



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN CIENCIA MÉDICAS Y ODONTOLÓGICAS Y DE SALUD
HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO

**“DESARROLLO DE UNA PRUEBA DE EVALUACIÓN NEUROCOGNITIVA
MEDIANTE ACELEROMETRIA DE MANO”**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRIA EN CIENCIAS MÉDICAS Y ODONTOLÓGICAS Y SALUD PÚBLICA

PRESENTA:
ITZEL IRAIS GÓNZALEZ APARICIO

TUTOR PRINCIPAL:
JOSE DE JESÚS RIVERA SÁNCHEZ
HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO

COMITÉ TUTOR
JOSE DAMIAN CARRILLO RUIZ
HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO

RESPONSABLE DE LA ENTIDAD
ERENDIRA VILLANUEVA ORTEGA

CIUDAD DE MÉXICO, SEPTIEMBRE 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“DESARROLLO DE UNA PRUEBA DE EVALUACIÓN NEUROCOGNITIVA MEDIANTE ACELEROMETRIA DE MANO: FASE 2, CONCORDANCIA”

“PATRONES ACELEROMETRICOS DURANTE UNA PRUEBA DE DESTREZA MANUAL Y SU
ASOCIACIÓN CON LA COGNICIÓN”

INDICE

RESUMEN ESTRUCTURADO	4
MARCO TEORICO	6
TRASTORNOS NEUROCOGNITIVOS	6
PRUEBAS COGNITIVAS.....	9
ENVEJECIMIENTO CEREBRAL NORMAL Y FUNCIONES COGNITIVAS	11
ETAPAS PRECLINICAS DEL TRASTORNO COGNITIVO Y SINDROMES RELACIONADOS.....	14
PRUEBAS DE HABILIDAD MOTORA.....	18
ACELEROMETRIA.....	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
JUSTIFICACIÓN	22
HIPÓTESIS	22
OBJETIVOS	23
<i>Objetivo General</i>	23
<i>Objetivos Particulares</i>	23
MATERIAL Y MÉTODOS	23
TAMAÑO DE LA MUESTRA	23
POBLACIÓN DE ESTUDIO	25
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	25
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	26
CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	26
PROCEDIMIENTO	26
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
DEFINICIÓN DE VARIABLES	28
<i>TIPO DE VARIABLES</i>	28
<i>VARIABLES CONFUSORAS</i>	29
VALIDEZ Y PRECISIÓN	32
CONFLICTO DE INTERES	32
ASPECTOS ETICOS	32
RESULTADOS	33
DISCUSIÓN	47
LIMITACIONES	52
FORTALEZAS	52
CONCLUSIONES	52
REFERENCIAS	54

RESUMEN ESTRUCTURADO

PATRONES ACELEROMETRICOS DURANTE UNA PRUEBA DE DESTREZA MANUAL Y SU ASOCIACIÓN CON LA COGNICIÓN.

ANTECEDENTES: Los trastornos neurocognitivos son entidades caracterizadas por alteraciones en el desempeño cerebral en uno o más dominios cognitivos respecto al nivel previo de funcionamiento que repercuten en la independencia funcional, esta patología en sus diferentes etapas representa una carga económica a nivel social y de salud pública. Múltiples estudios se han realizado para comprender las causas que conducen a esta condición, su diagnóstico temprano, factores de riesgo y prevención. La identificación de parámetros asociados con el deterioro cognitivo de forma temprana podría contribuir a la prevención de trastornos cognitivos o disminución de su progresión.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: La disfunción motora de la mano es un potencial factor de riesgo de trastornos neurocognitivos debido a su asociación con la actividad cerebral cortical, esto basado en la relación que existe con los procesos neuronales entre áreas cognitivas y motoras tanto a nivel central como a nivel periféricos, mostrado en algunos estudios de seguimiento que han reportado que las funciones ejecutivas motoras son los primeros dominios afectados antes del desarrollo de demencia, así como en pacientes con Enfermedad de Alzheimer que se desempeñaban peor que los adultos mayores sin deterioro cognitivo al realizar tareas manuales. Sin embargo hasta el momento la asociación entre la función motora de la mano y la cognición no es clara y la mayoría se ha enfocado a la fuerza de presión, por lo que existen pocos estudios que evalúen actividades finas y complejas que involucren velocidad, precisión, rastreo que caracterizan a la destreza manual, además de evaluaciones de destreza manual se han observado herramientas como la acelerometría de mano pueden objetivar de forma cuantitativa los movimientos de la mano, por lo cual se puede considerar que la combinación con pruebas de destreza motora podría predecir de forma temprana trastornos cognitivos.

OBJETIVOS: El objetivo del estudio es analizar los patrones acelerométricos de mano en pruebas visomotoras y asociarlo con el rendimiento cognitivo en adultos.

HIPÓTESIS: Si los trastornos cognitivos están asociados a cambios tempranos en la función ejecutiva y dentro de estas se encuentra la destreza manual, entonces al evaluar los patrones acelerométricos de la mano durante pruebas de destreza manual entre pacientes con cognición normal y pacientes diferentes estadios cognitivos se encontrará una modificación de los patrones acelerométricos que consisten en reducción en la velocidad, tiempo de respuesta y vectores de movimiento entre mayor grado de afección cognitiva exista.

METODOLOGÍA: Fue un estudio del tipo de intervención observacional, de análisis comparativa, prospectivo y método transversal, el cual se realizó en el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga" Los pacientes seleccionados se clasificaron en 4 grupos de acuerdo a resultados de las pruebas cognitivas (evaluados por el servicio de Neurogeriatria) y por grupo etario. Grupo 1: Adultos jóvenes sanos(>18 años), Grupo 2: Adultos mayores

sanos(>65 años), Grupo 3: Adultos mayores con deterioro cognitivo, (>65 años) Grupo 4: adultos mayores con demencia (>65 años), para la evaluación de la función ejecutiva se aplicaron 2 pruebas de destreza manual: Minnesota Manual Dexterity Test y el Grooved Pegboard Test utilizando durante las pruebas un acelerómetro en la muñeca de ambas manos, (acelerómetro de la marca Zephyr, número de serie 7002), registrando a través de un software las variaciones de movimiento por los ejes de los planos sagital, transversal y coronal formando así patrones de movimiento que fueron analizados y comparados con la categoría cognitiva del paciente.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO: La estadística aplicada fue mediante medidas de tendencia central, medias y promedios, dispersión por desviaciones estándar o varianza para la descripción de variables demográficas, para la realización del análisis comparativo entre los diferentes grupos se utilizó χ^2 , ANOVA en función del patrón acelerométrico total y estatus cognitivo.

RESULTADOS: Se reclutaron un total de 170 pacientes mayores de 20 años, de los cuales 38 pacientes no fueron incluidos al proyecto de acuerdo a los criterios de exclusión, y 23 fueron eliminados por no cumplir con criterios, la muestra total incluida en el estudio para análisis fue de 109 pacientes, de los cuales el 64.2%(70) eran mujeres y el 35.8%(39) eran hombres, escolaridad promedio fue de 13.08 años (DE 5.56), la edad promedio fue 58.8 años(DE 18.75); se formaron 4 grupos de acuerdo a grupo etario y función cognitiva: Adultos mayores con cognición normal 20.2%(22), joven con cognición normal 27.5%(30), deterioro cognitivo leve 24.8%(27), demencia 27.5% (30).En las 4 pruebas de destreza manual se observaron diferencias estadísticamente significativas en los promedios de las velocidades ($p < 0.05$), mientras que en los promedios acelerométricos solo los ejes lateral y vertical tuvieron asociación con la cognición en la prueba de Grooved Peg Board Test mano dominante ($p=0.007$ y $p= 0.001$), mano no dominante ($p=0.032$ y $p=0.001$) y Minnesota desplazamiento ($p=0.001$ y $p=0.044$), mientras que en la prueba Minnesota giro solo se asoció con el eje vertical. ($p=0.001$)

CONCLUSIONES: La prueba de Grooved Pegboard test muestra mayor asociación con el diagnóstico cognitivo, tanto en velocidad de ejecución(tiempo $P=0.001$) como en parámetros acelerométricos. (Eje vertical $p=0.001$, lateral $p=0.001$). Estos hallazgos iniciales indican que el movimiento de la mano dominante tanto en el eje vertical, lateral están relacionados con diagnósticos cognitivos al realizar prueba de Grooved Pegboard.

Palabras clave:

ACELEROMETRIA, DESTREZA MANUAL, TRASTORNO COGNITIVO, COGNICIÓN

MARCO TEORICO

TRASTORNOS NEUROCOGNITIVOS

Los trastornos neurocognitivos son entidades caracterizadas por alteraciones en el funcionamiento cognitivo en uno o más dominios cognitivos respecto al nivel previo de funcionamiento que repercuten en la independencia funcional.(1)

Estos trastornos tienen diversas características clínicas y etiologías, la enfermedad de Alzheimer, enfermedad cerebrovascular, enfermedad de cuerpos de Lewy, degeneración frontotemporal, lesión cerebral traumática, infecciones y abuso de alcohol representan las causas comunes(1)

Existen diferentes grupos que definen criterios diagnósticos para los trastornos neurocognitivos dentro de los más reconocidas a nivel mundial son los criterios propuestos por el Instituto Nacional de Trastornos Neurológicos y Comunicativos y Accidentes Cerebrovasculares y la Asociación de Enfermedad de Alzheimer y Trastornos Relacionados (NINCDS/ADRDA), los criterios del *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales*, versión 5 (DSM-5), Criterios de Petersen, Intituto Nacional de Envejecimiento y Asociacion de Alzeimer (NIA-AA)(2)

De acuerdo al Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM - V) los trastornos neurocognitivos pueden ser divididos en menor y mayor, previamente denominados como deterioro cognitivo leve y demencia respectivamente en su revisión anterior. Mientras que los otros grupos los clasifican en demencia, deterioro cognitivo leve y sin queja de memoria o pacientes sanos, por lo que actualmente se consideran equivalentes clínicos.(3)

TABLA 1

CRITERIOS DIAGNOSTICOS PROPUESTOS POR DSM V		
CRITERIO DIAGNOSTICO	TRASTORNO NEUROCOGNITIVO MENOR	TRASTORNO NEUROCOGNITIVO MAYOR
A	Evidencia de un declive cognitivo modesto desde un nivel previo de mayor desempeño en uno o más de uno de los dominios cognitivos referidos: 1. Preocupación del individuo, de un tercero informado o del facultativo con respecto a un declive modesto en las funciones cognitivas	Evidencia de un declive cognitivo sustancial desde un nivel previo de mayor desempeño en uno o más de los dominios cognitivos referidos: 1. Preocupación del individuo, de un tercero informado o del facultativo con respecto a un declive sustancial en las funciones cognitivas 2. Declive en el desempeño neuropsicológico, implicando un desempeño en los tests del rango de dos o

