzar mediante la investigación aplicada, en los diversos contextos relacionados con el proceso de envejecimiento y sus alcances [OMS (2018)].

### **2.3 ENVEJECIMIENTO FISIOLÓGICO**

A lo largo de las últimas décadas, se ha despertado un gran interés en la comunidad científica por comprender el proceso de envejecimiento humano, si bien existe diversidad de opiniones respecto de los énfasis y prioridades en esta área del conocimiento, es posible identificar algunos acuerdos transversales en la mayoría de los autores, algunos de estos consensos se relacionan con el hecho de concebir al envejecimiento como un proceso continuo de cambios, que ocurren a nivel morfológico, estructural y funcional asociados al paso del tiempo, dichas modificaciones pueden ser entendidas como proceso de adaptación natural de los seres vivos, no obstante, suelen traducirse en alteraciones que impiden desarrollar una respuesta adecuada frente a estados de estrés fisiológico [Rodríguez García (2011)]. Aunque debemos reconocer que pese a estos posibles acuerdos entre la comunidad del conocimiento hay voces que con fuerza impulsan la teoría de considerar al envejecimiento directamente como una condición de enfermedad, toda vez que se reconoce que en esta etapa del ciclo vital existe un notorio aumento del deterioro, asociándose este de manera progresiva con el final de la vida [Bulterijs, S., et. al. (2015)].

El proceso de envejecimiento presenta una serie de características entre las que se destaca su carácter progresivo, si bien aún es difícil establecer un acuerdo absoluto entre los investigadores y expertos respecto del momento en que se inicia el



envejecimiento de los organismos, lo que está claro es que una vez que se ha iniciado este proceso, avanza con una cinética variable de especie a especie y de individuo a individuo en forma unidireccional [Mitnitski, A., et. al. (2013)]. Otra de sus características generales es la irreversibilidad, en este sentido, cada fase vivida de este proceso no permite su remisión a fases previas, esto sin embargo no impide que la velocidad del proceso pueda variar entre los distintos sujetos [Carmona, J., Michan, S. (2016)]. Se ha mencionado también como característica central del proceso de envejecimiento el hecho de afectar de manera universal a las especies, constituyéndose en una etapa integral de su ciclo vital, sin embargo y pese a esta universalidad, también corresponde a un proceso de características específicas permitiendo que cada especie e individuo lo manifieste de manera particular [Rico-Rosillo, M. G., Oliva-Rico, D., Vega-Robledo, G. B. (2018)]. A lo largo de este proceso de envejecimiento los cambios experimentados por los individuos se sustentan principalmente en dos pilares fundamentales, por un lado, en el contexto genético que explicaría en parte la magnitud y tipo de presentación de estos cambios [Labat-Robert J, Robert L. (2015); Rose, M.R. (2009)]. El otro pilar que sustenta este proceso corresponde a la influencia que tiene el medioambiente sobre el envejecimiento, donde múltiples estudios han establecido una relación entre factores geográficos, estándares sociodemográficos y recursos socioeconómicos con las características del envejecimiento de la población, una de las características más divulgadas en este aspecto corresponde a la EVN y las múltiples diferencias registradas a lo largo del orbe en torno a la capacidad económica y las características de vida de sus AM. Del mismo modo se han establecido relaciones entre los estilos de vida o hábitos cotidianos, entre otras a nivel nutricional, de actividad física, relaciones sociales, consumo de sustancias nocivas, así como la calidad de vida y supervivencia de la población [Fiorito, G., et. al. (2019)].

Durante el proceso de envejecimiento ocurren cambios fácilmente detectables en los individuos que involucran entre otros aspectos, variaciones de la estatura, originado por ejemplo, en la disminución de altura en discos intervertebrales y/o las modificaciones posturales que acompañan generalmente esta etapa del ciclo vital, se ha llegado a estimar que la disminución en la altura de los sujetos corresponde aproximadamente a 1 cm por cada década desde los 40 años, y que esta proporción

tiende a aumentar después de los 70 años. Otros cambios fácilmente observables se relacionan con la distribución de la grasa corporal y la proporción de masa magra en los AM, así como la distribución de líquido en el organismo, observándose una disminución principalmente a nivel de líquido intracelular [Corujo, E., Rodríguez, D. (2006)]. En la población adulta mayor, aproximadamente el 60% del peso corporal corresponde a contenido líquido, con un 26% a nivel extracelular y un 34% en el terreno intracelular, el tejido graso representará un 20%, las proteínas cerca de un 15%, mientras que los minerales el 5%. Cuando envejecemos se redistribuyen los compartimentos grasos y magros, aumentando la masa grasa aproximadamente en un 10% y distribuyéndose principalmente a nivel central, lo que constituye un factor de riesgo cardiovascular, esta tendencia fue confirmada en 2009 en población adulta mayor de raza blanca y asiática de ambos sexos [Kuk, J.L., et. al. (2009)]. La variación en la proporción de masa magra y masa grasa conlleva a una disminución comparativa de la masa muscular, que desde el punto de vista funcional favorece un descenso en la fuerza muscular en población envejecida [Millan, J.C. (2011)].

Todos los cambios producidos durante el proceso de envejecimiento y que resultan visibles y evidentes tienen su origen y sustento a nivel tisular, a este nivel los cambios producidos durante el envejecimiento conllevan una degeneración progresiva que afecta a todos los órganos, sin embargo, el ritmo de este proceso no es homogéneo, guardando relación con la capacidad de reserva funcional de los distintos sistemas. Se ha determinado que esta reserva disminuye con el tiempo, dicho concepto puede ser entendido como la diferencia en el control adaptativo de un órgano o sistema en condiciones basales respecto de situaciones de estrés fisiológico máximo. Así a menor nivel de reserva funcional, más cercana está la línea de daño o deterioro del sistema [Breton, T., et. al. (2014); Mitnitski, A., et. al. (2013)]. Desde la perspectiva celular al envejecer se experimentan cambios estructurales, tales como una disminución global del número de células, mediado por alteraciones en sus potenciales de reparación y multiplicación, habiéndose descrito cambios volumétricos en las células, en parte debido a la acumulación de sustancias pigmentosas en su interior, por ejemplo, de depósitos grasos como la lipofuscina, sustancia amorfa originada por la degradación metabólica [Vinay Kumar, A. K., et. al. (2010)], que pueden explicar en parte el deterioro progresivo en la función de las células, lo cual

se suma a una baja en su capacidad reproductiva. Uno de los estudios que aborda esta problemática y que se centra en lo que ocurre en el sistema nervioso central, fue publicado en 2013 y describió diferencias a nivel de membrana en las células nerviosas de diferentes zonas del sistema nervioso central y su nivel de vulnerabilidad frente a procesos de estrés oxidativo, encontrando diferencias significativas entre las regiones cerebrales estudiadas [Naudí, A., et. al. (2013)]. Por su parte el tejido conectivo inicia un proceso de degeneración que se traduce en mayor rigidez de las fibras colágenas, principalmente por procesos de entrecruzamiento y modificaciones en las fases de glicosilación de sus cadenas de proteínas; lo que junto a las alteraciones en la relación matriz-celular podría explicar gran parte de los cambios ocurridos en los tejidos durante el envejecimiento [Bailey, A. J. (2001); Karathanasopoulos, N., Ganghoffer, J. F. (2019)].

En los párrafos siguientes se describen algunas de las variaciones más relevantes en los sistemas relacionados directamente con los ámbitos del presente estudio; en particular a nivel musculoesquelético, cardiorrespiratorio y nervioso central.

### **Sistema musculoesquelético y envejecimiento.**

A nivel musculoesquelético se han descrito ampliamente en la literatura cambios en la cantidad de fibras musculares, así como la disminución en su diámetro y en su capacidad de multiplicación [Daly, R.M., et. al. (2013)]. El grupo europeo de trabajo en sarcopenia en adultos mayores define la disminución de la masa muscular como una de las características más graves del proceso de envejecimiento, vinculándola directamente a condiciones de disfunción y constituyendo uno de los factores de riesgo de morbilidad y fragilidad en adultos mayores [Cruz-Jentoft, A. (2010)]. La disminución en la fuerza muscular fenómeno conocido como dinapenia, tiene su principal origen en uno de los más documentados cambios asociados al envejecimiento, el fenómeno conocido como sarcopenia, el cual se define como un proceso multifactorial que se traduce en la disminución del número y diámetro de las fibras musculares y en el que se ven involucrados factores hormonales, neuronales, mecánicos y nutricionales [Visser, M., Deeg, D.J., Lips, P. (2003)]. Según algunos estudios la disminución de la masa muscular alcanzaría entre un 1 y 2% anual sobre

los 50 años; mientras que la fuerza muscular apendicular disminuiría anualmente entre un 1,5 y 3% sobre los 60 años, siendo la tasa de pérdida mayor en hombres que en mujeres [Abellan Van Kan, G., et. al. (2013)]. Este fenómeno y su vinculación con el control motor en el proceso de envejecimiento será abordado en detalle en capítulos posteriores de este documento.

Otros componentes relevantes a nivel del sistema musculoesquelético son el tejido óseo, cartilaginoso, los componentes capsulares y ligamentosos. La acción conjunta de estos componentes permite desde el punto de vista estructural y biomecánico asegurar la funcionalidad durante las distintas acciones motoras que podemos ejecutar habitualmente, la estabilidad estática de las articulaciones durante la exploración de los rangos de movimiento se garantiza por la indemnidad de estos componentes antes mencionados, pero como hemos señalado largamente en otros puntos de este documento, el envejecimiento genera cambios adaptativos también en estos tejidos, los cuales se relacionan principalmente con una disminución en la capacidad de renovación tisular. En el caso del tejido óseo por ejemplo, se disminuye la capacidad de fijación de calcio y por consiguiente disminuye la densidad del tejido, este proceso conocido como osteopenia, tiene su punto de mayor deterioro en el cuadro clínico conocido como osteoporosis, la cual constituye un elevado factor de riesgo de fracturas en la población mayor, dicho fenómeno patológico presenta una mayor incidencia en población femenina y no depende únicamente de factores temporales sino que tiene una gran vinculación con componentes hormonales y nutricionales [Leslie, W.D., Morin, S. N.(2014); Kiernan, J., et. al. (2017)].

### **Sistema cardiovascular y envejecimiento.**

A nivel cardiaco los cambios más notorios lo constituyen el aumento del grosor de la pared posterior del ventrículo izquierdo, condición facilitada por factores como el aumento de la rigidez arterial y la resistencia vascular periférica. No obstante, no existe consenso en los autores incluidos en el análisis bibliográfico de este estudio respecto de la influencia que tiene el envejecimiento en la función ventricular izquierda, mientras algunos sostienen que existe una muy baja o nula influencia sobre dicha función [Kaku, K., et. al. (2011); Ruan, Q., Nagueh, S. F. (2005)], otros autores han

reportado que existe una disminución importante en la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en AM sanos [Salmasi, A. M., et. al. (2003)]. Si bien respecto de la fuerza en el músculo cardíaco podemos sostener que no existiría una disminución asociada a la edad, si se ha demostrado que existe un aumento en los períodos de contracción y relajación del músculo cardíaco, que tendría cierta relación con la alteración de la elasticidad del ventrículo, probablemente por una disminución de la relajación miocárdica al final de la diástole, reduciéndose la fase de llenado diastólico y dependiendo de esta forma de la contracción auricular para la función de llene ventricular [Rodríguez García (2011)]. A nivel valvular se han encontrado cambios en la morfología de las válvulas, esto ha sido sustentado en estudios cadavéricos en los que se incorporó a sujetos de distintas edades, en ellos se logró identificar que los diámetros valvulares tienden a aumentar con la edad, lo cual se suma a cambios tróficos en el mismo nivel, identificándose calcificaciones que podrían afectar las funciones de cierre de las válvulas, lo que potencialmente facilitaría la presencia de circuitos sanguíneos reverberantes [Gumpangseth, T., Mahakkanukrauh, P., Das, S.(2019)]. Resulta de especial atención, por la influencia en los diagnósticos de patología cardíaca que se presenta en la población mayor, los cambios que ocurren en el sistema de conducción de impulsos nerviosos que median la frecuencia de contracción cardíaca, en este sentido se ha reportado que en población AM existe una disminución del número de células marcapaso y un deterioro en las células del nódulo sinusal, algunas cifras indican que sobre los 75 años se conserva sólo un 10% del número de células del nodo, respecto de su número original [Strait, J.B., Lakatta, E.G.(2012)].

Desde la perspectiva funcional, se ha comprobado una disminución de la respuesta cardíaca al ejercicio, disminuyendo la velocidad de adaptación de los dominios de frecuencia cardíaca y la respuesta adrenérgica que subyace en él, este comportamiento involucra una disminución en un parámetro conocido como variabilidad del ritmo cardíaco. Una de las razones más probables de este comportamiento es la disminución del control del sistema neurovegetativo sobre el sistema cardíaco [Jandackova, V.K., et. al. (2016)]. En este sentido si consideramos el comportamiento de las presiones arteriales tanto en condiciones de esfuerzo como en reposo, éstas tienden a aumentar, lo que genera un mayor trabajo cardíaco en la

medida que las demandas físicas se incrementan, condicionando de esta manera la respuesta al esfuerzo físico [Guccione, A. (2012)].

### **Sistema respiratorio y envejecimiento.**

Los cambios que se observan durante el proceso de envejecimiento en el sistema respiratorio podrían ser clasificados en tres grupos; por una parte, aquellos que afectan a la pared torácica y que se relacionan con la dinámica diafragmática, por otro lado, los cambios vinculados con los mecanismos inmunitarios y por último aquellos que se traducen en variaciones del propio parénquima pulmonar [Lowery, E. M., et. al. (2013)].

A estos niveles se han documentado cambios en la calidad y propiedades del tejido colágeno, que generan una disminución de la movilidad de las articulaciones costo esternales y costovertebrales, encargadas de la disposición mecánica de los componentes óseos en la dinámica ventilatoria, esta alteración mecánica extrapulmonar se suma a la disminución de los componentes elásticos del pulmón que se deben en parte a la pérdida de elastina [Sharma, G., Goodwin, J. (2006)]

Entre los cambios morfológicos experimentados por este sistema y que interfieren el proceso de intercambio gaseoso, se mencionan la disminución en el número de unidades alveolares y de los componentes capilares, lo que generaría una disminución neta de transporte gaseoso y oxigenación sanguínea si comparamos población mayor con población joven [Sharma, G., Goodwin, J. (2006)]. Otro componente importante que afecta al sistema respiratorio es el comprendido por los cambios posturales que afectan a la cavidad torácica, entre ellos sobresale un patrón de tendencia cifótica en la población mayor, que produce un aumento del diámetro anteroposterior del tórax, una disminución en el volumen de la caja torácica y en casos severos una posible disminución del volumen pulmonar, además estos cambios en los patrones de postura generalmente asociados al envejecimiento tienden a afectar la eficiencia de la musculatura respiratoria, esto principalmente por razones mecánicas asociadas a cambios en la relación longitud tensión de las fibras musculares, por los cambios posturales mencionados anteriormente o por una disminución en la capacidad metabólica de las fibras de los músculos respiratorios los cuales presentan

condiciones similares de pérdida de fibras que otros músculos estriados [Desler, C., et. al. (2012)] esto puede generar alteraciones no sólo en la mecánica de la respiración, sino que además en algunos de los mecanismos inmunológicos del sistema respiratorio, ejemplo de ello, es la disminución en la fuerza necesaria para generar un mecanismo de tos eficiente, lo que desde el punto de vista práctico dificulta el barrido de las secreciones desde vías periféricas a vías centrales de conductos bronquiales [Lowery, E. M, et. al. (2013); Freitas, F. S., et. al. (2010)].

En resumen, las consecuencias funcionales de los cambios mencionados a nivel del sistema respiratorio están asociadas a una disminución de la función pulmonar, así como de la fuerza muscular y de los parámetros de inspiración y espiración máxima, lo que genera deficiencias en la adaptación al ejercicio o en condiciones de estrés fisiológico, aumentando el riesgo de afecciones respiratorias, así como la probabilidad de sufrir complicaciones ante cuadros infecciosos que afecten a este sistema [Boyer, L., et. al (2014)].

### **Envejecimiento y sus efectos en el sistema nervioso.**

Durante el envejecimiento, normal existen cambios en la estructura y función del sistema nervioso central, que no resultan ajenos a los descritos de manera transversal durante el proceso de envejecimiento (disminución de la población celular, baja el trofismo, cambios en los tejidos de sostén y sus consecuentes alteraciones funcionales y homeostáticas). En términos globales se ha descrito una disminución de peso y volumen cerebral que puede alcanzar entre el 7 y 8%, y que tiene su inicio en la sustancia gris en etapas tempranas del proceso de envejecimiento pero que con el avance de dicho proceso involucraría también a la sustancia blanca [Dickstein, D. L., et. al. (2007)].

Morfológicamente un cerebro envejecido presenta una disminución de su trofismo, un aumento en las cavidades ventriculares y en el espacio subaracnoideo, además se puede apreciar una disminución volumétrica en las zonas de las circunvoluciones, lo que se suma a una marcada tendencia al ensanchamiento de los surcos cerebrales [Dickstein, D. L., et. al. (2007)].

Se ha logrado determinar que existe una disminución cercana al 40% del número y densidad de las espigas dendríticas y de un 50% de la longitud de los axones mielinizados en el sistema nervioso central [Abizanda, et. al. (2012)], en este mismo sentido, se han reportado estudios que muestran una mayor disminución del volumen a nivel de la corteza prefrontal y t́mporo-parietal, lo que ocurre también a nivel del putamen, t́lamo y ńcleo accumbens, esto en relación con otras estructuras y zonas cerebrales que experimentarían menores variaciones [Jellinger, K. A., Attems, J. (2013)].

No obstante, a la descripción realizada sobre los cambios estructurales en el sistema nervioso, se han observado otro tipo de cambios que afectan también a las membranas meníngeas donde es posible observar modificaciones coherentes con cierto nivel de fibrosis. Un punto relevante que debemos considerar entre los cambios asociados al sistema nervioso durante las etapas del proceso de envejecimiento es la disminución de un 20% del flujo arterial cerebral, el que si bien no tiene su origen en una condición directa de alguna estructura cerebral, sí está asociado a las consecuencias vasculares de esta etapa del ciclo vital, por ejemplo, por el aumento de procesos ateromatosos, los que pueden favorecer el riesgo de patología cerebrovascular en la población AM [Abizanda, et. al. (2012)].

Es probable que uno de los mayores impactos que representan los cambios experimentados por el sistema nervioso durante las etapas más avanzadas de la vida, sean las alteraciones en la función cognitiva, las que abarcan desde alteraciones subclínicas que comúnmente se describen como normales en la población general, hasta alteraciones que dan luces de estar en presencia de un cuadro clínico complejo. No se puede desconocer que está ampliamente demostrado por medio de la literatura científica, que existe una relación muy notoria entre la edad de los individuos y la posibilidad de desarrollar alteraciones en su capacidad de rendimiento cognitivo y que en cierta forma esto es considerado como parte del proceso normal de envejecimiento humano. Es necesario tener en cuenta que los procesos cognitivos se sostienen en la integridad de las redes neuronales, tanto en términos de densidad neuronal como de su capacidad y sincronía sináptica [Shumway-Cook, A., Woollacott, M. (2012)].

La trascendencia de los procesos cognitivos en la funcionalidad e independencia de los individuos y en particular de los adultos mayores, puede ser entendida por medio



de las definiciones del concepto de cognición; el que se define como la actividad cerebral que permite un acoplamiento eficaz entre el ser humano y su entorno [Rodríguez García (2011)], de esta manera el proceso de cognición nos permite incorporar los cambios en el medioambiente que percibimos por medio de la información sensorial, registrarlos y utilizarlos adecuadamente en los procesos de interacción con el medio [Millan, J. C. (2011)]. Es por lo tanto de gran relevancia saber de qué manera se afecta esta capacidad cognitiva en el marco de un proceso de envejecimiento normal, en este documento se mencionan algunos de estos dominios cognitivos y de qué manera se ven influidos o alterados en el proceso de envejecimiento normal.

Los estudios desarrollados por Harada 2013, Salthouse 2012 y Puertas 2014, entre otros nos permiten reconocer que hay cierto grupo de funciones cognitivas que han sido denominadas cristalizadas, con el fin de hacer referencia a su estabilidad temporal, mientras que otras han recibido la denominación de fluidas, en alusión a la modificación que presentan en el tiempo [Harada, C. N., Love, M. C. N., & Triebel, K. L. (2013)]. En este sentido, las habilidades visoespaciales, así como las de cálculo y aprendizaje son las primeras que se ven afectadas, mientras que aquellas asociadas con el lenguaje y los conocimientos generales tienden a mantenerse estables incluso en etapas avanzadas del proceso de envejecimiento [Salthouse, T. (2012)]. La velocidad de procesamiento, referida a la rapidez con la cual son desempeñadas ciertas actividades cognitivas, por ejemplo, una respuesta motora, se califica dentro de las habilidades fluidas y se ha visto que comienza su declive sobre la tercera década de vida, en efecto, muchos de los cambios que habitualmente se reportan a nivel cognitivo en AM se refieren a esta velocidad de procesamiento, la cual puede ser pesquisada en actividades relacionadas con la fluencia verbal [Martín, VP., et. al. (2014)].

Por su parte cuando hablamos del proceso de atención, el cual representa la capacidad de enfocarse o concentrarse en un estímulo específico, podemos identificar que existe una atención inmediata, también llamada memoria inmediata que puede ser evaluada, por ejemplo, mediante la repetición de una secuencia numérica, esta capacidad tiende a no sufrir cambios muy marcados conforme avanza la edad de los individuos, no obstante, aumenta su declive en población muy mayor (sobre los 80-85

años). Otra forma de atención corresponde a la denominada atención selectiva, que puede ser entendida como la capacidad de seleccionar y priorizar entre varios estímulos confluyentes de un ambiente, este tipo de atención es más propensa a disminuir en virtud de la edad de los sujetos, claramente esta capacidad se encuentra vinculada a acciones que habitualmente son desarrolladas por la población, como mantener una conversación en un ambiente interferido por el ruido o mientras se conduce un vehículo, una alteración importante en este dominio puede significar una pérdida o alteración de la funcionalidad de los individuos principalmente en lo referido a actividades instrumentales y avanzadas de la vida diaria [Murman, D. L. (2015)]. Otra forma de atención es la denominada atención dividida, la cual, si bien puede tener relación con la atención selectiva descrita anteriormente, consiste en la capacidad de mantener el foco de la atención en más de un estímulo a la vez, es decir, poder atender y resolver tareas simultáneas, un ejemplo de esto en nuestros días es la capacidad de caminar mientras contestamos una llamada telefónica en nuestro móvil, habitualmente los adultos mayores presentan un peor desempeño en este parámetro. [Hamacher, D., Herold, F., Schega, L. (2016); Azadian, E., et. al. (2016)]. Como fue mencionado en párrafos anteriores es necesario considerar que la alteración en las funciones cognitivas constituye un factor de riesgo en la población mayor, influyendo de forma negativa sobre indicadores de salud como la dependencia, la morbilidad y mortalidad, por lo que reconocer de manera precoz sus posibles alteraciones es un insumo relevante de cara al establecimiento de mecanismos de intervención sociosanitaria en este grupo etario [Sherwood, J. J., et. al. (2019); Grande, G., et. al. (2020)].

#### **2.4 ENVEJECIMIENTO Y SU INFLUENCIA EN EL CONTROL MOTOR.**

Uno de los mecanismos que ha permitido a la especie humana evolucionar y sobrevivir a lo largo del tiempo es la capacidad de moverse. El desplazarse, el desarrollo de la capacidad de manipulación de objetos y el uso de herramientas, son algunos de los ejemplos que han acompañado el desarrollo de la especie humana a través del tiempo [Gaita, M. E. G., Matus, V. M., & Contreras, O. J. T. (2010)]. Sin embargo este

desarrollo del movimiento humano requiere de un nivel importante de control, si bien podremos encontrar en la literatura multiplicidad de maneras de explicar o definir el control motor, podemos decir de manera general que corresponde a la capacidad que tiene un ser vivo para desplazarse en la naturaleza, en este concepto subyacen dos aspectos importantes, uno de ellos corresponde al mantenimiento de la postura y el equilibrio, mientras que el segundo aspecto es el control vinculado al desarrollo de un movimiento específico [Cano de la Cuerda, R., et. al. (2016)]

Otra definición que nos ayuda a entender el concepto de control motor es la elaborada por Shumway-Cook y Woollacott, quienes plantean que el control motor es el estudio de la causa y naturaleza del movimiento, el cual se centra en dos fenómenos, la estabilización del cuerpo en el espacio, donde se incluyen términos como postura y equilibrio, mientras que por otra parte también considera el desplazamiento del cuerpo en el espacio [Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (1995)].

No existe una mirada única respecto del control motor, probablemente debido a la multiplicidad de factores que influyen en el resultado óptimo de este proceso en el que se combinan e interaccionan estímulos y respuestas motoras, cognitivas y sensoriales. La magnitud o importancia relativa de cada una de ellas dependerá en parte de la complejidad del movimiento, en este sentido tareas simples, altamente repetidas y aprendidas, involucrarán diferentes niveles de interacción en el proceso de control motor, desde interacciones sencillas a otras de mayor complejidad [Cano de la Cuerda, R., et. al. (2015)]. La dificultad a la hora de explicar este mecanismo de regulación ha hecho que en el transcurso de la historia se hayan planteado una gran cantidad de teorías que han intentado explicar la forma en que se desarrolla el control del movimiento.

#### **2.4.1 Teorías de control motor.**

##### **Teoría refleja.**

Desde los intentos desarrollados por Sherrington cerca del 1906 en su obra *“The integrative action of the nervous system”* [Burke, R. E. (2007)], junto con definir las bases de los arcos reflejos, sostiene que el comportamiento motor humano utiliza como base los reflejos y que de alguna manera el desarrollo de movimientos

complejos se sustentaría en el encadenamiento secuencial de estos reflejos, de tal forma que cada estímulo recibido en el sistema generará una respuesta, la cual a su vez constituye un nuevo estímulo que influirá en una nueva respuesta. En este sentido Sherrington presenta una ausencia conceptual que explique por ejemplo los movimientos espontáneos o los movimientos voluntarios, sobretodo aquellos que se desarrollan frente a tareas complejas y nuevas [Cano de la Cuerda, R., et. al. (2015)] en la figura (1) se muestra de manera esquemática el modelo de teoría refleja, en este esquema se pone de manifiesto el contexto de estímulo respuesta entre los distintos niveles que conforman el sistema, no estableciendo una organización jerarquizada ni bidireccional entre los distintos niveles estructurales.

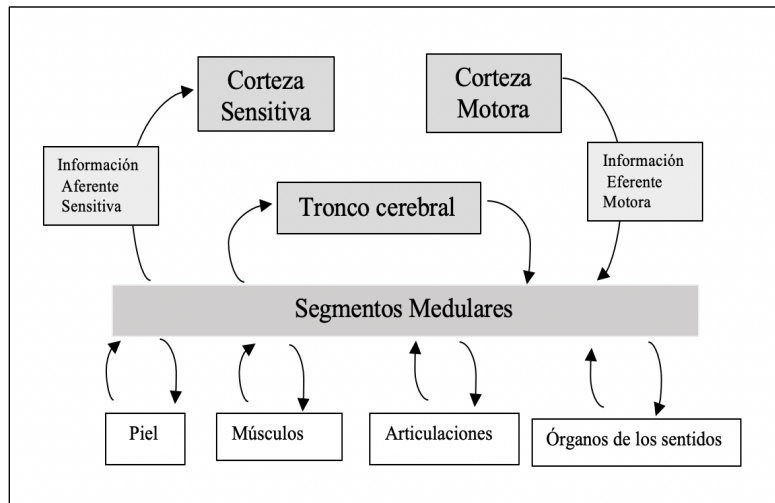


Figura (1). Esquema de modelo de teoría refleja de control motor basado en “Franco Soto I. Teorías y modelos en Fisioterapia en Neurofacilitación. En: Calvo Soto AP, Gómez Ramírez E, Daza Arana J, editores científicos. Modelos teóricos para fisioterapia. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2020. p. 53-76”.

### Teoría jerárquica del control motor.

Este enfoque busca explicar el control motor en base a una lógica de estructuras superiores que regulan o condicionan el accionar de estructuras de menor orden, en este sentido las estructuras superiores (corticales) son quienes tienen el control sobre la ejecución motora, de esta manera los niveles corticales comprenden los niveles más altos, los niveles intermedios estarían dados por estructuras del tronco cerebral, para dejar en los niveles inferiores los segmentos medulares. Si bien esta teoría

inicialmente no admitía la bidireccionalidad en el ejercicio jerárquico del control del movimiento, su evolución ha permitido reconocer la influencia de reflejos subcorticales y segmentarios, así como la capacidad que las estructuras de distintos niveles pueden influir en la modulación del movimiento, dependiendo de las características de la acción motora. Por otra parte, ya no existe la idea de que los reflejos son el componente único del control motor, pero se reconoce que ellos son elementos fundamentales en la ejecución y control del movimiento [Caycho-Rodríguez, Tomás. (2015)].

Uno de los puntos a favor que presenta esta teoría es que, en el contexto del desarrollo motor normal, a medida que ocurre una corticalización del sistema sensoriomotor, el individuo logra un mayor nivel de habilidades motoras, depurando progresivamente los mecanismos de ejecución, a la vez que incrementa los niveles de complejidad de estas. En la figura (2) se presentan de manera esquemática las bases de la teoría jerárquica de control motor, en este esquema se muestran las interacciones entre las estructuras de mayor nivel o corticalización y cómo estas se relacionan con las estructuras de niveles intermedios entregando y a su vez recibiendo información, esto permite regular y modular la ejecución motora final.

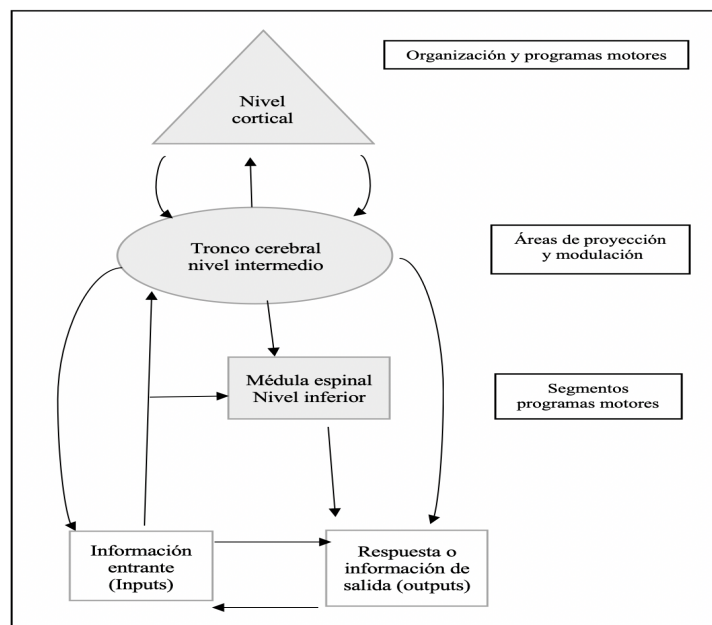


Figura (2) Esquema de modelo de teoría jerárquica de control motor basado “Franco Soto I. Teorías y modelos en Fisioterapia en Neurofacilitación. En: Calvo Soto AP, Gómez Ramírez E, Daza Arana J, editores científicos. Modelos teóricos para fisioterapia. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2020. p. 53-76”.

## **Teoría de la programación motora.**

Este enfoque teórico genera un cambio en la concepción del movimiento y su control, planteando que el movimiento no corresponde únicamente a la reacción frente a un estímulo, sino que reconoce que la generación del movimiento puede estar vinculada a la ausencia de estímulos sensoriales como gatillantes iniciales del movimiento. Se plantea que la presencia de patrones motores podrían articular el movimiento o al menos la iniciación del mismo en ausencia de estímulos sensoriales y respondiendo entonces a un proceso central, esto llevó a desarrollar la idea de patrones motores centrales, donde los patrones de generación central corresponden a circuitos neuronales que producen un patrón de activación que permite el desarrollo de un determinado comportamiento rítmico, esto significa que la red neural podría producir un ritmo locomotor sin la presencia de patrones descendentes de origen cerebral. Si planteamos esto en términos prácticos podemos decir que en los movimientos altamente conocidos y de práctica continua como el ponerse de pie desde una silla, el caminar o nadar estos patrones o programas de movimiento se activan en forma similar entre un evento y otro, sin estar asociados a la influencia refleja, no obstante, esta generación del movimiento se ve altamente influenciada por estímulos sensoriales, los que generan una influencia moduladora muy importante sobre estos patrones de movimiento [Katz P. S. (2016)].