	<p>2. Declive en el desempeño neuropsicológico, implicando un desempeño en los tests del rango de una a dos desviaciones estándares por debajo de lo esperado en la evaluación neuropsicológica reglada o ante una evaluación clínica equivalente</p>	<p>más desviaciones estándares por debajo de lo esperado en la evaluación neuropsicológica reglada o ante una evaluación clínica equivalente</p>
B	<p>Los déficits cognitivos son insuficientes para interferir con la independencia (p. ej., actividades instrumentales de la vida diaria, tareas complejas como manejo de medicación o de dinero), pudiendo ser preciso esforzarse más, utilizar estrategias compensatorias o hacer una acomodación para mantener la independencia</p>	<p>Los déficits cognitivos son suficientes para interferir con la independencia (p. ej., requieren asistencia para las actividades instrumentales de la vida diaria, tareas complejas como manejo de medicación o dinero)</p>
C	<p>Los déficits cognitivos no ocurren exclusivamente en el contexto de un delirium</p>	
D	<p>Los déficits cognitivos no son atribuibles de forma primaria a la presencia de otros trastornos mentales (depresión, esquizofrenia, ansiedad, etc)</p>	
E	<p>Es debido a uno o más subtipos de etiología específico</p> <ul style="list-style-type: none"> – Trastorno neurocognitivo debido a enfermedad de Alzheimer – Trastorno neurocognitivo vascular – Trastorno neurocognitivo frontotemporal – Trastorno neurocognitivo debido a traumatismo craneoencefálico – Trastorno neurocognitivo debido a demencia por cuerpos de Lewy – Trastorno neurocognitivo debido a enfermedad de Parkinson – Trastorno neurocognitivo debido a infección – por el virus de inmunodeficiencia humana – Trastorno neurocognitivo inducido por sustancias – Trastorno neurocognitivo debido a enfermedad de Huntington – Trastorno neurocognitivo debido a enfermedad priónica – Trastorno neurocognitivo debido a otra condición médica – Trastorno neurocognitivo no clasificado en otro lugar 	

El Trastorno neurocognoscitivo menor o deterioro cognitivo leve, es la fase de transición entre una función cognitiva normal y una demencia, existe un compromiso en un nivel previo de desempeño en uno o más dominios cognitivos(3,4), donde el individuo aún tiene consciencia de estas alteraciones pero no interfieren con la capacidad de independencia en las actividades cotidianas.

Petersen lo define como: “Proceso habitual que ocurre durante el envejecimiento y al periodo sintomático previo a la demencia, que se caracteriza por una disminución en las capacidades mentales que no será suficientemente severa para necesitar ayuda en las actividades diarias.” , que se objetivizan a través de pruebas neurocognitivas con una DE(Desviación Estándar) de 1.5 por debajo de lo esperado para la edad y escolaridad.(5)

El Deterioro Neurocognoscitivo Mayor o demencia acentúa la pérdida de independencia en la vida diaria, que interfiere significativamente con el trabajo o actividades sociales o relaciones con otros.(3,5)

Los criterios diagnósticos actuales para el trastorno neurocognitivo mayor requieren:

1) evidencia de un declive cognitivo sustancial en relación a un nivel previo de mayor desempeño en uno o más de los dominios cognitivos, referidos como preocupación o quejas del individuo, de un tercero informado (cuidador), o del facultativo con respecto a un declive sustancial en las funciones cognitivas

2) declive en el desempeño neuropsicológico, implicando un desempeño en las pruebas cognitivas del rango de dos o más desviaciones estándares por debajo de lo esperado en la evaluación neuropsicológica normada y validada ante una evaluación clínica equivalente

3) que interfieran con la independencia

4) que no ocurran exclusivamente en el contexto de delirium (3)

En el 2018 el grupo de NIA-AA (The National Institute on Aging and Alzheimer's Association) propone el uso de biomarcadores (beta-amiloide 42, tau/tau fosforilado en LCR e imágenes cerebrales) como un valor adicional al diagnóstico pero secundario y dependiente de los criterios clínicos, siendo las pruebas neurocognitivas ajustadas a la edad, escolaridad y la funcionalidad los criterios únicos actuales considerados para el diagnóstico de los trastornos neurocognitivos.(4), hasta el momento no se ha llegado a la eficacia de una sola prueba cognitiva; pues es independiente de la patología, por ello una sola prueba no hace el diagnóstico, y se considera de mayor peso la expertiz del médico, el contexto clínico, la funcionalidad y uso o confluencia de más de una prueba neurocognitiva global, esto definiendo el estado del arte del quehacer médico, al no cumplir las características de una prueba que diagnóstica, por lo que actualmente todas las pruebas son complementarias.

Para los criterios NIA-AA, la presencia de biomarcadores apoya el diagnóstico, pero su empleo no es imprescindible. (4,5)

Estos grupos también definen a los pacientes cognitivamente sanos o deterioro normal por envejecimiento: a la existencia de quejas subjetivas de pérdida de memoria, descrita como gradual, sin empeoramiento brusco ni ocurrida en meses recientes, reflejadas en la vida cotidiana como dificultad para recordar nombres de personas conocidas; rendimiento en las

pruebas de memoria de por lo menos 1 DE por debajo del promedio establecido para adultos jóvenes en la prueba estandarizada de memoria secundaria (memoria reciente); con conservación de las otras funciones intelectuales (5–8)

En México de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Envejecimiento en México (ENASEM 2001) la prevalencia global de demencia fue del 7% (9), mientras que ENSANUT (Encuesta Nacional de Salud y Nutrición) en 2012 reporta una incidencia de 7.9% para demencia(trastorno neurocognoscitivo mayor) y 7.3% para deterioro cognitivo leve(trastorno neurocognoscitivo menor). En todos los grupos de edades, la prevalencia fue mayor en las mujeres.(10)

Las alteraciones del deterioro cognitivo, son provocadas debido a la muerte de neuronas colinérgicas e hipocampales, por disfunciones en el procesamiento de ciertas proteínas como la beta amiloide y la proteína tau, provocando la atrofia de las zonas cerebrales responsables de la memoria, lenguaje, aprendizaje, pensamiento lógico, entre otras. Estas observaciones sugieren un importante papel para la corteza frontal y prefrontal, que están involucrados en el control motor y puede exhibir disfunción en las primeras etapas del deterioro cognitivo (11). Otros autores han sugerido la participación de déficits en sistemas subcorticales motores(12), que son mediadores importantes de la praxis y la integración sensitiva motora y podría estar involucrado en déficits motores y cognitivos(13).

El mantenimiento de la cognición del paciente mayor está ligado a variables como las patologías del paciente, el soporte social, el estado anímico y la presencia de síndromes geriátricos como la fragilidad y la osteopenia, de manera que atribuir las alteraciones cognitivas que se presentan en los adultos mayores sólo al aspecto del envejecimiento neurológico sería un error.(14) Un diagnóstico temprano con asociación de todos estos factores determina un mejor pronóstico del paciente.

Existen diferentes instrumentos para su evaluación sin embargo hasta el momento ninguno de estos métodos cuenta con evidencia suficiente para establecerse como la de mayor efectividad.

PRUEBAS COGNITIVAS

Actualmente los métodos más utilizados en el diagnóstico y estado del deterioro cognitivo en los campos clínicos e investigación el Mini-Mental State Examination (MMSE), el Montreal Cognitive Assessment (MoCA), el Mini-Cog test, el test del dibujo del reloj, neuropsi y la prueba de inteligencia de Wechsler, donde ninguno individualmente es el estándar establecido.(6,7)

El Mini-mental es el instrumento más utilizado y validado en el mundo, pero no permite detectar deterioro cognitivo en estadios iniciales, es sensible apenas es su fase avanzada, o sea, la verdadera probabilidad del diagnóstico positivo para paciente que realmente tengan la enfermedad. Este test califica los dominios de orientación temporal (5 puntos), orientación espacial (5 puntos), fijación (3 puntos), atención y calculo (5 puntos), recuerdo diferido (3 puntos), lenguaje (9 puntos). El puntaje máxima es de 30 puntos, considerando igual o superior a 27 puntos el valor de normalidad, igual o menor a 24 para pacientes con deterioro cognitivo

leve y de 12 a 9 puntos deterioro cognitivo severo. Para valores de validación de la prueba se reporta un área bajo a la curva se reporta 0.721, sensibilidad 75% y especificidad 60%.(15,16)

El MoCA es significativamente más discriminativo que el MMSE para detectar deterioro cognitivo leve; evalúa la función cognitiva y la exploración de los dominios, ha requerido sucesivos modificaciones a su estructura, como la exclusión de 5 ítems que no se revelaran puntos discriminativos para identificar trastornos cognitivos, reducción de número de dominios cognitivos, ajuste de la puntuación de los ítems. Esta prueba evalúa diferentes dominios cognitivos: memoria (5 puntos), capacidad visuoespacial (4 puntos), función ejecutiva (4 puntos), atención/ concentración/memoria de trabajo (5 puntos), lenguaje (5 puntos) y orientación (6 puntos). El tiempo para administrar es de aproximadamente 10 minutos. El puntaje máximo es de 30 puntos, una puntaje menor o igual a 26 es considerado deterioro cognitivo, debe añadir un punto si el paciente tiene menor o igual a 12 años de escolaridad, otros datos arrojan un área bajo la curva de 0.886, sensibilidad 80%, especificidad 75%. VPP (Valor predictivo positivo) 90% y VPN (Valor predictivo negativo) del 82% en esta prueba.(15,17,18)

El test del dibujo del reloj evalúa las apraxias constructivas y agnosias pero tiene importantes inconvenientes, como no explorar específicamente la memoria episódica, necesitar un mínimo de habilidad grafomotora que está fuera del alcance de personas analfabetas o con bajo nivel educativo. Con esta prueba se observa la comprensión auditiva, planeamiento, memoria visual, reconstrucción de una imagen gráfica, habilidades viso-espaciales, programación motora y ejecución, conocimiento numérico y concentración. Evalúa la esfera del reloj, la colocación de las agujas y colocación de los números. Los valores de la sensibilidad son del 80% y la especificidad 60%(19)

El Mini-cog un instrumento muy breve y simple, trata de corregir y solventar algunos de los inconvenientes del test del reloj, ya que incluye una tarea de recuerdo libre de tres ítems. Pero otros autores que han evaluado en muestras con bajo nivel educativo sin obtener resultados aceptables. (20)

El neuropsi breve es una prueba neuropsicologica validada en la población mexicana, ajustada a la edad y escolaridad, que permite evaluar diferentes dominios cognitivos, sin embargo es poco accesible económica y comercialmente, además requiere de capacitación previa para ejecutarlo y es una batería amplia por lo que requiere un mayor tiempo para su aplicación.(21)

La prueba de inteligencia de Wechsler permite la evaluación comprensiva de la inteligencia, al evaluar diferentes áreas cognitivas, pero así como las demás presenta sesgos en función del nivel socioeconómico y cultural; además solo se considera una prueba de inteligencia y no una de detección para trastornos cognitivos.(22)

En la población Mexicana solo hay 4 pruebas validadas y estandarizadas con puntos de cortes ajustados a escolaridad, MOCA, test de dibujo de reloj , minimal y la única ajustada a edad, escolaridad, sexo de la población mexicana es Neuropsi.

Actualmente existe un debate científico en el uso de las pruebas cognitivas comentadas, para la detección de trastornos cognitivos, debido a que la sensibilidad es insuficiente para la detección de etapas tempranas del deterioro cognitivo, pues evalúan apenas dominios individuales y presenta una falta de correlación entre el resultado final, edad, escolaridad, género o diferencias étnicas. Todas estas debilidades contribuyen a la búsqueda y generación de herramientas alternativas para diagnóstico.(15)

ENVEJECIMIENTO CEREBRAL NORMAL Y FUNCIONES COGNITIVAS

El envejecimiento normal se acompaña de múltiples cambios a lo largo del tiempo, estos pueden ser fisiológicos, estructurales, funcionales en todo el cuerpo; el cerebro por tanto también es susceptible a estos cambios e incluso es un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas por ello es primordial conocer los cambios normales.(23,24)

El cerebro normalmente muestra varios cambios característicos con el envejecimiento; a nivel estructural, se produce una atrofia cerebral con pérdida del volumen cerebral, agrandamiento ventricular y ensanchamiento de los surcos, adelgazamiento cortical, con una tasa de reducción del 5% por cada década después de los 40 años.(23,25) se ha reportado que estos cambios no son idénticas en todas las regiones cerebrales, siendo más frecuentes la corteza prefrontal, putamen, núcleo accumbens, tálamo, corteza temporal, parahipocampo, corteza entorrinal, hipocampo.(26) Las lesiones blancas de la sustancia blanca son una característica común en el cerebro envejecido y se encuentran en más del 90% de las personas de 60 a 64 años.(27) A nivel vascular existe un aumento en la rigidez de la arterias, disminución de la distensibilidad de las arterias, disminución de la densidad capilar, degradación de la barrera hematoencefalica, mayor aterosclerosis, inflamación arterial lo que conduce a una alteración del flujo cerebral que impacta negativamente en la cognición.(23,27)

La cognición se refiere a todos los procesos a través de los cuales la información sensorial se transforma, reduce, elabora, almacena, recupera y utiliza; abarca una multitud de funciones y procesos interrelacionados que permiten el pensamiento, la percepción y el comportamiento. Estas funciones incluyen el lenguaje, la velocidad del procesamiento, la memoria, la atención, las funciones ejecutivas y la cognición social, entre otras.(28–30)

La literatura reporta que un amplio espectro de funciones cognitivas se deterioran con el envejecimiento normal (31).

La velocidad del procesamiento se refiere la velocidad con la que se realizan las actividades cognitivas y las respuestas motoras, esta capacidad comienza a declinar de forma continua a partir en la tercera década de la vida.(25,26).

La atención se refiere a la capacidad de concentrarse y enfocarse en estímulos específicos, implica procesar y seleccionar la estimulación entrante, responder a cada estímulo y mantener respuestas específicas y eficientes durante minutos u horas, (25,32) los subtipos

más conocidos son la atención simple y la compleja, la primera se refiere a la capacidad de atención auditiva simple también conocida como memoria inmediata, es una medida de repetición de un estímulo auditivo (repetir una cadena de dígitos), la atención compleja se subdivide en: la atención selectiva que es aquella capacidad de concentrarse en información específica del entorno mientras se ignora la información irrelevante; mientras que la atención dividida es la capacidad de concentrarse en múltiples tareas simultáneamente.(25) La memoria de trabajo, se refiere a la capacidad de retener brevemente información en la memoria mientras se manipula la información al mismo tiempo, se considera una tarea de atención compleja.(33) La memoria de trabajo y la atención selectiva y dividida van decayendo a lo largo de la vida adulta, a partir de los veinte años, es decir primordialmente atención compleja es la que se pierde, mientras que las tareas de atención simple se mantienen sin cambios.(25,33)

La memoria es una función cerebral compleja que almacena y recupera información. Se conocen dos tipos principales de memoria: la memoria declarativa y la no declarativa; la memoria declarativa (explícita) es el recuerdo consciente de hechos y eventos, proporciona una forma de representar el mundo externo; y se compone de 2 tipos: la memoria semántica y la memoria episódica; (25,34,35) La memoria semántica es el recuerdo de hechos sobre el mundo; representa hechos discretos como fechas, definiciones o conceptos e implica la información, el uso del lenguaje y el conocimiento práctico, por ejemplo, conocer el significado de las palabras.(25,34) La memoria episódica (también conocida como memoria autobiográfica) es el recuerdo de eventos experimentados personalmente que ocurren en un lugar y momento específicos.(25)

La memoria no declarativa (implícita) es un conjunto de capacidades que se expresan a través del desempeño sin requerir contenido de memoria consciente, es decir se refiere al recuerdo de forma inconsciente, incluye habilidades y hábitos(conocida como memoria procedimental), formas simples de condicionamiento (como las respuestas emocionales y esqueléticas), priming y aprendizaje perceptivo, así como formas filogenéticamente tempranas de plasticidad conductual como habituación y sensibilización que están bien desarrolladas en invertebrados.(25,34)

Durante el envejecimiento la memoria a corto plazo, la memoria a largo plazo de acontecimientos autobiográficos o históricos, la memoria semántica y la memoria no declarativa principalmente la procedimental se mantienen intactas a lo largo de la vida, mientras que la memoria declarativa se deteriora durante el envejecimiento, pues se observa una disminución de la memoria episódica que ocurre alrededor de los 70 años de edad(25,26,33,36)

El lenguaje es un dominio cognitivo complejo compuesto de capacidades cognitivas cristalizadas y fluidas. La capacidad general del lenguaje permanece intacta con el envejecimiento. El vocabulario se mantiene estable e incluso mejora con el tiempo.(25)

Las habilidades visoespaciales y de construcción son un grupo de funciones cognitivas que implican la capacidad de comprender el espacio en dos y tres dimensiones; La habilidad visoespacial se refiere a la capacidad de visualizar mentalmente objetos y relaciones espaciales, y nos permiten percibir, sintetizar y combinar relaciones visoespaciales; se es decir percepción de objetos, de reconocer objetos familiares y de la percepción espacial es decir la capacidad de identificar la ubicación física de los objetos. Las habilidades de construcción visual, implican la capacidad de unir partes individuales para formar un todo coherente(ensamblar).(25,33,37). Algunas de estas habilidades se ven afectadas con la edad avanzada, las habilidades de construcción visual disminuyen con el tiempo entre los 30 y 80 años, mientras que las habilidades visoespaciales se mantienen intactas.(33)

Las funciones ejecutivas se refieren a un conjunto de funciones mentales descendentes que tienen la capacidad de programar y regular el comportamiento humano, por lo que son cruciales para la toma de decisiones, el autocontrol, la resolución de problemas, centrar la atención, planificar, manipular la información, inhibir respuestas inapropiadas, cambiar que permiten el desempeño de tareas complejas de forma exitosa.(25,33,38,39),

Las funciones ejecutivas incluyen los siguientes componentes: iniciativa, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, planificación, previsión, automonitoreo, memoria de trabajo, razonamiento, verificación, resolución de problemas y corrección(32,39)

El sistema ejecutivo gestiona y controla otras capacidades cognitivas (por ejemplo, la atención y la memoria) y permite a los individuos alterar sus patrones de conducta aprendidos cuando se vuelven insatisfactorios.(39) algunas funciones ejecutivas requieren un componente motor dado que se caracterizan por un procesamiento serial: percepción, pensamiento-acción (es decir primero percibimos, luego pensamos para formular una respuesta y finalmente actuamos), por tanto se considera que la función ejecutiva controla el sistema motor.(40) un ejemplo sería la marcha que requiere flexibilidad cognitiva, actualización e inhibición para controlar la postura, dar paso superando obstáculos e identificar posición corporal; también la destreza es otro ejemplo del componente motor involucrado con las funciones cognitivas que se ha incluido como instrumento de evaluación de las funciones ejecutivas, específicamente la motricidad fina y como coordinación.(41,42)

El control de la atención o control ejecutivo es una función cognitiva superior dentro de la función ejecutiva; que se refiere a la capacidad de mantener el rendimiento a medida que aumentan los desafíos, ya sea elecciones competitivas o distracción.(38,43) y esta involucrada en la selección e inhibición de respuestas, a través de interacciones cercanas con el sistema motor.(43) principalmente funciones motoras básicas como fuerza y destreza por la asociación anatómica particularmente de la corteza cingulada, frontal inferior y temporoparietal que comparten el sistema motor y el control de la atención.(43)

Con la edad la capacidad de formación de conceptos, la abstracción y la flexibilidad mental disminuyen a partir de los 70 años. También disminuye la inhibición de respuesta y la división

de la atención; mientras que la capacidad de apreciar similitudes, la flexibilidad mental, describir el significado de proverbios y razonar la sobre material familiar permanece sin cambios.(25,33)

ETAPAS PRECLINICAS DEL TRASTORNO COGNITIVO Y SINDROMES RELACIONADOS

Se ha clasificado diferentes etapas del trastorno cognitivo para una mejor identificación de los síntomas describiendo de esta manera etapas preclínicas y clínicas, este es un fenómeno importante para la diferenciación de estas entidades; que podrían permitir identificar de forma precoz y realizar intervenciones previas al desarrollo de la enfermedad, un elemento importante para la identificación de estas etapas se ha teorizado que es de tipo motor surgiendo así el término “*síndrome de riesgo cognitivo motor*”, la cual se define actualmente como una etapa preclínica a la demencia que se asocia con la velocidad de la marcha lenta y queja subjetiva de memoria en personas libres de demencia o incapacidad motora. (1)

Esta etapa preclínica fue descrita por primera vez por Verghese en 2013, que considera 4 componentes principales: la presencia de quejas cognitivas subjetivas (autoinformadas) medidas mediante un cuestionario estructurado o una entrevista con médicos, la lentitud de la marcha definida como una desviación estándar (DE) por debajo de los valores medios de velocidad de la marcha específicos para la edad y el sexo establecidos en el mismo población, independencia en las actividades de la vida diaria y ausencia de demencia.(44)

Las quejas cognitivas subjetivas autoinformadas no han tenido un consenso exacto, dado que pueden presentar un sesgo o confundirse con comorbilidades como depresión o síntomas depresivos y estos tiene influencia en la precisión de los juicios metacognitivos e incluso se ha observado que el reporte por un informante tiene mayor validez predictiva de alteraciones cognitivas que los autoinformados(45) ; sin embargo para fines del concepto de “Síndrome de riesgo cognitivo motor” esta queja cognitiva autoinformada se considera cuando la respuesta a la pregunta: “¿Tiene actualmente algún problema con su memoria?”, es Sí, o la utilización de la pregunta dentro de la Escala de Depresión Geriátrica de 15 ítems: ¿Siente que tiene más problemas de memoria que la mayoría?, mientras que algunos estudios utilizan el cuestionario cognitivo de autoinforme en el Estudio del envejecimiento Global y la Salud del Adulto (SAGE) que utiliza 2 preguntas de memoria autoinformadas.”¿Cómo describiría mejor su memoria actualmente? ¿Es buena, moderada, mala o muy mala?” y “En comparación con hace 12 meses, ¿diaria que su mejoría ahora es mejor, igual, o peor que entonces?”(46,47)

Múltiples estudios han demostrado que el síndrome de riesgo cognitivo motor guarda una relación con desarrollo de deterioro cognitivo leve(trastorno neurocognoscitivo menor) y demencia (trastorno neurocognoscitivo mayor) con un HR (hazard ratio) 1.7 y 2.5 respectivamente.(48)

Por otra parte, se conocen algunos síndromes geriátricos que también tienen como parte de sus criterios; la inclusión de una disminución de la velocidad de la marcha como es el caso

de la fragilidad; este se define como un constructo multidimensional (49), es decir un síndrome médico con múltiples causas y contribuyentes, que se caracteriza por una disminución de la fuerza, la resistencia y la función fisiológica; que aumenta la vulnerabilidad de un individuo para desarrollar una mayor dependencia y/o muerte, tras un factor estresante (50,51), la fragilidad tiene muchas definiciones operativas, la mayoría de estas definiciones se enmarcan en dos enfoques clínicos.