## **Teoría de sistemas.**

Este enfoque teórico tiene como base las propuestas desarrolladas por Bernstein, su principal aporte se centró en plantear que la capacidad de movimiento es la resultante de la interacción entre distintos sistemas, considerando que existen demandas o estímulos internos y externos todos los cuales generan su influencia en forma directa sobre el organismo. En este sentido nos permite entender que el organismo se activa por medio de estas interacciones y reacciona como un sistema mecánico integrado que responde tanto a las fuerzas externas, principalmente la fuerza de gravedad, como a las fuerzas generadas por la acción muscular durante la ejecución motora, además al considerar componentes como la inercia, la energía cinética y potencial

generada por el propio movimiento corporal, nos permite explicar que un mismo patrón central podría generar movimientos distintos, toda vez que estas fuerzas externas varían durante el movimiento. Según Bernstein al ser el cuerpo un sistema mecánico presenta una multiplicidad de grados de libertad, entendiendo estos grados de libertad como componentes y posibilidades de comportamiento de los mismos, por ejemplo el cuerpo humano tiene sólo en las extremidades más de 60 articulaciones, cada una de ellas con posibilidades de movimiento en el espacio, en este sentido el control sobre tantos grados de libertad involucraría necesariamente la capacidad de dominar dichos grados de libertad en el organismo en movimiento, esto se conseguiría mediante la acción de los centros superiores que jerárquicamente simplificarían estos grados de libertad, mediante la activación de sinergias de movimiento generadas desde niveles inferiores que permiten la activación de grupos musculares que actúan en conjunto frente a una acción motriz [Shumway-Cook A, Wollacott M. (1995)]

### **Teoría del procesamiento de distribución en paralelo.**

Este planteamiento teórico está referido a una visión integradora de cómo el sistema nervioso procesa la información para generar una acción, de esta manera el sistema nervioso genera una respuesta que se consolida en serie, mediante una vía única, pero a la vez desarrolla la integración de procesos en paralelo analizando información proveniente de múltiples vías que confluyen en el sistema. Esta teoría nos ayuda a comprender los niveles de interrelación entre distintas esferas estructurales y funcionales del sistema y cómo estas pueden influir positiva o negativamente en la respuesta de la siguiente estructura, al mismo tiempo permite comprender cómo la sumatoria de alteraciones en algunas partes de los circuitos integrados, pueden en la medida que alcancen un valor umbral generar una alteración en la función del sistema y de qué manera la multiplicidad de estímulos o circuitos de entrada al sistema permitirían el restablecimiento de funciones posiblemente alteradas [Shumway-Cook A, Wollacott M. (1995)].

## **Teorías orientadas a las actividades.**

Una de las propuestas hechas por P. Greene, da cuenta de que la comprensión del control motor sobrepasa el conocimiento vinculado a los mecanismos o circuitos de conexión entre las distintas estructuras, resulta importante entender que el sistema nervioso debe resolver los problemas que se le presentan para así realizar acciones motoras [Peter H. Greene (1982)]. A los planteamientos de Greene se sumaron las adecuaciones orientadas a la función que lideraron los estudios de Gordon y Horak, en ellos se supone que el control motor se desarrolla y se organiza en relación con conseguir objetivos primordialmente funcionales [Horak FB. (1987)]

## **Teoría del medio ambiente**

El principal exponente de esta teoría J. Gibson, planteó que nuestro comportamiento motor está altamente orientado al cumplimiento de ciertos objetivos, sus estudios hacen especial énfasis en cómo logramos obtener la información desde el medio ambiente y de qué manera utilizamos esta información para controlar nuestros movimientos. De esta manera la depuración del movimiento humano e incluso su capacidad motriz corresponde a una forma adaptativa en la cual los animales pudieran desplazarse, alimentarse y en definitiva sobrevivir en el medio ambiente que los rodea. Así la organización de la acción motriz es específica para el medio en el que se desarrolla, en este sentido entrega directrices claras que fuerzan al sujeto a priorizar y seleccionar la respuesta motora de acuerdo con la relevancia que representan los estímulos externos y en virtud del logro del objetivo [Whitehead, B. A. (1981); Cano de la Cuerda, R. (2016)].

### **2.4.2 Factores del envejecimiento que afectan el control motor.**

Existe variada evidencia respecto de los cambios fisiológicos experimentados en el organismo durante el proceso de envejecimiento, muchos de los cuales se encuentran vinculados de manera directa o indirecta al desempeño de la función motriz en los AM. El control motor (CM) es una de las características en la que se expresa esta función motriz, podemos decir que el CM corresponde a una capacidad de integración de



estímulos y respuestas que involucran a numerosos sistemas y circuitos del organismo, este considera la información sensorial y motora desarrollada en las diversas acciones motrices del sujeto, las que son moduladas a nivel del sistema nervioso central (SNC) y que busca generar una respuesta motriz adecuada a los desafíos del entorno. Esta capacidad que hemos descrito en mayor detalle en el capítulo anterior es un proceso eminentemente dinámico y adaptable que es modificado por diversos factores entre los que podemos mencionar de manera particular la edad de los sujetos. La edad influye de tal forma, que genera una disminución en la efectividad de la respuesta motora y del control motor [Mattay VS, Fera F, Tessitore A, et al. (2002)], sin embargo, identificar de manera exacta los cambios ocurridos a través del ciclo vital y los mecanismos por los que estos influyen en el control motor, es altamente complejo, debido a que las modificaciones ocurridas a nivel estructural y funcional, tanto a nivel central como periférico son múltiples y guardan en mayor o menor medida relación con los parámetros involucrados en la función motora [Mattay VS, Fera F, Tessitore A, et al. (2002)]. En el desarrollo de este capítulo haremos mención particular a la influencia que tienen los cambios en el sistema nervioso central y musculoesquelético durante el proceso de envejecimiento normal y de esta manera explicarnos cómo condicionan la expresión del control motor en los AM.

El punto de partida de este análisis corresponde a la sarcopenia, uno de los fenómenos más estudiados en relación con el envejecimiento este proceso ha sido mencionado especialmente en muchos estudios vinculados al área geriátrica y gerontológica. La disminución de la masa muscular, mediada principalmente por un menor número de fibras musculares y por la disminución en la sección transversal de estas, se vincula directamente con la disminución de la fuerza de los AM, correspondiendo a uno de los principales cambios que afectan al músculo, situando a esta condición como uno de los factores más relevantes a la hora de explicar la pérdida de funcionalidad, riesgo de caídas y morbimortalidad en esta población [Dhillon RJ, Hasni S. (2017); Sayer AA, Syddall H. (2008); Newman AB, et al. (2006)]. No obstante, la importancia de esta pérdida progresiva de masa muscular, su influencia en el control y desempeño motor se explica no sólo por la falta de células en el efector final del sistema neuromotor y la función mecánica que este desarrolla,

debemos considerar que el músculo estriado es además una fuente importante de estímulos que influyen constantemente en el sistema sensoriomotor, transfiriendo información aferente al sistema y participando de la modulación tanto segmentaria como supra-segmentaria del movimiento [Hortobágyi T, Devita P. (2006); Kraft, E., (2012)]. Es importante aclarar que las manifestaciones de los cambios en el desempeño motor no son uniformes para todos los AM y dependen de varios factores entre los que podemos mencionar las características y condición funcional previa de cada sujeto, así como de la coexistencia de factores que puedan implicar una mayor interferencia en dicho desempeño, entre estos factores podemos identificar algunas patologías, el sedentarismo, hábitos y estilos de vida poco saludables, etc. [Carmona, J. J., & Michan, S. (2016)].

Otro factor que explica la variación en la capacidad de respuesta motriz en los AM es la disminución en el reclutamiento de unidades motoras (UM), las que presentan alteraciones tanto a nivel funcional como estructural, destacando en esto la disminución en el número de alfa motoneuronas en las etapas avanzadas del ciclo vital. Existen estudios que, desde la década del 1970, dan como causa de esta disminución al proceso apoptótico de las motoneuronas a nivel espinal, así como la retracción axonal distal de estas motoneuronas [Hunter, S. K., Pereira, H. M., & Keenan, K. G. (2016)], estos cambios que son normales durante el proceso de envejecimiento pueden ser explicados en parte por procesos de estrés oxidativo y proinflamatorios [Opalach, K., et. al (2010)]. Es necesario mencionar que la dinámica habitual de la UM a lo largo del ciclo vital se ve influenciada por los procesos fisiológicos de remodelación de dichas unidades, esto es la renovación natural de las conexiones entre la motoneurona y las fibras musculares correspondientes, dicho proceso involucra la desinervación de las fibras musculares, producto de la apoptosis neuronal ya mencionada anteriormente, y de la reinervación de estas fibras musculares por parte de axones adyacentes o colaterales a estos, los que en etapas tempranas de la vida logran mantener la estabilidad de las UM, sin embargo en el proceso de envejecimiento esta reinervación no cubre a la mayoría de las fibras musculares, generando un déficit de inervación en algunas de ellas, las cuales tienden a la atrofia por carencia de estímulo nervioso y por consecuencia se produce su degeneración, se ha llegado a estimar que la pérdida de UM alcanza al 1% anual

desde la tercera década de vida incrementándose de manera importante con el avance de los años [Tomlinson, B. E., & Irving, D. (1977)].

No sólo los cambios a nivel de motoneuronas condicionan la estabilidad de la UM, debemos considerar que en relación al espacio sináptico se ha descrito una baja en la densidad y cantidad de vesículas sinápticas al igual que de receptores postsinápticos, todos estos factores se relacionan de manera importante con el fenómeno de sarcopenia y pueden explicar su mecanismo de generación, más allá de la baja cantidad de células satélites en la fibra muscular o la disminución de la sección transversal de ellas, particularmente de las isoformas de cadena de miosina pesada IIA, o las transformaciones en la expresión de los distintos tipos de fibras [Degens, H., & Korhonen, M. T. (2012)].

Las consecuencias en el desempeño motor, de los cambios mencionados en este capítulo se traducen en una disminución de la fuerza y potencia muscular, un enlentecimiento de la respuesta motora y del movimiento voluntario, a su vez un aumento en la fatigabilidad en la ejecución motriz y un aumento en la variabilidad motriz durante el desempeño de distintas actividades motoras. Estas variaciones en las estructuras que constituyen la unidad funcional del sistema neuromotor, afectan de manera directa el desempeño motor en las personas mayores [Hunter, S. K., et al. (2016)], uno de estos elementos funcionales corresponde al enlentecimiento de la contracción muscular, que ha sido descrito como uno de los factores que contribuye a generar diferencias en la respuesta motora de la población adulta mayor cuando se le compara con población joven. Basado en el modelo propuesto en el estudio de Hunter [Hunter, S. K., et al (2016)] la figura (3) expone en resumen los cambios asociados al envejecimiento en el sistema neuromuscular, haciendo énfasis en los componentes de la UM y sus consecuencias funcionales vinculadas al desempeño motor.

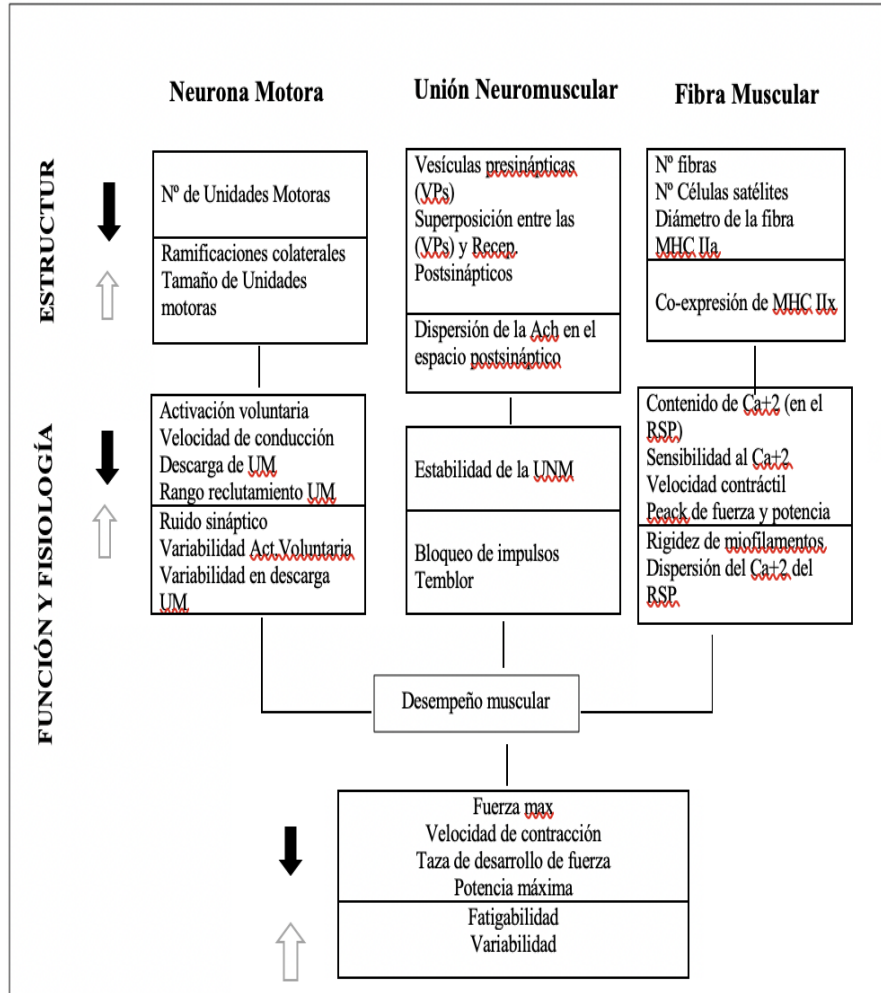


Figura (3) representación esquemática de los cambios más importantes ocurridos en la unidad motora durante el proceso de envejecimiento. UM: Unidad motora. Fuerza max: Fuerza voluntaria máxima. Ach: Acetilcolina. UNM: Unión neuromuscular. MHC IIa: Miosina de cadena pesada. RSP: Retículo sarcoplasmático.

Los esfuerzos expuestos en distintos estudios centran sus análisis en tres aspectos fundamentales que dan cuenta de la capacidad de desarrollar una actividad motora en población AM. El primero de ellos conformado por la capacidad física vinculada con parámetros como el desarrollo de fuerza, la flexibilidad y la resistencia cardiorrespiratoria, en segundo término, los aspectos vinculados con la velocidad de procesamiento de la información y la ejecución de la respuesta motora, ejemplo de esto son los estudios de velocidad de reacción y de los factores que afectan la capacidad de movimiento en AM, el tercer pilar sobre el que se ha desarrollado el análisis del control motor en población AM está relacionado con los aspectos

neurofisiológicos, entre ellos el control postural, la capacidad de locomoción y la motricidad fina [Newell, K. M., Vaillancourt, D. E., Sosnoff, J. J.(2006)].

Desde la perspectiva del ciclo vital es importante considerar que una de las características que presenta el envejecimiento normal, corresponde a los cambios en los procesos de adaptación continua a escenarios medioambientales diferentes, para que este proceso de adaptación se produzca de manera óptima, desde el punto de vista fisiológico dependemos de una intrincada y compleja red de conexiones que permiten la interacción entre estructuras y sistemas para dar una respuesta adaptativa óptima a los requerimientos tanto del medio interno como externo. En la década del noventa Lipsitz y Goldberger plantearon que la pérdida de estos niveles de complejidad de los procesos fisiológicos y adaptativos eran responsables de la disminución funcional y del aumento del riesgo de morbimortalidad en las personas mayores [Lipsitz, L. A., & Goldberger, A. L. (1992)]. Sin embargo los estudios realizados por Vaillancourt y Newella, proponen que esta visión unilateral planteada en relación a la disminución de la complejidad de los procesos fisiológicos, es relativamente limitada y que el aumento o disminución de esta complejidad durante el proceso de envejecimiento, no es lineal sino que se hace dependiente de las limitaciones que confluyen en el sistema, pero que además, debe considerar los cambios que se necesitan en el corto plazo para cumplir con las demandas que implica el desarrollo de una tarea motora asociada al contexto ambiental en el que se desarrolla [Vaillancourt, D. E., & Newell, K. M. (2002)].

Como fue mencionado con anterioridad en el texto, las variaciones en el CM que se presentan durante el proceso de envejecimiento no tienen una causa única y así como hemos explicado lo que ocurre respecto de la sarcopenia y el CM, debemos identificar cuáles son los cambios a nivel del SNC que influyen también en su correcto desempeño.

El SNC acumula cambios de tipo cualitativos y cuantitativos en el transcurso del ciclo vital, lo que se traduce en alteraciones progresivas a nivel tisular y molecular que afecta no sólo a sus unidades estructurales básicas como neuronas y células gliales, sino también a los componentes de la microglía, vasculares, la oligodendroglía y astrocitos, así como a la matriz extracelular. Estos cambios incluyen una disminución en la excitabilidad cortical y espinal [Clark, B. C., McGinley (2010)], así como

características de descarga de motoneuronas alteradas. A nivel cortical las neuronas de la región premotora y motora se comunican generando una intrincada red glutamatérgica, durante mucho tiempo se sostuvo que dichos circuitos neuronales se veían disminuidos por una pérdida de células nerviosas en la medida que el organismo envejecía, sin embargo, la evidencia actual indica que el peso relativo de la pérdida de neuronas no es el factor más relevante y que la disminución de las conexiones interneuronales es lo que predomina en este sentido. Se ha establecido por ejemplo que en estudios post mortem de sujetos mayores de 65 años, que no presentaban alteraciones neurológicas clínicas hubo una reducción del volumen en la corteza premotora cercana al 40% al ser comparados con sujetos con edades cercanas a los 45 años, esto ocurría principalmente en los cuerpos celulares de las neuronas de esa región y que además presentan una disminución en sus factores neurotróficos [Clark, B., Taylor, J. (2011)]. Por su parte estudios desarrollados a través de neuroimagen en una población que incluyó personas de entre 18 a 93 años, demostró que existía un adelgazamiento en la región cortical que se iniciaba en adultos de mediana edad y que las áreas de la corteza motora primaria son una de las zonas afectadas por este fenómeno [JC, D. AM., Fischl, B.(2004)], esta disminución compromete también a la materia blanca y en la fibras mielinizadas las que disminuyen su longitud, es posible deducir entonces que la conectividad a nivel cortical y cortico espinal se verán afectadas, esto influye de manera directa en la capacidad y calidad de la respuesta motora, además de interferir en los procesos cognitivos asociados a la capacidad ejecutiva. Cabe mencionar que a estos cambios en la estructura se suman también cambios neuroquímicos relacionados principalmente con la biodisponibilidad de neurotransmisores y a la actividad de los receptores de dichas sustancias, en una publicación se informa de una serie de estudios que indican variaciones de distinta magnitud en los sistemas mediados por la serotonina, acetilcolina, adrenalina, dopamina, ácido gama-aminobutírico (GABA) y glutamato [Clark, B., Taylor, J. (2011)]. Uno de los aspectos más estudiados en este contexto es lo que ocurre en las acciones mediadas por el glutamato, la dopamina y el GABA en el circuito de ganglios basales, resulta importante por las consecuencias en la ejecución motora y por la influencia conductual que presentan estas estructuras y que podría influir en la disminución de

la iniciativa de realizar actividad física en los AM [Mora, F., Segovia, G., del Arco, A. (2008)].

## **2.5 VARIABILIDAD MOTRIZ Y FUNCIONALIDAD EN LA POBLACIÓN ADULTA MAYOR.**

### **VARIABILIDAD MOTRIZ CONCEPTOS GENERALES.**

A lo largo de este capítulo se desarrolla una descripción respecto de varios de los enfoques en los que ha sido definida e incorporada la variabilidad motriz (VM), los que abarcan desde su conceptualización general, hasta las referencias hechas respecto de su comportamiento en la acción muscular, el desarrollo de paso, la ejecución de habilidades motrices complejas, la influencia en el desarrollo deportivo y tareas motoras funcionales.

En el transcurso de las últimas décadas se ha generado un importante desarrollo de los mecanismos de análisis del movimiento tanto en sus componentes cinéticos como cinemáticos [Izquierdo, M., & Redín, M. I. (2008)], lo que ha permitido comprender mejor algunas características y parámetros que influyen en el control del movimiento. Uno de estos parámetros corresponde a la VM, la cual ha sido incorporada y definida como una variable central en diferentes estudios clínicos, en los cuales se muestra una amplia gama de interpretaciones respecto de su mayor o menor influencia entre los determinantes centrales del control y del rendimiento de una tarea motora [Solana, R. S. et. al. (2009)]. Conceptualmente la VM fue descrita en su momento como el reflejo de las fluctuaciones aleatorias o ruido que se genera en el sistema sensorio motor durante la ejecución del movimiento [Dhawale, A. K., Smith, M. A., & Ölveczky, B. P. (2017)], esto en asociación a enfoques teóricos del control motor vinculados a la teoría de variabilidad del impulso, en este sentido se advierte que una mayor variabilidad es indicativa de una disminución en el rendimiento motor, por consiguiente, el desafío bajo este paradigma es minimizar la variabilidad para lograr así un mayor control y una mejora sustancial del rendimiento motor. [Solana, R. S., et al.(2009)] No obstante lo planteado, cuando nos centramos en otros paradigmas teóricos del control motor, por ejemplo, en el marco de las teorías de sistemas

integrados, la VM es planteada en términos globales como un elemento funcional fundamental para la autoorganización del sistema, de tal manera que permite generar patrones de control y coordinación individuales, lo que nos lleva a pensar que el desempeño motor óptimo requiere de un cierto nivel de variabilidad, en efecto en términos muy concretos es imposible que el movimiento humano se desarrolle sin este componente de variación, debido a que forma parte integral de los procesos de ajuste motor que se expresan principalmente entre gestos motores sucesivos y que han sido descritos como parte integral del proceso de aprendizaje motor. [Buzzi, U. H., Stergiou, N., Kurz, M. J., Hageman, P. A., & Heidel, J. (2003)].

Es necesario considerar que la VM puede ser identificada al menos de dos formas o considerar en dos aspectos en los que se manifiesta, uno asociado al resultado de la tarea motora (variabilidad de resultado) y el otro asociado a la ejecución de esta tarea (variabilidad de ejecución) [Christou, E. A. (2011)]. Una forma de explicar el concepto de variabilidad de resultado motor, se expone en el siguiente ejemplo; si nuestra tarea motora corresponde a un ejercicio de presión como puede ser el lanzamiento de un dardo en un blanco y los resultados obtenidos por un sujeto en intentos consecutivos corresponden a los centímetros que distancian la marca central del blanco con la posición de los dardos lanzados, la variabilidad corresponderá a la desviación estándar de las mediciones alcanzadas en los registros conseguidos. Por su parte la variabilidad de ejecución, que se refiere a la variación de una secuencia de movimientos definidos según la tarea considerada como criterio para esto, son utilizados elementos propios de la cinemática como variables de longitud, tiempo y masa, velocidades de desplazamiento y magnitudes de movimiento. Siguiendo con el mismo ejemplo del lanzamiento de dardos, la variabilidad de ejecución involucraría el tiempo de ejecución de la tarea o la trayectoria de los distintos segmentos corporales durante la ejecución, las velocidades angulares descritas en el movimiento, los cuales son analizados mediante las medidas de dispersión necesarias [Christou, E. A. (2011); Slifkin, A. B., & Newell, K. M. (1998)]. Varios estudios de las últimas décadas vinculados al desarrollo conceptual del control motor muestran una serie de mecanismos y formas de expresar y medir la variabilidad motriz. No obstante, estos mecanismos, la variabilidad sigue siendo una expresión de diferencia o dispersión, comúnmente vinculada a una idea estadística de desviación o varianza, que es el



concepto básico utilizado en el desarrollo de esta investigación [Riley MA, Turvey MT. (2002)].

Otro aspecto relevante en el análisis conceptual de la VM radica en las características de la ejecución motora, con esto nos referimos a la velocidad de ejecución, la complejidad de la tarea realizada, los grados de libertad o concretamente la mezcla de planos de movimiento y los segmentos corporales involucrados. Así por ejemplo algunos autores, demostraron una relación inversa entre la velocidad de ejecución y los niveles de variabilidad, esta relación se manifiesta principalmente en las tareas con menores grados de libertad, mientras que tiende a no presentarse en aquellas en que los grados de libertad son mayores. [Solana, R. S., et. al. (2009)]

### **VARIABILIDAD MOTRIZ, COMPORTAMIENTO EN LAS PERSONAS MAYORES.**

Como mencionamos en capítulos anteriores, algunas formas de explicar el comportamiento motor funcional y la diferencia que se presenta en distintos grupos etarios está asociada a lo que algunos autores llaman disminución de la complejidad en los distintos procesos fisiológicos y neuromotores [Lipsitz, Lewis & Goldberger, Ary. (1992)]. Un ejemplo de esto son los estudios desarrollados en la determinación de la variabilidad del ritmo cardíaco, los cuales han demostrado una menor variabilidad en personas mayores comparado con personas adultas jóvenes, esto indica que la capacidad adaptativa de los individuos es menor en la medida que envejecen [Ahmadian, M. (2015)], entendiéndose así la variabilidad, en este caso del ritmo cardíaco como un factor positivo y adaptativo.

Se han reportado en diversos estudios diferencias entre poblaciones jóvenes y de AM respecto de los niveles de VM registrados durante la ejecución de distintos gestos motores, desde el análisis desarrollado en contracciones de grupos musculares específicos, hasta movimientos complejos como el caso de la danza o funcionales como la marcha [Christou, E. A. (2011)]. Uno de estos estudios de la VM exploró la variabilidad en la contracción muscular, en él se indica que los valores de variabilidad fueron más elevados en personas AM que en adultos jóvenes frente al desempeño de la misma tarea, una de las explicaciones entregadas por los autores fue la disminución en la fluidez y precisión de los movimientos que se presenta en la población mayor.

Sin embargo, los resultados no se explican por un solo factor, como vimos anteriormente existe un gran número de cambios fisiológicos que potencialmente pueden sustentar esta diferencia entre grupos etarios, variaciones a nivel sensitivo, sensorial, cambios en las fibras musculares, disminución de redes neuronales, etc. [C. Clark, B., & L Taylor, J. (2011)]. Teniendo esto en consideración, se ha logrado establecer, que el aumento en la variabilidad de la contracción muscular voluntaria en población AM puede significar un incremento del riesgo de dependencia y pérdida de funcionalidad, así mismo si nos centramos en la variabilidad expresada en la contracción muscular voluntaria, existe evidencia de que el comportamiento de la VM en personas AM no se incrementa de manera uniforme frente a cualquier estímulo que involucre una contracción muscular, así por ejemplo tiende a existir un incremento en los niveles de variabilidad en tareas de fuerza que involucran cargas externas de peso más bajas y durante fases de contracción excéntrica o de desaceleración, esto al comparar la población AM con sujetos jóvenes. Dichas diferencias son atenuadas en la medida que se incrementan los niveles de carga, es decir con cargas que representan un mayor porcentaje de la fuerza de contracción voluntaria máxima. Este comportamiento se invierte cuando se trata de tareas que involucran a más de un efector muscular, en cuyo caso la población de mayor edad registra niveles de variabilidad más altos que la población joven, este es un punto importante de destacar ya que en la mayoría de las actividades motoras desarrolladas en el día a día se requiere precisamente de la coordinación de múltiples efectores lo cual podría constituir una condicionante de la funcionalidad de la población AM [Marchini, A., Pereira, R., Pedroso, W., Christou, E., & Neto, O. P. (2017)]

Otro ámbito de estudios en los que se describió el comportamiento de la variabilidad, y probablemente uno de los que representa mayor apertura para el desarrollo de esta investigación, corresponde a la marcha, una de las conductas motoras y funcionales por excelencia, esta habilidad motriz ha sido considerada como reflejo de la capacidad funcional en las personas mayores. Estudios sobre el comportamiento de la VM durante el desarrollo de paso han sido desarrollados tanto en sujetos jóvenes como en AM, encontrándose que estos últimos presentaban valores significativamente más altos de variabilidad [Shin, S., Valentine, R. J., Evans, E. M., & Sosnoff, J. J. (2012)]. Por ejemplo, la tasa de pasos desarrollados durante una prueba de marcha

presentaba niveles de variabilidad mayores en las personas de mayor edad, lo mismo ocurre cuando se evalúan las secuencias de paso a paso [Owings TM, Grabiner MD. (2004)]. Esto no sólo se presenta en estudios de comparación entre distintos grupos etarios, si no que, en grupos de edades similares, pero en condiciones físicas y niveles de funcionalidad diferentes, por ejemplo, al comparar AM con historial de caídas respecto de los que no presentaban estos antecedentes se obtuvo niveles de VM mayor para quienes si presentaban historias de caídas. Estudios recientemente publicados han descrito diferencias significativas de variabilidad motriz entre adultos mayores con y sin limitaciones de movilidad, donde los mayores niveles de variabilidad se asociaron a la población mayormente limitada [James, E. G., et. al. (2020)]. La evidencia ha demostrado también que este incremento de variabilidad en algunos parámetros de la marcha se vincula con la velocidad desplazamiento, incrementando los valores de VM en la medida que la velocidad se reduce, esto ha sido comunicado no solamente en experiencias con AM sino también en población joven [Beauchet O, Annweiler C, Lecordroch Y, et. al. (2009)]. Otros estudios indican que este concepto de variabilidad medido por ejemplo durante la marcha, en particular en el ancho del paso en personas mayores (comportamiento de la variabilidad del ancho de paso) refleja en cierto nivel una disminución de la estabilidad en la marcha, haciendo énfasis en la posible interdependencia de ambos parámetros [Skiadopoulos, A. et. al. (2020)]. Hasta ahora hemos planteado mediante la exposición de la evidencia revisada, que niveles elevados de VM se pueden considerar como un incremento en el riesgo de inestabilidad y caídas, sin embargo, es necesario mencionar que algunos estudios desarrollados han logrado establecer que no sólo valores elevados de variabilidad, sino que también la reducción extrema de la misma se vincula con alteraciones en la estabilidad de la marcha [Balasubramanian, C. K., Clark, D. J., & Gouelle, A. (2015)]. Por lo tanto, determinar cuál es realmente el comportamiento de la VM en el transcurso del ciclo vital, o mas aún durante la ejecución de un movimiento funcional en distintas poblaciones y particularmente en la población AM, seguirá siendo materia de análisis aunque como hemos podido confirmar en los estudios incluidos en esta investigación, la variabilidad sigue siendo un punto vinculado al riesgo y a la disminución de los parámetros de estabilidad y pérdida de funcionalidad, en la medida que el desarrollo de la tecnología y la ciencia continúen avanzando, podremos contar con mejores

herramientas para determinar cuáles son los límites en que la VM resulta un parámetro beneficioso como elemento adaptativo y bajo qué límites se transforma en un riesgo real o potencial.

Un punto relevante en el desarrollo de esta investigación radica en el comportamiento de la VM en presencia de interferencias de naturaleza cognitiva durante la ejecución motora desarrollada en la población en estudio, la evidencia indica que el comportamiento de este parámetro aumenta en la medida que los sujetos son requeridos a responder a un estímulo cognitivo mientras se realiza una tarea motora. Si bien es cierto que las tareas funcionales como la marcha, presentan variaciones en forma regular, si éstas se presentan a niveles extremos pueden ser consideradas una expresión de déficit neuromuscular en personas mayores, es necesario clarificar que no toda expresión de variabilidad afecta el rendimiento final de la tarea motora, por consiguiente, controlarla al máximo, no aportaría en su eficiencia. En este sentido el sistema neuromotor tiene la capacidad de identificar y controlar de manera natural aquellos niveles de variabilidad que sí resultan irrelevantes para el funcionamiento motor óptimo, generando la mínima intervención durante el movimiento normal y de aquellos niveles que si resultan relevantes e interferentes en la ejecución funcional del movimiento [Hamacher, D., Krowicki, M., Schega, L. (2017)]. Resulta importante considerar que de acuerdo a algunos autores, las diferencias del control sobre la variabilidad durante la marcha que fue expuesto anteriormente, presenta una priorización en algunos de los componentes de la marcha por ejemplo en la altura de paso, según lo expuesto por [Hamacher, D., Schega, L. (2014)], la prioridad de control se establecería sobre este parámetro no afectando de manera importante su nivel de variabilidad, influyendo mayormente en los otros parámetros como el largo o ancho de paso. Si bien no existe en la bibliografía revisada un modelo experimental como el planteado en esta investigación, hay evidencia de los resultados de la valoración de la variabilidad de la marcha en condiciones donde los sujetos deben responder a una tarea cognitiva durante el desarrollo de la marcha, la figura (4) muestra el comportamiento de la altura del pie durante el desarrollo de paso frente a distintas alternativas en que se desarrolla la marcha, tanto en población joven como en población mayor. Su objetivo fue analizar los efectos que tiene una señal auditiva en la variabilidad de la marcha y el comportamiento de la variabilidad si se incorpora

además un patrón de ritmo de paso inducido mediante una señal auditiva. Sus resultados mostraron que, en las condiciones de marcha normal, marcha más tarea cognitiva, y marcha con un ritmo inducido por señal auditiva más una tarea cognitiva, la población adulta presentó diferencias estadísticas significativas con la población joven con relación a la altura del pie al suelo durante la marcha [Hamacher, D., Herold, F., Schega, L. (2016)].

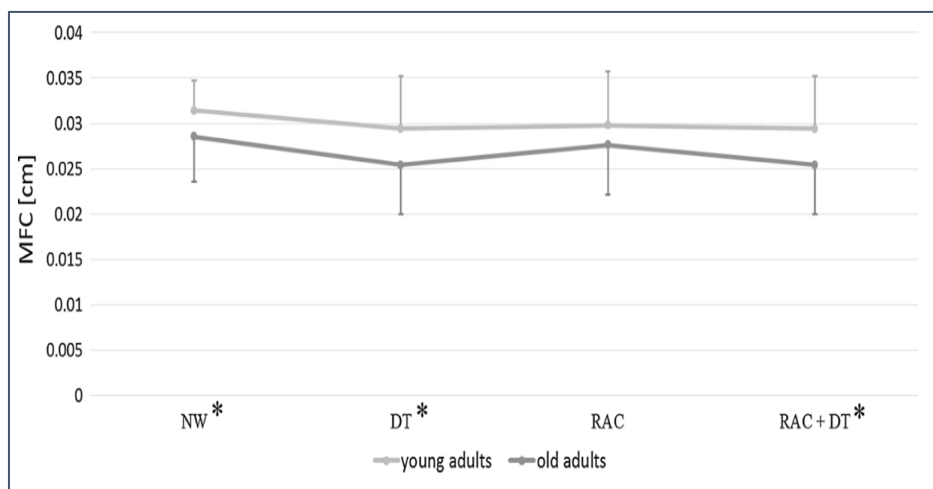


Figura (4) Valores promedio y desviación estándar de zancada a zancada en cuatro condiciones de marcha: marcha normal NW, marcha de doble tarea cognitiva asociada a la marcha DT, marcha con señales auditivas rítmicas RAC, marcha con señales auditivas rítmicas mas tarea cognitiva, se consideró un valor (\* $p < 0.05$ ) como diferencias significativas entre sujetos jóvenes y mayores. Valores promedio y desviación estándar de zancadas sucesivas registradas en el estudio de Hamacher et. al. 2016.

Otros estudios en los que se ha considerado la variabilidad de la marcha como expresión de los cambios experimentados en el ancho de paso muestran diferencias significativamente mayores en población AM cuando se le compara con población joven [Owings, T. M., Grabiner, M. D. (2004)], identificando también que la velocidad de la marcha no influye de manera importante en la variabilidad de los parámetros cinemáticos registrados. Por su parte y como hemos logrado apreciar en párrafos anteriores existe evidencia de que la variabilidad en los parámetros de la marcha está relacionada con un mayor riesgo de alteraciones en la movilidad lo que se asocia principalmente a aumento en el riesgo de caídas, esto se basa principalmente en componentes vinculados a longitud y ancho de paso [Brach, J. S., et. al. (2007)]. No obstante, no existe evidencia que considere lo que ocurre con la variabilidad motriz en el desarrollo de actividades motoras donde no se genere desplazamiento en sentido

longitudinal, por ejemplo, en la prueba propuesta en este estudio donde se evalúa el gesto motor de marcha en el lugar.

En un estudio prospectivo, publicado en el año 2001, se siguió a un grupo de adultos mayores durante un año, con el fin de determinar si la variabilidad en los componentes de la marcha presentaba un valor predictivo de caídas, sus hallazgos si bien indicaron que la variabilidad era mayor en aquellos que reportaron caídas en el proceso de seguimiento, no resultan del todo concluyentes [Hausdorff, J. M., Rios, D. A., Edelberg, H. K. (2001)].

## **2.6 VARIABILIDAD MOTRIZ, FUNCIONALIDAD Y CAÍDAS EN ADULTOS MAYORES.**

Durante el desarrollo de este capítulo, son analizados y expuestos los argumentos que sustentan la preocupación por desarrollar nuevos mecanismos de evaluación y prevención de eventos de caídas en la población mayor, haciendo énfasis en aquellos factores asociados a la función motora y particularmente a la variabilidad motriz que se vincula con este importante problema socio-sanitario.

Según información expuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS) las caídas son la segunda causa de muerte por lesiones accidentales o no intencionales a nivel mundial, afectando principalmente a población mayor de 65 años, grupo etario donde se registran los mayores índices de mortalidad por caídas accidentales, lo que afecta particularmente a países con recursos bajos y medios. De acuerdo con los análisis desarrollados por este organismo internacional, a nivel mundial se registran anualmente más de 37,3 millones de caídas que requieren atención del equipo de salud, lo cual sin duda significa una importante carga de recursos para cubrir las necesidades vinculadas a dichas atenciones [OMS (2007)].

Si hablamos de la magnitud del problema en términos de frecuencia de caídas y su asociación con factores etarios o condiciones de fragilidad, institucionalización o distribución geográfica, podemos sostener que la frecuencia de caídas anuales en población de 65 años o más fluctúa entre el 28 y 35%, registrándose un aumento de al menos un 32-42% cuando hablamos de personas mayores de 70 años [OMS (2007)].

De acuerdo con la condición de institucionalización se plantea que en población AM institucionalizada existe una mayor frecuencia de caídas, ya que entre un 30 a 50% de los AM que residen en centros de larga estadía caen anualmente, y sobre un 40% de ellos experimenta caídas a repetición en el mismo período de tiempo. Según los datos aportados por el estudio de distribución de incidencia de caídas en Latinoamérica y el Caribe, un 34% de la población adulta mayor en Chile presentaba al menos un evento de caídas por año, número mayor incluso a lo registrado en estudios desarrollados en China y Japón [OMS (2012)]. Ante esta realidad los desafíos están dirigidos a desarrollar mecanismos de evaluación adecuados para la detección temprana de los factores de riesgo y desarrollar estrategias de intervención que permitan reducir la ocurrencia de caídas en la población AM y disminuir de esta manera las complicaciones asociadas a ellas.

Las dificultades que persisten en la mayor parte de los estudios de predicción de caídas o de los análisis de correlación entre factores desencadenantes de caídas en AM, radica principalmente en la diversidad y multiplicidad de factores que influyen directa e indirectamente en la génesis de una caída [De Azevedo Smith, A., et. al.(2017)]. Es por esto que se ha planteado que mecanismos de evaluación aislados tienden a ser menos efectivos en el establecimiento del riesgo potencial de caer para población mayor, en esta línea la revisión desarrollada por Park S. H. (2018), que incluyó un total de 33 estudios en los cuales se utilizaron 27 herramientas de evaluación de riesgo de caídas, se sostiene que la comprensión y definición conceptual y operacional del fenómeno de caída es fundamental al igual que la selección de la herramienta evaluativa a usar, no obstante se plantea que el uso de más de una herramienta de evaluación de riesgo de caídas mejora la capacidad de predecir y de identificar sujetos con mayor riesgo futuro a caer [Park, S. H. (2018)].

Con relación a lo anterior y considerando la multifactorialidad asociada a las caídas el esquema planteado en la figura (5) permite ilustrar la interacción entre los distintos factores condicionantes de este problema sociosanitario y a su vez nos permite situar el componente de la variabilidad motriz en este ámbito de factores.

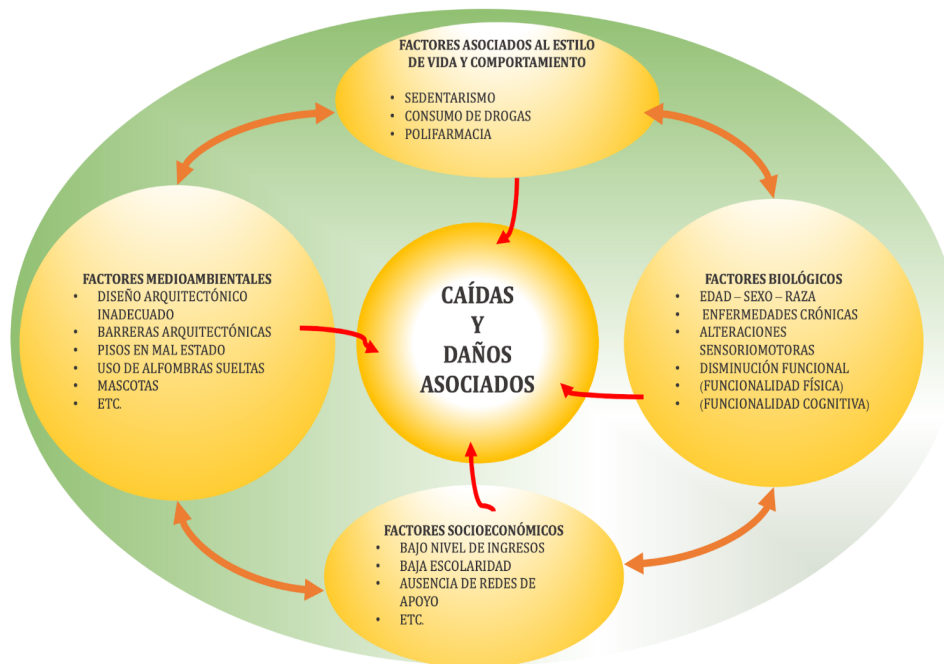


Figura (5) factores vinculados a la ocurrencia de caídas, esquema basado en informe de caídas de la OMS 2012.

Si consideramos los factores biológicos asociados a caídas referidos a la figura 5, podemos observar que entre ellos se cuentan las alteraciones en el rendimiento sensoriomotor. Uno de los factores que se relaciona directamente con esta función de control y ejecución motora, es la variabilidad motora, la cual es descrita en detalle en los capítulos correspondientes. No obstante, resulta relevante mencionar la relación establecida entre este factor y el riesgo de caídas en población AM. Con el fin de explicitar esta vinculación, se desarrolla a continuación una descripción y resumen de los resultados más relevantes expuestos en la evidencia incluida como base de este estudio.

Entre los diferentes estudios revisados en esta investigación se plantean distintos niveles de relación entre la variabilidad de algunos parámetros específicos como, por ejemplo, el ancho del paso durante la marcha y el riesgo de caídas, en donde se determina que niveles mayores de variabilidad se relacionan con un mayor riesgo de caer en población AM [Skiadopoulos, A., et. al. (2020)], a su vez, en el caso de la variabilidad detectada en parámetros como largo de paso, ancho de paso en función de la velocidad de la marcha, se detectan niveles mayores de variabilidad en población AM comparada con población joven [Owings, T. M., Grabiner, M. D. (2004)]. Si bien



es cierto la relación entre variabilidad y riesgo de caídas es aún motivo de estudio, la evidencia actual nos lleva a pensar que este parámetro puede resultar importante en el desarrollo de estrategias de prevención y detección temprana de niveles de riesgo, no solamente de caídas sino de disfunción y dependencia en población AM.

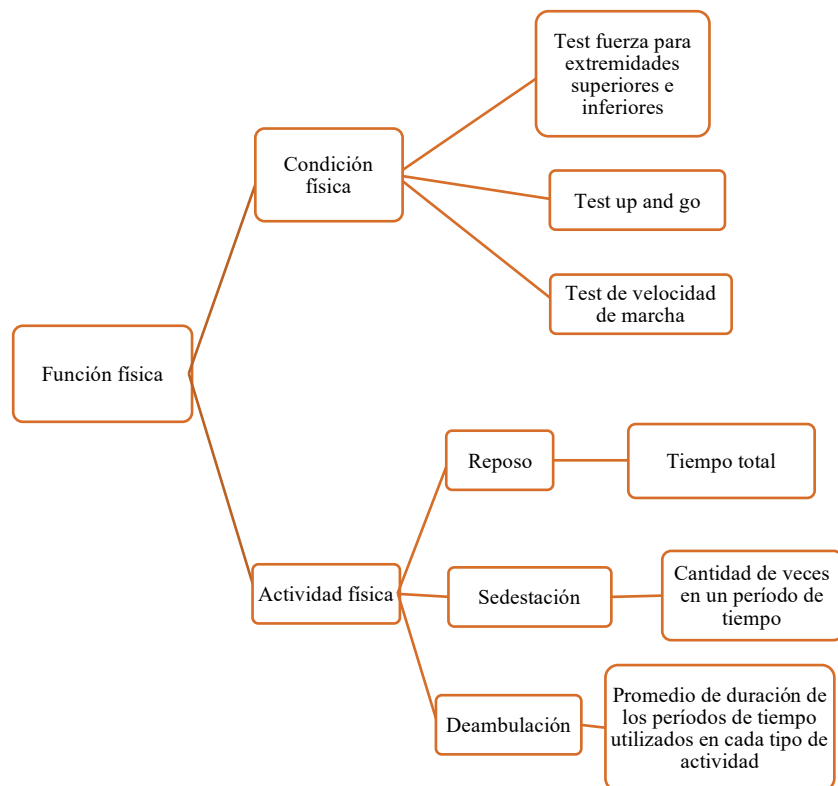
## **2.7 IMPORTANCIA DE LA FUNCIÓN FÍSICA EN POBLACIÓN ADULTA MAYOR.**

La funcionalidad se entiende como la capacidad de un individuo para interactuar con el medio que lo rodea y mantener su independencia, uno de los desafíos que impulsan esta investigación se enmarca en el conocimiento de los factores que definen e influyen en la capacidad funcional en las personas mayores. En este sentido la literatura resulta generosa en evidenciar la relación que existe entre la disminución de la capacidad funcional y los riesgos de discapacidad y mortalidad en la población más longeva. Se ha reportado que los niveles de dependencia funcional afectan a menos del 20% de la población de AM, quienes a su vez resultan ser responsables de cerca de un 46% de los costos de atención médica en este grupo etario [Guerchet. M.M., Huang, Y., et. al. (2018); Mori, et. al. (2019)]. Se estima que la población AM chilena en condición de dependencia funcional alcanza alrededor de un 24%. [MINSAL (2019)]. Esta es una de las razones del por qué a nivel sociosanitario es tan importante la detección de los factores de riesgo de dependencia, así como el diseño y desarrollo de estrategias útiles para su prevención y manejo, así se ha transformado en uno de los principales desafíos que enfrenta la gerontología y la geriatría en términos de intervención en la población mayor, ya que no basta con propender un aumento en la expectativa de vida como parámetro único de éxito, sino en la forma en que se puede influir para retrasar la aparición de condiciones de salud que atentan directamente con los niveles de funcionalidad de las personas mayores, de tal modo que la mantención de la autonomía, independencia, productividad y el bienestar resultan claves en los enfoques más recientes de esta área de las ciencias de la salud [Justice, J. N., et. al. (2016)]. Una de las aclaraciones que se hace necesario realizar en este contexto, es la referida a los conceptos de funcionalidad física y los de condición y actividad física, que muchas veces son utilizados erróneamente como sinónimos, sin embargo, cabe destacar que tienen interrelación entre sí, y de alguna manera pueden explicar los

niveles de rendimiento funcional de los individuos [Van Lummel, et. al. (2015)]. Podemos sostener entonces que la función física está relacionada o compuesta por la condición y la actividad física, las cuales podemos entender como sus dominios generales. A su vez, la condición física es entendida como el nivel rendimiento que logra un sujeto en aquellas actividades que involucran el desarrollo de fuerza, resistencia, velocidad, equilibrio y flexibilidad [Van Lummel, et. al. (2015)].

La actividad física en cambio corresponde por definición al movimiento corporal realizado por la acción de la musculatura y que genera un gasto energético, esta puede ser medida por registro de niveles de actividad en un período de tiempo [Van Lummel. et. al. (2015)] figura (6).

**Relación entre los conceptos de condición y actividad física, como determinantes de la funcionalidad en el adulto mayor.**



*Figura (6) Diagrama de flujo que muestra la relación entre los conceptos de función y actividad física, como componentes de la funcionalidad física, dominios comprendidos en ellos y ejemplos de mecanismos evaluativos.*

Considerando lo planteado anteriormente, se hace necesario explicar de qué manera se logra evaluar la funcionalidad en la población AM. De acuerdo con la evidencia, resultaría en extremo inusual que los mecanismos de evaluación en este ámbito excluyeran la función física, como uno de los pilares centrales para el desarrollo de intervenciones sociosanitarias eficientes y efectivas en esta población. En efecto, en la mayor parte de los estudios en los que se han evaluado funcionalidad y discapacidad, se hace énfasis particular en algunos aspectos motores como la capacidad de desplazamiento, en parte porque muchos de los modelos desarrollados respecto del ciclo de la discapacidad tienen una estrecha relación con la disminución progresiva de la marcha [Kikkert, L. H. et al (2017)]. Muchos instrumentos nos permiten hoy en día evaluar la función física en las personas mayores, que incluyen desde pruebas clínicas e instrumentales para la valoración de la fuerza y potencia muscular, pruebas estandarizadas de rendimiento físico y cuestionarios de discapacidad, hasta dispositivos que permiten recoger información de la cantidad de actividad que desarrollan los individuos en ambientes reales [Justice, J. N. et al (2016)]. Sin embargo, algunas de estas herramientas de evaluación tienden a focalizar sus mediciones en algunos hechos claves para el desempeño de la función física en las personas mayores, la capacidad de levantarse de una silla ha sido utilizado como uno de los mecanismos dados a la evaluación de la fuerza de las extremidades inferiores o la prueba de flexión de brazos para evaluar la fuerza de la extremidad superior.

En los siguientes apartados se hace referencia a los mecanismos de evaluación y la evidencia con que se cuenta respecto de cada uno de los parámetros centrales de la condición de funcionalidad física [Van Lummel, et. al. (2015)] que pueden ser evaluados de manera directa o indirecta mediante diversos mecanismos, algunos de los cuales son utilizados en el desarrollo de esta investigación.

### **2.7.1 Fuerza.**

La fuerza muscular es un componente importante de la salud y la función física, teniendo un rol relevante en el desempeño de un gran número de actividades cotidianas vinculadas a la independencia de las personas. Se sabe además que es el predictor más importante del deterioro funcional en AM, determinándose la relación de la debilidad muscular con la discapacidad. Transformando este parámetro en uno de los más estudiados en el ámbito sanitario para la población AM [Benfica, P. et. al. (2018)].

La fuerza muscular ha sido estudiada y definida a lo largo del tiempo de distintas maneras, no obstante, una de las aproximaciones que mejor plasma su significado es aquella que plantea que la fuerza es una capacidad para contrarrestar una resistencia externa por medio de la actividad muscular [Platonov. (2006)]. Es necesario considerar que no es la única definición de fuerza que existe y claramente podría ser complementada con otras aportaciones, sin embargo, nos permite situarnos respecto de este parámetro, el cual como hemos podido observar en capítulos anteriores representa uno de los principales cambios durante el proceso de envejecimiento y al que se vinculan gran parte de las deficiencias funcionales en esta etapa de la vida [Hunter, S. K., Pereira, H. M., Keenan, K. G.(2016)].

Según lo expuesto en la literatura los mecanismos de evaluación de la fuerza muscular en población AM, varían desde algunas alternativas instrumentalizadas de alta tecnología, como la evaluación isocinética a otras mucho más utilizadas por ya sea por su costo o por el conocimiento que existe de ellas como los elementos de evaluación de resistencia manual o dinamométrica, entre otras. En este sentido es importante consignar que haremos mención particular de los mecanismos de medición de la fuerza muscular que han sido seleccionados en esta investigación, dando cuenta de esta manera de sus valores y de los análisis que se desprenden de su utilización. Uno de los mecanismos por los cuales se ha medido la fuerza muscular, particularmente en extremidad superior corresponde a la fuerza desarrollada por la mano en el gesto de prensión, de esta manera en distintos tipos de poblaciones se ha llegado a la conclusión de que su utilización es altamente recomendable y constituye un parámetro fundamental en la medición del riesgo funcional y sobrevida de la

población [Ho, F. K., et. al. (2019)], existen estudios en población AM chilena en los cuales se ha logrado determinar el rendimiento en la prueba de prensión manual, en cuyos resultados destacan la relación que existe entre la fuerza de prensión manual con la edad, sexo y nivel de funcionalidad de la población estudiada [Mancilla, E., et. al. (2016)].

Otros hallazgos asociados a la evaluación de la fuerza de extremidad superior dan cuenta que el comportamiento de la fuerza muscular en otros grupos musculares como por ejemplo la musculatura flexora de codo, han sido medidos en algunos casos, con la prueba de flexión de codo contra resistencia en 30 segundos, que corresponde a una de las pruebas incluidas en la batería de evaluación senior fitness test [Rikli RE, Jones C.J. (1999); Hesseberg, K., et. al. (2015)] en las cuales se hace hincapié en la importancia de la medición de la fuerza de la musculatura extrínseca de la mano como un factor que influye en forma independiente en la función de este segmento corporal [Liu, C. J. (2017)].

En relación a los parámetros de fuerza medidos en extremidad inferior, estos se han vinculado muy estrechamente con la capacidad de desplazamiento de los sujetos, en este sentido se ha hecho especial énfasis en algunos grupos musculares particularmente importantes en la mantención de posturas altas y en la locomoción humana, por ejemplo la musculatura extensora de rodilla y cadera, logrando establecer que la disminución en el rendimiento de la fuerza de extremidades inferiores influye en forma importante en la aparición de limitaciones de las actividades de la vida diaria en población AM. Algunas publicaciones han llegado a determinar valores referenciales en población adulta mayor con el fin de detectar de manera precoz resultados de riesgo para algunas de las pruebas incluidas en este estudio, tales como la prueba de pararse y sentarse 5 veces y la prueba de *up and go*. [Makizako, H., et. al. (2017)]

### **2.7.2 Resistencia.**

La resistencia cardiorrespiratoria refleja la capacidad de desarrollar una actividad física en un determinado período de tiempo, dicha capacidad depende de múltiples factores y condicionantes, entre ellas la capacidad del sistema respiratorio, cardiovascular, la capacidad muscular, el correcto funcionamiento de los procesos de

metabolización de sustratos energéticos, etc. Estos factores se ven afectadas en mayor o menor grado con el proceso de envejecimiento, por ejemplo, la disminución del control del sistema simpático sobre el ritmo cardíaco, o las alteraciones morfológicas y funcionales del proceso de captación, conducción y intercambio de oxígeno, que se manifiestan durante el envejecimiento fisiológico se relacionan de manera importante con la capacidad de resistencia cardiorrespiratoria [Guccione (2012) (B)]. En este contexto algunos estudios suponen que la disminución observada en el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  Max), mecanismo de evaluación por excelencia de este parámetro de la funcionalidad física en la población AM se debería entre otros factores a los cambios vinculados con el gasto cardíaco y a la distribución de flujo sanguíneo hacia el terreno muscular, así como la capacidad de utilización del oxígeno por parte de las mitocondrias, comprobando de esta manera la multifactorialidad de este cambio [Betik, A. C., Hepple, R. T.(2008)].

Se ha establecido como referencia estándar para la valoración de la capacidad de resistencia cardiorrespiratoria al  $VO_2$  Max, existiendo en la literatura un gran número de artículos que dan cuenta de su utilización, sin embargo, en el contexto clínico habitual este tipo de evaluaciones es poco utilizada, se aluden para esto razones de tiempo y disponibilidad de recursos referidos al equipamiento necesario para desarrollarlas, de tal modo que la mayor parte de los establecimientos de atención sanitaria de AM no cuentan con este tipo de elementos como parte de su protocolo general de valoración en esta población. Por esta razón es fundamental la utilización de herramientas de valoración alternativas y funcionales que permitan tener información relevante respecto de este dominio de la función física, algunos ejemplos de este tipo de evaluaciones lo constituyen la prueba de marcha de 6 minutos, la prueba de marcha de 2 minutos, la prueba del escalón, la prueba de paso en el lugar de 2 minutos [Brooks, D. et. al. (2007); Swanson, C. W., et. al (2019)]. En el caso del presente estudio se ha utilizado como mecanismo de evaluación la prueba de paso en el lugar de 2 minutos, el cual ha sido referida como una herramienta útil y confiable en estudios anteriores en población adulta mayor [Haas, F., et. al. (2017)].

### 2.7.3 Equilibrio.

Otro de los parámetros centrales de la condición y función física corresponde a la capacidad de equilibrio o balance. Desde el punto de vista biomecánico el equilibrio puede ser definido como la capacidad de mantener el centro de masa dentro de los límites de la base de apoyo [Panel on Prevention of Falls in Older Persons, American Geriatrics Society and British Geriatrics Society (2011)]. Como hemos planteado en capítulos anteriores, los cambios fisiológicos asociados al envejecimiento pueden influir en el desempeño de muchos de los componentes necesarios para la mantención del equilibrio en los AM, la disminución en ciertas funciones a nivel vestibular, visual, cardiorrespiratorio, musculoesquelético, como la disminución en la capacidad sensitiva y propioceptiva o la alteración de la representación postural a nivel central, entre otros, nos hacen prever que el rendimiento en el equilibrio en personas de edad avanzada disminuiría y aunque no existe claridad de cuando comienza a manifestarse esta pérdida algunos autores coinciden que el inicio de este deterioro se inicia antes de la sexta década de vida [Isles, R. C. et. al. (2004)]. Entre las manifestaciones funcionales que subyacen a estos cambios fisiológicos en el equilibrio se pueden identificar; un aumento en el componente de balance para mantener la posición bípeda disminuye la capacidad de control en las transiciones estático-dinámicas del equilibrio, las estrategias de estabilidad postural se hacen menos eficientes aumentando así el riesgo de colapso del cuerpo en posiciones altas y particularmente durante la marcha [Horak, F.B. (2006)].

Un factor relevante a la hora de estudiar el comportamiento del equilibrio en la población AM es la estrecha vinculación que existe entre las alteraciones del equilibrio y el riesgo de caídas en este grupo etario, lo que ha impulsado el desarrollo de múltiples herramientas destinadas a la evaluación del equilibrio, cabe mencionar que muchas de éstas no logran incluir en su análisis a todos los componentes que condicionan el desempeño óptimo de esta capacidad física y centran su dominio evaluativo en algún aspecto en particular [Beauchamp, M.K.(2019)]. Una de ellas es la posturografía [Lázaro, M.(2005)], la que corresponde a una técnica que ha ganado espacio en el análisis del riesgo de caídas en AM en las últimas décadas y que nos permite analizar el comportamiento del centro de gravedad en la base de sustentación,

así como valorar las estrategias que utiliza el sujeto para mantener el control postural, por otra parte, es posible visualizar los niveles de contribución relativa de las diversas aferencias sensoriales en el proceso de control y equilibrio [Howcroft, J., et. al. (2017)] Existen otro tipo de mecanismos que permiten valorar la capacidad de equilibrio, se refieren principalmente a pruebas de carácter físico en los cuales se combinan niveles distintos de control de ciertas posiciones que pueden resultar demandantes para los participantes, un ejemplo de estas pruebas es el test de apoyo unipodal, prueba desarrollada con el fin de evaluar el equilibrio estático, en base a la disminución de la superficie de apoyo, la cual se reduce desde el apoyo bipodal a monopodal, se ha demostrado que existe una relación entre la edad y el nivel de funcionalidad de los sujetos en el rendimiento en la prueba de apoyo [Mancilla S., et. al. (2015)]. Otro de los mecanismos de evaluación de equilibrio que resultan relevantes en esta investigación es la prueba de los cuadrantes, el cuál ha sido validado como una prueba útil para la evaluación del equilibrio dinámico en personas mayores [Moore, M., Barker, K. (2017)] y que reporta una buena correlación en población adulta mayor caedora y no caedora [Dite, W., Temple, V. A. (2002)].

#### **2.7.4 Velocidad.**

La velocidad puede ser entendida en términos conceptuales como la capacidad de reaccionar y moverse frente a un estímulo determinado en el menor tiempo posible. Uno de los aspectos de interés respecto de esta cualidad de la función física, se vincula a la velocidad de ejecución de la marcha, la cual ha sido relacionada de manera importante con los niveles de funcionalidad, morbilidad y riesgo de dependencia en población AM [Maggio, M., et. al. (2016)]. La velocidad depende de varios factores fisiológicos y estructurales, entre ellos la capacidad de conducción de estímulos aferentes y eferentes, la cual tiende a disminuir conforme avanza la edad de los sujetos [Clark, B., L Taylor, J. (2011)]. Respecto de los mecanismos de evaluación de la velocidad y particularmente de la velocidad de la marcha, en la actualidad se desarrollan un gran número de pruebas de tipo funcional, ya sea instrumentalizadas o no, que permiten conocer el desempeño de los sujetos evaluados en relación al desplazamiento en virtud del tiempo. En este sentido la evidencia muestra que los dominios de tiempo y la distancia recorrida son las



principales medidas de resultado recogidas por los investigadores, aunque debemos considerar que la estandarización de las pruebas de velocidad de marcha en personas mayores resulta altamente relevante ya que existen diferencias significativas entre las distintas herramientas evaluativas utilizadas actualmente, esto fue reflejado en una revisión desarrollada previamente [Stuck, A. K., et. al. (2020)].

### **2.7.5 Flexibilidad.**

La flexibilidad es un indicador de la función física que probablemente sea el menos vinculado con alteraciones o consecuencias clínicas graves en la población AM. [Vaca García, M., et. al. (2017)]. Su disminución ocurrida con el paso de los años se explica principalmente por los cambios ocurridos en el tejido conectivo, asociado a adaptaciones posturales y patrones de movimiento mantenidos en el tiempo. Existe evidencia que señala que la disminución en la flexibilidad genera una alteración en los rangos de movimiento en las articulaciones lo que afectaría los componentes sensoriomotores en la regulación y control del movimiento, así como la alteración en los niveles de estabilidad articular [Karathanasopoulos, N.(2019)]. En el transcurso de esta investigación no ha sido considerada la flexibilidad como un factor principal y se considera incluida en las pruebas funcionales desarrolladas que son explicadas en detalle en los capítulos siguientes.

## **2.8 FUNCIÓN COGNITIVA.**

Es un hecho prácticamente irrefutable que la función cognitiva presenta algunas alteraciones en la medida que envejecemos, y que dichas alteraciones pueden ser medidas o al menos observadas y evaluadas mediante distintas herramientas, como test de tamizaje, pruebas de rendimiento de ciertos dominios cognitivos específicos. Las habilidades cognitivas pueden ser entendidas esquemáticamente como varios dominios cognitivos específicos, los que incluyen velocidad de procesamiento, atención, memoria, función cognitiva ejecutiva, lenguaje y habilidades visuoespaciales, cada uno de los cuales presenta cierto nivel de modificación en el transcurso del proceso de envejecimiento [Murman D. L. (2015)].

La primera de estas habilidades, la velocidad de procesamiento, ha sido reportada en varios estudios como la causa probable de deficiencias en el rendimiento de adultos mayores ante pruebas neuropsicológicas que en general miden áreas distintas; como por ejemplo la fluencia verbal, que corresponde a la capacidad de comunicarse mediante un habla espontánea y fluida sin mostrar pausas excesivas ni problemas en la búsqueda de los vocablos adecuados, capacidad alojada topográficamente en la corteza prefrontal y temporal del hemisferio cerebral izquierdo. A este respecto, resultan interesantes los hallazgos publicados por Salthouse, sobre consecuencias de la edad en el declive cognitivo, en dicho estudio se mencionan dos patrones de cognición, el patrón de cognición cristalina y el patrón de cognición fluida, llamados también inteligencia fluida y cristalizada, las cuales son útiles para la descripción de los cambios cognitivos en el ciclo vital, en este sentido el conocimiento reaprendido y altamente practicado, se transforma en conocimiento habitual [Salthouse T.(2012)]. Por su parte una de las publicaciones en el área, dada a conocer en el 2013, sostiene que el vocabulario y los conocimientos de índole general califican en este subgrupo de cognición cristalina, los cuales tienden a mantenerse estables con el envejecimiento [Harada, N. (2013)]. En cambio la denominada cognición fluida incluye en su categoría la capacidad de resolución de problemas, razonamiento sobre situaciones menos habituales y que resultan más bien independientes de lo aprendido en épocas anteriores; la función ejecutiva, la velocidad de procesamiento, memoria y la capacidad psicomotriz son considerados como dominios cognitivos fluidos, entre este grupo se destaca la capacidad psicomotora y la velocidad de procesamiento, las que alcanzarían su funcionamiento pico alrededor de los 30 años y después tendría tasas paulatinas de decrecimiento anual [Salthouse T.(2012)].

Es cierto que la importancia de la alteración cognitiva en el proceso de envejecimiento es un hecho concreto que ha sido demostrado, sin embargo, su vinculación con otro tipo de alteraciones o su carácter de factor de riesgo para alteraciones funcionales morbilidad, discapacidad o dependencia, es probablemente uno de los aspectos más negativos y preocupantes para el ámbito sociosanitario a nivel geriátrico. [Hesseberg, K., et. al. (2015), Santoni, G., et. al.2015)]. Diversos estudios han planteado que el aumento de los niveles de dependencia en personas sobre los 65 años con

alteraciones cognitivas leves a moderadas es significativamente mayor que en poblaciones de edades similares que no presentan déficit cognitivo [Kraft, E. (2012)]. Como fue mencionado anteriormente, cada uno de los dominios en los cuales puede ser subdividida la función cognitiva presenta cambios en su desempeño asociados a la edad, en cada uno de ellos es necesario que el sujeto incorpore información, la procese para luego generar una respuesta adecuada al estímulo o información recibida. Uno de los aspectos que presentan mayor interferencia con la edad corresponde a la habilidad de atención y en particular a la atención selectiva, esto es fundamental en muchas de las actividades cotidianas principalmente en aquellas tareas avanzadas de la vida diaria y que afectan la capacidad de relación con el medio e interacción social [Murman, D. L. (2015)].

Los mecanismos de valoración de la función cognitiva que se utilizan habitualmente en el ámbito geriátrico permiten cuantificar o calificar algunos dominios centrales de la cognición, en el caso particular de esta investigación se han referido los resultados de dos pruebas de función cognitiva, la versión abreviada del mini examen cognitivo (Minimental) [Jiménez, D., et. al. (2017), Quiroga, P., et. al. (2004)] y la prueba del reloj, ambos permiten la valoración de la función ejecutiva de la población estudiada y los parámetros de memoria inmediata y de trabajo [Park, J., Jeong, E., Seomun, G. (2018), Calle Pérez, V. (2016)].



### 3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Como parte integral de esta investigación se presentan a continuación un resumen de la fase de revisión bibliográfica desarrollada previamente a la elaboración argumental de esta tesis, en ella se destaca la búsqueda realizada en virtud del parámetro central de la investigación, la variabilidad motriz. En este sentido se exploró en las bases de datos Pubmed, Embase, PEDro las siguientes preguntas que esta revisión intentó responder fueron:

¿Cuál es la relación entre la variabilidad motriz y el riesgo de caídas en población AM?  
¿Cuál es el efecto de las tareas duales en la variabilidad motriz? ¿Cómo se ha evaluado la variabilidad motriz en los estudios clínicos registrados en la última década?

#### **Los términos utilizados en la búsqueda fueron:**

*Gait variability, aging, accidental falls.* Dichos términos fueron adscritos a la búsqueda mediante el término *booleano* AND. Los filtros referidos al tipo de estudio utilizado priorizaron los ensayos clínicos, revisiones sistemáticas o metaanálisis, en los que la intervención desarrollada o el parámetro central evaluado fuera la variabilidad y el riesgo de caer. La búsqueda no tuvo limitación geográfica, sin embargo, se limitaron estudios en lengua española, inglesa y portuguesa. Respecto de los criterios de los estudios se utilizó el mecanismo PICO [Mamédio, C., Andrucoli, C., Cuce, M. (2007)] (P) sujetos de ambos sexos mayores de 60 años; (I) intervenciones que incluyeran al menos uno de los siguientes componentes; ejercicio terapéutico, actividad física, individual o grupal (C) que contara con un grupo experimental y en lo posible un control; (O) variables que midieran variabilidad motora, idealmente variabilidad motriz durante la marcha o actividad funcional.