El primero conceptualiza la fragilidad como un síndrome clínico con un fenotipo físico distintivo conocido como fenotipo Fried, que caracteriza la fragilidad por pérdida de peso involuntaria (≥ 5 por ciento del peso corporal en el último año), agotamiento autoinformado, debilidad (medida por la disminución de la fuerza de agarre), velocidad de marcha lenta (quintil más bajo en m/s estratificado por sexo y altura) y baja actividad física, quienes cumplen ≥ 3 de estos criterios se consideran frágiles, mientras que quienes cumplen 1-2 criterios son prefrágiles, y quienes no presentan ninguna de estas características son robustos (49,52,53).

El segundo enfoque conceptualiza a la fragilidad como un estado de vulnerabilidad debido a la acumulación de déficits que se puede determinar a través de comorbilidades acumuladas, estados de enfermedad, déficits funcionales y cognitivos y factores psicosociales, que se puede evaluar a través del índice de fragilidad de Rockwood (51–53), el cual es una puntuación continua que suma signos, síntomas, discapacidades y enfermedades.

Incluso se han descrito subtipos de fragilidad; como la fragilidad social, fragilidad nutricional y la fragilidad cognitiva (53), esta última con gran controversia en la inclusión de los trastornos cognitivos, pues la fragilidad cognitiva se define como la presencia tanto de fragilidad física como de deterioro cognitivo leve (DCL) con una puntuación de 0,5 en la escala de calificación clínica de demencia, y la exclusión de demencias como la enfermedad de Alzheimer (54); por lo cual no se encuentra dentro de etapas preclínicas ni en fases de demencia, únicamente en deterioro cognitivo leve.

La fragilidad cognitiva aun no tiene un consenso claro sobre su definición y herramientas de evaluación, solo se ha demostrado que su presencia está relacionado con un mayor riesgo de resultados adversos como muerte, discapacidad, hospitalización, mala calidad de vida y demencia incidental (55).

Al comparar las definiciones de fragilidad cognitiva y síndrome de riesgo cognitivo motor la diferencia se centra en la etapa clínica del trastorno cognitivo, pues la fragilidad cognitiva incorpora fragilidad física y deterioro cognitivo sin un diagnóstico de demencia es decir deterioro cognitivo leve, mientras que el síndrome de riesgo cognitivo motor se enfoca exclusivamente en las quejas cognitivas pero no en el deterioro cognitivo leve; es decir abarca etapas únicamente preclínicas. (56) además que para la fragilidad física se incluyen todos los criterios de fragilidad por lo que puede no incluir la velocidad de la marcha.

Algunos estudios reportan que la fragilidad aumenta el riesgo de desarrollar trastornos cognitivos, así también los trastornos cognitivos pueden aumentar el riesgo de fragilidad, o ambas patologías pueden coexistir, por lo que se propuso el concepto de fragilidad cognitiva y

esta se describe como factor de riesgo para la demencia(49,56,56) sin embargo en esta ultima asociación ha tenido algunas inconsistencias por la variabilidad de las pruebas y definiciones utilizadas, ya que otros estudios reportaron que no es un factor de riesgo.(55)

Igualmente se ha asociado la fragilidad con el síndrome de riesgo cognitivo motor primordialmente porque comparten criterios y vías biológicas, siendo la disminución de velocidad de la marcha la que presenta mayor asociación con trastornos cognitivos.(49,55,56).

Otro síndrome geriátrico relacionado con la cognición y la capacidad motora, es la sarcopenia, esta se define como una pérdida de masa muscular esquelética y función muscular relacionada con la edad, que puede estar acompañada de disminución de la fuerza muscular o el rendimiento físico.(57,58).

La sarcopenia se asocia con la aparición de trastornos cognitivos, esto se puede explicar con la hipótesis del bucle cerebro-músculo que ha identificado la conexión que presenta el cerebro y la masa muscular esquelética no solo a través del sistema nervioso periférico sino también la presencia de proteínas similares a hormonas que secretan los músculos y que a través de la circulación sistémica tiene conexión con regiones cerebrales que pueden afectar la cognición, como es el ejemplo de las mioquinas que regulan la función hipocampal y la miostatina que produce atrofia muscular y disminución del aprendizaje (59,60) además que el sustrato neuronal dependerá de los recursos motores para su control y acción(59). También se ha encontrado relación con la actividad física pues este a mostrado cambios estructurales en algunas regiones cerebrales y un mejor rendimiento de la memoria en adultos mayores principalmente el ejercicio físico aeróbico.(61)

Se ha demostrado que el deterioro motor principalmente disminución de la fuerza , actividad física, son los parámetros de la sarcopenia con mayor relación con riesgo de desarrollo de trastorno cognitivo, destacando la disminución de la velocidad de la marcha y la fuerza de presión; mientras que la reducción de la masa muscular no se ha asociado.(59,61) A la inversa, también se ha asociado a pacientes con trastornos cognitivos que tras seguimiento a meses o años desarrollan sarcopenia, lo que conduce a una relación bidireccional de estos trastornos, que posteriormente puede desencadenar otras patologías como fragilidad y discapacidad, mismas que como ya se han comentado aumentan el riesgo de desarrollo de demencia.(59,61) sin embargo aun continua en debate constante esta asociación pues a menudo algunas condiciones o factores como la desnutrición, el sedentarismo o los procesos inflamatorios, comparten estas condiciones clínicas.(61)

También se ha identificado que la sarcopenia conduce a un mayor riesgo de desarrollar Síndrome de riesgo cognitivo motor ; dado que la velocidad de la marcha y la fuerza de presión ha demostrado ser predictores de deterioro cognitivo, debido a que estos parámetros reflejan la integridad de los procesos neuronales necesarios para coordinación muscular, misma que esta asociada al funcionamiento cognitivo.(57,58,61) es decir la sarcopenia y específicamente estos parámetros pueden encontrarse en etapas preclínicas de los trastornos cognitivos como lo es el síndrome de riesgo cognitivo motor.(57,58)

Por lo tanto, se considera que una disfunción motora temprana es un predictor potencial de deterioro cognitivo, especialmente en funciones ejecutivas, memoria de trabajo, velocidad del procesamiento de la información, principalmente en etapas preclínicas como el síndrome de riesgo cognitivo motor que demostró esta asociación con la velocidad de la marcha.

En el Oregon Brain Study y Sidney Older Persons Study; se demostró cómo los participantes con deterioro cognitivo en combinación con una marcha enlentecida eran los que presentaban más riesgo de desarrollar demencia durante los 6 años del estudio.(62,63)

En 2014, Verghese et al. demostraron que las mediciones cuantitativas de la marcha pueden predecir el riesgo futuro de deterioro cognitivo y demencia en ancianos sin ninguna alteración cognitiva inicial.[23] Describiendo de esta manera que dentro de los síntomas precoces al deterioro cognitivo la función ejecutiva es la primera en afectarse, se ha relacionado estos hallazgos con estructuras anatómicas específicas afectadas previas a un deterioro de la memoria, como la corteza frontal, prefrontal, área motora suplementaria, corteza motora primaria, cerebelo, ínsula, lóbulo temporal, medio e inferior, también se han descrito dominios afectados en esta etapa preclínica como atención y el control motor.(44,64)

En la actualidad se propone la relación del deterioro cognitivo y la marcha como un factor de riesgo potencial para el deterioro de la función cognitiva considerando la marcha como una manifestación del control motor; sin embargo, la disminución de la función motora de la mano, que es un elemento distintivo de la evolución e incluso más desarrollado y es similar a la función de la marcha, también es un posible factor de riesgo candidato de deterioro cognitivo debido a su asociación con la actividad cerebral cortical (65,66)

Esta asociación tiene su sustento en procesos neuronales comunes compartidos entre las áreas cognitiva y motora del sistema nervioso central que corresponden a una gran cantidad de corteza y áreas de asociación y las motoneuronas del sistema nervioso periférico; por lo cual se ha considerado que el circuito neural de la función motora de la mano puede asociarse con el del rendimiento cognitivo. (66)

A partir de estos hallazgos clínicos de pérdida de función ejecutiva como síntoma temprano en el desarrollo de trastorno neurocognitivo, se han realizado diferentes estudios transversales y longitudinales para determinar la asociación entre la función ejecutiva medida a través de la destreza motora y la velocidad de la marcha con trastornos cognitivos.

En 2017 Takumi Abe y cols. Demostraron que la evaluación de función motora de la mano puede ser más relevante para la asociación con la función cognitiva global que la evaluación de la velocidad de la marcha, ya que este último está asociado a cambios en la capacidad para caminar, en este estudio se reportó medidas de asociación con función cognitiva a la prueba de the five-times-sit-to-stand test ($\beta=-0.222$, $p=0.001$), Timed Up and Go ($\beta=-0.169$, $p=0.030$) y peg-moving task ($\beta=-0.213$, $p=0.005$), al realizar un seguimiento de estos pacientes la evaluación de la destreza manual con la prueba Peg-moving task nuevamente mostró una asociación con alteraciones cognitivas.(67)

En una revisión sistemática de evaluación de la función motora solo se reportaron 4 estudios transversales que realizan evaluación de la asociación de la destreza manual con rendimiento cognitivo (66). Por lo que esta relación a pesar de que es conocida y se sabe que existe, aun no esta clara y promete un área de oportunidad y de conocimiento. Es por ello que específicamente la motricidad fina implica una mayor asociación con la cognición.

PRUEBAS DE HABILIDAD MOTORA

La motricidad fina implica las acciones de pequeños grupos musculares de la cara, manos y pies, concretamente, a las palmas de las manos, los ojos, dedos y músculos que rodean la boca (68,69). Dentro de este tipo de habilidades se pueden diferenciar dos tipos de habilidades específicas: la coordinación motora fina o la coordinación motora visual, que se refiere a los movimientos de los músculos pequeños, pero no a la integración de estos movimientos musculares con otros estímulos, como la coordinación visual-espacial, esta incluye ciertas habilidades como la destreza de los dedos, la secuencia motora y la velocidad y precisión motora fina (70). La destreza motora de la mano se define como una habilidad manual que requiere una rápida coordinación de movimientos finos y gruesos basada en un cierto número de capacidades desarrolladas a través del aprendizaje, la formación y la experiencia. Se requiere velocidad y precisión, coordinación ojo-mano de alto nivel y control motor fino de la mano para mover rápidamente una o ambas manos rápida y hábilmente para realizar movimientos de agarre, colocación, giro y manipulación gruesos. Tal habilidad impacta en gran medida el desempeño en muchas tareas de la vida diaria y del trabajo. (69)

Para realizar incluso movimientos motores finos simples se requiere la comunicación entre la corteza premotora y motora, el cerebelo, los ganglios basales, los tractos corticoespinales y los nervios periféricos, sin mencionar también el procesamiento visuoespacial, sensorial y de las funciones ejecutivas (71,72).