### 3.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Los cambios ocurridos durante el proceso normal de envejecimiento están vinculados en cierta medida a la prevalencia que tienen las enfermedades crónicas no transmisibles en la población AM. Estos cambios pueden incrementar el riesgo de sufrir algunas alteraciones en labores cotidianas como ocurre en el caso de la marcha, la cual puede verse alterada por diversos factores durante el proceso de envejecimiento, poniendo en riesgo su estabilidad y seguridad, asociándose a eventos indeseados como son las caídas accidentales. Según la OMS las caídas constituyen un problema sanitario de grandes proporciones particularmente en la población AM, transformándose en la segunda causa de muerte por lesiones no intencionadas a nivel mundial [OMS (2008)], si bien las caídas en la población AM pueden generar la muerte del sujeto, es necesario aclarar que la mayoría de ellas no son mortales, sin embargo, generan importantes niveles de discapacidad transitoria y/o permanente. Se calcula que anualmente a nivel mundial más de 600 mil personas mueren producto de una caída, siendo los mayores de 65 años quienes lideran esta cifra, por otra parte, se sabe que cerca de 37,3 millones de las caídas registradas en un año requieren de atención médica de distinta complejidad [Callis, N. (2016)].

En efecto, algunos autores plantean que cerca del 30% de los adultos mayores de 65 años experimentan una o más caídas cada año, lo que puede llevar a hospitalización y en algunos casos a la muerte [Toosizadeh, N., et. al. (2018)]. Si bien es complejo determinar cuál o cuáles de los factores intrínsecos o extrínsecos que se vinculan al riesgo de caer es el de mayor preponderancia, es claro que la capacidad de mantener el equilibrio en diversos contextos o frente a distintos estímulos resulta clave a la hora de limitar el riesgo de caer, esto es parte de lo que podemos desprender de algunos de los estudios desarrollados previamente [Tinetti, M. E., et. al. (1988)], o lo expuesto respecto de la relación de alteraciones mecánicas en el pie y su relación con las caídas [Harada, K., et. al. (2010)].

El equilibrio humano es un mecanismo complejo que involucra varios sistemas fisiológicos, incluidas las unidades sensoriales (visual, vestibular y propioceptiva), los reflejos musculares y el sistema nervioso central [Hasson, C. J., Van Emmerik, R. E., Caldwell, G. E. (2014)]. Cualquier deterioro en los componentes de este mecanismo

o las interacciones entre ellos puede comprometer el equilibrio postural. Se ha descrito que la relación entre la marcha y la inestabilidad postural son factores de riesgo importantes para caídas, especialmente en pacientes geriátricos, como caminar requiere atención en los AM, sería probable que las deficiencias cognitivas contribuyan a un mayor riesgo de caídas [Lamoth, C. J., et. al. (2011)].

En el caso de la marcha si bien su aprendizaje es considerado una tarea compleja, esta se vuelve parte de nuestras conductas motoras automáticas desde épocas tempranas de la infancia. Sin embargo, en los AM el control cognitivo de la marcha es cada vez más importante, de este modo frente a la sobre posición de estímulos concurrentes durante la ejecución de la marcha, el AM estaría más propenso a disminuir su rendimiento en dicha actividad motora, generando un incremento en el riesgo de fallo de ésta [Montero-Odasso, M., et. al. (2009)]. Diferentes estudios han descrito que los AM requieren de la utilización de mayores recursos de atención y procesamiento para el desempeño de una tarea aislada, y que, al combinar una tarea automatizada, cotidiana o previamente aprendida con otra, por ejemplo, que involucra un desafío cognitivo, podría disminuir el desempeño en la ejecución de una de ellas o incluso de ambas, aumentando consigo el riesgo de fracaso en la ejecución de estas [Papegaaij, S., et. al. (2017)]. Esto puede ser explicado desde el concepto de estrategias de priorización, quedando en evidencia en tareas como la marcha, pues en esta se prioriza la mantención del balance o equilibrio postural como método de estabilidad y protección, antes que una tarea cognitiva secundaria, en situaciones de tareas duales en AM [Yogev-Seligmann, G. (2012), Simieli, L., et al (2017)]. En virtud de la magnitud del problema sociosanitario que subyace a las caídas en el AM y en atención a que los esfuerzos a nivel global buscan establecer factores protectores y de prevención ante esta realidad, el propósito de este estudio es determinar si un parámetro como la VM, herramienta que cuantifica los ajustes motores realizados por el sujeto en virtud del tiempo, producidos durante el desarrollo de una actividad motriz corresponde a una herramienta útil en el proceso de detección de riesgo de caer en población AM.

## **3.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿La variabilidad motriz durante el desarrollo de la prueba de paso en el lugar de dos minutos tiene relación con los eventos de caídas registrados en población AM no institucionalizada?

¿Cómo se comporta la variabilidad motriz frente a estímulos cognitivos y cuál es su relación con las herramientas habituales de evaluación clínica de riesgo de caídas?

## **3.3 HIPÓTESIS**

H<sub>1</sub> La variabilidad motriz registrada durante la prueba de paso en el lugar de 2 minutos se relaciona el historial de caídas accidentales registrados en un período de 12 meses previos a la investigación en población de adultos mayores no institucionalizados.

H<sub>2</sub> Existe diferencia entre la variabilidad motriz registrada durante la prueba de paso en el lugar de 2 minutos desarrollada con y sin interferencia de estímulos cognitivos asociados.

H<sub>3</sub> Existe relación entre la variabilidad motriz registrada durante la prueba de paso en el lugar de 2 minutos y las herramientas habituales de evaluación clínica de riesgo de caídas.



## **3.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.4.1 Objetivo general**

Determinar la relación entre el registro de variabilidad motriz detectado mediante una plataforma de contacto, durante la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos y el registro de caídas previas en población adulta mayor.

### **3.4.2 Objetivos específicos**

1. Establecer la relación entre la variabilidad motriz registrada en la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos y registro de caídas previas en población adulta mayor.
2. Establecer los valores de la variabilidad motriz durante la prueba de paso en el lugar de dos minutos en población adulta mayor en condiciones basales y en presencia de estímulos cognitivos estandarizados.
3. Comparar el comportamiento de la variabilidad motriz registrada durante la prueba de paso en el lugar de dos minutos, en presencia y ausencia de estímulos cognitivos estandarizados en población adulta mayor.
4. Determinar la relación entre el registro de caídas previas y el desempeño alcanzado en las pruebas de función física, función cognitiva y los niveles de variabilidad motriz registrados durante la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos por la población adulta mayor.



## **4. MATERIAL Y MÉTODO.**

La presente investigación se sustenta en un diseño metodológico mixto, que permite dar respuesta a los distintos objetivos planteados, incorporando una etapa descriptiva de corte retrospectivo y otra cuasi experimental de características temporales transversales.

### **4.1 CONSIDERACIONES ÉTICAS.**

El presente estudio ha sido desarrollado siguiendo los lineamientos entregados en la declaración de Helsinki de 1975, [Puri, K. S., et. al. (2009)].

La presente investigación forma parte de la línea de investigación en funcionalidad y envejecimiento, la cual fue presentada y aprobada por el comité de ética del Servicio de Salud Metropolitano Oriente, de Santiago de Chile (Anexo 1).

El equipo de investigadores ha velado en forma permanente con la confidencialidad de los datos.

Se ha informado en forma directa, de manera verbal y escrita sobre los objetivos y procedimientos del estudio, su duración, molestias y beneficios vinculados a la investigación. Cada uno de los participantes ha recibido y firmado el consentimiento informado (Anexo 2)

En todo momento los participantes han sido informados que pueden desistir de participar en el estudio, en el cual han decidido participar de manera voluntaria y gratuita.

## **4.2 TIPO DE ESTUDIO.**

### **Fase de estudio de asociación retrospectivo.**

Con el fin de dar respuesta al objetivo específico inicial de esta investigación que plantea *“Establecer la relación entre la variabilidad motriz registrada en la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos y registro de caídas previas en población adulta mayor”*. Se ha establecido un estudio de características descriptivas de asociación de variables y de temporalidad retrospectiva.

### **Fase de estudio cuasi experimental de corte transversal.**

Esta etapa del estudio permitirá dar respuesta a los objetivos específicos *“Establecer los valores de la variabilidad motriz durante la prueba de paso en el lugar de dos minutos en población adulta mayor”, “Comparar el comportamiento de la variabilidad motriz registrada durante la prueba de paso en el lugar de dos minutos, en presencia y ausencia de estímulos cognitivos estandarizados en población adulta mayor” y “Determinar la relación entre el riesgo de caer, medido por pruebas de función física, la función cognitiva y los niveles de variabilidad motriz registrados durante la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos en población adulta mayor”*

## **4.3 VARIABLES DEL ESTUDIO**

Con el fin de otorgar un orden a las distintas variables consideradas en este estudio, estas han sido agrupadas en los siguientes dominios; variables sociodemográficas, variables de características físicas y antropométricas, variables de la función física y variables vinculadas a la función cognitiva tabla (1)

**Cuadro resumen variables en estudio agrupadas según dominio evaluado y tipo de variable.**

<b>Variables Sociodemográficas</b>	<i>Sexo</i>	<i>Cualitativa, nominal</i>
	<i>Edad (años)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Estado civil</i>	<i>Cualitativa, nominal</i>
	<i>Nivel educacional</i>	<i>Cualitativa ordinal</i>
<b>Variables Condiciones Sanitarias</b>	<i>Historial de caídas</i>	<i>Cuantitativa discreta</i>
	<i>Diagnósticos médicos autorreportados</i>	<i>Cuantitativa discreta</i>
	<i>Número de comorbilidades</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
<b>Variables Antropométricas</b>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Talla (cm)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Índice de masa corporal (IMC)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Perímetro de cintura (cm)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Perímetro de cadera (cm)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Índice cintura/altura</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
<b>Variables Función física</b>	<i>Fuerza de prensión manual o dinamometría de mano (kg)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Fuerza de flexión de codo (rep)</i>	<i>Cuantitativa discreta</i>
	<i>Fuerza de extremidades Inferiores (P. sentarse 5 veces) (s)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Equilibrio estático (test de apoyo unipodal) (s)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Test de cuadrantes (Four Square Step Test) (s)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Test Up and go (TUG)(s)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Variabilidad Motriz (ms)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
<b>Variables Función cognitiva</b>	<i>Test Mini Mental abreviado (MMSE) (ptos)</i>	<i>Cuantitativa continua</i>
	<i>Test del Reloj (TR) (ptos) (Fase copia)</i>	<i>Cuantitativa discreta</i>
	<i>(Fase de orden verbal)</i>	

Tabla (1). Cuadro resumen agrupación de las variables en estudio según dominio evaluado y tipo de variable.

### **4.3.1 Variables sociodemográficas.**

#### **Sexo.**

Variable de tipo cualitativa nominal, conceptualmente corresponde a la determinación biológica que permite identificar a la población según sus características genitales, cromosómicas y hormonales entre hombres y mujeres. Operacionalmente, en el presente estudio esta variable será registrada de manera binominal en relación comprenderá como sexo aquel registrado en el documento nacional de identificación vigente en el país al momento de iniciado el estudio, siendo sus alternativas hombre o mujer.

#### **Edad.**

Variable de tipo cuantitativa continua, conceptualmente se define como el tiempo transcurrido desde el nacimiento de un sujeto. Operacionalmente la edad corresponde al valor numérico, en números enteros de la cantidad de años cumplidos a la fecha de incorporarse al estudio.

#### **Estado civil.**

Variable de tipo cualitativa nominal. Conceptualmente corresponde a la situación civil de un individuo, según el código civil chileno [Código civil artículo 305 de la República de Chile], existen los siguientes estados civiles reconocidos: casado(a), separado(a) judicialmente, divorciado(a), viudo(a), padre/madre, hijo(a), conviviente civil. Operacionalmente se registró cada una de las alternativas con su denominación completa.

### **Nivel educacional.**

Variable de tipo cualitativa ordinal, conceptualmente refleja el mayor nivel de estudios alcanzado por el sujeto. En el sistema formal de educación vigente en Chile, las alternativas referidas a los niveles de estudio pueden corresponder a las siguientes alternativas, que es el mecanismo de registro operacional de esta variable en el presente estudio; sin estudios formales (SE), estudios básicos incompletos (EBI), estudios básicos completos (EBC), estudios de enseñanza media incompleta (EMI), estudios de enseñanza media completa (EMC), estudios técnico-profesionales o universitarios incompletos (EUI), estudios técnico-profesionales o universitarios completos (EUC).

### **4.3.2 Variables para condiciones sanitarias.**

#### **Historial de caídas**

Variable cuantitativa discreta, desde el punto de vista conceptual una caída es definida como evento involuntario que hace perder el equilibrio y dar con el cuerpo en tierra u otra superficie firme que lo detenga [OMS (2008)].

En este estudio el historial de caídas corresponde al número de caídas reportadas por cada participante en un lapso de 0 y 12 meses, previos al inicio del estudio, registrado mediante autoreporte separado en período de 1 mes, 3 meses, 6 meses, 9 meses y 12 meses previos a la evaluación.

#### **Diagnósticos médicos autoreportados.**

Variable de tipo cualitativa, correspondiente a los diagnósticos médicos conocidos y autoreportados por cada uno de los sujetos incluidos en el estudio. Operacionalmente en este estudio se han consignado los diagnósticos médicos mediante el nombre de la enfermedad o condición de salud reportada.

### **Número de comorbilidades.**

Variable de tipo cuantitativa, correspondiente al número de diagnósticos médicos que afecta a cada uno de los sujetos incluidos en el estudio. En esta investigación esta variable ha sido registrada mediante números enteros los que representan la cantidad de diagnósticos conocidos y registrados por autoreporte de cada uno de los participantes en el estudio.

### **4.3.3 Variables antropométricas**

#### **Peso**

Variable cuantitativa continua, conceptualmente corresponde a la expresión en kilogramos de la masa corporal total de un individuo. En el caso de este estudio se ha registrado el total de kilos marcados en balanza electrónica marca Huawei, modelo AH100 (China).

#### **Talla**

Variable cuantitativa continua, corresponde al tamaño del individuo, para cuyo valor se determina como puntos de referencia la coronilla de la cabeza hasta la base del talón, siempre con el sujeto descalzo y en posición de pie (bípedo), esta medición se expresa en cm mediante tallímetro SECA 213 (Hamburgo Alemania).

#### **Índice de masa corporal (IMC)**

Corresponde a una variable de tipo cuantitativa y continua, es un indicador ampliamente utilizado como mecanismo de cuantificación de obesidad, esta medida antropométrica corresponde operacionalmente a la relación entre el peso corporal expresado en kilos y la estatura al cuadrado que se expresa en metros.



### **Perímetro de cintura**

El perímetro de cintura corresponde a una variable cuantitativa de tipo continua, es una medición antropométrica que permite conocer la forma en que se distribuye la grasa corporal [Domínguez-Reyes, T., et. al. (2017)]. Operacionalmente corresponde a la medida en centímetros del perímetro o circunferencia abdominal a la altura del ombligo. Dicha medición se realiza con el paciente en posición de pie, con los brazos a los lados y el abdomen relajado [OMS (2020)]

### **Perímetro de cadera**

Variable de tipo cuantitativa y continua, conceptualmente corresponde a una medición antropométrica útil en la determinación de la prevalencia de sobrepeso u obesidad. En el presente estudio se ha determinado el perímetro de cadera de acuerdo con las indicaciones del instructivo de seguimiento de enfermedades crónicas no transmisibles STEPS de la OMS [OMS (2020)].

### **Índice cintura/altura**

Corresponde a una variable de tipo cuantitativa continua, cuya utilidad en la determinación de riesgo cardiovascular, ha sido probada en varios estudios [OMS (2020); Zhang, Y., et. al. (2019); Ramírez-Vélez, R. (2010); Kerkadi, A., et. al. (2020); Ashwell, M., et. al. (2014)]. Operacionalmente esta variable corresponde a la división de los valores de circunferencia de cintura dividido por la altura o talla del sujeto, ambas expresadas en centímetros mediante cinta métrica SECA 201.

#### **4.3.4 Variables de función física.**

##### **Fuerza muscular**

Variable cuantitativa continua. Corresponde a la capacidad de un músculo o grupo de músculos para desarrollar tensión frente a una carga externa, la cantidad de fuerza desarrollada por la contracción muscular puede ser medida durante una contracción

isométrica, dinámica o isocinética, incluso de manera manual o usando algún instrumento como el dinamómetro tanto en versiones análogas como digitales. En el contexto de esta investigación la valoración de la fuerza muscular ha sido medida mediante las siguientes pruebas.

### **Fuerza de prensión manual o dinamometría de mano.**

La prueba de prensión manual es un indicador muy utilizado como medida de fuerza global para distintos grupos etarios, además, es ampliamente reconocido como un importante predictor de diferentes riesgos de salud, que incluyen niveles de morbilidad y mortalidad en distintas poblaciones, tales como sujetos con alteraciones cardiovasculares, neurológicas, musculoesqueléticas, y cardiopulmonares, entre otras [Wang, Y. C., et. al. (2018)]. Su objetivo principal es determinar los niveles de fuerza muscular de la mano y antebrazo, son variados los estudios que han permitido determinar valores referenciales de esta variable [Wang, Y. C., et. al. (2018); Dodds, R., et. al. (2014)]. Según los estudios desarrollados por Schaubert y Abizanda esta herramienta evaluativa presenta excelentes niveles de confiabilidad test re-test [Abizanda, P., et. al. (2012); Schaubert, K. L., Bohannon, R. W. (2005); Bohannon, R. W., Schaubert, K. L.(2005)].

Operacionalmente se ha seguido el protocolo establecido por la Sociedad Americana de Terapia de la mano [Mathiowetz, V., et. al. (1984)] y que ha sido replicado en estudios anteriores en población chilena [Romero-Dapueto, C., et. al. (2019); Mancilla, E., Ramos, S., & Morales, P. (2016)], en esta investigación se ha considerado el mejor de 3 intentos desarrollados por cada sujeto con su extremidad superior dominante. La fuerza de prensión corresponde a una variable de tipo cuantitativa y continua la cual puede utilizar como unidad de medida kilogramos o Newton. En el caso de esta investigación los valores serán expresados en términos absolutos en kilogramos y relativos al peso corporal de cada sujeto [Franchini, E., Schwartz, J., Takito, M. Y (2018); Li, D., et. al. (2018)], lo que permite comparaciones entre los integrantes de la población en estudio, dicho parámetro ha sido medido con el dinamómetro hidráulico BASELINE® cuyo rango de medición oscila entre 0 a 90 kg (Estados Unidos)

### **Fuerza de flexión de codo.**

Corresponde a una variable cuantitativa discreta, evalúa de manera funcional la capacidad de desarrollo de fuerza en extremidad superior basado en el movimiento de flexión de codo, contra una resistencia externa estandarizada para hombres y mujeres; de 3,6 kilogramos y 2,25 kilogramos respectivamente [Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999)]. Desde la perspectiva operacional se solicita al sujeto que manteniéndose en posición sedente en una silla de altura estándar (0,49 m. aproximadamente), realice la mayor cantidad de repeticiones del movimiento de flexión y extensión completa de codo con su extremidad dominante, contra la carga externa en un lapso de 30 segundos [Liu, C. J., et. al. (2017)].

### **Fuerza de extremidades inferiores pararse y sentarse cinco veces (5STS).**

Variable cuantitativa continua, conceptualmente corresponde a una forma de evaluación funcional de fuerza de extremidades inferiores, para lo cual toma como base la transferencia de sedente a bípedo. [Goldberg, A., et. al. (2012)]. La descripción operacional de esta variable indica que el sujeto debe iniciar la prueba en posición sedente, en una silla de altura estándar (0,49 m. aproximadamente), se solicita que a la indicación verbal del evaluador de *"listo...ya"* se ponga de pie completamente desde la posición sentado, y que vuelva a sentarse dicho gesto motor deberá ser realizado de la manera más rápida posible por un total de 5 repeticiones, consignándose el tiempo utilizado para completar la tarea [Alcazar, J., et. al. (2018)].

### **Equilibrio estático y dinámico**

El presente estudio incorporó entre las herramientas de evaluación de la función física la valoración de la estabilidad, balance o equilibrio en dos condiciones consensualmente separadas, estas son el equilibrio estático y el equilibrio dinámico. Con este fin se han incorporado tres pruebas funcionales cuyo principal parámetro de medición es el tiempo de ejecución, lo que hace de las tres, variables cuantitativas y de características continuas.

## **Prueba de apoyo unipodal (AU).**

Esta prueba evalúa equilibrio estático unipodal de los sujetos, corresponde a una variable de tipo cuantitativa continua. Se ha determinado además que la capacidad de mantener el apoyo unipodal en el tiempo disminuye con la edad [Bohannon, R. W., et. al. (1984)], según el estudio desarrollado en personas mayores comandado por Rossiter y Wolf et AL 1995, se determinó que cerca del 89% de los adultos mayores que no están institucionalizados logran mantener el apoyo en un pie por más de 10 segundos, situación que disminuye a un 45% en personas mayores institucionalizadas [Rossiter-Fornoff, J. E., et. al. (1995)]. Desde la perspectiva operacional; se solicita al individuo que coloque los brazos sobre el pecho con las manos tocando los hombros y no permita que las piernas se toquen entre sí y que mantenga la vista al frente con los ojos abiertos, si bien es ideal que la prueba se realice sin calzado, la prueba resulta aplicable si el sujeto permanece con su calzado puesto. Se cronometra el total del tiempo que el sujeto logra mantener la posición si supera los cinco segundos se asume un bajo riesgo mientras que si no logra mantener dicho mínimo de tiempo se considera una prueba positiva. En referencia a estudios previos de validación de este instrumento, se determinó que en población no diagnosticada de distintas edades los valores alcanzados en esta prueba fueron de  $16,7 \pm 15,0$  en mujeres entre 70 y 79 años y de  $25,9 \pm 18,1$  para hombres de la misma edad [Springer, B. A., et. al. (2007)]. Con fines de este estudio se registró el tiempo empleado en tres intentos por cada extremidad en cada uno de los sujetos en estudio, se consideró como mejor puntaje el mayor tiempo conseguido por el sujeto, cabe destacar que, pese a que el protocolo de evaluación considera la prueba en condiciones de ojos abiertos y cerrados, el registro desarrollado en este estudio incluyó únicamente la opción con ojos abiertos para la población en estudio, registrándose un máximo de 10 segundos como tiempo límite superior.

### **Prueba de los cuadrantes (*Four Square Step Test*)**

Variable de tipo cuantitativa continua, corresponde al tiempo de ejecución de la prueba registrado en segundos. Este instrumento evalúa el equilibrio dinámico de los sujetos [Moore, M., & Barker, K. (2017)]. Operacionalmente consiste en solicitar al sujeto que complete el circuito descrito entre los cuadrantes 1 y 4 primero en sentido de las manillas del reloj y luego en sentido inverso. Se debe considerar el mejor tiempo empleado en la prueba entre dos repeticiones consecutivas, valores mayores a 15 segundos se relaciona con un riesgo elevado de caídas [Dite, W., Temple, V. A. (2002)].

### **Prueba de pararse caminar y volver *Test Up and go (TUG)***

Constituye una variable de tipo cuantitativa continua. Desde su primera descripción la prueba de up and go; ha sido concebido como un instrumento para la evaluación del riesgo de caídas [Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991)], sin embargo, en los análisis actuales se define como un test de valoración de la agilidad de un sujeto, esto porque presenta diferentes componentes o fases de movimientos en el desarrollo de la prueba, desde la capacidad de ponerse de pie desde una silla, caminar en línea recta, desacelerar y girar, etc. Su evaluación se desarrolla a través del tiempo en segundos que el sujeto demora en la ejecución de la prueba [Christopher, A., et al. (2019)]. Respecto de la confiabilidad de esta prueba, se ha descrito valores de confiabilidad elevados en población adulta sin patología, en sujetos con parálisis cerebral, en individuos con esclerosis múltiple, enfermedad de Huntington, en pacientes con trastorno medular y en sujetos que han sufrido accidente cerebro vascular, no obstante, la capacidad predictiva de la prueba resulta más limitada. El *time up and go* es utilizado habitualmente en el ámbito de la rehabilitación, principalmente para dar cuenta de la capacidad de deambulación y transferencia, habilidades que resultan fundamentales para un buen desempeño de los niveles de participación de los sujetos [Christopher, A., et al. (2019)].

## Resistencia cardiorrespiratoria

Sabemos que la capacidad aeróbica es fundamental en la mantención de niveles de funcionalidad en población general y particularmente en los AM. Durante el desarrollo de esta investigación la resistencia cardiorrespiratoria ha sido evaluada por medio de la prueba de paso en el lugar de dos minutos, cuya denominación en lengua inglesa es *Two minutes step test (2MST)*; el que corresponde a una prueba de características submáximas, diseñada inicialmente para la valoración de la capacidad cardiorrespiratoria de un individuo, para ello utiliza el registro del número máximo de pasos en el lugar (marcha estática) que éste pueda desarrollar en 2 minutos. Se considera que en cada paso se debe elevar la rodilla a la altura indicada por el punto medio entre la patela y la cresta iliaca, por convención se cuenta el número total de repeticiones desarrolladas con la extremidad derecha. Esta prueba fue incluida en la batería del Senior Fitness Test [Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999)] quienes también describieron una validez convergente relativa con la prueba de marcha de una milla, definiendo además valores de referencia para población adulta mayor que vive en la comunidad [Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999)]. Posteriormente a su descripción inicial este mecanismo de evaluación ha sido utilizado largamente en múltiples estudios tanto en sujetos sanos como en algunas poblaciones con diagnósticos y/o características clínicas particulares, así como estudios de validación como el desarrollado por Haas F. en el año 2017 [Haas, F., et al. (2017)]. Entre las características expuestas en una revisión publicada recientemente, se establece que pese a la amplia utilización de la prueba una de las características que lograron encontrar es que el procedimiento de evaluación no ha sido exactamente el mismo entre los diferentes autores [Bohannon, R. W., Crouch, R. H. (2019)]. En el desarrollo de este estudio se ha seguido de manera exacta el protocolo descrito por sus autores iniciales, a fin de disminuir los sesgos de aplicación e interpretación de los resultados obtenidos.

Una de las características diferenciadoras de este estudio radica específicamente en el desarrollo de esta prueba, toda vez que es el gesto motor desarrollado durante esta prueba el que nos ha permitido determinar la variabilidad motriz, el componente central de esta investigación, es durante la ejecución del 2MST que, mediante el uso de una

plataforma de contacto, desarrollada en base a sensores de presión. Dicha plataforma ha sido desarrollada por DMJUMP® 2.5 hemos detectado los tiempos de contacto y despegue o vuelo, de cada una de las fases del gesto motor evaluado, los valores de cada uno de estos registros y particularmente los tiempos de apoyo bilateral, han sido utilizados para definir el nivel de variabilidad motriz, cuyo análisis y tratamiento estadístico se explica en el capítulo correspondiente.

### **Variabilidad motriz.**

Esta variable de características cuantitativa y continua puede ser definida desde el punto de vista conceptual, como un componente importante del movimiento voluntario normal y representar la manifestación o reflejo de ruido en el sistema sensoriomotor de un sujeto [Solana, R. S., et al. (2009)], cuando se realiza un gesto motor de manera repetida o cuando se desarrolla una tarea motora consecutiva, es posible registrar diferencias entre cada una de esas ejecuciones, dichas diferencias pueden ser entendidas como el producto de la interacción entre el sistema nervioso y el sistema musculoesquelético como efector final. En este sentido mientras mayor sea la variabilidad motora, mayores niveles de ruido habrá en el sistema, si bien se ha planteado que esta característica podría ser considerada como un sustrato no deseado de la ejecución de un gesto motor, hoy se cree que forma parte importante del proceso de aprendizaje de las diversas tareas motoras [Dhawale, A. K., Smith, M. A., Ölveczky, B. P. (2017)].

Operacionalmente corresponde a una variable que se centra en el dominio temporal de la ejecución motora, puntualmente en la fase de apoyo bipodal registrada durante el 2MST, mediante la plataforma de contacto DMJUMP®. Para su análisis se obtuvieron los promedios de los intervalos de las fases de apoyo bipodal, la desviación estándar de dichos intervalos y la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos de las fases de apoyo bipodal sucesivos (rMSSD) El uso de esta variable, se fundamenta entre otros factores en su uso en estudios de variabilidad del ritmo cardiaco, donde entrega información relevante de la variación existente entre registros sucesivos del ciclo cardiaco [Benichou, T., et al. (2018)]

#### **4.3.5 Variables de función cognitiva.**

##### **Prueba Mini Mental abreviado (MMSE)**

El minimal MMSE, es un instrumento de evaluación de la función cognitiva, corresponde a una herramienta de evaluación rápida que permite valorar de manera cuantitativa las alteraciones cognitivas, así como registrar los cambios en dichas funciones a través del tiempo [sralab.org. (2020)]. Diseñado con el fin de ser utilizado en la valoración cognitiva de personas mayores en diversos contextos de la práctica clínica habitual, en su versión original cuenta con un total de 11 ítems a evaluar que arrojan un puntaje máximo de 30 puntos [Folstein, S. E., McHugh, P. R.(1975)]. En él se permite evaluar dominios cognitivos tales como; orientación, registro, memoria reciente, atención/concentración, lectoescritura, habilidad visual/espacial, comprensión y lenguaje, omitiendo abstracción, juicio y apariencia.

En este estudio se ha utilizado la versión de 19 puntos del MMSE la cual fue validada en población chilena [Quiroga, P., et. al. (2004)], dicha versión es la que se utiliza actualmente como parte del examen médico preventivo del adulto mayor en Chile (EMPAM) y que ha servido de referencia en este estudio [Bravo, G., Hébert, R. (1997)]. Por sus características constituye en este estudio una variable de tipo cuantitativa.

##### **Prueba del Reloj (TR)**

Variable de tipo cuantitativa, conceptualmente la prueba del reloj (PR) corresponde a un instrumento de evaluación para deterioro cognitivo, que ha sido ampliamente utilizado en diversos estudios y en la práctica clínica [Gigena, V. M., et. al. (1993)]. Este instrumento elaborado en el año 1956 por Battersby, Bender, Pollack y Kahn, nos permite tener información de diversas áreas cognitivas vinculadas con la capacidad de ejecución, por ejemplo, la memoria a corto plazo y funciones ejecutivas [Latini, M. F., et.al. (2011)], las cuales son valoradas a través de la percepción visual, coordinación visomotora, capacidad viso constructiva y de planificación y ejecución motora.



Desde la perspectiva procedimental esta prueba se aplica en dos condiciones la primera de ellas mediante la indicación directa del evaluador y en segunda instancia mediante la copia visual. Los puntajes asociados a la prueba han sido desarrollados según el formato planteado previamente [Cacho, J., et. al. (1999)]

#### **4.4 MUESTRA**

El estudio incluye a personas mayores de 60 años, de sexo masculino y femenino, de la Región Metropolitana de Santiago de Chile, no institucionalizados, que cumplan con los siguientes criterios de elegibilidad.

##### **4.4.1 Criterios de inclusión**

- Sujetos hombres y mujeres mayores de 60 años.
- Que sean autovalentes, institucionalizados o que vivan en la comunidad
- Que declaren mediante firma de consentimiento informado su intención de participar en el presente estudio
- No presentar deterioro cognitivo medido por pruebas de tamizaje cognitivo (MMSE)

##### **4.4.2 Criterios de Exclusión**

- Presentar alteración musculoesquelética que impida la realización de pruebas físicas.
- Incapacidad para mantener el bípedo, unipodal e incapacidad de realizar marcha en el lugar.
- No habitar en la Región Metropolitana
- Presentar antecedentes de hospitalización y/o cirugía en los últimos 6 meses previos al inicio del estudio
- No consentir de manera voluntaria la incorporación en este estudio

#### **4.4.3 Tamaño de la muestra.**

La determinación a priori del tamaño muestral se estableció de acuerdo con los siguientes datos estadísticos poblacionales. Según el censo de 2017, en Chile existían un total de 2.003.256 mayores de 65 años lo que porcentualmente equivale a un 11,4% de la población total del país, la mayor parte de ellos distribuidos en las Regiones Metropolitana, de Valparaíso y del Biobío. En el caso de la Región Metropolitana el total de AM llegaba a las 767.377 personas. Si consideramos que según cifras del Servicio Nacional de Discapacidad el 38% de la población AM presenta discapacidad y que a su vez se estima que sobre 15.000 AM de la Región Metropolitana son personas institucionalizadas en establecimientos de larga estadía para adultos mayores (ELEAM), lo que constituye aproximadamente un 1,95% [Marín, P. P., Guzmán, J. M., & Araya, A. (2004); INE (2020)]. El universo potencialmente reclutable en este estudio será de 466.473 AM

Con el fin de estimar el tamaño muestral se consideraron los siguientes valores:

- Población universo (AM en Región Metropolitana) 767.377 personas.
- Porcentaje de discapacitados mayores de 65 años en Chile corresponde a un 38%, si este porcentaje es aplicable a la Región Metropolitana el número aproximado de AM discapacitados será de 291.600 personas.
- El número de AM en la Región Metropolitana que no presentarían discapacidad es de 475.773 personas aproximadamente.
- El porcentaje de AM institucionalizados alcanza en la Región Metropolitana a 1,95% lo que representaría un total aproximado de 14.900 personas.

De acuerdo con estos datos, la población aproximada y que potencialmente podía ingresar al estudio es de 460.000 AM. Los cálculos desarrollados para la estimación del tamaño muestral se obtuvieron en referencia a la fórmula de cálculo de tamaños muestrales con un margen de error estimado en 8%, y un nivel de confianza del 95%, asumiendo una varianza del 50% y considerando un tamaño de población (universo) de 460.000 AM, el tamaño de la muestra sugerida es de 150 sujetos [cadem.cl (2020)]. En términos de reclutamiento de población para el desarrollo del estudio se logró un

reclutamiento inicial de 174 AM, de los cuales sólo 151 cumplieron con los criterios de elegibilidad expuestos anteriormente, la descripción del proceso de reclutamiento, así como el establecimiento final de la población son explicados en detalle en el capítulo siguiente.

#### **4.5 MECANISMOS Y PROCESO DE EVALUACIÓN**

##### **Descripción del protocolo de recogida de datos.**

Se realizó una convocatoria abierta en distintas comunas de la Región Metropolitana de Santiago de Chile, en relación con programas comunales de adultos mayores, centros de trabajadores activos y jubilados de servicios públicos de la región, con el fin de congregar a los participantes de este estudio, dicho proceso se desarrolló a lo largo de 20 semanas entre los meses de abril y junio de 2019.

Se generaron charlas informativas a los distintos grupos contactados en las cuales se informaba de manera detallada en qué consistía el proceso de investigación al que se les invitaba a participar, dichas instancias de información fueron lideradas por el investigador principal y un grupo de 5 investigadores 3 estudiantes de Kinesiología y otros 2 Kinesiólogos titulados de la Universidad de Chile.

Luego de la etapa de información comunitaria, se convocó a los interesados en participar a la sesión de evaluación inicial, dichas evaluaciones fueron desarrolladas en tres lugares distintos, a saber, dependencias de la Municipalidad de San Bernardo al sur poniente de la Región Metropolitana de Santiago, en la comuna de Santiago centro y en la comuna de Providencia.

El total de personas convocadas a la etapa inicial del estudio fue de 174 personas de las cuales no cumplieron con los criterios de elegibilidad un total de 23 personas (15 mujeres y 8 hombres), las causas principales fueron: 7 de ellos decidieron de manera voluntaria no participar de la evaluación inicial, 4 casos obtuvieron puntaje bajo en la prueba de tamizaje de función cognitiva, 9 de ellos presentaban sintomatología dolorosa de origen musculoesquelético que impedía la realización de la prueba, 1

presentaba una discapacidad física de origen neuromuscular, que le impedía la realización de las pruebas, 2 no lograron realizar las pruebas físicas. Figura (7)

### Proceso de reclutamiento y establecimiento de la población en estudio.

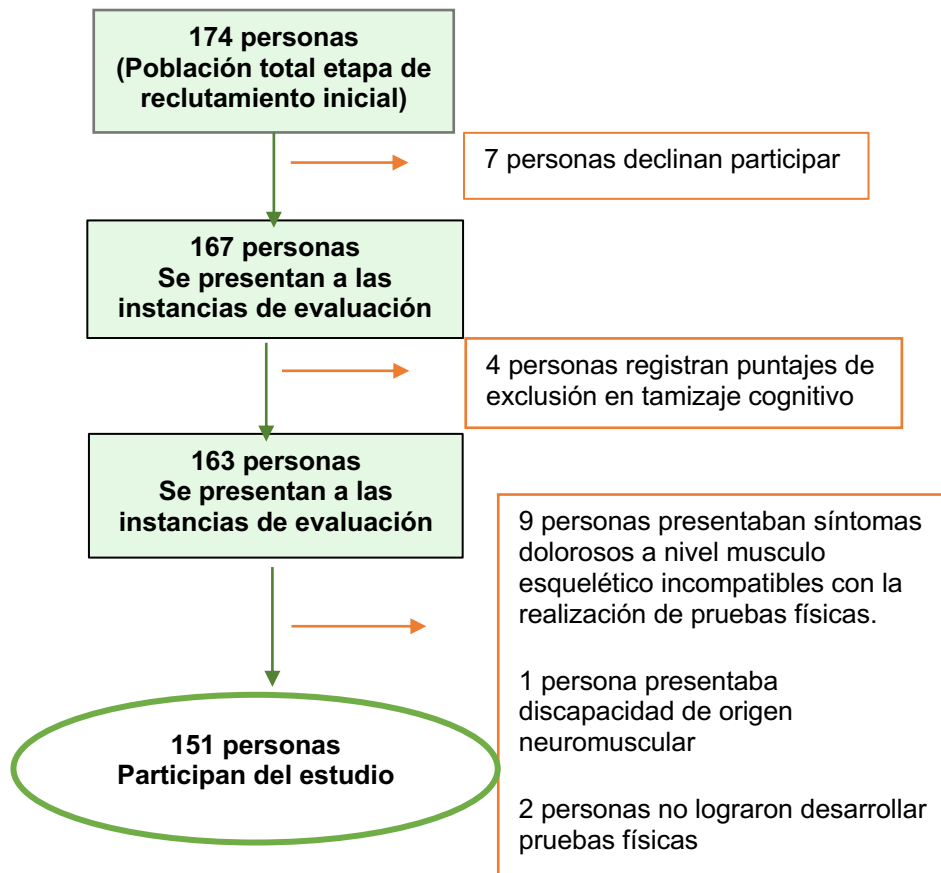


Figura (7) Diagrama de flujo proceso de incorporación de la población al estudio

Del total de 151 sujetos incluidos finalmente en el estudio, se declaran los siguientes datos como perdidos en el análisis de las variables, donde los valores no fueron posibles de registrar debido a imposibilidad de los pacientes de realizar las pruebas determinadas o por errores evidentes en la ejecución que no lograron ser corregidos en la instancia evaluativa, esto afectó el número total de las pruebas de variabilidad motriz en condiciones basales donde se declara un dato perdido, mientras que en la prueba de variabilidad motriz frente a estímulos cognitivos se registran 10 datos como perdidos con un número final para esta variable de 141 sujetos.

Con el fin de minimizar los sesgos el grupo de evaluadores compuesto por 3 kinesiólogos de la Universidad de Chile y 3 internos de último año de la carrera de kinesiología de la Universidad Autónoma de Chile, las evaluaciones fueron desarrolladas siguiendo de manera estricta el siguiente protocolo, constituido por 4 fases, las cuales son expuestas en forma gráfica y resumida. Figura (8)

### Fases y protocolo de evaluación desarrollado en el estudio.

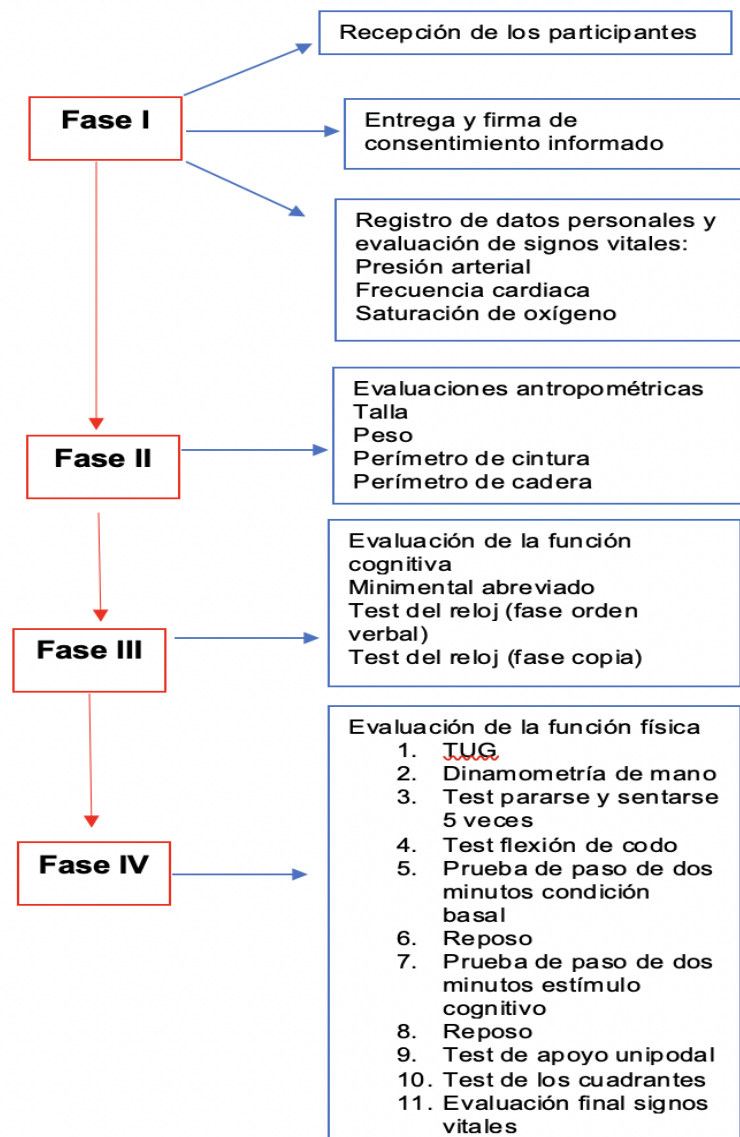


Figura (8) representación gráfica de las fases seguidas en la realización del estudio.

## **I. Fase de inicio**

Cada sujeto fue recibido por uno de los evaluadores quien explicaba los objetivos e implicancias de la investigación y del proceso de evaluación en particular.

En esta instancia se hizo entrega del consentimiento informado a cada uno de los participantes, el cual fue leído y firmado por cada uno de ellos.

Una vez que cada sujeto leyó y firmó el consentimiento informado, y posterior a haber aclarado las preguntas que cada participante pudiera haber hecho, se procede a la evaluación de signos vitales y al registro de los datos personales de cada participante.

## **II. Fase de evaluación antropométrica**

Se solicita a cada participante que se descalce para registrar talla y peso. Posteriormente se realiza el registro de perímetro de cintura y cadera de acuerdo con protocolo para luego ser medido y pesado según las pautas establecidas por la OMS [OMS (2020)]

## **III. Fase de evaluación cognitiva**

Una vez que han sido registrados los valores antropométricos los participantes inician el proceso de evaluación de función cognitiva con la aplicación del MMSE y del TR. Estas evaluaciones se realizaron siempre en un sector apartado del resto de los participantes para evitar al máximo la interferencia en el desempeño de las evaluaciones. El orden de registro siempre fue el mismo, primero se completó el MMSE abreviado de 19 puntos, y luego la prueba del reloj (inicialmente su fase de orden verbal y luego la fase de copia).

## **V. Fase de evaluación de función física.**

Una vez finalizado el registro de las pruebas de función cognitiva los participantes inician el proceso de evaluación de función física.

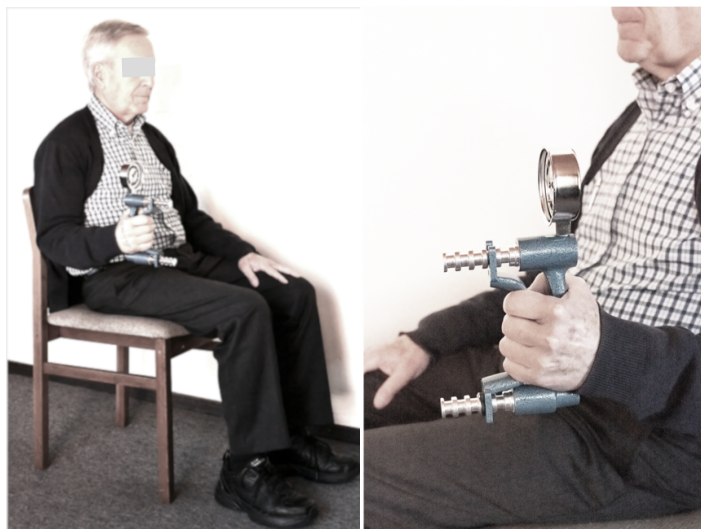
En esta investigación se ha determinado el desarrollo de las pruebas en el siguiente orden de registro:

1. *Time up and go*, esta prueba se realiza según las instrucciones establecidas en el protocolo desarrollado por su autor [Podsiadlo, D., Richardson, S. (1991)], se realizaron tres repeticiones de la prueba y se consideró para el análisis el menor tiempo de ejecución registrado en los tres intentos. Imagen (1)



*Imagen (1) prueba time up and go, desarrollada en población AM. Fotografía captada en sesión 1 de evaluación*

2. Prueba de fuerza de prensión manual, los sujetos se mantienen en posición sedente y se realiza la evaluación dinamométrica de fuerza de prensión manual, la cual se realizó de manera unilateral en la extremidad dominante, bajo el protocolo de la Sociedad Americana de Terapeutas de la mano [Mathiowetz, V., et. al. (1984)], cada uno de los sujetos realizó tres intentos y se consideró el mejor de los registros como resultado para el análisis. Imagen (2)



*Imagen (2) prueba fuerza de presión manual, desarrollada en población AM. Fotografía captada en sesión 1 de evaluación*

**3.** Test de pararse y sentarse 5 veces de una silla, se instruye al sujeto a que, desde la posición sedente en una silla de altura de 45 a 47 cm de alto, sin apoyabrazos se le solicita al sujeto que cruce sus brazos frente al pecho y se ponga de pie 5 veces seguidas en el menor tiempo posible, en cada uno de los sujetos se desarrolló la prueba tres veces y se registro el menor tiempo de ejecución. Imagen (3)



*Imagen (3) prueba fuerza de extremidades inferiores, pararse y sentarse 5 veces, desarrollada en población AM. Fotografía captada en sesión 1 de evaluación*



4. Prueba de flexiones de codo, luego de que el evaluador explique en detalle la prueba al sujeto, primero de manera verbal y posteriormente demuestre como se realiza en forma física la prueba, se instruye al sujeto que realice la prueba durante 3 repeticiones para verificar que comprende las instrucciones, antes de contabilizar los 30 segundos, la prueba fue evaluada en la extremidad dominante y se consideró el número de repeticiones realizadas en 30 segundos. Imagen (4)



*Imagen (4) prueba fuerza de extremidad superior, flexión de codo (arm curl test), desarrollada en población AM. Fotografía captada en sesión de evaluación*

5. Se instruye al sujeto sobre la ejecución de la prueba de 2MSTS, el evaluador explica en qué consiste, se realiza la demostración de ejecución por parte del evaluador, se solicita al sujeto que realice una ejecución de prueba. Esta prueba fue desarrollada sobre la plataforma de contacto DMJUMP®. Con el fin de estandarizar el tiempo de inicio se instruyó a cada sujeto que iniciara la marcha en el lugar cuando escuchara la siguiente orden “listo, 1,2,3”. Durante la prueba se informa al sujeto cuando ha transcurrido 1 minuto, luego cuando ha transcurrido 1 minuto y 30 segundos y por último cuando quedan 5 segundos para finalizar la prueba. Se tomó registro del número total de elevaciones desarrolladas con la rodilla derecha, en conjunto con el registro realizado por medio de la señal emitida por la plataforma de contacto DMJUMP® al sistema de registro DMLAB. Imágenes (5) y (6).



*Imagen (5) prueba de paso en el lugar de 2 minutos, desarrollada en población AM. Fotografía captada en sesión de evaluación.*



6. Se solicitó que cada sujeto descansará en posición sedente luego de realizado el primer intento del 2MSTS, por un tiempo no inferior a 5 minutos, en esta instancia se controlaron la frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno mediante saturómetro de pulso (Onyx II, Nonin, EE. UU.)



*Imagen (7) oxímetro de pulso Onyx II, Nonin, EE.UU.*

7. Se realizó la segunda evaluación del 2MSTS, que incorporó un estímulo cognitivo de origen auditivo en el cual se solicitó a cada sujeto que identificara en voz alta el sonido que se le entregaría mediante los audífonos (DUET NOICE CANCELL, JBL, China). El estímulo cognitivo incorporó un sonido basal conocido como ruido blanco consistente en este caso en un sonido un flujo de agua, sobre el cual se sumaron sonidos de animales, u otros sonidos familiares para los sujetos en general como sirenas y bocinas, estos sonidos fueron distribuidos, el primero de ellos en el segundo 25-30, el segundo estímulo, al llegar al 1 minuto 25 segundos de ejecución de la prueba y por último cuando transcurría el 1 minuto y 50 segundos. La serie de sonidos a identificar se asignaba al azar entre los participantes para evitar de esta manera el traspaso de información entre los mismos.



*Imagen (8). Sistema de audio portátil DUET NOISE CANCELL, JBL, China*

**8.** Una vez finalizada la prueba de 2MSTS con estímulo cognitivo, se solicitó que los sujetos se mantuvieran sentados y se repitió el proceso de evaluación de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno mencionado en el punto 6 de este protocolo.

**9.** Se explica en forma verbal y mediante una demostración por parte del evaluador la realización de la prueba de apoyo unipodal, esta prueba desarrollada en tres intentos con cada extremidad inferior es cronometrada considerando como tiempo límite los 10 segundos, sobre ese tiempo se suspende la realización de la prueba. Imagen (9)



*Imagen (9) prueba equilibrio apoyo unipodal, desarrollada en población AM. Fotografía captada en sesión de evaluación*

**10.** Una vez evaluada la prueba de apoyo unipodal cada sujeto recibió las instrucciones verbales y la correspondiente demostración por parte del evaluador para la realización de la prueba de los cuadrantes. En esta prueba se realizaron 3 repeticiones y se consideró el menor tiempo de ejecución alcanzado por cada sujeto. Imagen (10).



*Imagen (10) prueba de cuadrantes, evaluación funcional de equilibrio dinámico desarrollada en población AM. Fotografía captada en sesión 1 de evaluación*

**11.** Al finalizar la evaluación de equilibrio dinámico mediante la prueba de los cuadrantes se realiza la evaluación final de signos vitales descrita en el punto 6 de este protocolo y se confirman los datos de contacto del participante dando por finalizada la sesión de evaluación.





## 5. RESULTADOS

En este capítulo son presentados los resultados obtenidos en esta investigación, que dan respuesta a los objetivos planteados en su diseño. Los resultados se exponen respetando las fases descritas en el diseño, inicialmente se muestran los resultados de la caracterización general de la población en estudio, los cuales incluyen datos sociodemográficos y los resultados de las variables generales del estudio, posteriormente se exponen los resultados obtenidos en la denominada fase retrospectiva de la investigación, para dar paso finalmente a aquellos resultados vinculados con la fase cuasi experimental de corte transversal definida en el diseño metodológico empleado.

Para comprobar la distribución de las variables en estudio, se empleó la prueba de *Kolgomorov-Smirnov*, considerando un valor  $p > 0,05$  como una distribución normal de la variable analizada. En este sentido, las variables que tuvieron distribución normal fueron: peso, IMC, 5STS, 2MST basal, 2MST frente a estímulo cognitivo. En base a estos resultados y considerando que la mayoría de las variables (17 de las 22 incluidas en el estudio presentaron una distribución no normal), se desarrolló el análisis estadístico inferencial mediante pruebas no paramétricas, no obstante, los datos descriptivos se han presentado como media  $\pm$  desviación estándar (de).

Cada una de las fases del estudio y del plan de análisis de los resultados se visualizan de manera gráfica en la figura (9)

## Diagrama de flujo plan de análisis de datos

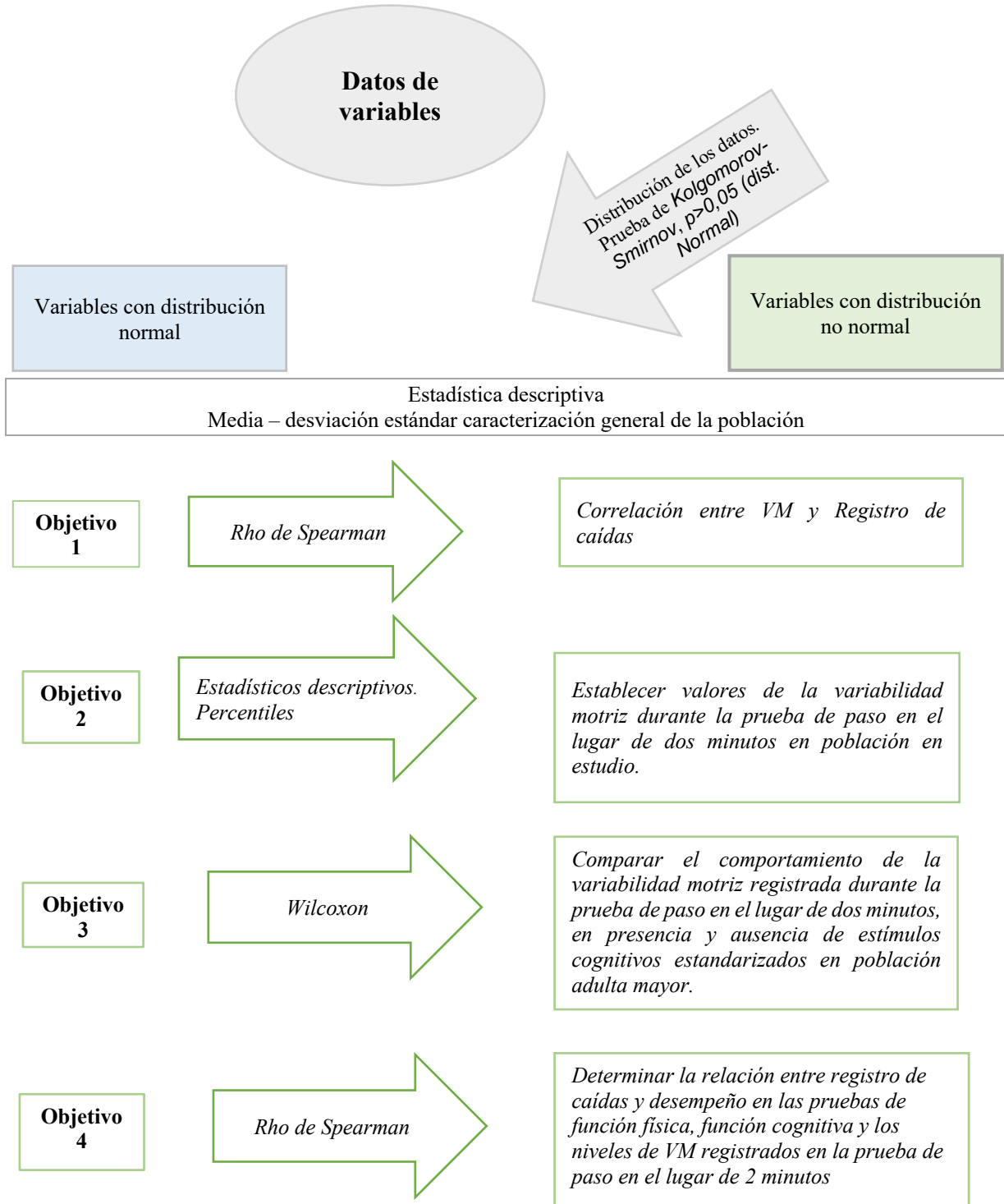


Figura (9) representación gráfica de las fases del estudio y plan de análisis de resultado utilizado.

## 5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO.

### Características generales de la población.

Fueron incluidos en este estudio un total de 151 sujetos, todos mayores de 60 años con una edad promedio de  $70,5 \pm 7,5$  años, con un 80,1% de mujeres y un 19,9% hombres, cuyas edades promedio fueron de  $70,6 \pm 7,1$  años y  $70,3 \pm 9,0$  años respectivamente, todos los cuales cumplieron con los criterios de elegibilidad planteados en esta investigación.

La tabla (2) muestra los resultados obtenidos del análisis de las mediciones antropométricas de la población, las cuales se expresan en valores promedio y sus respectivas desviaciones estándar, el análisis toma en cuenta en primer término el total de la población para luego generar el reporte correspondiente a población masculina y femenina, indagando además si existe o no diferencias estadísticas significativas entre ambos grupos en cada una de las variables.

### Variables antropométricas de la población en estudio.

Variable	Total (n=151)	Mujeres (n=121)	Hombres (n=50)	p
Peso (kg)	$67,3 \pm 11,7$	$65,8 \pm 11,5$	$73,5 \pm 10,6$	NS
Talla (cm)	$156,2 \pm 8,3$	$153,8 \pm 7,0$	$166,1 \pm 5,5$	$p < 0,001$
IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$27,6 \pm 4,3$	$27,8 \pm 4,5$	$26,6 \pm 3,2$	NS
P.CIN (cm)	$92,7 \pm 12,8$	$91,5 \pm 13,5$	$97,4 \pm 8,1$	$p = 0,025$
P.CD (cm)	$103,6 \pm 10,2$	$104,1 \pm 10,8$	$101,3 \pm 6,6$	NS
I.C/Alt	$0,59 \pm 0,08$	$0,59 \pm 0,08$	$0,58 \pm 0,04$	NS

Tabla (2). Los valores se presentan como media y desviación estándar; p: significancia estadística para las diferencias entre sexo de la población estudiada según prueba de Mann-Whitney. IMC: índice de masa corporal; P.CIN: perímetro de cintura; P.CD: perímetro de cadera; I.C/Alt: Índice cintura/altura.

Los resultados sugieren que no existen diferencias estadísticas significativas entre la población masculina y femenina evaluada para las variables de peso, IMC, perímetro de cadera e índice de cintura/altura. Por su parte los resultados obtenidos indican que si existen diferencias estadísticas significativas entre hombres y mujeres de la población evaluada en las variables talla y perímetro de cintura. Considerando los datos arrojados en este análisis es interesante destacar que en promedio la población incluida en este estudio presenta valores elevados de IMC, así como del índice cintura/altura, ambos parámetros asociados a riesgo cardiovascular.

Otros de los aspectos explorados y que permiten desarrollar una caracterización adecuada de la población estudiada, corresponden a los datos asociados a condiciones de salud de la población, basados en información auto reportada referida al número y tipo de patologías diagnosticadas, así como de los eventos de caída registrados en el último año. Al igual que en el caso de las variables antropométricas los resultados son expresados en valores promedio y sus desviaciones estándar, inicialmente de la población total y posteriormente un análisis diferenciado para población de hombres y mujeres, junto al análisis de diferencias entre ambos grupos. Tabla (3).

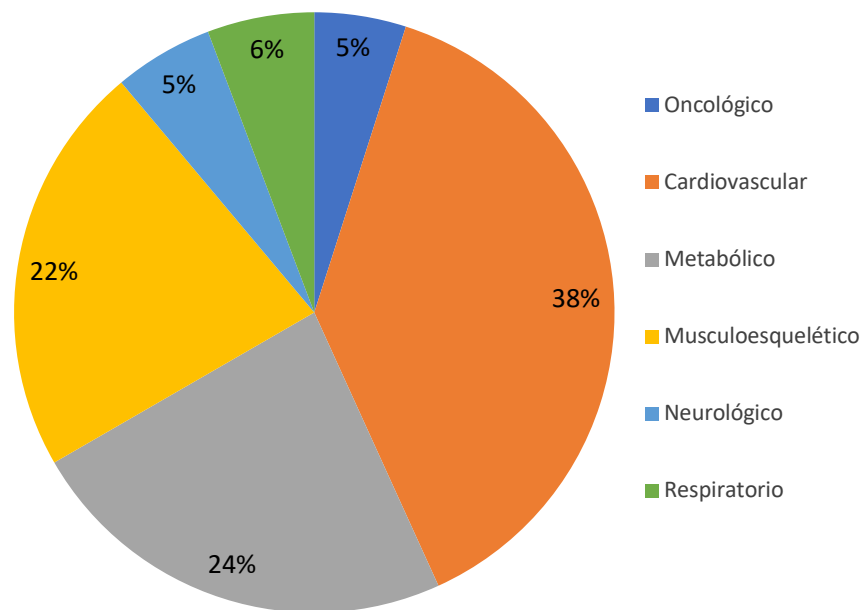
### **Diagnósticos médicos autoreportados e historial de caídas de la población estudiada**

<b>Variable</b>	<b>Total (n=151)</b>	<b>Mujeres (n=121)</b>	<b>Hombres (n=50)</b>	<b>p</b>
<b>Patologías autoreportadas</b>	1,69 ± 0,94	1,79 ± 0,96	1,30 ± 0,74	NS
<b>Nº caídas último mes</b>	0,05 ± 0,22	0,07 ± 0,25	0	NS
<b>Nº caídas últimos 3 meses</b>	0,19 ± 0,39	0,22 ± 0,42	0,07 ± 0,25	NS
<b>Nº caídas últimos 6 meses</b>	0,33 ± 0,53	0,40 ± 0,55	0,07 ± 0,25	0,002
<b>Nº caídas 12 últimos meses</b>	0,45 ± 0,73	0,51 ± 0,74	0,20 ± 0,61	0,004

*La tabla (3) presenta los valores de media y desviaciones estándar, de patologías autoreportados en la población, así como el número de caída, distribuido en meses previo al estudio. La significancia estadística fue analizada mediante prueba de Mann-Whitney*

De la información anterior se desprende que los valores asociados al número de patologías autoreportadas por la población es levemente superior en mujeres que en hombres, sin embargo esta diferencia no tiene significancia estadística, lo mismo ocurre en el registro de caídas correspondiente al último mes y a los tres meses anteriores a la evaluación, no obstante, este comportamiento varía al analizar lo ocurrido con el registro de caídas entre los seis y los doce meses previos al inicio del estudio, donde las diferencias entre sexos presentan significancia estadística. Otra de las características evaluadas en esta población, corresponde al autoreporte de patologías diagnosticadas en cada uno de los participantes, el comportamiento de esta variable indica que de acuerdo al origen de la patología estas presentaron mayoritariamente un origen cardiovascular, musculoesquelético y metabólico, entre ellas hipertensión arterial, artrosis y diabetes mellitus, lo que es concordante con los hallazgos de las medidas antropométricas relacionadas a riesgo cardiovascular, como perímetro de cintura, IMC, relación perímetro de cintura/estatura. Gráfico (1).

**Distribución porcentual según tipos de diagnósticos médicos reportados por la población en estudio.**



*El gráfico (1) representa la distribución porcentual de los diagnósticos médicos agrupados de acuerdo con tipo de patología (oncológica, cardiovascular, metabólica, musculoesquelético, neurológico y respiratoria)*

Con relación al nivel de estudios desarrollados en el sistema formal de educación chileno, se ha identificado que más del 99% de la población presenta algún tipo de instrucción formal, entre ellos cerca de una tercera parte de la población ha completado estudios técnicos o universitarios. Gráfico (2).

### Distribución porcentual de la población total según nivel de estudios.

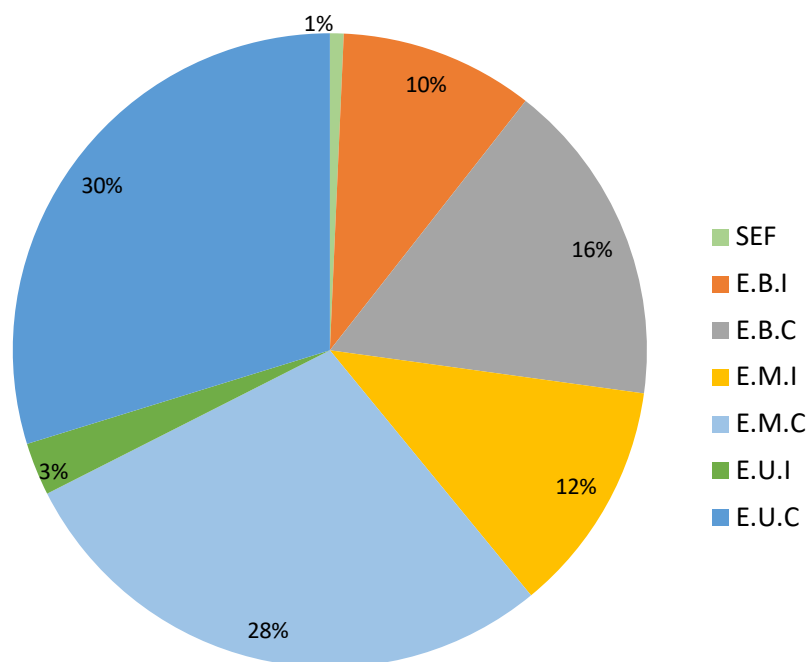


Gráfico (2) Distribución porcentual del nivel máximo de estudios registrado en la población. SEF: Sin estudios formales; E.B.I: Enseñanza básica incompleta; E.B.C: Enseñanza básica completa; E.M.I: Enseñanza media incompleta; E.M.C: Enseñanza media completa; E.U.I: Enseñanza técnica o universitaria incompleta; E.U.C: Enseñanza técnica o universitaria completa.