Las habilidades motoras son capacidades que se pueden expresar en determinadas conductas, en cualquier momento, con mayor o menor grado de destreza. Los tests de habilidades visomotoras, como el Minnesota Manual Dexterity evalúa la motricidad fina y gruesa seguido las modalidades de ejecución de la prueba, colocación, rotación, desplazamiento, rotación y colocación con una y con dos manos, el Grooved pegboard test, evalúa la toma de decisiones, destreza manipulativa al tener que posicionar y encajar en el orificio los clavos de acuerdo con las posiciones de las ranuras.(64,69,73)

El Minnesota Manual Dexterity se encuentra entre las pruebas más antiguas de destreza manual, los materiales consisten en un tablero delgado que se pliega en tres, con 60 agujeros, de 3,7 cm de diámetro y 1,8 cm de altura, y 60 bloques de color rojo y negro que encajan en los agujeros; La prueba de desplazamiento y la prueba de giro, que son las más utilizadas.

La prueba de desplazamiento consiste en tomar el bloque inferior y colocarlo en el orificio superior del tablero, luego el siguiente bloque en el siguiente orificio. El comienzo se hace en la columna del extremo derecho y continúa hasta el final.

La prueba de giro implica tomar el bloque de la esquina superior derecha con la mano izquierda, luego darle la vuelta y volver a colocarlo en el mismo agujero con la mano derecha, continuando hasta el final de la fila. Para la segunda fila, se cambia la mano principal y el punto de partida es la esquina izquierda.

La posición sugerida para la prueba es estar de pie, excepto para aquellos que necesitan sentarse, como los participantes con poca tolerancia para estar de pie debido a limitaciones físicas y/o problemas de comportamiento.(74)

Por otra parte el Grooved pegboard test es una prueba de destreza manual final que consiste en la colocación de 25 clavijas ranuradas en 25 agujeros ranurados lo más rápido posible; dispuestos en un tablero de clavijas de 5x5; los agujeros en el tablero de clavijas tienen ranuras que están orientadas en diferentes direcciones, lo que requiere que el examinado manipule las clavijas en la orientación correcta para insertarlas correctamente. La administración comienza con la mano dominante la cual es autoidentificado por el examinado(o la mano con la que escribe), posteriormente se realiza con la mano no dominante; se inicia en un orden estandarizado que radica en iniciar de izquierda a derecha para todas las filas cuando se usa la mano derecha y de derecha a izquierda para todas las filas cuando se usa la mano izquierda, utilizando una sola mano, los tiempos totales de finalización(en segundos) se registran tanto para mano dominante como no dominante (75,76), las puntuaciones en el tiempo más bajas equivalen a un rendimiento más rápido y mejor.(76)

Esta prueba evalúa la coordinación visomotora, la velocidad de procesamiento, la coordinación motora fina y, especialmente, la praxis de las extremidades.(77) También algunos estudios han reportado que el rendimiento en esta prueba está relacionado con capacidades cognitivas como atención, función ejecutiva, monitoreo, funcionamiento visoespacial.(76)

La diferencia entre ambas pruebas radica en que la prueba de Minnesota en ambas subpruebas evalúan la función de la mano en coordinación con toda la extremidad superior mientras que la Grooved Pegboard test mide la capacidad de manipular rápidamente objetos de manera controlada, es decir Minnesota evalúa la función gruesa de la mano y la Grooved Pegboard Test evalúa la destreza fina de los dedos.(78)

El objetivo es ver que tan rápido hace las 2 pruebas, en diferentes validaciones de la prueba, se han creado diferentes escalas de interpretación, basadas en percentiles y desviaciones estándares.(69)

ACCELEROMETRIA

Por otra parte, la acelerometría es una herramienta para evaluar el movimiento y precisión, utilizada para medir la posición del cuerpo o un segmento con respecto a un origen determinado.

Un acelerómetro triaxial es un dispositivo pequeño que se puede llevar o usar en la muñeca, brazo, cintura, tobillo u otras partes del cuerpo. Permite una medición objetiva de la actividad física o movimiento a través de un vector de Magnitud de señal (expresada como cm / s^2) y convierte esos valores medidos en gasto de energía relacionado con la actividad física (expresado como $\text{kcal} / \text{kg} / \text{min}$). (79–82)

Los acelerómetros son sensores que miden las aceleraciones de objetos en movimiento a lo largo de los ejes de referencia, es utilizado por que la aceleración es proporcional a la fuerza externa, refleja la intensidad y la frecuencia del movimiento humano; los datos que se obtienen se utilizan para derivar información de velocidad y desplazamiento con respecto al tiempo. Algunos dispositivos pueden responder a la gravedad y proporcionar detección de inclinación con respecto a los planos de referencia cuando los acelerómetros rotan con los objetos, esto ha sido usado para clasificar las posturas corporales (orientaciones). (79,83,84)

El principio de operación se basa en la detección mecánica de una masa de prueba (o masa sísmica) unida a un sistema de suspensión mecánica con respecto a un marco de referencia. La fuerza inercial debida a la aceleración o a la gravedad hará que la masa de prueba se desvíe según la Segunda Ley de Newton. La aceleración se puede medir eléctricamente con los cambios físicos en el desplazamiento de la masa de prueba con respecto al marco de referencia. (85)

La acelerometría por tanto es una herramienta que no solo permite la monitorización de lo movimientos de forma objetiva, sino que también se ha encontrado que es capaz de medir indirectamente el gasto energético metabólico, así como parámetros específicos de movimiento, tales como la velocidad de paso y el balanceo postural, y además como ayuda en rehabilitación física, monitorización de ejercicio físico y detección de caídas. También han mostrado poseer capacidad para prever patologías no relacionadas con las extremidades inferiores, como delirium, incontinencia urinaria, signos extrapiramidales, enfermedad de Parkinson e incluso predictores de progresión de demencia. (85) Incluso se han realizado evaluaciones para determinar la actividad física a través de acelerómetros de muñeca, demostrando que estos dispositivos son capaces de recopilar datos de forma más objetiva, continua en diferentes actividades de la vida diaria tanto los que involucran periodos de locomoción y los periodos de no locomoción. (86) Los acelerómetros de muñeca se han utilizado para la evaluación de pacientes con secuelas de evento vascular cerebral considerándolos como predictores de recuperación. (79,85)

También los acelerómetros se encargan de clasificar los movimientos, así como de determinar umbrales de activación y aceleración. Estos dispositivos también han sido utilizados para evaluación del control del equilibrio, balanceo postural, detector de caídas. (85)

La monitorización de los movimientos por técnicas de acelerometría permite una medición automática, continua y a largo plazo de la actividad de los sujetos en su entorno. Los parámetros importantes de la marcha como la regularidad de la zancada, cadencia, longitud de zancada, velocidad al caminar, se puede evaluar a través de acelerometría, además puede ayudar a múltiples herramientas de evaluación tradicionales de forma cuantitativa por ejemplo

temporización de test Up and Go y las características de cada movimiento durante la prueba. Una desventaja encontrada es que existen múltiples algoritmos para su ejecución, sin embargo todos los existentes en la actualidad poseen una alta sensibilidad y especificidad(87)

Existen varios modos en los que un sistema de aceleración puede utilizarse, puede ser utilizado para obtener parámetros fisiológicos relevantes, dadas por informaciones concretas computadas por un software. Los parámetros de monitorización longitudinal tienen potencial para aportar información cuantificable del nivel de salud y del nivel de capacidad funcional durante las actividades ejecutadas, contribuyendo para el diagnóstico de determinados riesgos y/o patologías.(85,87)

Por tanto el sistema acelerométrico es un sistema de evaluación de movimiento expresado en cm/S^2 definidos que se utilizan para medir patrones de desplazamiento y movimientos finos, definidos en vectores de una forma objetiva y de manera cuantificable.

La acelerometría es una herramienta que permite la medición de forma objetiva de un movimiento a través de vectores (vertical, sagital, lateral) dados por fuerza de gravedad al realizar un movimiento. Por otro lado un patrón se define como una sucesión de elementos (auditivos, visuales, gráficos, numéricos, etc) que se construye siguiendo una regla de formación o un algoritmo, esta regla puede ser de repetición o de recurrencia, la regla que rige el orden a seguir dentro de una secuencia dada esta determinada por la progresión de elementos, bien sea por cantidad, frecuencia, o evento que va seguido de otro.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los trastornos cognitivos representan un problema de salud importante, desafortunadamente, muchas veces estas patologías son infradiagnosticadas y su diagnóstico se realiza en etapas tardías, principalmente por el involucro de factores como cultura, escolaridad y otras características sujetas al evaluador y la variabilidad del evaluado.

La disfunción motora de la mano es un potencial factor de riesgo de trastornos neurocognitivos debido a su asociación con la actividad cerebral global, esto basado en la relación que existe con los procesos neuronales entre áreas cognitivas y motoras tanto a nivel central como a nivel periféricos, mostrado en algunos estudios de seguimiento que han reportado que las funciones ejecutivas motoras de precisión son los primeros dominios afectados antes del desarrollo de demencia, así como en pacientes con Enfermedad de Alzheimer que se desempeñaban peor que los adultos mayores sin deterioro cognitivo al realizar tareas manuales. Sin embargo, la asociación entre la función motora de la mano y la cognición no es clara y la mayoría se ha enfocado a la fuerza de prensión, por lo que existen pocos estudios que evalúen movimientos finos y complejos que involucren velocidad, precisión, rastreo que caracterizan a la destreza manual. Una herramienta que permitiría objetivizar estos movimientos es la acelerometría de mano que en conjunto con pruebas clásicas de destreza motora proporcionan un análisis más objetivo de la destreza manual.

La acelerometría es una herramienta que permite la medición de forma objetiva de un movimiento a través de vectores, por ello se construirá un patrón al observar los movimientos y

la aceleración de la mano durante la realización de pruebas de destreza manual durante un periodo de tiempo a través de un acelerómetro, por tanto como resultado obtendremos una secuencia de movimientos de aceleración de la mano en el espacio a través de 3 vectores, a esta secuencia es lo que denominaremos como patrón acelerométrico; esperamos que en los pacientes con deterioro cognitivo entre mayor severidad presentarán una mayor amplitud de los movimientos, reducción en la aceleración y un mayor tiempo invertido en la realización de la prueba.

Hasta el momento se desconoce cuál es el patrón acelerométrico específico de la mano en individuos adultos y si existe asociación con su rendimiento cognitivo que en un futuro pudiera servir como patrón de referencia para el diagnóstico de alteraciones cognitivas tempranas o que determine una función normal.

La asociación entre el rendimiento cognitivo y la destreza manual no ha sido del todo estudiada a profundidad (66), hasta el momento no existen pruebas que combinen estas evaluaciones con dispositivos electrónicos de control de fiabilidad que puedan respaldar sus resultados de forma cuantificable; por ello existe un hueco en esta área del conocimiento.

Si la destreza motora manual tiene gran representatividad en la función cognitiva entonces su evaluación será más útil para determinar alteraciones cognitivas en etapas tempranas, hasta el momento no se conocen de forma objetiva estas destrezas en relación a ningún nivel cognitivo.

JUSTIFICACIÓN

La evaluación de la destreza manual mediante acelerometría combinada con pruebas visomotoras aportará mayor información sobre las características de movimiento, ejecución, coordinación de los miembros superiores, a través de un software evaluando así el procesamiento visomotor, la coordinación motora fina y la apraxia; será capaz de determinar diferencias entre grupos de acuerdo a la edad o presencia de alteración cognitiva. Además, permitirá obtener parámetros cuantificables de forma objetiva de estos movimientos, otorgando mayor certeza con la combinación de pruebas cognitivas globales clásicas.(85,87)

La descripción de estos parámetros y patrones podría proporcionar datos de referencia para categorización de trastornos cognitivos y cognición normal.

Este estudio pretendió realizar una asociación entre la destreza manual y el rendimiento cognitivo.

De realizarse este estudio se podría contar con un patrón acelerométrico de mano en individuos Adultos de acuerdo a su rendimiento cognitivo.

HIPÓTESIS

Si los trastornos cognitivos están asociados a cambios tempranos en la función ejecutiva y dentro de estas se encuentra la destreza manual fina, entonces al evaluar los cambios del movimiento de la mano mediante un acelerómetro durante pruebas de destreza manual, encontraremos diferencias entre los patrones de movimiento entre pacientes con cognición

normal y pacientes con diferentes estadios cognitivos que consistirá en reducción en el tiempo de ejecución de la prueba, diferencia en el uso de eje de movimiento e incremento en el número de movimientos para realizar la misma tarea entre mayor grado de afección cognitiva se observe, esto principalmente en pacientes deterioro cognitivo leve y demencia.(66,67)

OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar la asociación de los patrones acelerométricos de la mano durante pruebas visomotoras en diferentes estados de rendimiento cognitivo en adultos jóvenes y personas mayores.

Objetivos Particulares

- Medir y registrar los patrones acelerométricos de los sujetos en estudio.
- Analizar las diferencias acelerométricas entre cada grupo de acuerdo al rendimiento cognitivo y la edad
- Fraccionar las series de tiempo, estipulando subperiodos para valoración cuantitativa y análisis.
- Estudiar las características de la función ejecutiva que se asocian a trastornos cognitivos.
- Describir el patrón acelerométrico de pacientes con cognición normal
- Describir el patrón acelerométrico normal de acuerdo a grupo etario, estos al dividirse en 2 grupos: en jóvenes y adultos mayores.
- Describir y analizar diferencias en el patrón acelerométrico de los pacientes con trastorno cognitivo

MATERIAL Y MÉTODOS

Es un estudio del tipo de intervención observacional, analítico comparativo, prospectivo y transversal.

Por número de mediciones: transversal

Por número de grupos: Analítico comparativo

Por visión: Prospectivo.

Por obtención de datos: Prolectivo.

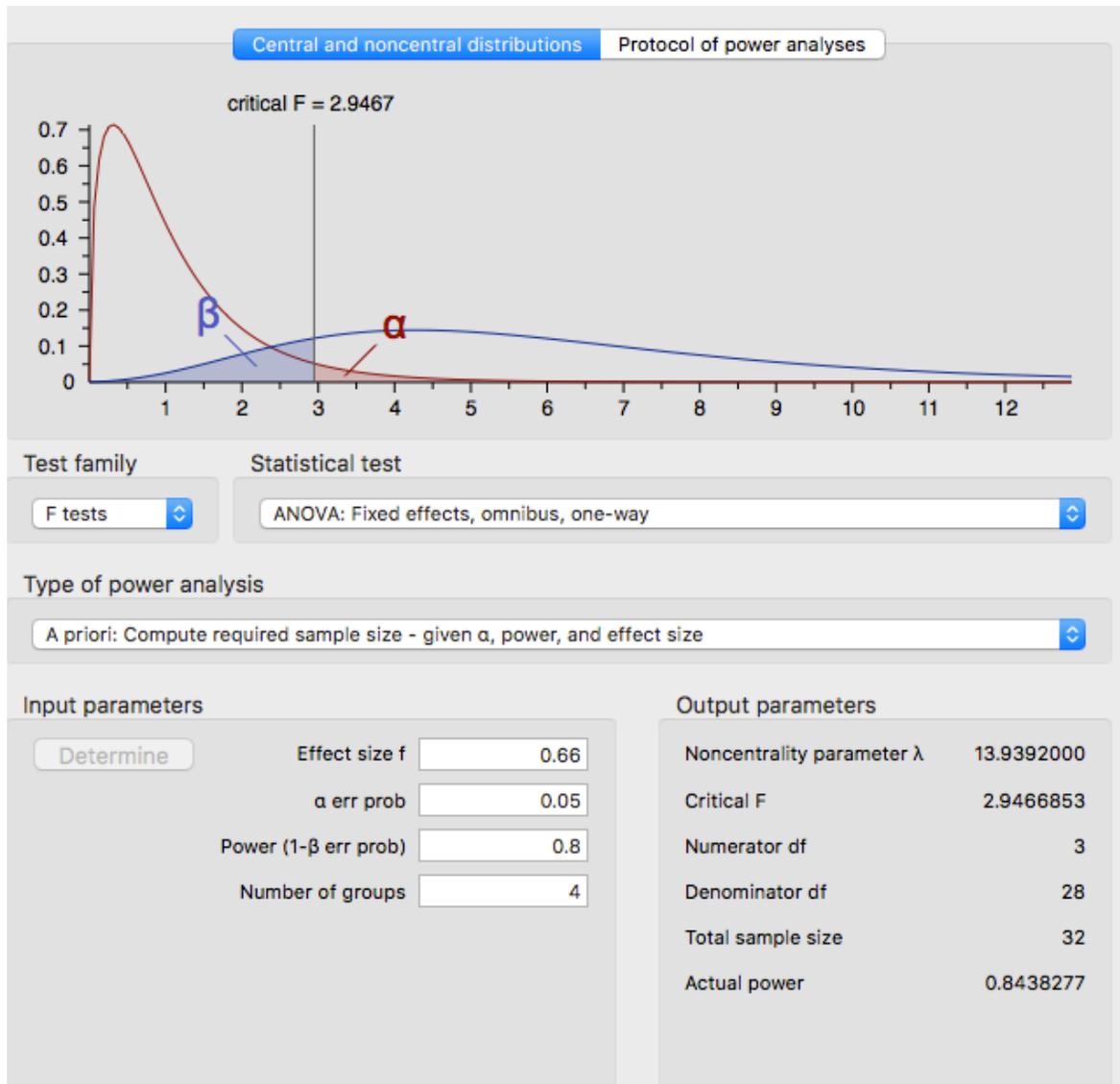
Por intervención: observacional

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para el calculo del tamaño de la muestra se utilizó el programa G* Power versión 3.1 y tomando como referencia el valor de d de cohen de 0.66 reportados por Lee Ashendorf (74)para tiempo

de ejecución de pruebas de destreza motora, se realiza un cálculo para ANOVA de efectos fijos para 4 grupos obteniéndose:

Tamaño de efecto: 0.66
Nivel de confianza: 0.05
Potencia: 0.80
Número de grupos: 4
Tamaño total de muestra de: 32



Por lo que se considera realizar 4 grupos (jóvenes, adultos mayores con cognición normal, adultos mayores con deterioro cognitivo leve, adultos mayores con demencia) de 8 pacientes cada uno.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población esta compuesta de adultos sanos y con afección cognitiva de ambos sexos, dado que este es un estudio para determinar parámetros relacionados al rendimiento cognitivo con patrones acelerométrico, utilizado el espectro total de la enfermedad, por tanto la propuesta fue realizar 4 grupos.

Se incluyeron los pacientes que aceptaron realizar las pruebas cognitivas y que no presentaban ningún tipo de discapacidades físicas en miembros superiores.

Por ello se admitieron pacientes a partir de los 20 años y se subclasificaron de forma inicial por edad y posteriormente por desempeño cognitivo, el muestreo se realizó principalmente en el Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga, convocando a pacientes, así como residentes, trabajadores de salud, administrativos y población en general que cumplieran estas características y aceptaron participar. También se invitó a pacientes y público en general de otros hospitales de acuerdo a los requerimientos del cálculo de la muestra.

Se dividieron en 4 grupos tras los resultados de las evaluaciones cognitivas y la edad, de la siguiente manera:

-Jóvenes sanos: Considerados aquellos pacientes mayores de 20 años y menores de 65 años, sin queja cognitiva y pruebas cognitivas dentro de rango normal (ver Tabla 2 de puntos de corte de pruebas cognitivas)

Adultos mayores sanos: aquellos pacientes mayores de 65 años sin queja cognitiva y con pruebas cognitivas dentro de rango de cognición normal (Ver tabla de puntos de corte)

Adultos mayores con deterioro cognitivo leve: aquellos pacientes mayores de 65 años con queja cognitiva de memoria y pruebas cognitivas dentro de rango de deterioro cognitivo (ver tabla de puntos de corte)

Adultos mayores con demencia leve: aquellos pacientes mayores de 65 años con queja cognitiva, perdida de la funcionalidad y pruebas cognitivas dentro del rango de demencia (ver tabla 2. Puntos corte de pruebas cognitivas)

TABLA 2. PUNTOS DE CORTE DE PRUEBAS COGNITIVAS

PRUEBAS PUNTOS DE CORTE	MOCA	MINIMENTAL	NEUROPSI
COGNICIÓN NORMAL	>26	>26	>116
DETERIORO COGNITIVO LEVE	24-26	24-26	85-115
DEMENCIA LEVE	<24	<24	<84

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes de ambos sexos
- Adultos de 20 años y más de edad.

- Agudeza visual y auditiva adecuada con miembros superiores funcionales para poder realizar las pruebas neurocognitivas y de destreza manual de acuerdo a los hallazgos en la Valoración Geriátrica Integral
- Que acepten participar y firmen consentimiento informado

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Individuos que hayan realizado previamente estas pruebas
- Pacientes con enfermedades crónicas descontroladas y estadios avanzados que limiten la ejecución de movimientos (ej. obesidad, artritis reumatoide, lupus, hipertensión, diabetes)
- Encontrarse bajo tratamiento médico a base de benzodiazepinas
- Personas que son incapaces de moverse independientemente sin la ayuda de terceros
- Pacientes con enfermedades limitantes de la motricidad fina (ej. enfermedad de Parkinson, tendinitis, mielopatía, accidente cerebro vascular, neuropatía periférica, fracturas de miembros superiores).
- Pacientes con demencia moderada a severa (Neuropsi menor 90, MOCA menor de 18 o Mini mental menor de 18)
- Depresión Mayor sin tratamiento o episodio agudo

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN.

- Pacientes que no concluyan todos los instrumentos de evaluación o pruebas de destreza manual.
- Decidir retirarse del estudio.

PROCEDIMIENTO.

Posterior a la aprobación del Comités de Investigación y Ética del Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga, se realizó la selección de los sujetos, aplicando los criterios de inclusión, exclusión a través de una entrevista clínica, para obtener datos demográficos, posteriormente se explicó más detalladamente el proyecto para obtener la firma del Consentimiento informado, siendo posible empezar las pruebas.