En el centro del desarrollo de este estudio está la funcionalidad de la población AM, la cual ha sido mencionada en extenso a lo largo de la argumentación contextual de la investigación, en este sentido las variables que permiten caracterizar la condición funcional de la población estudiada incluyen aquellas que valoran la función tanto física como cognitiva. Los resultados obtenidos en las variables cognitivas (Minimental abreviado y prueba del reloj) así como las variables de función física (dinamometría de mano, prueba de flexiones de codo, prueba de apoyo unipodal, *time up and go*, prueba de pararse y sentarse 5 veces, prueba de paso de dos minutos, niveles de variabilidad motriz) se presentan en la tabla (4), cada uno de los resultados son expuestos mediante sus valores de media y desviación estándar, tanto del total e la

población como desagregados por sexo, a su vez se presenta el análisis de diferencias estadísticas para cada una de las variables el cual fue desarrollado por medio de la prueba de Mann-Whitney con un valor de significancia estadística  $p < 0,05$

**Variables de función física y cognitiva según sexo, en la población estudiada.**

Variable	Total (n=151)	Mujeres (n=121)	Hombres (n=50)	p
MMSE (pts.)	17,63 ± 1,79	17,53 ± 1,78	18,16 ± 1,46	NS
TRV (pts.)	8,39 ± 1,61	8,31 ± 1,63	8,58 ± 1,75	NS
TRC (pts.)	9,12 ± 1,30	9,09 ± 1,33	9,36 ± 1,11	NS
D.M. Va (kg)	25,67 ± 7,75	23,21 ± 4,98	36,41 ± 7,30	$p < 0,05$
D.M. Vr (kg)	0,38 ± 0,10	0,35 ± 0,084	0,51 ± 0,09	$p < 0,05$
TFC (rep.)	17,70 ± 4,45	17,09 ± 4,27	19,96 ± 4,71	$p = 0,012$
TAU Der. (s)	7,15 ± 3,18	7,10 ± 3,13	7,52 ± 3,37	NS
TAU Izq.(s)	7,60 ± 2,97	7,48 ± 3,04	7,84 ± 3,01	NS
TUG (s)	7,19 ± 1,35	7,33 ± 1,35	6,67 ± 1,32	$p = 0,005$
STS 5 (s)	11,05 ± 2,88	11,10 ± 2,80	10,20 ± 2,15	NS
2MST basal (rep.)	88,68 ± 19,22	87,80 ± 19,78	93,32 ± 17,78	NS
2MST cognitivo (rep)	94,83 ± 20,50	94,21 ± 20,83	98,32 ± 19,36	NS
Test cuadrantes (s)	9,16 ± 2,20	8,98 ± 2,05	8,90 ± 1,30	NS
VM.B (de) (ms)	77,87 ± 64,44 *	80,95 ± 64,31	52,96 ± 36,07	NS
VM.C (de) (ms)	52,02 ± 55,57 **	52,53 ± 54,92	50,50 ± 60,54	NS
VM.B (rMSSD) (ms)	99,30 ± 86,56 *	104,96 ± 90,23	72,48 ± 60,11	NS
VM.C (rMSSD) (ms)	66,31 ± 67,82 **	67,74 ± 69,86	60,93 ± 59,72	NS

Tabla (4) Valores de medias y desviaciones estándar, de variables de función cognitiva y función física. El análisis de significancia estadística fue realizado mediante prueba de Mann-Whitney. MMSE: minimal abreviado, TVR: test del reloj verbal, TRC: test del reloj copia, D.M.Va: dinamometría presión valores absolutos, D.M.Vr: dinamometría presión valor relativo, TFC: test flexión codo, TAUDer.: test apoyo unipodal derecha, TAU Izq.: test apoyo unipodal izquierda, TUG: test time up and go, STS 5: test pararse-sentarse 5 veces, 2MTST basal: test marcha en lugar 2 min. Sin est. cognitivo, 2MTST cognitivo: test marcha en lugar 2 min. Con est. cognitivo, Test cuadrantes: test de 4 cuadrantes, VMB(de): variabilidad motriz como desviación estándar en condición basal, VMC(de): variabilidad motriz como desviación estándar con est. Cognitivo, VMB (rMSSD): Variabilidad motriz valor de rMSSD basal, VMC(rMSSD): Variabilidad motriz valor de rMSSD con est. cognitivo.(\*) cálculos realizados con n=150 (\*\*) cálculos realizados con n=141.

Como demuestra el análisis presentado, existen diferencias estadísticas significativas entre hombres y mujeres, las cuales se detectan en las pruebas que miden fuerza de prensión manual, esto ocurre tanto cuando la variable es expresada como valor absoluto y cuando se expresa en valor relativo al peso corporal, en ambos casos el desempeño de la población masculina es mayor que en la población femenina, dicho comportamiento se repite en la prueba de fuerza muscular para flexores de codo y para la prueba de *time up and go*.

Luego de haber realizado la descripción general de la población en estudio y descrito sus características principales en virtud de las variables incluidas en la investigación, se presentan los resultados que permiten responder a los objetivos específicos planteados para la fase retrospectiva del estudio.

## **5.2 RESULTADOS SEGÚN OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **5.2.1 Resultados objetivo 1**

Los resultados muestran que para el primer objetivo específico de esta investigación (*Establecer la relación entre la variabilidad motriz registrada en la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos y registro de caídas previas en población adulta mayor*) no se establece una correlación estadística significativa entre la variabilidad motriz registrada en la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos y el registro de caídas previas en la población en estudio.

Este resultado es similar tanto en la condición basal, evaluada en ausencia de un estímulo cognitivo estandarizado de origen auditivo durante la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos, como en condiciones de estimulación o desafío cognitivo presente durante el desarrollo de la tarea motora descrita, en ambos casos los valores de  $p$  registrados en la prueba de Rho de Spearman resultaron mayores a 0,05 ( $p > 0,05$ ) tabla (5)



## Relación entre VM y registro de caídas en 1, 3, 6 y 12 meses previos al estudio.

	V.M.B (de) N=150	V.M.B (rMSSD) N=150	V.M.C (de) N=141	V.M.C (rMSSD) N=141
CAÍDAS ÚLTIMO MES	0,051 (p=0,535)	0,032 (p=0,696)	0,019 (p=0,820)	-0,050 (p=0,552)
CAÍDAS ÚLTIMOS 3 MESES	0,099 (p=0,230)	0,054 (p=0,512)	0,093 (p=0,270)	0,044 (p=0,599)
CAÍDAS ÚLTIMOS 6 MESES	0,097 (p=0,238)	0,050 (p=0,546)	0,138 (p=0,100)	0,055 (p=0,513)
CAÍDAS ÚLTIMOS 12 MESES	0,115 (p=0,159)	0,063 (p=0,441)	0,159 (p=0,059)	0,077 (p=0,363)

Tabla (5) Correlación (valores de Rho de Spearman) V.M.B (de): Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como desviación estándar; V.M.B (rMSSD) Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como rMSSD; V.M.C (de): Variabilidad motriz con estímulo cognitivo expresada como desviación estándar; V.M.C (rMSSD): Variabilidad motriz con estímulo cognitivo expresada como rMSSD.

### 5.2.2 Resultados objetivo 2

A continuación, se describen los resultados obtenidos en la investigación y que permiten dar respuesta al segundo de los objetivos específicos planteados (*Establecer los valores de la variabilidad motriz durante la prueba de paso en el lugar de dos minutos en población adulta mayor, en condiciones basales y en presencia de estímulos cognitivos estandarizados*). El resumen de los resultados se plasma en las tablas (6) (7) y (8) en ellas se muestra la distribución percentilada de la variabilidad motriz, la cual es expresada en términos de desviación estándar y en valores de rMMSD.

En el análisis que incluye el total de la población podemos observar que el 95% de esta presenta valores de VM basales de hasta 205,5 ms cuando se representa este parámetro en (de) y de 287,3 ms cuando el parámetro de medición es la rMSSD. Valores que disminuyen en el caso de la medición de la VM medida en presencia de estímulo cognitivo, en este caso el parámetro que presenta una mayor disminución en el 95% de la población es la medición en base a la (de). Este comportamiento tiende a mantenerse en el análisis por sexo, no obstante, podemos identificar un ligero aumento en el valor de la VM expresado en términos de (de) para el grupo de sujetos varones, el cual aumenta para el 95% de la población, de 143,1 ms a 235,3 ms.

**Distribución en percentiles del comportamiento de la variabilidad motriz en condiciones basales y en presencia de estímulo cognitivo para la población total incluida en el estudio**

Percentil	5	10	25	50	75	90	95
V.M.B (de) (ms)	16,3	20,1	29,8	57,1	100,3	162,1	205,5
V.M.B (rMSSD) (ms)	24,6	28,4	40,2	77,0	120,5	182,6	287,3
V.M.C (de) (ms)	14,8	16,6	22,1	29,2	51,3	130,5	175,7
V.M.C (rMSSD) (ms)	20,6	22,3	28,9	40,6	65,1	168,0	216,4

Tabla (6) Distribución percentiles de variabilidad motriz en condiciones basales y con estímulo cognitivo. V.M.B (de): Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como desviación estándar; V.M.B (rMSSD) Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como rMSSD; V.M.C (de): Variabilidad motriz con estímulo cognitivo expresada como desviación estándar; V.M.C(rMSSD): Variabilidad motriz con estímulo cognitivo expresada como rMSSD.

**Distribución percentiles de la variabilidad motriz en condiciones basales y con estímulo cognitivo en población masculina incluida en el estudio.**

<b>Percentiles HOMBRES</b>	5	10	25	50	75	90	95
<b>V.M.B (de) (ms)</b>	15,3	16,1	24,5	38,2	72,4	101,4	143,1
<b>V.M.B (rMSSD) (ms)</b>	20,8	22,7	35,9	47,6	98,9	123,8	248,7
<b>V.M.C (de) (ms)</b>	12,8	14,7	19,1	26,3	42,2	143,1	235,3
<b>V.M.C (rMSSD) (ms)</b>	18,6	21,4	26,6	37,7	59,1	168,9	234,2

*Tabla (7) Distribución percentiles de variabilidad motriz en condiciones basales y con estímulo cognitivo. V.M.B (de): Variabilidad motriz condiciones basales expresada como desviación estándar; V.M.B (rMSSD) Variabilidad motriz condiciones basales expresada como rMSSD; V.M.C (de): Variabilidad motriz con estímulo cognitivo expresada como desviación estándar; V.M.C (rMSSD): Variabilidad motriz en con estímulo cognitivo expresada como rMSSD.*

**Distribución percentiles de la variabilidad motriz en condiciones basales y con estímulo cognitivo en población femenina incluida en el estudio.**

<b>Percentiles MUJERES</b>	5	10	25	50	75	90	95
<b>V.M.B (de) (ms)</b>	17,9	20,9	32,5	63,3	108,5	176,4	215,0
<b>V.M.B (rMSSD) (ms)</b>	25,3	29,0	43,0	82,6	129,2	205,5	289,3
<b>V.M.C (de) (ms)</b>	15,2	17,2	22,4	29,9	52,0	133,0	180,6
<b>V.M.C (rMSSD) (ms)</b>	20,9	22,2	29,6	41,8	71,8	170,3	220,9

*Tabla (8) Distribución percentiles de la variabilidad motriz en condiciones basales y con estímulo cognitivo en población femenina incluida en el estudio. V.M (de) basal: Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como desviación estándar; V.M (rMSSD) Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como rMSSD; V.M (de) E. cognitivo: Variabilidad motriz con estímulo cognitivo expresada como desviación estándar; V.M (rMSSD) E. cognitivo: Variabilidad motriz en condiciones con estímulo cognitivo expresada como rMSSD.*

### 5.2.3 Resultados objetivo 3

Los resultados obtenidos durante el proceso de investigación nos permiten dar respuesta a los planteamientos hechos en el tercer objetivo específico de este estudio (*Comparar el comportamiento de la variabilidad motriz registrada durante la prueba de paso en el lugar de dos minutos, en presencia y ausencia de estímulos cognitivos estandarizados en población adulta mayor*). En la tabla (9) se aprecian los resultados de la VM en condiciones basales y bajo estímulo cognitivo para el total de la población, constatándose una disminución estadísticamente significativa ( $P < 0,001$ ) tanto para la medición expresada en (de) como para la expresada en rMSSD. Indicando una disminución significativa para la VM en condiciones desarrolladas frente a una tarea cognitiva asociada al gesto motor evaluado, información que se expone también en los gráficos (3 y 4).

#### **Comparación de valores de VM en condiciones basales y bajo estímulo cognitivo en el total de la población en estudio**

VM	Basal	Cognitivo	p
VM de (ms)	77,87 ± 64,44	52,02 ± 55,57	< 0,001
VM rMSSD (ms)	99,30 ± 86,56	66,31 ± 67,82	< 0,001

*Tabla (9) comportamiento de la variabilidad motriz registrada durante la ejecución de la prueba de marcha en el lugar de dos minutos, en condiciones basales y bajo estímulo cognitivo. Se considera un valor de significancia estadística  $p < 0,05$ . VM (de): variabilidad motriz expresada en milisegundos mediante desviación estándar; VM rMSSD variabilidad motriz expresada mediante valor en milisegundos de rMSSD.*

**Comportamiento de la variabilidad motriz en presencia de estímulo cognitivo y en condiciones basales, expresada en valores de desviación estándar, para el total de la población en estudio**

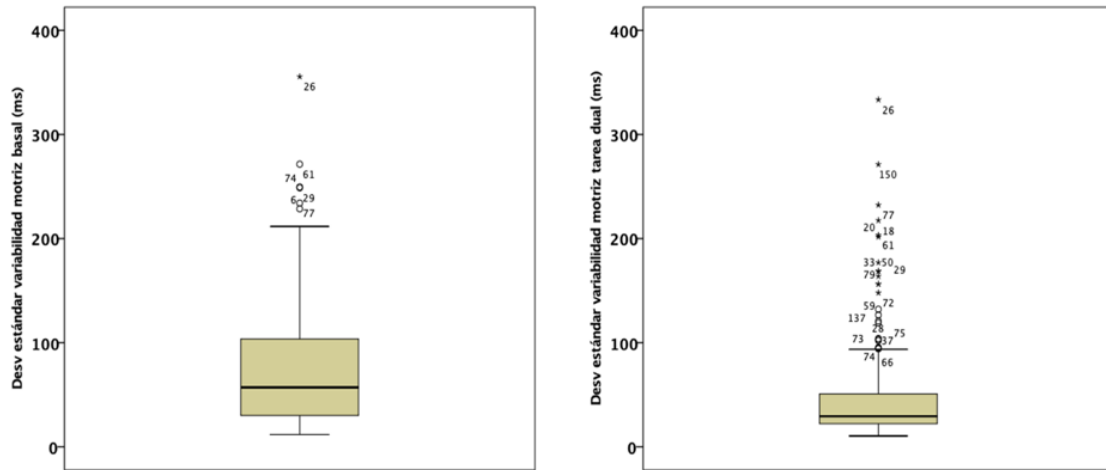


Gráfico (3) comparación del comportamiento de la variabilidad motriz en presencia de estímulo cognitivo y en condiciones basales expresado en valores de desviación estándar, caja superior condición con estímulo cognitivo, caja inferior condición basal. El eje horizontal expresa valores en ms.

**Comportamiento de la variabilidad motriz en presencia de estímulo cognitivo y en condiciones basales, expresada en valores de rMSSD, para el total de la población en estudio.**

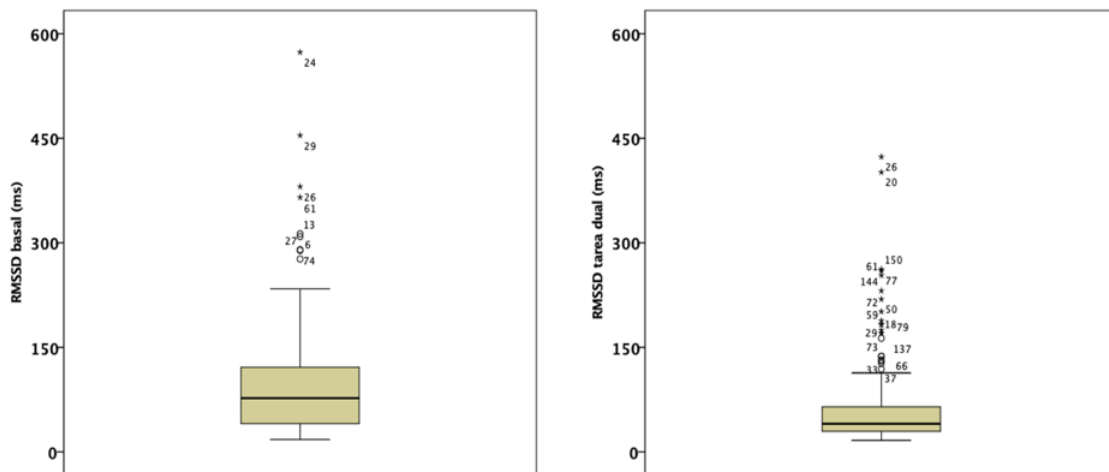


Gráfico (4) comparación del comportamiento de la variabilidad motriz en presencia de estímulo cognitivo y en condiciones basales expresado en valores de rMSSD, caja superior condición con estímulo cognitivo, caja inferior condición basal. El eje horizontal expresa valores en ms.

#### 5.2.4 Resultados objetivo 4

Los resultados del estudio permiten responder a lo planteado en el cuarto objetivo específico (*Determinar la relación entre el registro de caídas previas y el desempeño alcanzado en las pruebas de función física, función cognitiva y los niveles de variabilidad motriz registrados durante la ejecución de la prueba de paso en el lugar de dos minutos por la población adulta mayor*). En virtud de los resultados podemos sostener que no se registra ninguna correlación entre el historial de caídas y las pruebas de evaluación de función física que tradicionalmente se desarrollan en el ámbito clínico para la valoración de la población AM. En este sentido en el presente estudio tanto los mecanismos clásicos de evaluación como la herramienta evaluativa propuesta en esta investigación presentan un comportamiento similar con relación al historial de caídas en la población evaluada.

Al someter a análisis a ambos mecanismos de evaluación entre sí, esto es la prueba de pararse e ir *TUG* y la prueba de apoyo unipodal *AU* frente al registro de VM tanto en condiciones basales como bajo presencia de estímulo cognitivo, los resultados obtenidos presentan en general correlaciones pobres entre la VM y la prueba de apoyo unipodal, lo mismo con respecto a la prueba de *up and go* (según los valores de Rho de Spearman), cabe mencionar que en el caso de la VM expresada en (de) no se registra una correlación significativa con la *prueba de up and go*. No obstante, lo anterior, se puede observar que las correlaciones existentes pese a ser de carácter débil si presentan significancia estadística. La siguiente tabla muestra las correlaciones encontradas para la variabilidad motriz en condiciones basales y en presencia de estímulos cognitivos, con las pruebas de TUG y AU derecho e izquierdo, dichas pruebas han sido descritas en la literatura como complementarias en la evaluación del riesgo de caer. Como se constata en la tabla (10), existe una correlación más marcada entre la VM y la prueba de apoyo unipodal que con la prueba de *up and go*, sin embargo, estas correlaciones siguen siendo débiles.

**Correlación de las pruebas de apoyo unipodal derecho e izquierdo y de la prueba de *Up and Go* con los valores de variabilidad motriz en condiciones basales y en presencia de estímulos cognitivos**

Pruebas	AU der. (s)	AU izq. (s)	TUG
V.M.B (de) (n=150)	-0,183 (p=0,025)	- 0,195 (p=0,017)	0,166 (p=NS)
V.M.B (rMSSD) (n=150)	-0,202 (p=0,013)	- 0,220 (p=0,007)	0,207 (p=0,011)
V.M.C (de) (n=141)	-0,304 (p<0,001)	-0,303 (p<0,001)	0,226 (p=0,007)
V.M.C (rMSSD) (n=141)	-0,264 (p=0,001)	-0,266 (p=0,001)	0,195 (p=0,019)

*Correlación (valores de Rho de Spearman)*

*Tabla (10) V.M (de) basal: Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como desviación estándar; V.M (rMSSD) Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como rMSSD; V.M (de) E. cognitivo: Variabilidad motriz con estímulo cognitivo expresada como desviación estándar; V.M (rMSSD) E. cognitivo: Variabilidad motriz en condiciones con estímulo cognitivo expresada como rMSSD; AU der: test de apoyo unipodal derecho; AU izq: test de apoyo unipodal izquierdo; TUG: test up and go; (p): nivel de significancia bilateral*

El análisis de la variable de VM y su relación con las pruebas cognitivas utilizadas en este estudio, muestra una correlación estadística significativa con la prueba MMSE abreviado y con el TR particularmente con la fase de copia de dicha prueba, este hallazgo se constata tanto en la medición de la VM condiciones basales, como en condiciones de evaluación bajo estímulos cognitivos, principalmente en el resultado expresado en términos de (de). Destacando una correlación no significativa de la VM en todas sus expresiones con el TR en su fase de orden verbal.

**Correlación de las pruebas de evaluación de la función cognitiva (MMSE y TR) con los valores de variabilidad motriz en condiciones basales y en presencia de estímulos cognitivos.**

	MMSE	TRv	TRc
<b>V.M.B (de)</b> n=150	-0,244 (p=0,003)	-0,022 (p=NS)	-0,249 (p=0,002)
<b>V.M.B (rMSSD)</b> n=150	-0,264 (p=0,001)	-0,019 (p=NS)	-0,255 (p=0,002)
<b>V.M:C (de)</b> n=141	-0,170 (p=0,042)	-0,102 (p=NS)	-0,128 (p=NS)
<b>V.M.C (rMSSD)</b> n=141	-0,129 (p=NS)	-0,069 (p=NS)	-0,118 (p=NS)

*Tabla (11) Correlación (valores de Rho de Spearman)*

*V.M (de) basal: Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como desviación estándar; V.M (rMSSD) Variabilidad motriz en condiciones basales expresada como rMSSD; V.M (de) E. cognitivo: Variabilidad motriz con estímulo cognitivo expresada como desviación estándar; V.M (rMSSD) E. cognitivo: Variabilidad motriz en condiciones con estímulo cognitivo expresada como rMSSD; MMSE: test minimental abreviado; TRv: test del reloj orden verbal; TRc: test del reloj copia; (p): nivel de significancia bilateral*



## 6. DISCUSIÓN

En el desarrollo de este capítulo son analizados, contextualizados y discutidos los resultados de esta investigación, para lo cual se establecen los siguientes puntos centrales. En primer lugar, se explican los resultados principales de la investigación, atendiendo a las características propias de las variables y a su comportamiento. En segundo término, se contrastan los hallazgos encontrados en la investigación con la evidencia emanada de otras investigaciones, estableciendo puntos de encuentro y diferencias entre las mismas. Posteriormente se expresan y analizan las fortalezas y debilidades de la investigación, para finalizar el capítulo con la proyección de este tema de investigación y su posible desarrollo futuro.

Algunos antecedentes importantes y que se hace necesario destacar antes de iniciar la discusión es que en la totalidad de los estudios referenciados en esta investigación la VM ha sido concebida como una medida de diferencia entre eventos o tareas motoras consecutivas, considerando a los estadígrafos media o mediana y desviación estándar como el indicador principal de variabilidad e incluyendo otros mecanismos de valoración como el coeficiente de variabilidad o el valor de rMSSD.

El primer aspecto relevante en la conducción de esta discusión es que a la luz de los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis 1 ( $H_1$ ) establecida en este estudio, toda vez que los análisis hechos respecto de la VM durante la prueba de paso en el lugar no mostraron correlación con el historial de caídas registrado en un plazo de 12 meses previos al inicio del estudio en población AM no institucionalizada.

En segundo término, los resultados muestran diferencias significativas entre la variabilidad motriz registrada durante la prueba de paso en el lugar de 2 minutos desarrollada con y sin interferencia de estímulos cognitivos asociados, lo que permite aceptar la hipótesis 2 planteada en esta investigación ( $H_2$ ).

Por último, con relación a la hipótesis 3 planteada en esta investigación, se ha logrado determinar que existe un nivel de correlación débil entre las pruebas de evaluación habitual de riesgo de caídas y la VM registrada durante la prueba de paso en el lugar de 2 minutos y las herramientas habituales de evaluación clínica de riesgo de caídas, lo que permite aceptar la hipótesis planteada.

## **6.1 RELACIÓN ENTRE HISTORIAL DE CAÍDAS Y VALORES DE VARIABILIDAD MOTRIZ.**

Uno de los principales hallazgos de esta investigación muestra que no existe correlación entre los registros de VM y el historial de caídas registrado en la población AM incluida en este estudio. En este sentido es necesario aclarar que la multiplicidad de factores que se encuentran involucrados en la ocurrencia de un evento de caídas es extremadamente amplia, desde factores medioambientales a factores intrínsecos de cada sujeto, no obstante es muy probable que algunos aspectos de esta investigación no permiten visualizar la vinculación retrospectiva con eventos de caída, sobretodo si consideramos por ejemplo que las características funcionales de la población incluida en el estudio, corresponden a un grupo de bajo riesgo funcional. Esto podría eventualmente variar si se considera ampliar el espectro de sujetos incluyendo a población con un mayor historial de caídas y que presenten niveles de función física más restringidos. Por ejemplo, en los tipos de población incluida en el estudio desarrollado por [Warlop, T., et al (2017)], en el cual se incluyó a población parkinsoniana, por su parte el parámetro de variabilidad entendido específicamente como variabilidad de la marcha fue la medida central utilizada en un ensayo clínico publicado previamente [Henderson, E. J., et al (2016)] en el mismo tipo de población. Otras investigaciones difieren de los resultados obtenidos en este estudio, probablemente debido a que sus análisis tienen un carácter prospectivo y no retrospectivo como el planteado en esta investigación, encontrándose en ellas niveles de correlación directa entre las medidas de variabilidad y el riesgo de caída en períodos de seguimiento superiores a los 6 meses [Brach, J. S., et al. (2007)], determinándose una asociación entre la variabilidad del tiempo de apoyo en la marcha y la ocurrencia de alteraciones en la movilidad en población AM, sin embargo esto no resultó suficiente para identificar o diferenciar a población que registra caídas de la que no la presentan.

## 6.2 VARIABILIDAD MOTRIZ Y ESTÍMULO COGNITIVO.

Uno de los objetivos centrales de esta investigación fue el de determinar el comportamiento de la VM tanto en presencia como en ausencia de estímulos cognitivos durante el desarrollo de la prueba de paso en el lugar de 2 minutos. Los resultados muestran que la variabilidad motriz descrita mediante la diferencia temporal entre fases de apoyo bilateral sucesivas (doble apoyo) registradas mediante una plataforma de sensores de presión (DMJUMP®) durante la realización de la prueba mencionada, presenta diferencias estadísticas significativas al comparar la ejecución basal de la prueba, con la ejecución intervenida con una demanda cognitiva específica de origen auditivo. Sin embargo, al contrario del supuesto inicial de la investigación, esta diferencia corresponde a una disminución de los valores de variabilidad motriz registrados durante la prueba cognitiva en relación con los registrados en condiciones basales y no a un aumento de la VM como inicialmente se esperaba.

Si bien es necesario consignar que en la literatura incluida en el desarrollo de este estudio, no se encontró un protocolo de evaluación comparable directamente con el utilizado en esta investigación, tanto en términos de la prueba motora propuesta o del mecanismo de captación de la variable temporal registrada como reflejo de la VM, existen estudios que presentan cierto grado de similitud, por ejemplo, en los que se valoró la VM mediante sensores inerciales o donde se utilizó las medidas de tiempo y longitud de zancada y/o ancho de paso como mecanismos de valoración de VM [Brach, J. S., et. al. (2005). Los resultados expuestos en este estudio también consideraron el reporte de caídas en el último año previo a la evaluación, encontrando que al analizar la variabilidad del tiempo del paso no se logró establecer asociación entre las personas que reportaron o no historia de caídas durante los últimos 12 meses, situación concordante en los resultados de esta tesis. Por otra parte, se estableció que entre la variabilidad del ancho de paso y el historial de caídas no se presentó una asociación significativa en la población que desarrolla marcha a una velocidad superior a 1 m/s. Esto resulta relevante de considerar ya que, si bien en la investigación desarrollada y dada a conocer en esta tesis no fue medida la velocidad de la marcha, es coherente suponer por los niveles de función física y cognitiva

registrados en la población en estudio dan cuenta de que dicha población no debería tener un comportamiento limitado en la velocidad de desplazamiento.

Respecto de la disminución que se aprecia entre los valores de VM en presencia de estímulos cognitivos, es posible explicar este comportamiento en base a dos factores fundamentales; el primero de ellos puede estar asociado a la adaptación por aprendizaje de la prueba motora evaluada [Hamacher, D., Krowicki, M., Schega, L. (2017)], esto debido a que todos los sujetos en el estudio iniciaron su evaluación en condición de ausencia de estímulo cognitivo, para luego en su segundo intento realizar la misma prueba motora agregando un estímulo cognitivo de origen auditivo, como se ha planteado previamente en un estudio de VM en bailarinas de ballet, el aprendizaje y repetición de un gesto motor disminuye la variación de ejecución y aumentaría por tanto la consistencia del gesto motor en cada repetición [Solana, R. S., et al. (2009)]. Otra explicación de este comportamiento de la VM en nuestro estudio y que puede ser una clave para entender por qué la VM disminuyó en presencia del desafío cognitivo, se basa en que aparentemente y según se explica también en estudios previos [Hamacher, D., Herold, F., & Schega, L. (2016)] cuando los sujetos incorporan una tarea que demanda un esfuerzo cognitivo, sobre una tarea que podemos identificar como basal y que en este caso corresponde a una ejecución motora vinculada con el desplazamiento habitual de los sujetos, estos tienden a enfocar su potencial cognitivo en la resolución de la tarea agregada, de esta manera se tiende a normalizar la tarea motora de base generando incluso una mayor automatización de ésta, con el fin de priorizar la resolución de la tarea cognitiva agregada, esto es coherente con las conclusiones de otro trabajo publicado recientemente [Yang, Y. R., et al. (2019)], en el que se probó el efecto de estrategias de entrenamiento en el rendimiento de pacientes con diagnóstico de Párkinson frente a desafíos de tareas duales.

### **6.3 VARIABILIDAD MOTRIZ Y SU RELACIÓN CON LAS PRUEBAS DE EVALUACIÓN FUNCIONAL DE RIESGO DE CAÍDA.**

Es altamente conocido el valor que presentan las pruebas funcionales con relación a la detección y pronóstico de riesgo de caer en población AM, las pruebas de equilibrio y marcha se han posicionado a través del tiempo como herramientas útiles en esta área. En este contexto los resultados obtenidos en esta investigación respecto de la relación existente entre las pruebas de función física y función cognitiva con los registros de VM e historial de caídas, muestran que existen correlaciones débiles pero significativas entre la mayoría de las variables estudiadas. No obstante, cuando estas son analizadas con relación al historial de caídas registrado en los 12 meses previos a la evaluación inicial del estudio, no se logra apreciar relación alguna de este registro ni con las pruebas clínicas y funcionales tradicionales como tampoco con la evaluación propuesta en esta investigación. Algunas de las causas probables de estos resultados radican en la capacidad funcional de la población estudiada, la cual en la mayoría de los casos alcanzó niveles de desempeño altos en las pruebas de función física pudiendo categorizarse en su conjunto como una población de bajo riesgo funcional. Esto se repite al analizar los puntajes obtenidos en las pruebas de valoración de la función cognitiva. En este sentido existen estudios que hacen especial énfasis en la relación que se establece entre una disminución de los parámetros centrales de la función física y el riesgo de caídas o discapacidad, principalmente en lo relacionado con parámetros de fuerza muscular, velocidad de la marcha, equilibrio. No obstante, no existe aún suficiente evidencia que relacione los niveles de variabilidad motriz vinculada a un gesto funcional como el utilizado en esta investigación y el riesgo de caídas o discapacidad en población adulta mayor.

## **6.4 FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL ESTUDIO.**

Entre las fortalezas de este estudio podemos identificar aspectos relacionados con el propósito de la investigación, con su diseño y resultados, así como con sus aportes e importancia clínica.

### **Respecto del propósito de la investigación.**

- Esta investigación aporta al desarrollo del conocimiento aplicado referido a una problemática altamente vigente en el contexto sociosanitario, intentando explorar nuevos mecanismos de evaluación de riesgo funcional y particularmente de la función motora y su relación con los eventos de caída en población adulta mayor.
- Propone la introducción de mecanismos de evaluación cuantificables y objetivos mediante el uso de tecnología.
- Es la primera vez que se desarrolla la exploración de la variabilidad motriz vinculada a un diseño metodológico como el expuesto en esta investigación.
- Permite abrir el espectro de variables a considerar a la hora de establecer factores de riesgo potencial para la disminución de la función motora en la población adulta mayor.

### **Respecto del diseño metodológico y resultados.**

- El diseño metodológico permite un enlace entre las fases retrospectiva y transversal de la investigación.
- El estudio ha permitido reclutar un número importante de personas mayores, lo que aporta en la consistencia de los resultados.

- El rigor metodológico desarrollado en esta investigación ha permitido limitar el nivel de sesgo inherente a toda investigación científica.
- Los resultados de este estudio, si bien difieren a lo planteado en otras fuentes de evidencia, permiten ampliar el ámbito de interpretación de las variables vinculadas a la función motora, en particular del componente de variabilidad motriz, separando este parámetro de una visión negativa y unilateral respecto de su influencia en la estabilidad y riesgo funcional en la población adulta mayor.
- El establecimiento de valores de normalidad percentilados de la población estudiada, tanto en su conjunto como diferenciados por sexo.

### **Respecto de su aplicación e importancia clínica**

- La investigación permite proyectar posibles análisis de factores de riesgo y relaciones entre estos, que puedan influir en la toma de decisiones terapéuticas, preventivas o de promoción en salud para la población adulta mayor.
- El mecanismo de evaluación propuesto en esta investigación puede ser utilizado en el contexto de atención primaria de manera de complementar las evaluaciones que tradicionalmente se desarrollan en los programas de prevención y evaluación de salud de la población adulta mayor.

### **Las debilidades del estudio se plantean en relación con los siguientes puntos:**

- La población incluida en el estudio presenta niveles de funcionalidad física altos con relación a los parámetros evaluados, y no corresponde a una muestra heterogénea en este sentido, esto eventualmente puede desvelar que los mecanismos de evaluación empleados no permitan identificar el riesgo de caídas en esta población.

- Es probable que el mecanismo de intervención cognitiva, mediante un estímulo auditivo de reconocimiento y denominación de sonidos, haya resultado un desafío básico y que éste no haya logrado un nivel de interferencia marcado en el desempeño de la función motora desarrollada.
- El estudio no incorporó una etapa de seguimiento prospectivo lo que disminuye la capacidad de análisis predictor del mecanismo de evaluación propuesto con relación a la ocurrencia de eventos de caídas o disminución de la capacidad de función física de la población.
- El diseño metodológico no permitió disminuir de manera importante el efecto del aprendizaje en el desempeño motor, que podría haber influenciado los resultados alcanzados.

## **6.5 PROYECCIONES.**

Como la gran mayoría de las investigaciones asociadas al ámbito del envejecimiento humano, esta investigación presenta niveles potenciales de desarrollo futuro, entre estos es necesario destacar, la importancia de valorar población adulta mayor que presente una mayor heterogeneidad en relación con su función física y cognitiva, esto permitiría determinar la capacidad de predicción y/o de relación del parámetro de variabilidad motriz evaluado en distintos niveles de funcionalidad.

Otra de las proyecciones o alcances de esta investigación es que permite introducir en investigaciones futuras el desarrollo de herramientas tecnológicas accesibles que pueden resultar de utilidad en el contexto de la atención pública y primaria de salud, favoreciendo así el desarrollo de planes y programas de intervención en población adulta mayor.