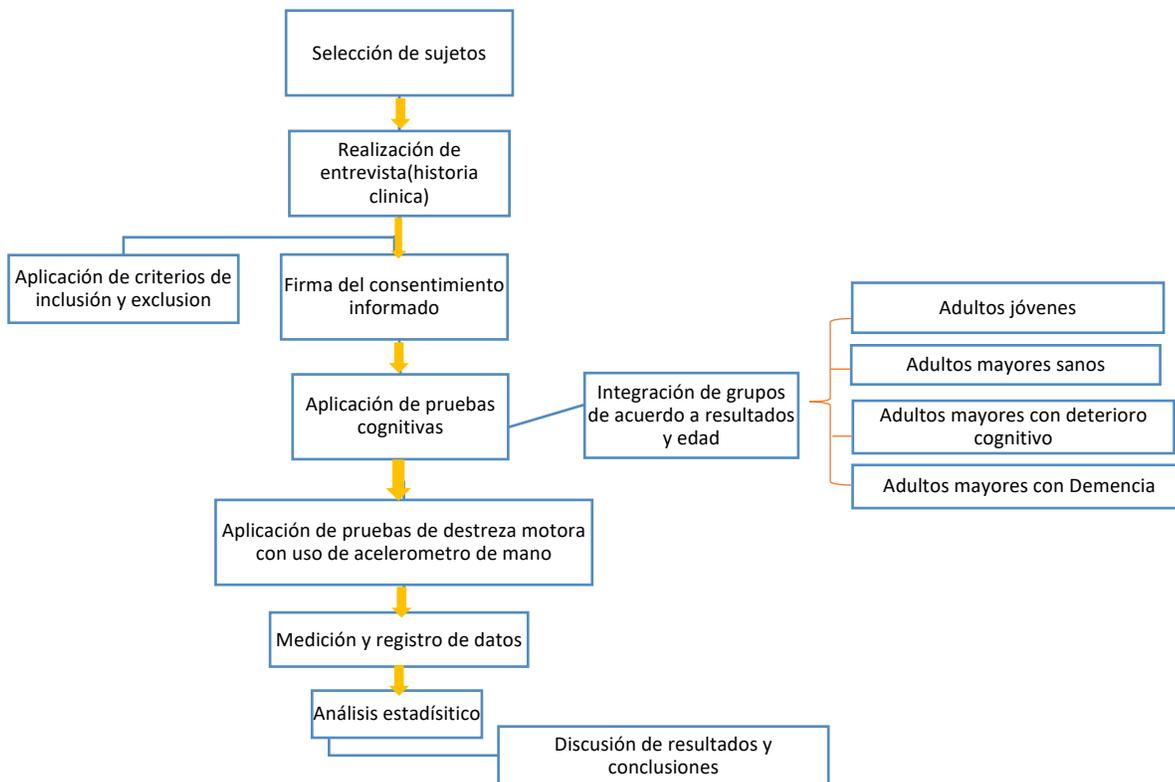
Se realizaron de 2 a 3 sesiones de 45min donde se aplicaron pruebas neurocognitivas MoCA (Montreal Cognitive Assessment), neuropsi, minimental y las pruebas de destreza manual, las pruebas de tamizaje cognitivo se realizaron en orden aleatorio y en diferentes sesiones, todas fueron realizada por médico capacitado en estas pruebas con alta especialidad en geriatría neurológica; se registraron puntajes de las pruebas, en ausencia de un Gold

estándar para el diagnóstico se buscó la congruencia de las 3 pruebas con los puntos de corte conocidos para cada grupo, se consideró para la asignación de cada grupo la confluencia diagnóstica de al menos 2 pruebas con su respectivo puntaje (ver tabla 2 Puntos de corte pruebas cognitivas) se clasificó de esta manera a los participantes, de acuerdo al estado cognitivo en 4 grupos: adultos jóvenes, adultos mayores con deterioro cognitivo, adultos mayores sanos y adultos mayores con demencia leve.

Para la toma de datos se utilizó el acelerómetro de la marca Zephyr, número de serie 7002 y las pruebas visomotoras Minnesota Manual Dexterity Test y Grooved Pegboard Test, realizando dos variantes de cada una, de la Minnesota desplazamiento (mano dominante) y rotación (las dos manos) para determinar cual era la mano dominante se consideró la mano con la que escribe el individuo evaluado y del Grooved Pegboard con la mano derecha y posteriormente la mano izquierda. Los datos del acelerómetro se procesaron con el software Zephyr Bioharness. A cada participante se le asignó una carpeta electrónica con las mediciones de tiempo y registros de los patrones acelerométricos captados durante la ejecución de las pruebas visomotoras.

Se analizaron e identificaron los patrones acelerométricos de cada grupo, se comparó la amplitud, latitud, frecuencia y velocidad de movimientos de la mano, así como la planeación, ejecución, coordinación de determinadas instrucciones que evalúan función ejecutiva.

Figura 1. Procedimiento



Para la evaluación de la función ejecutiva se aplicó Minnesota Manual Dexterity Test tanto la subprueba de desplazamiento como la de giro y el Grooved Pegboard Test utilizando también la subprueba mano dominante y no dominante, durante las pruebas se colocó un acelerómetro en la muñeca de ambas manos (acelerómetro de la marca Zephyr, número de serie 7002), registrando a través de un software las variaciones de movimiento por los ejes de los planos sagital, transversal y coronal, con ello se formaron patrones de movimiento que fueron analizados y comparados con la categoría cognitiva del paciente. El dispositivo utilizado registra la aceleración en el momento de la realización de la tarea y se descarga a través de su aplicación donde se tomaron los datos y se analizaron posterior a concluir las pruebas. Se anexa en las siguientes ligas complemento audiovisual de la ejecución de las pruebas de algunos de los pacientes del estudio, que autorizaron grabación y reproducción de la misma. (tabla 3)

Tabla 3. Complemento audiovisual

Video 1	MINNESOTA DESPLAZAMIENTO
Video 2	MINNESOTA GIRO
Video 3	GROOVED PEGBOARD TEST MANO DOMINANTE
Video 4	GROOVED PEGBOARD TEST MANO NO DOMINANTE

ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó la descripción de variables demográficas y de variables de salida mediante medidas de tendencia central, medias y promedios, dispersión por desviaciones estándar o varianza.

Para la realización del análisis comparativo entre los diferentes grupos se utilizó ANOVA para identificar si hay diferencia significativa en función del patrón acelerométrico total y estatus cognitivo. Para otorgarle magnitud a la asociación entre variables dependientes e independientes se calculó tamaño del efecto.

Se realizó X2 para para variables cualitativas y estatus cognitivo.

DEFINICIÓN DE VARIABLES

TIPO DE VARIABLES

Las variables independientes fueron: aceleración, relativas al movimiento de la muñeca en la ejecución de las pruebas, evaluando en los periodos de colocación, rotación, desplazamiento, y colocación con una y con dos manos en la realización del test. Frecuencia, en unidad de tiempo y ejes del movimiento, relación al tiempo y los eje X, eje Y y eje Z. Tiempo de movimiento, intervalo de tiempo del inicio de la ejecución de la prueba hasta su término.

Patrón acelerométrico que se refiere a la variabilidad de la frecuencia de movimientos y funciones ejecutivas realizadas con la mano

Dependiente: Trastorno neurocognoscitivo: Se realizó la categorización de trastorno cognitivo a través de la concordancia de tres pruebas neurocognitivas (MoCA, MINIMENTAL, NEUROPSI BREVE) de acuerdo a los puntos de corte de la población mexicana, pues no existe hasta el momento un Gold estándar para el diagnóstico.

VARIABLES CONFUSORAS:

Las variables de confusión que representan factores importantes en la evaluación de las capacidades ejecutivas y motricidad fina son la ocupación laboral, episodio de ansiedad, calidad del sueño, la realización o no de actividad física por lo cual se aplicaran pruebas para estratificar y cuantificar estas variables a través del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) para actividad física, funcionalidad a través Katz, Lawton Brody y Barthel, para los niveles de ansiedad con la aplicación de la Escala de Ansiedad de Hamilton y la calidad del sueño, con aplicación del Índice de Calidad del Sueño de Pittsburgh.

Edad: Tiempo transcurrido en años desde el nacimiento hasta la actualidad.

Tabla 4. CONCEPTUALIZACION DE VARIABLES.

Variables independientes	Conceptualización	Operación	Tipo	Unidad de medida	Estadística que aplica
Aceleración	Aceleraciones relativas al movimiento del puño en la ejecución de las pruebas.	Evaluar en los periodos de colocación, rotación, desplazamiento, colocación con una y con dos manos en la realización del teste.	Cuantitativa continua	m/s ²	Análisis de Serie tiempo
Frecuencia	En unidad de tiempo y ejes del movimiento.	Evaluar la frecuencia obtenida en relación a el tiempo y los ejes X, Y y Z.	Cuantitativa continua	Hz	Análisis de Serie tiempo
Tiempo de Movimiento	Intervalo de tiempo del inicio de la ejecución de la prueba hasta su término.	Obtención del primer objeto hasta final de la prueba	Cuantitativa continua	segundos	Análisis de Serie tiempo
Patrón acelerométrico.	Modificación de la variabilidad de la frecuencia de movimientos y funciones ejecutivas realizadas con la mano	Se evaluará amplitud, latencia y frecuencia de los movimientos de la mano a través de software de acelerómetro,.	Cuantitativa , continua	mV	ANOVA

Variable dependiente	Definición conceptual	Unidad de medición	de Categoría	Definición operacional	Análisis estadístico
Deterioro cognitivo leve	síndrome caracterizado por la presencia de un déficit en el rendimiento de la memoria más acentuado al que cabría esperar como consecuencia de la edad, no repercutiendo en las actividades de la vida diaria.	Categorización por NEUROPSI de acuerdo a la edad y escolaridad, MOCA menor de 26, MINIMENTAL menor 26	Cualitativa nominal	Queja de pérdida de memoria referida y preferiblemente corroboradas por un informante o un médico, con y objetivizada por prueba cognitiva estandarizada con -1.5DE de acuerdo a edad y escolaridad	CH 2
Demencia Level/ Trastorno Neurocognitivo Mayor	Síndrome caracterizado por la presencia de un déficit en el rendimiento de la memoria más acentuado al que cabría esperar como consecuencia de la edad, con perdida en las actividades de la vida diaria	Categorización por Neuropsi de acuerdo a la edad y escolaridad (-2 DE), MOCA menor de 24, MInimental menor de 24	Cualitativa nominal	Queja de pérdida de memoria referida y preferiblemente corroboradas por un informante o un médico, con y objetivizada por prueba cognitiva estandarizada con -2DE de acuerdo a edad y escolaridad	CHI2
Cognición normal	Se considera cognición normal, aquella persona sin queja subjetiva de memoria con un rendimiento normal en pruebas cognitivas.	Categorización por Neuropsi de acuerdo a la edad y escolaridad (> -1 DE), MOCA mayor de 26, Minimental mayor de 26	Cualitativa nominal	Sin Queja de pérdida de memoria referida con desempeño normal en pruebas cognitivas con -1DE de acuerdo a edad y escolaridad	CHI2
Funcionalidad	Capacidad para realizar de forma independiente actividades básicas e instrumentadas de la vida diaria y actividades	Escala KATZ	Cualitativa nominal	De acuerdo a la escala de KATZ se caracteriza la funcionalidad,	CHI2
Funcionalidad		LAWTON & BRODY	Cuantitativa continua	De acuerdo a la escala de LAWTON & BRODY se caracteriza la funcionalidad,	CHI2