En estudios futuros en esta área y entendiendo que existen mecanismos de mejora en toda investigación, se hace necesario plantear un modelo de evaluación que minimice la influencia del aprendizaje de la tarea motora, de esta manera poder minimizar uno de los sesgos que pudo influir en los resultados obtenidos.



Por último, es importante plantear la incorporación en el análisis de la variabilidad motriz el uso de herramientas matemáticas más avanzadas como los análisis fractales y espectrales, los que podrían incorporar nuevas dimensiones al análisis de movimientos complejos.



## 7. CONCLUSIONES.

Las conclusiones de este estudio son las siguientes:

**PRIMERA:** No existe correlación entre la variabilidad motriz registrada en la ejecución de la prueba de paso de 2 minutos mediante una plataforma con sensores de presión y el registro de caídas reportadas entre 1 y 12 meses previos al inicio del estudio en población adulta mayor no institucionalizada.

**SEGUNDA:** Se han establecido los valores de la variabilidad motriz durante la prueba de paso en el lugar de 2 minutos en población adulta mayor tanto en condiciones basales, como en presencia de estímulos cognitivos estandarizados.

**TERCERA:** Se registró una disminución en el valor de la variabilidad motriz en presencia de un estímulo cognitivo estandarizado de origen auditivo, respecto de los valores obtenidos en condiciones basales en la población en estudio.

**CUARTA:** No se registró correlación entre los mecanismos habituales de valoración de riesgo de caída, particularmente en la prueba de *up and go*, como en la prueba de apoyo unipodal con los registros de variabilidad motriz detectados tanto en condiciones basales como en presencia de estímulos cognitivos de origen auditivo.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Abellan van Kan, G., Cesari, M., Gillette-Guyonnet, S., Dupuy, C., Nourhashémi, F., Schott, A. M., ... & Rolland, Y. (2013). Sarcopenia and cognitive impairment in elderly women: results from the EPIDOS cohort. *Age and ageing*, 42(2), 196-202.
- Abizanda, P., Navarro, J. L., García-Tomás, M. I., López-Jiménez, E., Martínez-Sánchez, E., & Paterna, G. (2012). Validity and usefulness of hand-held dynamometry for measuring muscle strength in community-dwelling older persons. *Archives of gerontology and geriatrics*, 54(1), 21-27.
- Abizanda, P., Romero, L., Luengo, C., Sánchez, P., & Jordán, J. (2012). Medicina Geriátrica. Una aproximación basada en problemas. *Medicina. Barcelona: Elvieser*. pp 25-27
- Ahmadian, M. (2015). Dynamics of heart rate variability at different ages: effect of the arm crank and cycle ergometer protocols. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(6), 802-810
- Alcazar, J., Losa-Reyna, J., Rodriguez-Lopez, C., Alfaro-Acha, A., Rodriguez-Mañas, L., Ara, I., ... & Alegre, L. M. (2018). The sit-to-stand muscle power test: An easy, inexpensive and portable procedure to assess muscle power in older people. *Experimental gerontology*, 112, 38-43.
- Anne Shumway-Cook, Marjorie H. Woollacott (2012). Motor Control traslating research into clinical practice. 4ª edición. Baltimore EEUU: Ed. Wolters Kluwer Lippincott Williams &Wilkins.
- Azadian, E., Torbati, H. R. T., Kakhki, A. R. S., & Farahpour, N. (2016). The effect of dual task and executive training on pattern of gait in older adults with balance impairment: A Randomized controlled trial. *Archives of gerontology and geriatrics*, 62, 83-89.
- Bailey, A. J. (2001). Molecular mechanisms of ageing in connective tissues. *Mechanisms of ageing and development*, 122(7), 735-755.
- Balasubramanian, C. K., Clark, D. J., & Gouelle, A. (2015). Validity of the Gait Variability Index in older adults: Effect of aging and mobility impairments. *Gait & posture*, 41(4), 941-946.
- Banco Mundial. (2018) Esperanza de vida al nacer. Retrieved 17 June 2020, [https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.LE00.IN?end=2018&locations=CL-AR-BO-BR-CO-EC-PY-PE-UYVE&name\\_desc=false&start=1970&view=chart](https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.LE00.IN?end=2018&locations=CL-AR-BO-BR-CO-EC-PY-PE-UYVE&name_desc=false&start=1970&view=chart).

- Baweja, H. S., Kwon, M., & Christou, E. A. (2012). Magnified visual feedback exacerbates positional variability in older adults due to altered modulation of the primary agonist muscle. *Experimental brain research*, 222(4), 355–364. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3219-0>
- Beauchamp M. K. (2019). Balance assessment in people with COPD: An evidence-based guide. *Chronic respiratory disease*, 16, 1479973118820311. <https://doi.org/10.1177/1479973118820311>
- Beauchet, O., Annweiler, C., Lecordroch, Y., Allali, G., Dubost, V., Herrmann, F. R., & Kressig, R. W. (2009). Walking speed-related changes in stride time variability: effects of decreased speed. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 6(1), 1-6.
- Benfica, P., Aguiar, LT, Brito, S., Bernardino, L., Teixeira-Salmela, LF y Faria, C. (2018). Valores de referencia para la fuerza muscular: una revisión sistemática con un metanálisis descriptivo. *Revista brasileira de fisioterapia*, 22 (5), 355–369. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.02.006>
- Benichou, T., Pereira, B., Mermillod, M., Tauveron, I., Pfabigan, D., Maqdasy, S., & Dutheil, F. (2018). Heart rate variability in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 13(4), e0195166. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195166>
- Betik, A. C., & Hepple, R. T. (2008). *Determinants of VO2 max decline with aging: an integrated perspective*. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(1), 130–140. doi:10.1139/h07-174
- Bohannon, R. W., & Crouch, R. H. (2019). Two-minute step test of exercise capacity: systematic review of procedures, performance, and clinimetric properties. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 42(2), 105-112
- Bohannon, R. W., & Schaubert, K. L. (2005). Test–retest reliability of grip-strength measures obtained over a 12-week interval from community-dwelling elders. *Journal of hand therapy*, 18(4), 426-428.
- Bohannon, R. W., Larkin, P. A., Cook, A. C., Gear, J., & Singer, J. (1984). Decrease in timed balance test scores with aging. *Physical therapy*, 64(7), 1067-1070
- Boyer, L., Savale, L., Boczkowski, J., & Adnot, S. (2014). Sénescence cellulaire et pathologies pulmonaires: exemple de la BPCO. *Revue des maladies respiratoires*, 31(10), 893-902.
- Brach, J. S., Studenski, S. A., Perera, S., VanSwearingen, J. M., & Newman, A. B. (2007). Gait variability and the risk of incident mobility disability in community-dwelling older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 62(9), 983-988.

- Bravo, G., & Hébert, R. (1997). Age-and education-specific reference values for the Mini-Mental and modified Mini-Mental State Examinations derived from a non-demented elderly population. *International journal of geriatric psychiatry*, 12(10), 1008-1018
- Breton, É., Beloin, F., Fortin, C., Martin, A., Ouellet, M. È., Payette, H., & Levasseur, M. (2014). Gender-specific associations between functional autonomy and physical capacities in independent older adults: results from the NuAge study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 58(1), 56-62.
- Brooks, D., Davis, A. M., & Naglie, G. (2007). The feasibility of six-minute and two-minute walk tests in in-patient geriatric rehabilitation. *Canadian journal on aging = La revue canadienne du vieillissement*, 26(2), 159–162. <https://doi.org/10.3138/cja.26.2.009>
- Bulterijs, S., Hull, R. S., Björk, V. C., & Roy, A. G. (2015). It is time to classify biological aging as a disease. *Frontiers in genetics*, 6, 205.
- Burke, R. E. (2007). Sir Charles Sherrington's the integrative action of the nervous system: a centenary appreciation. *Brain*, 130(4), 887-894.
- Buzzi, U. H., Stergiou, N., Kurz, M. J., Hageman, P. A., & Heidel, J. (2003). Nonlinear dynamics indicates aging affects variability during gait. *Clinical biomechanics*, 18(5), 435-443
- C Clark, B., & L Taylor, J. (2011). Age-related changes in motor cortical properties and voluntary activation of skeletal muscle. *Current aging science*, 4(3), 192-199.
- Cacho, J., García-García, R., Arcaya, J., Vicente, J. L., & Lantada, N. (1999). Una propuesta de aplicación y puntuación del test del reloj en la enfermedad de Alzheimer. *Rev Neurol*, 28(7), 648-65
- Calle Pérez, V. (2016). Análisis del test del reloj como prueba de detección de deterioro cognitivo asociado a demencia.
- Callis, N. (2016). Falls prevention: Identification of predictive fall risk factors. *Applied nursing research*, 29, 53-58
- Cano de la Cuerda, R., Martínez Piédrola, R. M., & Miangolarra Page, J. C. (2016). *Control y Aprendizaje Motor* (1 [2016-08-31T] ed.). Madrid [es]: Editorial Médica Panamericana.
- Cano-de-la-Cuerda, R., Molero-Sánchez, A., Carratalá-Tejada, M., Alguacil-Diego, I. M., Molina-Rueda, F., Miangolarra-Page, J. C., & Torricelli, D. (2015). Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. Aplicaciones clínicas en neurorrehabilitación. *Neurología*, 30(1), 32-41.

- Carmona, J. J., & Michan, S. (2016). Biology of healthy aging and longevity. *Revista de investigacion clinica*, 68(1), 7-16.
- Caycho-Rodríguez, Tomás. (2015). Contributions on the acquisition of motor development from ideas arnold gesell, myrtle mcgraw, esther thelen and gilbert gottlieb abstract. 10.13140/rg.2.1.4357.5760.
- Christensen K, Doblhammer G, Rau R, Vaupel JW. Ageing populations: the challenges ahead. *Lancet*. 2009;374(9696):1196-1208. doi:10.1016/S0140-6736(09)61460-4
- Christopher, A., Kraft, E., Olenick, H., Kiesling, R., & Doty, A. (2019). The reliability and validity of the Timed Up and Go as a clinical tool in individuals with and without disabilities across a lifespan: a systematic review: Psychometric properties of the Timed Up and Go. *Disability and Rehabilitation*, 1-15.
- Christou, E. A. (2011). Aging and variability of voluntary contractions. *Exercise and sport sciences reviews*, 39(2), 77
- Clark, B. C., McGinley, M. P., Hoffman, R. L., Thomas, J. S., & Russ, D. W. (2010). Age-related Differences In Cortical Excitability: 629 June 2 10: 45 AM-11: 00 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(5), 13-14.
- Corujo Elisa, Rodríguez Domingo. Tratado de geriatría para residentes: Sociedad española de geriatría y gerontología coordinación editorial International Marketing & communication, SA (IMM&C) 2006
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., ... & Topinková, E. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People A. J. Cruz-Gentoft et al. *Age and ageing*, 39(4), 412-423.
- Daly, R. M., Rosengren, B. E., Alwis, G., Ahlborg, H. G., Sernbo, I., & Karlsson, M. K. (2013). Gender specific age-related changes in bone density, muscle strength and functional performance in the elderly: a-10-year prospective population-based study. *BMC geriatrics*, 13(1), 71.
- De Azevedo Smith, A., Silva, A. O., Rodrigues, R. A. P., Moreira, M. A. S. P., de Almeida Nogueira, J., & Tura, L. F. R. (2017). Avaliação do risco de quedas em idosos residentes em domicílio. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 25, e2754.
- Degens, H., & Korhonen, M. T. (2012). Factors contributing to the variability in muscle ageing. *Maturitas*, 73(3), 197-201
- Desler, C., Hansen, T. L., Frederiksen, J. B., Marcker, M. L., Singh, K. K., & Juel Rasmussen, L. (2012). Is there a link between mitochondrial reserve respiratory capacity and aging?. *Journal of aging research*, 2012.



- Dhawale, A. K., Smith, M. A., & Ölveczky, B. P. (2017). The role of variability in motor learning. *Annual review of neuroscience*, 40, 479-498.
- Dhillon RJ, Hasni S. Pathogenesis and Management of Sarcopenia. *Clin Geriatr Med*. 2017;33(1):17-26. doi: 10.1016/j.cger.2016.08.002
- Dickstein, D. L., Kabaso, D., Rocher, A. B., Luebke, J. I., Wearne, S. L., & Hof, P. R. (2007). Changes in the structural complexity of the aged brain. *Aging cell*, 6(3), 275-284.
- Dite, W., & Temple, V. A. (2002). A clinical test of stepping and change of direction to identify multiple falling older adults. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(11), 1566-1571
- Dodds, R. M., Syddall, H. E., Cooper, R., Benzeval, M., Deary, I. J., Dennison, E. M., ... & Kirkwood, T. B. (2014). Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PloS one*, 9(12), e113637.
- Domínguez-Navarro, F., Igual-Camacho, C., Silvestre-Muñoz, A., Roig-Casasús, S., & Blasco, J. M. (2018). Effects of balance and proprioceptive training on total hip and knee replacement rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Gait & posture*, 62, 68–74.
- Domínguez-Reyes, T., Quiroz-Vargas, I., Salgado-Bernabé, A. B., Salgado-Goytia, L., Muñoz-Valle, J. F., & Parra-Rojas, I. (2017). Las medidas antropométricas como indicadores predictivos de riesgo metabólico en una población mexicana. *Nutrición Hospitalaria*, 34(1), 96-101.
- Fiorito, G., McCrory, C., Robinson, O., Carmeli, C., Rosales, C. O., Zhang, Y., & Jeong, A. (2019). Socioeconomic position, lifestyle habits and biomarkers of epigenetic aging: a multi-cohort analysis. *Aging (Albany NY)*, 11(7), 2045.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189-198.
- Franchini, E., Schwartz, J., & Takito, M. Y. (2018). Maximal isometric handgrip strength: comparison between weight categories and classificatory table for adult judo athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(6), 968.
- Freitas, F. S., Ibiapina, C. C., Alvim, C. G., Britto, R. R., & Parreira, V. F. (2010). Relationship between cough strength and functional level in elderly. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 14(6), 470-476.
- Gaita, M. E. G., Matus, V. M., & Contreras, O. J. T. (2010). Cuerpo y movimiento humano: Perspectiva histórica desde el conocimiento. *Movimiento científico*, 4(1), 73-79.

- Gigena, V. M., Mangone, C. A., Baumann, D., DePascale, A. M., Sanguinetti, R., & Bozzola, F. (1993). El test del reloj: una evaluación cognitiva rápida y sensible al deterioro incipiente. *Rev. neurol. Argent*, 35-42.
- Goldberg, A., Chavis, M., Watkins, J., & Wilson, T. (2012). The five-times-sit-to-stand test: validity, reliability and detectable change in older females. *Aging clinical and experimental research*, 24(4), 339-344.
- Grande, G., Vetrano, D. L., Fratiglioni, L., Marseglia, A., Vanacore, N., Laukka, E. J., ... & Rizzuto, D. (2020). Disability trajectories and mortality in older adults with different cognitive and physical profiles. *Aging clinical and experimental research*, 32(6), 1007-1016.
- Guccione Andrew A. Geriatric physical therapy, 3ªEdition. EEUU: 2012 Mosby, inc. an affiliate of elsevier inc. pp 32-34
- Guccione Andrew A. Geriatric physical therapy, 3ªEdition. EEUU: 2012 Mosby, inc. an affiliate of elsevier inc. pp 229-234
- Guerchet, M. M., Guerra, M., Huang, Y., Lloyd-Sherlock, P., Sosa, A. L., Uwakwe, R., Mayston, R. (2018). A cohort study of the effects of older adult care dependence upon household economic functioning, in Peru, Mexico and China. *PLoS one*, 13(4), e0195567
- Gumpangseth, T., Mahakkanukrauh, P., & Das, S. (2019). Gross age-related changes and diseases in human heart valves. *Anatomy & cell biology*, 52(1), 25-33.
- Haas, F., Sweeney, G., Pierre, A., Plusch, T., & Whiteson, J. (2017). Validation of a 2 Minute Step Test for Assessing Functional Improvement. *Open Journal of Therapy and Rehabilitation*, 5(2), 71-81.
- Hamacher, D., & Schega, L. (2014). Towards the importance of minimum toe clearance in level ground walking in a healthy elderly population. *Gait & posture*, 40(4), 727-729.
- Hamacher, D., Herold, F., & Schega, L. (2016). Effect of dual tasks on gait variability in walking to auditory cues in older and young individuals. *Experimental brain research*, 234(12), 3555-3563.
- Hamacher, D., Krowicki, M., & Schega, L. (2017). Between-day test-retest reliability of gait variability in older individuals improves with a familiarization trial. *Aging clinical and experimental research*, 29(2), 327-329.
- Harada, C. N., Love, M. C. N., & Triebel, K. L. (2013). Normal cognitive aging. *Clinics in geriatric medicine*, 29(4), 737-752.

- Harada, K., Oka, K., Shibata, A., Kaburagi, H., & Nakamura, Y. (2010). Relationships between foot problems, fall experience and fear of falling among Japanese community-dwelling elderly. [*Nihon koshu eisei zasshi*] *Japanese journal of public health*, 57(8), 612-623.
- Hasson, C. J., Van Emmerik, R. E., & Caldwell, G. E. (2014). Balance decrements are associated with age-related muscle property changes. *Journal of applied biomechanics*, 30(4), 555-562.
- Hausdorff, J. M., Rios, D. A., & Edelberg, H. K. (2001). Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(8), 1050-1056
- Henderson, E. J., Lord, S. R., Brodie, M. A., Gaunt, D. M., Lawrence, A. D., Close, J. C., Whone, A. L., & Ben-Shlomo, Y. (2016). Rivastigmine for gait stability in patients with Parkinson's disease (ReSPonD): a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 2 trial. *The Lancet. Neurology*, 15(3), 249–258. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(15\)00389-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(15)00389-0)
- Hesseberg, K., Bentzen, H., & Bergland, A. (2015). Reliability of the senior fitness test in Community-dwelling older people with cognitive impairment. *Physiotherapy Research International*, 20(1), 37-44.
- Ho, F. K., Celis-Morales, C. A., Petermann-Rocha, F., Sillars, A., Welsh, P., Welsh, C., ... & Gill, J. M. (2019). The association of grip strength with health outcomes does not differ if grip strength is used in absolute or relative terms: a prospective cohort study. *Age and Ageing*, 48(5), 684-691.
- Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther.* 1987;67(12):1881-1885. doi:10.1093/ptj/67.12.1881
- Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing.* 2006;35(suppl\_2):ii11
- Hortobágyi T, Devita P. Mechanisms responsible for the age-associated increase in coactivation of antagonist muscles. *Exerc Sport Sci Rev.* 2006;34(1):29-35. doi:10.1097/00003677-200601000-00007
- Howcroft, J., Lemaire, E. D., Kofman, J., & McIlroy, W. E. (2017). Elderly fall risk prediction using static posturography. *PLoS one*, 12(2), e0172398
- [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/186466/9789240694873\\_spa.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/186466/9789240694873_spa.pdf?sequence=1).
- [https://leyes-cl.com/codigo\\_civil/305.htm](https://leyes-cl.com/codigo_civil/305.htm) accedido el 13 julio 2020
- <https://www.cadem.cl/herramientas/> accedido 04 abril 2020

- [https://www.ine.cl/prensa/2020/04/15/adultos-mayores-en-chile-cu%C3%A1ntos-hay-d%C3%B3nde-viven-y-en-qu%C3%A9-trabajan#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Censo%202017%2C%20en,%20y%20Biob%C3%ADo%20\(183.145\)](https://www.ine.cl/prensa/2020/04/15/adultos-mayores-en-chile-cu%C3%A1ntos-hay-d%C3%B3nde-viven-y-en-qu%C3%A9-trabajan#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Censo%202017%2C%20en,%20y%20Biob%C3%ADo%20(183.145)) accedido en 14 agosto 2020
- [https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2019/08/2019.08.13\\_MANUAL-DE-GERIATRIA-PARA-MEDICOS.pdf](https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2019/08/2019.08.13_MANUAL-DE-GERIATRIA-PARA-MEDICOS.pdf)
- <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2019/08/Ord.-3380-Glosa-06-An%C3%A1lisis-Personas-Fallecidas-LE-GES-y-No-GES-Jun-2019.pdf>
- <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/mini-mental-state-examination#older-adults-and-geriatric-care> Consultado 02 de junio 2020
- <https://www.unicef.org/reports/levels-and-trends-child-mortality-report-2019>
- <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/envejecimiento-y-salud> consultada 08 julio de 2020
- Hunter, S. K., Pereira, H. M., & Keenan, K. G. (2016). The aging neuromuscular system and motor performance. *Journal of applied physiology*, 121(4), 982-995.
- Instituto Nacional de Estadísticas [INE]. Resultados definitivos CENSO 2017. Chile: INE; 2017 noviembre 2010. Disponible en: <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>
- Isles, R. C., Choy, N. L., Steer, M., & Nitz, J. C. (2004). Normal values of balance tests in women aged 20-80. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(8), 1367–1372. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52370>.
- Izquierdo, M., & Redín, M. I. (2008). *Biomecnica y Bases Neuromusculares de la Actividad Fsica y el Deporte/Biomechanics and Neuromuscular Bases of Physical Activity and Sport*. Ed. Médica Panamericana.pp 201-213)
- James, E. G., Conatser, P., Karabulut, M., Leveille, S. G., Hausdorff, J. M., Trivison, T., & Bean, J. F. (2020). Walking speed affects gait coordination and variability among older adults with and without mobility limitations. *Archives of physical medicine and rehabilitation*.
- Jandackova, V. K., Scholes, S., Britton, A., & Steptoe, A. (2016). Are changes in heart rate variability in middle-aged and older people normative or caused by pathological conditions? Findings from a large population-based longitudinal cohort study. *Journal of the American Heart Association*, 5(2), e002365.
- JC, D. AM, & Fischl, B.(2004). Thinning of the cerebral cortex in aging. *Cerebral Cortex*, 14, 721-730.

- Jellinger, K. A., & Attems, J. (2013). Neuropathological approaches to cerebral aging and neuroplasticity. *Dialogues in clinical neuroscience*, 15(1), 29.
- Jiménez Fernández, D., Lavados Germain, P. M., Rojas, P., Henríquez, C., Silva, F., & Guillón, M. (2017). Evaluación del minimental abreviado de la evaluación funcional del adulto mayor (EFAM) como screening para la detección de demencia en la atención primaria.
- Justice, J. N., Cesari, M., Seals, D. R., Shively, C. A., & Carter, C. S. (2016). Comparative approaches to understanding the relation between aging and physical function. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 71(10), 1243-1253.
- Kaku, K., Takeuchi, M., Otani, K., Sugeng, L., Nakai, H., Haruki, N., ... & Mor-Avi, V. (2011). Age-and gender-dependency of left ventricular geometry assessed with real-time three-dimensional transthoracic echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 24(5), 541-547.
- Karathanasopoulos, N., & Ganghoffer, J. F. (2019). Investigating the effect of aging on the viscosity of tendon fascicles and fibers. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 7, 107.
- Katz PS. Evolution of central pattern generators and rhythmic behaviours. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*.2016;371(1685):20150057.doi:10.1098/rstb.2015.0057
- Kerkadi, A., Suleman, D., Salah, L. A., Lotfy, C., Attieh, G., Bawadi, H., & Shi, Z. (2020). Adiposity indicators as cardio-metabolic risk predictors in adults from country with high burden of obesity. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 13, 175.
- Kiernan, J., Davies, J. E., & Stanford, W. L. (2017). Concise review: musculoskeletal stem cells to treat age-related osteoporosis. *Stem Cells Translational Medicine*, 6(10), 1930-1939.
- Kikkert, L. H., Vuillerme, N., van Campen, J. P., Appels, B. A., Hortobágyi, T., & Lamoth, C. J. (2017). Gait characteristics and their discriminative power in geriatric patients with and without cognitive impairment. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 14(1), 84.
- Kraft, E. (2012). Cognitive function, physical activity, and aging: possible biological links and implications for multimodal interventions. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 19(1-2), 248-263 DOI: 10.1080/13825585.2011.645010.

- Kuk, J. L., Saunders, T. J., Davidson, L. E., & Ross, R. (2009). Age-related changes in total and regional fat distribution. *Ageing research reviews*, 8(4), 339-348.
- Labat-Robert, J., & Robert, L. (2015). Longevity and aging. Mechanisms and perspectives. *Pathologie Biologie*, 63(6), 272-276.
- Lamothe, C. J., van Deudekom, F. J., van Campen, J. P., Appels, B. A., de Vries, O. J., & Pijnappels, M. (2011). Gait stability and variability measures show effects of impaired cognition and dual tasking in frail people. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 8(1), 2.
- Latini, M. F., Scharovsky, D., Glaser, A., Brugger, R., Zorrilla, J. P., Sousa, L., Gonorazky, S. E. (2011). El test del reloj: reproducibilidad, consistencia interna y variables predictivas de la prueba del reloj utilizando el método de puntuación de Cacho. Análisis de 985 relojes. *Neurología Argentina*, 3(2), 83-87.
- Lázaro, M., Cuesta, F., Leon, A., Sánchez, C., Feijoo, R., Montiel, M., & Ribera, J. M. (2005). Elderly patients with recurrent falls. Role of posturographic studies. *Medicina clinica*, 124(6), 207-210.
- Leslie, W. D., & Morin, S. N. (2014). Osteoporosis epidemiology 2013: implications for diagnosis, risk assessment, and treatment. *Current opinion in rheumatology*, 26(4), 440-446
- Li, D., Guo, G., Xia, L., Yang, X., Zhang, B., Liu, F., ... & Jiang, J. (2018). Relative handgrip strength is inversely associated with metabolic profile and metabolic disease in the general population in China. *Frontiers in physiology*, 9, 59.
- Lipsitz, L. A., & Goldberger, A. L. (1992). Loss of 'complexity' and aging: potential applications of fractals and chaos theory to senescence. *Jama*, 267(13), 1806-1809.
- Liu, C. J., Marie, D., Fredrick, A., Bertram, J., Utley, K., & Fess, E. E. (2017). Predicting hand function in older adults: evaluations of grip strength, arm curl strength, and manual dexterity. *Aging clinical and experimental research*, 29(4), 753-760
- Lowery, E. M., Brubaker, A. L., Kuhlmann, E., & Kovacs, E. J. (2013). The aging lung. *Clinical interventions in aging*, 8, 1489.
- Maggio, M., Ceda, G. P., Ticinesi, A., De Vita, F., Gelmini, G., Costantino, C., Meschi, T., Kressig, R. W., Cesari, M., Fabi, M., & Lauretani, F. (2016). Instrumental and Non-Instrumental Evaluation of 4-Meter Walking Speed in Older Individuals. *PLoS one*, 11(4), e0153583. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153583>

- Makizako, H., Shimada, H., Doi, T., Tsutsumimoto, K., Nakakubo, S., Hotta, R., & Suzuki, T. (2017). Predictive Cutoff Values of the Five-Times Sit-to-Stand Test and the Timed "Up & Go" Test for Disability Incidence in Older People Dwelling in the Community. *Physical therapy*, 97(4), 417–424. <https://doi.org/10.2522/ptj.20150665>
- Mamédio, C., Andruccioli, C., & Cuce, M. (2007). Estrategia PICO para la construcción de la pregunta de Investigación y la búsqueda de evidencia. *Rev Latino-am Enfermagem*, 15(3), 508-511.
- Mancilla, E., Ramos, S., & Morales, P. (2016). Fuerza de presión manual según edad, género y condición funcional en adultos mayores Chilenos entre 60 y 91 años. *Revista médica de Chile*, 144(5), 598-603.
- Marchini, A., Pereira, R., Pedroso, W., Christou, E., & Neto, O. P. (2017). Age-associated differences in motor output variability and coordination during the simultaneous dorsiflexion of both feet. *Somatosensory & motor research*, 34(2), 96-101.
- Marín, P. P., Guzmán, J. M., & Araya, A. (2004). Adultos mayores institucionalizados en Chile: ¿Cómo saber cuántos son?. *Revista médica de Chile*, 132(7), 832-838.
- Martín, V. P., Galende, A. V., Soriano, R. T., Castillo, I. C., Velasco, S. L., & Pareja, F. B. (2014) ¿Sufren deterioro cognitivo los ancianos sin enfermedades cerebrales? Datos de la cohorte NEDICES.
- Mathiowetz, V., Weber, K., Volland, G., & Kashman, N. (1984). Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *Journal of Hand Surgery*, 9(2), 222-226.
- Mattay VS, Fera F, Tessitore A, et al. Neurophysiological correlates of age-related changes in human motor function. *Neurology*. 2002;58(4):630-635. doi:10.1212/wnl.58.4.630
- Millan Calenti José Carlos. Gerontología y Geriatria Valoración e intervención. 1ª Edición. Madrid España: Editorial Médica Panamericana p. 9-13
- Millan Calenti, J. C José Carlos. Gerontología y Geriatria Valoración e intervención. 1ª Edición. Madrid España: Editorial Médica Panamericana.
- MINSAL, Ministerio de salud Chile. Actualización manual de geriatría para médicos. consultado 13 agosto 2020.
- Mitnitski, A., Song, X., & Rockwood, K. (2013). Assessing biological aging: the origin of deficit accumulation. *Biogerontology*, 14(6), 709-717.

- Montero-Odasso, M., Casas, A., Hansen, K. T., Bilski, P., Gutmanis, I., Wells, J. L., & Borrie, M. J. (2009). Quantitative gait analysis under dual-task in older people with mild cognitive impairment: a reliability study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 6(1), 35.
- Moore, M., & Barker, K. (2017). The validity and reliability of the four-square step test in different adult populations: a systematic review. *Systematic reviews*, 6(1), 187. <https://doi.org/10.1186/s13643-017-0577-5>
- Mora, F., Segovia, G., & del Arco, A. (2008). Glutamate–dopamine–GABA interactions in the aging basal ganglia. *Brain research reviews*, 58(2), 340-353
- Mori, T., Hamada, S., Yoshie, S., Jeon, B., Jin, X., Takahashi, H., ... & Tamiya, N. (2019). The associations of multimorbidity with the sum of annual medical and long-term care expenditures in Japan. *BMC geriatrics*, 19(1), 69
- Mortaza N, Abu Osman NA, Mehdikhani N. Are the spatio-temporal parameters of gait capable of distinguishing a faller from a non-faller elderly? *Eur J Phys Rehabil Med*. 2014 Dec;50(6):677-91. Epub 2014 Apr 24. PMID: 24831570.
- Murman D. L. (2015). The Impact of Age on Cognition. *Seminars in hearing*, 36(3), 111–121. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555115>
- Naudí, A., Jové, M., Ayala, V., Cabré, R., Portero-Otin, M., Ferrer, I., & Pamplona, R. (2013). Estudio de la vulnerabilidad neuronal selectiva en el sistema nervioso central humano. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 48(5), 216-223.
- Newell, K. M., Vaillancourt, D. E., & Sosnoff, J. J. (2006). Aging, complexity, and motor performance. In *Handbook of the psychology of aging* (pp. 163-182). Academic Press
- Newman AB, Kupelian V, Visser M, Simonsick EM, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Tykavsky FA, Rubin SM, Harris TB *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006 Jan; 61 (1): 72-7
- Opalach, K., Rangaraju, S., Madorsky, I., Leeuwenburgh, C., & Notterpek, L. (2010). Lifelong calorie restriction alleviates age-related oxidative damage in peripheral nerves. *Rejuvenation research*, 13(1), 65-74.
- Owings, T. M., & Grabiner, M. D. (2004). Variability of step kinematics in young and older adults. *Gait & posture*, 20(1), 26-29.
- Panel on Prevention of Falls in Older Persons, American Geriatrics Society and British Geriatrics Society. (2011). Summary of the updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(1), 148-157.



- Papegaaij, S., Hortobagyi, T., Godde, B., Kaan, W. A., Erhard, P., & Voelcker-Rehage, C. (2017). Neural correlates of motor-cognitive dual-tasking in young and old adults. *PloS one*, 12(12), e0189025.
- Park S. H. (2018). Tools for assessing fall risk in the elderly: a systematic review and meta-analysis. *Aging clinical and experimental research*, 30(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0749-0>
- Park, J., Jeong, E., & Seomun, G. (2018). The clock drawing test: A systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy. *Journal of Advanced Nursing*, 74(12), 2742-2754.
- Peter H. Greene (1982) Why Is It Easy To Control Your Arms?, *Journal of Motor Behavior*, 14:4, 260-286, DOI: 10.1080/00222895.1982.10735280
- Platonov, V.N. Bulatova, M.M. (2006). *La Preparación Física*. Editorial Paidotribo, Barcelona. 4ª Edición. pp. 35-38.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American geriatrics Society*, 39(2), 142-148.
- Puri, K. S., Suresh, K. R., Gogtay, N. J., & Thatte, U. M. (2009). Declaration of Helsinki, 2008: implications for stakeholders in research. *Journal of postgraduate medicine*, 55(2), 131–134. <https://doi.org/10.4103/0022-3859.52846>
- Quiroga, P., Albala, C., & Klaasen, G. (2004). Validación de un test de tamizaje para el diagnóstico de demencia asociada a edad, en Chile. *Revista médica de Chile*, 132(4), 467-478.
- Ramírez-Vélez, R., Correa-Bautista, J. E., Martínez-Torres, J., Méneses-Echavez, J. F., González-Ruiz, K., González-Jiménez, E., ... & Lobelo, F. (2016). LMS tables for waist circumference and waist–height ratio in Colombian adults: Analysis of nationwide data 2010. *European journal of clinical nutrition*, 70(10), 1189-1196.
- Rico-Rosillo, M. G., Oliva-Rico, D., & Vega-Robledo, G. B. (2018). Envejecimiento: algunas teorías y consideraciones genéticas, epigenéticas y ambientales. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 56(3), 287-294.
- Rikli RE, Jones CJ (1999) Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act* 7:129–161
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60-94. *Journal of Aging & Physical Activity*, 7(2).

- Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2002). Variability and determinism in motor behavior. *Journal of motor behavior*, 34(2), 99-125
- Rodríguez García Rosalía, Lazcano Botello Guillermo, Medina Chávez Humberto, Hernández Martínez Miguel Ángel. *Práctica de la geriatría*. 3ª Edición. México: Editorial McGraw Hill; 2011. p 18-22
- Rodríguez García Rosalía, Lazcano Botello Guillermo. *Práctica de la geriatría*. 3ª Edición. México: Editorial McGraw Hill; 2011. p. 564-566
- Roman Lay, A. A., Ferreira do Nascimento, C., Caba Burgos, F., Larraín Huerta, A. D. C., Rivera Zeballos, R. E., Pantoja Silva, V., & Duarte, Y. A. D. O. (2020). Gender Differences between Multimorbidity and All-Cause Mortality among Older Adults. *Current Gerontology and Geriatrics Research*, 2020.
- Romero-Dapuelto, C., Mahn, J., Cavada, G., Daza, R., Ulloa, V., & Antúnez, M. (2019). Estandarización de la fuerza de prensión manual en adultos chilenos sanos mayores de 20 años. *Revista médica de Chile*, 147(6), 741-750.
- Rose, M. R. (2009). Adaptation, aging, and genomic information. *Aging (Albany NY)*, 1(5), 444.
- Rossiter-Fornoff, J. E., Wolf, S. L., Wolfson, L. I., Buchner, D. M., & FICSIT Group. (1995). A cross-sectional validation study of the FICSIT common data base static balance measures. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(6), M291-M297
- Ruan, Q., & Nagueh, S. F. (2005). Effect of age on left ventricular systolic function in humans: a study of systolic isovolumic acceleration rate. *Experimental physiology*, 90(4), 527-534.
- Salmasi, A. M., Alimo, A., Jepson, E., & Dancy, M. (2003). Age-associated changes in left ventricular diastolic function are related to increasing left ventricular mass. *American journal of hypertension*, 16(6), 473-477.
- Salthouse, T. (2012). Consequences of age-related cognitive declines. *Annual review of psychology*, 63, 201-226.
- Santoni, G., Angleman, S., Welmer, A. K., Mangialasche, F., Marengoni, A., & Fratiglioni, L. (2015). Age-related variation in health status after age 60. *PloS one*, 10(3), e0120077.
- Sayer AA, Syddall H, Martin H, Patel H, Baylis D, Cooper C. The developmental origins of sarcopenia. *J Nutr Health Aging*. 2008 Aug-Sep;12(7):427-32. doi: 10.1007/BF02982703. PMID: 18615224; PMCID: PMC2652119.

- Schaubert, K. L., & Bohannon, R. W. (2005). Reliability and validity of three strength measures obtained from community-dwelling elderly persons. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 717.
- Schrack, J. A., Simonsick, E. M., & Ferrucci, L. (2010). The energetic pathway to mobility loss: an emerging new framework for longitudinal studies on aging. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58, S329-S336.
- Servicio Nacional de Adulto Mayor. Las personas mayores en Chile. Fecha de consulta: 7 de enero de 2015. Disponible en: [http://www.senama.cl/filesapp/las\\_personas\\_mayores\\_en\\_chile\\_situacion\\_ava\\_nces\\_y\\_desafios\\_2.pdf](http://www.senama.cl/filesapp/las_personas_mayores_en_chile_situacion_ava_nces_y_desafios_2.pdf)
- Sharma, G., & Goodwin, J. (2006). Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clinical interventions in aging*, 1(3), 253.
- Sherwood, J. J., Inouye, C., Webb, S. L., Zhou, A., Anderson, E. A., & Spink, N. S. (2019). Relationship between physical and cognitive performance in community dwelling, ethnically diverse older adults: a cross-sectional study. *PeerJ*, 7, e6159.
- Shin, S., Valentine, R. J., Evans, E. M., & Sosnoff, J. J. (2012). Lower extremity muscle quality and gait variability in older adults. *Age and ageing*, 41(5), 595-599.
- Shumway-Cook A, Wollacott M. Control Motor Teoría y aplicaciones prácticas. 1.ª ed. Baltimore, Maryland: John P. Butler; 1995. p. 12 – 14
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (1995). Theory and practical applications. *Motor Control*.
- Simieli, L., Gobbi, L. T. B., Orcioli-Silva, D., Beretta, V. S., Santos, P. C. R., Baptista, A. M., & Barbieri, F. A. (2017). The variability of the steps preceding obstacle avoidance (approach phase) is dependent on the height of the obstacle in people with Parkinson's disease. *Plos one*, 12(9), e0184134.
- Skiadopoulos, A., Moore, E. E., Sayles, H. R., Schmid, K. K., & Stergiou, N. (2020). Step width variability as a discriminator of age-related gait changes. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 17(1), 1-13
- Slifkin, A. B., & Newell, K. M. (1998). Is variability in human performance a reflection of system noise?. *Current directions in psychological science*, 7(6), 170-177.
- Solana, R. S., Muelas, R., Murillo, F. D. B., & Hernández, F. J. M. (2009). Análisis de la variabilidad de parámetros cinemáticos durante la ejecución de una sucesión de piruetas en danza a través de un protocolo automatizado. *European Journal of Human Movement*, (23), 15-40

- Strait, J. B., & Lakatta, E. G. (2012). Aging-associated cardiovascular changes and their relationship to heart failure. *Heart failure clinics*, 8(1), 143-164.
- Stuck, A. K., Bachmann, M., Füllemann, P., Josephson, K. R., & Stuck, A. E. (2020). Effect of testing procedures on gait speed measurement: A systematic review. *PloS one*, 15(6), e0234200. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234200>
- Sukits, A. L., Nebes, R. D., Chambers, A. J., Ledgerwood, A., Halligan, E. M., Perera, S., & Cham, R. (2014). Intra-individual variability in gait and in cognitive performance are not related in the elderly. *Neuropsychology, development, and cognition. Section B, Aging, neuropsychology and cognition*, 21(3), 283–295 <https://doi.org/10.1080/13825585.2013.802760>
- Swanson, C. W., Haigh, Z. J., & Fling, B. W. (2019). Two-minute walk tests demonstrate similar age-related gait differences as a six-minute walk test. *Gait & posture*, 69, 36–39. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.01.019>
- Thumala, Daniela, et al. Aging and health policies in Chile: new agendas for research. *Health Systems & Reform*, 2017, vol. 3, no 4, p. 253-260
- Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *New England journal of medicine*, 319(26), 1701-1707.
- Tomlinson, B. E., & Irving, D. (1977). The numbers of limb motor neurons in the human lumbosacral cord throughout life. *Journal of the neurological sciences*, 34(2), 213-219.
- Toosizadeh, N., Ehsani, H., Miramonte, M., & Mohler, J. (2018). Proprioceptive impairments in high fall risk older adults: the effect of mechanical calf vibration on postural balance. *Biomedical engineering online*, 17(1), 51.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017)). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*. WorkingPaper No. ESA/P/WP/248
- Vaca García, Mario Rene, Gómez Nicolalde, Ronal Vinicio, Cosme Arias, Fernando David, Mena Pila, Fanny Mariela, Yandún Yalamá, Segundo Vicente, & Realpe Zambrano, Zoila Esther. (2017). Estudio comparativo de las capacidades físicas del adulto mayor: rango etario vs actividad física. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(1), 1-11.
- Vaillancourt, D. E., & Newell, K. M. (2002). Changing complexity in human behavior and physiology through aging and disease. *Neurobiology of aging*, 23(1), 1-11.


- Van Lummel, R. C., Walgaard, S., Pijnappels, M., Elders, P. J., Garcia-Aymerich, J., van Dieën, J. H., & Beek, P. J. (2015). Physical Performance and Physical Activity in Older Adults: Associated but Separate Domains of Physical Function in Old Age. *PloS one*, *10*(12), e0144048. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144048>
- Vinay Kumar, Abul K. Abbas, Nelson Fausto, Jon C. Aster. Robbins y Cotran Patología estructural y funcional. Octava edición. Barcelona 2010: Editorial Elsevier España, SL p 32-37
- Visser, M., Deeg, D. J., & Lips, P. (2003). Low vitamin D and high parathyroid hormone levels as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia): The Longitudinal Aging Study Amsterdam. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *88*(12), 5766-5772.
- Wang, Y. C., Bohannon, R. W., Li, X., Sindhu, B., & Kapellusch, J. (2018). Hand-grip strength: Normative reference values and equations for individuals 18 to 85 years of age residing in the United States. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, *48*(9), 685-693.
- Warlop, T., Detrembleur, C., Lopez, M. B., Stoquart, G., Lejeune, T., & Jeanjean, A. (2017). Does Nordic Walking restore the temporal organization of gait variability in Parkinson's disease?. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *14*(1), 1-11.
- Whitehead, B. A. (1981). James J. Gibson: The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton Mifflin, 1979, 332 pp. *Behavioral Science*, *26*(3), 308–309. doi:10.1002/bs.3830260313.)
- World Health Organization (2007) Global report on falls prevention in older age. World Health Organization, Geneva
- World Health Organization. Fact sheet 344: Falls. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs344/en/>. Accessed 2 julio (2015).
- World Health Organization. WHO STEPwise approach to surveillance (STEPS). Available at: <http://www.who.int/chp/steps/en>. Accessed. 20 junio 2020)
- Yang, Y. R., Cheng, S. J., Lee, Y. J., Liu, Y. C., & Wang, R. Y. (2019). Cognitive and motor dual task gait training exerted specific training effects on dual task gait performance in individuals with Parkinson's disease: A randomized controlled pilot study. *PloS one*, *14*(6), e0218180. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218180>
- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M., & Giladi, N. (2012). Do we always prioritize balance when walking? Towards an integrated model of task prioritization. *Movement Disorders*, *27*(6), 765-770.

- Zhang, Y., Wang, N., Zhao, Q., Ng, N., Wang, R., Zhou, X., ... & Zhao, G. (2019). Association between anthropometric indicators of obesity and cardiovascular risk factors among adults in Shanghai, China. *BMC public health*, 19(1), 1035.

## 9. ANEXOS

### 9.1 CONSIDERACIONES COMITÉ DE ÉTICA

Esta investigación fue desarrollada mediante la aprobación del comité de ética del Servicio de Salud Metropolitano Oriente de la Región Metropolitana de Santiago de Chile. Como se constata en el siguiente documento se adjunta carta de aprobación de la línea de investigación inicial.



Servicio de Salud Metropolitano Oriente  
Comité de Ética Científico

**PROTOCOLO DE APROBACIÓN DE PROYECTOS CLÍNICOS**

Con fecha 25 de Junio de 2019, el CEC del S.S.M. Oriente analizó y aprobó el Proyecto de Investigación, patrocinado por la Universidad Autónoma de Chile, titulado:

“Comportamiento de la variabilidad del paso en personas adultas mayores institucionalizadas y no institucionalizadas de la Región Metropolitana de Santiago en el año 2019, durante el desarrollo del test de paso de 2 minutos, frente a estímulos cognitivos y su valor como predictor de caídas”;

y que conducirá como Investigador Principal **Klgo. MSc Juan Antonio Tortella González**, para ser llevado a cabo en **Establecimientos de Larga Estadía para Adultos Mayores (ACALIS Chile)** con la colaboración como Co-investigadores los alumnos de la Carrera de Kinesiología de la Universidad Autónoma de Chile : **Marcelo Antonio Cano Cappellacci, Josué Ignacio Díaz Briones, Roberto Arriagada Godoy, Victoria Alejandra Becerra Álvarez, Sebastián Ignacio Varas Arriagada y Jorge Eduardo Gómez Baeza.**

Se analizó y aprobó los siguientes documentos del Proyecto:

- Proyecto de Investigación in extenso “Comportamiento de la variabilidad del paso en personas adultas mayores institucionalizadas y no institucionalizadas de la Región Metropolitana de Santiago en el año 2019, durante el desarrollo del test de paso de 2 minutos, frente a estímulos cognitivos y su valor como predictor de caídas”.
- Consentimiento informado para el estudio “Comportamiento de la variabilidad del paso en personas adultas mayores institucionalizadas y no institucionalizadas de la Región Metropolitana de Santiago en el año 2019, durante el desarrollo del test de paso de 2 minutos, frente a estímulos cognitivos y su valor como predictor de caídas”, fechado por el CEC del S.S.M. Oriente el 25 de Junio de 2019.

Tomó conocimiento de:

- Solicitud de revisión del proyecto.
- Autorización de la Directora de Establecimientos de Larga Estadía para Adultos Mayores (ACALIS Chile) Katarina Etienne Smets, Junio 2019.

- Cara compromiso del equipo investigador de fecha 25 de Abril de 2019.
- CV del Investigador Principal: Juan Antonio Tortella González
- CV de los Co-investigadores.  
 Marcelo Antonio Cano Cappellacci  
 Josué Ignacio Díaz Briones  
 Roberto Arriagada Godoy  
 Victoria Alejandra Becerra Álvarez.  
 Sebastián Ignacio Varas Arriagada  
 Jorge Eduardo Gómez Baeza

Envío a usted la nómina de los miembros permanentes del CEC del S.S.M. Oriente al 25 de Junio de 2019:

Dra. Sara Chernilo S.	Broncopulmonar ( Presidente)	Inst. Nacional del Tórax
Dra. M. Esther Meroni L.	Geriatra (Secretaria)	No institucional
Dr. Ricardo Vacarezza	Asesor en Bioética	No institucional
EU Elena Núñez M.	Coordinadora	No institucional
QF Pablo Garrido	QF Clínico	Inst. Nac. de Geriatria
Dr. Rómulo Melo Monsalve	Neurocirujano	Inst. Nac. de Neurocirugia
Dr. Manuel Sedano Lorca	Gineco-Obstetra	Hospital Dr. Luis Tisné
Dr. Lientur Taha M.	Neurocirujano	Inst. Nac. de Neurocirugia
Dr. Jorge Plasser Troncoso	Cirujano- Oncólogo	Hospital del Salvador
Dr. Pablo Vera Barroso	Urgenciólogo	Hospital del Salvador
Sra. Angélica Sotomayor	Abogado	No institucional
Sr. Hugo Gutiérrez Guerra	Miembro de la Comunidad	No institucional



**Dra. Maria Esther Meroni Lays**



Santiago, 25 de Junio de 2019





**PARTE I CONSENTIMIENTO INFORMADO:**

La presente investigación, está dirigida a adultos mayores institucionalizados y no institucionalizados de la región metropolitana de Santiago en el periodo 2019. A los cuales se les invita a participar en la investigación que busca determinar los efectos de estímulos cognitivos de origen visual y auditivo, en el comportamiento de la variabilidad de paso medido por plataforma de salto, durante el test de paso de 2 minutos y su influencia como predictor de caídas.

**Investigador principal:** Klgo. Juan Antonio Tortella González  
MSc. Procesos de Envejecimiento; Estrategias Sociosanitarias  
Mg. Pedagogía Universitaria

**Colaboradores:** Victoria A. Becerra Álvarez  
Alejandro I. Fuentes Aravena  
Jorge E. Gómez Baeza  
Sebastián I. Varas Arriagada  
Roberto I. Arriagada Godoy  
Josué I. Díaz Briones

**Nombre de la Organización:** Universidad Autónoma de Chile, Sede Santiago.

**Nombre de la Propuesta:** "Comportamiento de la variabilidad del paso en personas adultas mayores institucionalizadas y no institucionalizadas de la región metropolitana de Santiago en el año 2019, durante el desarrollo del test de paso de 2 minutos, frente a estímulos cognitivos y su valor como predictor de caídas"

**Parte I: Información**

**1. Introducción:**

Este estudio está dirigido a adultos mayores institucionalizados y no institucionalizados, de la Región Metropolitana de Santiago. Los adultos mayores por medio del presente documento, son invitados a participar en un estudio patrocinado por la Carrera de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile, sede Santiago.

A cada participante se le informará de manera completa y detallada, respecto de la investigación, las distintas fases de ella, los beneficios y posibles consecuencias de esta.

Todo participante podrá decidir en cualquier momento si participar o no en esta investigación. Frente a cualquier duda respecto del proceso, el participante podrá consultar las veces que estime necesario a cualquiera de los encargados de la investigación, respecto

de conceptos que le sean poco claros, o de los procedimientos que se incluyen en el estudio. El presente estudio estará bajo la tutela del Klg. Juan Antonio Tortella González, docente de la Universidad Autónoma de Chile, quien supervisará la investigación de tesis antes mencionada.

## **2. Propósito**

El propósito de esta investigación es contribuir al desarrollo de la disciplina kinésica de manera especial en el ámbito de la rehabilitación en población geriátrica. Por medio del estudio de indicadores de la función física y el uso de tecnología en el análisis de la variabilidad del paso, frente a estímulos cognitivos de origen visual y auditivo.

## **3. Tipo de Intervención de Investigación:**

La investigación de características descriptivas y correlacional.

## **4. Selección de participantes:**

El presente estudio incluirá la participación de personas cumplan los siguientes criterios de inclusión:

- Hombres y mujeres mayores de 60 años, de nacionalidad Chilena.
- Institucionalizados y no institucionalizados que vivan en la Región Metropolitana, de Santiago, Chile.
- Autovalentes en la realización de sus actividades de la vida diaria
- Con capacidad de bipedestación y marcha conservadas
- Capaces de desarrollar actividad física
- Sin deterioro cognitivo diagnosticado en etapa intermedia o severa
- Capaz de entender y seguir órdenes simples y complejas
- Sin antecedentes de encamamiento prolongado (mayor a 2 semanas) en los últimos 3 meses
- Manifiestar interés voluntario para participar en este estudio.

## **5. Participación Voluntaria:**

Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria, usted puede elegir participar o no en cualquier momento del proceso.

## **6. Procedimientos y Protocolo:**

El procedimiento incluye una primera etapa de evaluación de signos vitales en reposo y el registro de datos sociodemográficos en ficha individualizada.

Se evaluarán parámetros de Fuerza muscular, flexibilidad, velocidad de marcha, estabilidad y resistencia cardiorespiratoria.



Se indicará a cada participante el mecanismo de realización del test de paso de 2 minutos, sobre la plataforma de fuerza destinada a este fin, primero en ausencia de estímulos cognitivos de origen visual o auditivo y en segunda instancia luego de un descanso no inferior a 5 minutos la repetición del test, esta vez bajo presencia de estímulos cognitivos de origen visual y/o auditivos.

Se registrará el tiempo en milisegundos entre la fase de apoyo y de despegue de la extremidad inferior derecha, obteniendo así la variabilidad temporal en la ejecución del test.

**7. Duración:**

La investigación se desarrollará durante el período 2019, los sujetos serán evaluados en dos instancias separadas entre si por 6 meses. Teniendo un tiempo de evaluación de 20 minutos aproximadamente por cada sujeto evaluado.

**8. Efectos Secundarios:**

No existen registros contundentes en la literatura revisada, que indiquen efectos secundarios o adversos con la realización de las pruebas contenidas en este estudio.

**9. Riesgos:**

No existen riesgos asociados al desarrollo de las pruebas de evaluación utilizadas en este estudio, no obstante cada uno de los participantes estarán en supervisión directa durante el transcurso de las evaluaciones, con el fin de minimizar posibles eventualidades que se puedan presentar durante el desarrollo de cada una de las evaluaciones propuestas en el estudio.

**10. Molestias:**

Si bien las pruebas evaluativas de este estudio no requieren esfuerzos máximos, es probable que en algunos casos se refiera sensación de cansancio por parte de los participantes. Por esta razón el protocolo de evaluación contempla períodos de descanso entre cada una de las pruebas función física a realizar.

**11. Beneficios:**

Se les entregará a cada sujeto un registro de las evaluaciones, los cuales podrán ser remitidos por el participante al equipo de salud encargado de su atención medica habitual.

Se entregará un informe escrito con los resultados y conclusiones obtenidos al final del estudio, a cada una de las instituciones o establecimiento de larga estadía para adultos mayores (ELEAM), con el fin de colaborar en la toma de desiciones respecto de la mantención y potencial mejora de la condición funcional de los usuarios incluidos en el estudio.



**12. Confidencialidad:**

Como mecanismo de resguardo de la privacidad de los participantes de esta investigación, toda información recopilada será manejada de manera única y exclusiva por el equipo de investigadores, y se comprometerá que el uso de esta sólo será para fines investigativos. En caso de ser necesario, el consentimiento informado incorporará un anexo que indique la autorización expresa del participante para que, de manera anónima, los resultados de la investigación se puedan divulgar en la comunidad académica y científica.

**13. Derecho a negarse o retirarse:**

Usted, no tiene la obligación de participar en esta investigación. El negarse a participar no le afectará de ninguna forma. Puede dejar de participar en la investigación en cualquier momento que estime, es su elección y todos sus derechos serán respetados.

**14. A quién Contactar**

Escribir a [juan.tortella@uautonoma.cl](mailto:juan.tortella@uautonoma.cl), el investigador principal de este estudio, por lo cual si usted tiene alguna consulta sobre la investigación no dude en contactarlo para resolver las preguntas que pueda presentar. También puede contactar a los colaboradores de esta tesis al correo [tesispregrado2019.uautonoma@gmail.com](mailto:tesispregrado2019.uautonoma@gmail.com), o a los teléfonos +569-88890636, +569 86862278,



## 9.2 FORMULARIO CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Consentimientos informados, documentos oficiales que permiten certificar el carácter voluntario de la participación en el estudio.



### Formulario de consentimiento informado.

He sido invitado a participar en un estudio clínico, que evalúa las funciones físicas y cognitivas del Adulto Mayor. Entiendo que realizaré distintas pruebas físicas y cognitivas con una duración de 1 hora aproximadamente, durante un día a acordar entre ambas partes. Se me ha informado que los riesgos son mínimos, y la molestia que podría sufrir principalmente, es el cansancio, se me ha informado que podré obtener beneficios, entre ellos conocer el estado actual de mis funciones físicas y nivel de función cognitiva, debido al tipo de estudio que se realizará. Se me ha dado información de los investigadores en caso de querer solucionar dudas que sean previas, o durante el estudio.

*He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me han contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado.*

*Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera mi cuidado médico.*

Nombre \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ Participante

Firma \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ participante

Fecha \_\_\_\_\_ (Día/mes/año)



***He sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmo que el individuo ha dado consentimiento libremente.***

Nombre del  
testigo \_\_\_\_\_  
Huella dactilar del participante \_\_\_\_\_  
Firma del testigo \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_ (Día/mes/año)

***He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmo que el individuo ha dado consentimiento libremente.***


Nombre \_\_\_\_\_ del  
Investigador \_\_\_\_\_  
Firma \_\_\_\_\_ del Investigador  
Fecha \_\_\_\_\_ (Día/mes/año)

***Ha sido proporcionada al participante una copia de este documento de Consentimiento Informado***

\_\_\_\_\_  
***(nombre y firma del investigador/asistente)***

### 9.3 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

En el presente anexo se expone la ficha de recogida de datos, utilizada en el desarrollo de esta investigación, en este instrumento se recoge tanto la información personal e identificación del participante como los resultados obtenidos en cada una de las pruebas evaluadas.



Ficha Datos Estudio Doctoral "Comportamiento de la VM en AM influencia de estímulos cognitivos, durante el desarrollo de la prueba de paso de 2 min. Y su relación con eventos de caídas"

IDENTIFICACIÓN PERSONAL								
Nº FOLIO				SEXO	M	F		
NOMBRE								
RUN				FECHA DE NACIMIENTO				
EDAD				DOMICILIO				
TELÉFONO DE CONTACTO				CORREO ELECTRÓNICO				
DATOS SOCIO SANITARIOS								
NIVEL DE ESTUDIOS	SE	BI	BC	EMI	EMC	EUI	EUC	
DIAGNÓSTICOS MÉDICOS								
HISTORIAL REGISTRO DE CAÍDAS	Último mes	Últimos 3 meses	Últimos 6 meses	Últimos 12 meses				
COMENTARIOS								
DATOS ANTROPOMÉTRICOS								
TALLA (cm)				PERÍMETRO CINTURA (cm)				
PESO (kg)				PERÍMETRO CADERA (cm)				

JT-MC-CI-JB



Ficha Datos Estudio Doctoral "Comportamiento de la VM en AM influencia de estímulos cognitivos, durante el desarrollo de la prueba de paso de 2 min. Y su relación con eventos de caídas

PRUEBAS DE FUNCIÓN COGNITIVA				
MMSE (Ptos.)		Normal		19-14
		Alterado		< 13
Prueba del Reloj	T Copia (Ptos.)		T. Verbal (Ptos.)	
PRUEBAS DE FUNCIÓN FÍSICA				
PRUEBA ( <i>up and go</i> ) (S)	Intento 1	Intento 2	Intento 3	
PRUEBA FUERZA PRENSIÓN MANUAL (ext. dominante) (kg)	Intento 1	Intento 2	Intento 3	
PRUEBA PARARSE Y SENTARSE 5 VECES (S)	Intento 1	Intento 2	Intento 3	
PRUEBA DE FUERZA FLEXIÓN DE CODO (Nº Repet.)		PRUEBA DE APOYO UNIPODAL (S)	EXT. DERECHA (S)	EXT. IZQUIERDA (S)
PRUEBA DE PASO EN EL LUGAR 2 MINUTOS (Nº Rep)	Condición Basal		Condición Estimulo Cognitivo	
PRUEBA DE LOS CUADRANTES	Intento 1	Intento 2	Intento 3	


JT-MC-CI-JB





Ficha Datos Estudio Doctoral "Comportamiento de la VM en AM influencia de estímulos cognitivos, durante el desarrollo de la prueba de paso de 2 min. Y su relación con eventos de caídas

**EVALUACION COGNITIVA (MMSE ABREVIADO)**

<p><b>1. Por favor, dígame la fecha de hoy.</b></p> <p>Sondee el mes, el día del mes, el año y el día de la semana</p> <p>Anote un punto por cada respuesta correcta</p>	<p>BIEN MAL N.S N.R</p> <p>Mes <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Día mes <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Año <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Día semana <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>N.S = No sabe N.R = No responde</p> <p>TOTAL = <input type="text"/></p>
<p><b>2. Ahora le voy a nombrar tres objetos. Después que se los diga, le voy a pedir que repita en voz alta los que recuerde, en cualquier orden. Recuerde los objetos porque se los voy a preguntar más adelante. ¿Tiene alguna pregunta que hacerme?</b></p> <p>Explique bien para que el entrevistado entienda la tarea. Lea los nombres de los objetos lentamente y a ritmo constante, aproximadamente una palabra cada dos segundos. Se anota un punto por cada objeto recordado en el primer intento.</p> <p>Si para algún objeto, la respuesta no es correcta, repita todos los objetos hasta que el entrevistado se los aprenda (máximo 5 repeticiones). Registre el número de repeticiones que debió hacer.</p>	<p>CORRECTA NO SABE</p> <p>Arbol ..... <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Mesa ..... <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Avión ..... <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>TOTAL = <input type="text"/></p> <p>Número de repeticiones ..... <input type="text"/></p>
<p><b>3. Ahora voy a decirle unos números y quiero que me los repita al revés:</b></p> <p>1 3 5 7 9</p> <p>Anote la respuesta (el número), en el espacio correspondiente.</p> <p>La puntuación es el número de dígitos en el orden correcto. Ej: 9 7 5 3 1 = 5 puntos</p>	<p>Respuesta Entrevistado <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/></p> <p>Respuesta Correcta 9 7 5 3 1</p> <p>N° de dígitos en el orden correcto <input type="text"/></p> <p>TOTAL = <input type="text"/></p>
<p><b>4. Le voy a dar un papel; tómelolo con su mano derecha, dóblelo por la mitad con ambas manos y colóqueselo sobre las piernas:</b></p> <p>Entregúele el papel y anote un punto por cada acción realizada correctamente.</p>	<p>Ninguna acción ..... 0</p> <p>Correcto</p> <p>Toma papel con la mano derecha ..... <input type="checkbox"/></p> <p>Dobla por la mitad con ambas manos ..... <input type="checkbox"/></p> <p>Coloca sobre las piernas ..... <input type="checkbox"/></p> <p>TOTAL = <input type="text"/></p>
<p><b>5. Hace un momento le lei una serie de 3 palabras y Ud., repitió las que recordó. Por favor, dígame ahora cuáles recuerda.</b></p> <p>Anote un punto por cada palabra que recuerde. No importa el orden.</p>	<p>CORRECTO INCORRECTO NR</p> <p>Arbol ..... <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Mesa ..... <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Avión ..... <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>TOTAL = <input type="text"/></p>
<p><b>6. Por favor copie este dibujo:</b></p> <p>Muestre al entrevistado el dibujo con los círculos que se cruzan. La acción está correcta si los círculos no se cruzan más de la mitad. Contabilice un punto si el dibujo está correcto.</p> 	<p>CORRECTO INCORRECTO NR</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>TOTAL = <input type="text"/></p>
<p><b>Sume los puntos anotados en los totales de las preguntas 1 a 6</b></p>	<p>Suma total = <input type="text"/></p> <p>El puntaje máximo obtenible es de 19 puntos.</p> <p>Normal = ≥14 Alterado = ≤13</p>

JT-MC-CI-JB



#### TEST DEL RELOJ

I) **INSTRUCCIONES:** Dibuje un reloj, coloque todos los números que lleva y marque con agujas la hora "11:10"

#### II) SCORING

##### Presencia y secuencia de los números

Máximo = 4 puntos

**4** = Todos los números están presentes. Puede aceptarse un error mínimo en la disposición espacial.

**3** = Todos los números están presentes. Errores en la disposición espacial.

**2** = Algunas de las siguientes:

(A) Números faltantes o adicionales aunque sin distorsiones groseras de los números restantes.

(B) Los números están ubicados en sentido antihorario

(C) Los números están presentes pero hay una grosera alteración en la disposición general (ejemplo: heminegligencia)

**1** = Números faltantes o adicionales y errores espaciales groseros

**0** = Ausencia o pobre representación de los números

##### Presencia y ubicación de las agujas

Máximo = 4 puntos

**4** = Las agujas están en la posición correcta y la diferencia en tamaño está respetada

**3** = Errores discretos en la representación de las agujas o la diferencia de tamaño entre las agujas

**2** = Errores mayores en la ubicación de las agujas (de manera significativa, incluyendo 10 a 11)

**1** = Se dibuja solamente UNA aguja o el dibujo de ambas manos es notoriamente pobre

**0** = No se dibujan las agujas o se dibujan varias de manera perseverativa

#### III INTERPRETACIÓN

9 – 10 = NORMAL

8 = DÉFICIT LÍMITE

6 – 7 = DÉFICIT LEVE

4 – 5 = DÉFICIT MODERADO

0 – 3 = DÉFICIT SEVERO



Ficha Datos Estudio Doctoral "Comportamiento de la VM en AM influencia de estímulos cognitivos, durante el desarrollo de la prueba de paso de 2 min. Y su relación con eventos de caídas

**Comentarios :**

JT-MC-CI-JB

## 9.4 ESPECIFICACIONES DE PLATAFORMA DE CONTACTO DMJUMP®

En el presente anexo se describe el instrumento empleado para la evaluación de la variabilidad motriz en esta investigación, el que corresponde a una plataforma de contacto portátil, desarrollada por un grupo de emprendedores en tecnología local.

El modelo inicial de la plataforma de contacto, que permite registrar los tiempos de contacto y de vuelo de manera total, característica de gran utilidad en los registros de salto vertical, ha sido modificado para facilitar el registro asincrónico de la actividad motora solicitada en el proceso de investigación, lo que ha permitido captar registros de los tiempos de apoyo con la extremidad derecha, izquierda y el apoyo bipodal, durante el desarrollo de la prueba de paso en el lugar 2MST.

Se presentan a continuación las especificaciones técnicas del modelo DMJUMP® y las características de conectividad y transporte de datos asociadas a este instrumento.



**Especificaciones**

Compatibilidad	iOS y Android
Peso	0,850 kg
Superficie útil	50 x 85 cm
Tamaño enrollado	15 x 15 x 85 cm (cilíndrico)
Conexión	Bluetooth 4.0
Microcomputador	integrado de 8MHz
Resolución	0,125 ms
Margen de error	0,001%
Contactos	Carbono
Antidisturbante	Sincronizado
Alimentación	2 Pilas AAA
Variables Medidas	Tiempo de vuelo, altura alcanzada, tiempo de contacto, energía cinética, Q
Unidades de medida	cm, kg, ms, N
Garantía	1 año

DMJUMP® es una Alfombra de Contacto Inteligente, capaz de medir variables como la Altura, Tiempo de Vuelo, Tiempo de Contacto, Energía e índice Q de los saltos y otros gestos deportivos y traducirlos en indicadores amigables como los niveles de asimetría, estabilidad e índice de elasticidad del evaluado.

El sistema consta de una alfombra de contacto ultraliviana fabricada en carbono, una aplicación móvil compatible con iOS y Android, una nube para respaldar y compartir los resultados con tus evaluados y colegas.

+56 9 81889521  
contacto@dm-jump.com  
www.dm-jump.com

Android iPhone

Bluetooth 4.0 Low Energy

**DMJUMP**  
INTELIGENTE

**Protocolos de evaluación: MANUAL**

El protocolo de evaluación manual permite que usuarios experimentados evalúen con libertad los protocolos y gestos técnicos que estimen convenientes acorde a sus conocimientos y experiencia profesional.

El sistema entrega la Altura, Tiempo de Vuelo, Tiempo de Contacto, Índice Q y Energía Kinética de cada uno de los gestos medidos, permitiendo al evaluador discernir por sí mismo cuáles son las variables con las que finalmente trabajará.

**Protocolos de evaluación: SMART**

La evaluación Smart es un test protocolizado que permite que usuarios iniciantes y avanzados determinen la simetría funcional, estabilidad e índice de elasticidad del evaluado, a través de la medición de saltos SJ, CMJ bipodal, CMJ unipodal y Abalakov.

El sistema entrega un reporte automatizado en función de los resultados individuales de cada evaluado, redactado en un lenguaje amigable a los profesionales del área de la actividad física.

Proyecto aprobado por