Variables confusoras	Conceptualización	Operación	Tipo	Unidad de medida	de
Ocupación laboral	Conjunto de tareas laborales determinadas por el desarrollo de la técnica, la tecnología y la división del trabajo	Evaluar si la actividad laboral exige o promueve el desarrollo de la destreza manual fina.	Nominal	--	
Actividades complementarias	Actividad realizada por ocio, distracción, placer, diversión, que interfieran y/o mejore la destreza manual.	Evaluar si las actividades complementarias como tocar instrumentos musicales, dibujar, etc.,	Politómica	--	
Actividad física	Cualquier movimiento voluntario producido por la musculatura que resulta en un gasto de energía por encima del nivel de reposo	Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ). Resultado nivel alto, moderado, bajo o inactivo.	Politómica	Inactivo/activo	
Ansiedad	Es un sistema de alerta ante situaciones consideradas amenazantes.	Aplicación de la Escala de Ansiedad de Hamilton, evaluando la ansiedad psíquica y somática,	Dicotómica	Si / No	
Calidad del sueño	Dormir bien durante la noche, así como tener un buen funcionamiento diurno (un adecuado nivel de atención para realizar diferentes tareas).	Aplicación de del Índice de Calidad del Sueño de Pittsburgh. Puntuación total 0 para la no existencia de dificultad y 21 indica dificultades severas en todas las áreas.	Dicotómica	Si / No	

Variable demográficas	Definición conceptual	Unidad de medición	Categoría	Definición operacional	Análisis estadístico
Edad	Tiempo de trascurrido en años desde el nacimiento hasta la actualidad.	Años	Cuantitativa discreta	Numero de años transcurrido desde el nacimiento	ANOVA
Sexo	Condición biológica que clasifica a las personas en hombres o mujeres	Masculino / femenino	Cualitativa nominal, dicotómica	Masculino / femenino	X2
Depresión	Síndrome caracterizado por un bajo estado de animo y sentimientos de tristeza asociados a alteraciones del comportamiento y pensamiento	Depresión/ sin depresión	Cualitativa nominal, dicotómica	Categorización de acuerdo a GDS y DSM V, cumplimiento de criterios para designar si presenta depresión o no	X2
Comorbilidades	Presencia de enfermedades crónicas diagnosticadas	numero	Cuantitativa discreta, cualitativa nominal	Especificar patologías y cuantificar el total	ANOVA X2

VALIDEZ Y PRECISIÓN

Para aportar una mayor validez al estudio; los parámetros evaluados están estandarizados, además se valoraron medidas cuantitativas de medición de latencia, amplitud y frecuencias.

Para una mayor precisión; la evaluación fue realizada por el investigador principal (medico geriatra con alta especialidad en geriatría neurológica) y de acuerdo a la metodología estándar y certificación de la habilidad.

En relación a la exactitud, el instrumento de medición fue calibrado constantemente por personal capacitado y certificado.

CONFLICTO DE INTERES.

Este proyecto no presentó ningún tipo de conflicto de interés, no contó con patrocinio de ningún tipo, ni beneficio económico.

ASPECTOS ETICOS

Este proyecto de investigación no infringió ninguno de los principios éticos de privacidad y confidencialidad establecidos en la Ley de General de Salud y su reglamento en materia de investigación, también cumplirá con las guías de la Conferencia Internacional de Armonización (ICH) sobre la Buena Práctica Clínica (GCP), siguiendo los lineamientos de dichos documentos.

Por tanto, no se afectó la integridad ni la salud física de los pacientes.

Se utilizó consentimiento informado para asegurar la comprensión y la autorización de la participación de cada individuo que ingresó al protocolo, se excluyeron a los que no firmaron este consentimiento. Dicho consentimiento fue evaluado y aceptado para su uso por el Comité de Ética del Hospital General de México.

Este estudio se basó en los 3 principios éticos, justicia, no maleficencia y beneficencia de acuerdo a lo estipulado por Comisión Nacional para la protección de los sujetos humanos ante la investigación Biomédica y de comportamiento.

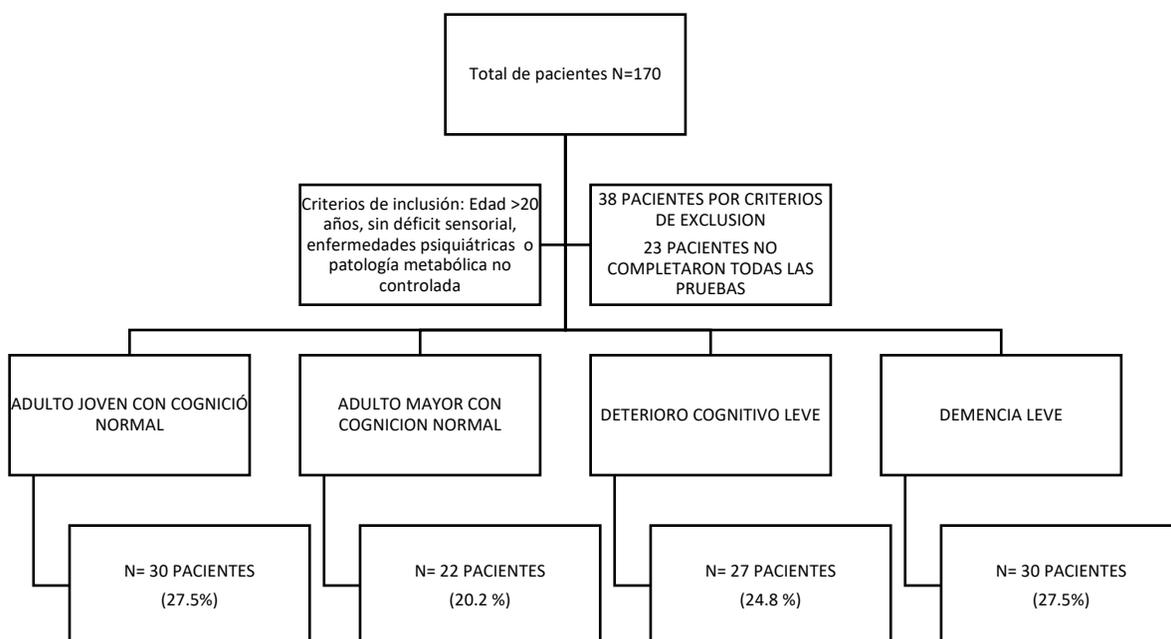
De acuerdo con el reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, el riesgo para el sujeto de estudio es menor al mínimo o sin riesgo, debido que en el proceso de la investigación no hubo la probabilidad de que el sujeto sufriera daño. El estudio empleó técnicas y métodos que no se realizaron ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos, con la aplicación de cuestionarios y dos pruebas de coordinación visomotoras.

Este proyecto se presento ante el comité de Etica e investigación de Hospital General de México y fue aprobado con el número D1/23/110-B/03/12.

RESULTADOS

Se reclutaron un total de 170 pacientes mayores de 20 años, que cumplían con los criterios de inclusión, de los cuales 38 pacientes no fueron incluidos al proyecto de acuerdo a los criterios de exclusión, y 23 fueron eliminados por no concluir con las pruebas cognitivas y de destreza manual, o no terminar con entrevista clínica completa, por lo cual la muestra total incluida en el estudio para análisis es de 109 pacientes. (Flujograma pacientes: figura 1)

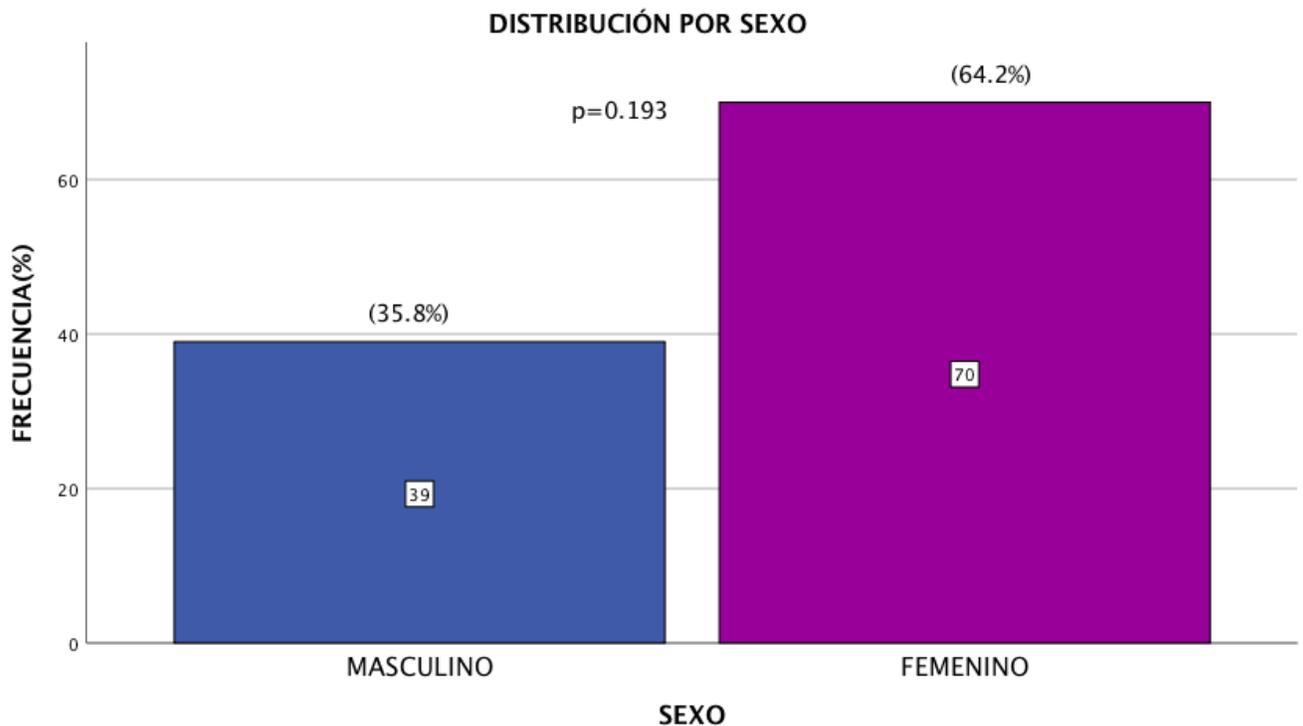
FIGURA 2. DIAGRAMA DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA (FLUJOGRAMA)



DATOS DEMOGRÁFICOS

Se incluyeron 109 pacientes en este estudio, de los cuales el 64.2%(70) eran mujeres y el 35.8%(39) eran hombres, escolaridad promedio fue de 13.08 años (DE 5.56), la edad promedio fue 58.8 años(DE 18.75); se formaron 4 grupos de acuerdo a grupo etario y función cognitiva: Adultos mayores con cognición normal 20.2%(22), joven con cognición normal 27.5%(30), deterioro cognitivo leve 24.8%(27), demencia 27.5% (30).

GRAFICO 1. DISTRIBUCIÓN POR SEXO



La comorbilidad más frecuente fue hipertensión arterial 35.8%(39), seguido de ansiedad 34.9%(38), depresión 33.9%(37) , diabetes mellitus 22.9%(25). El promedio de comorbilidades de la muestra fue de 1.68 (DE 1.97). Se registraron solo 3 pacientes zurdos por lo cual no se realizó un subanálisis de esta variable.

La tabla 3 muestra las características demográficas de la muestra estudiada, al comparar los grupos se encontraron diferencias significativas en la edad, comorbilidades, escolaridad, funcionalidad y puntajes de las pruebas cognitivas, mientras que en el sexo no se observaron diferencias.

GRAFICO 2. DISTRIBUCIÓN POR RANGO DE EDAD

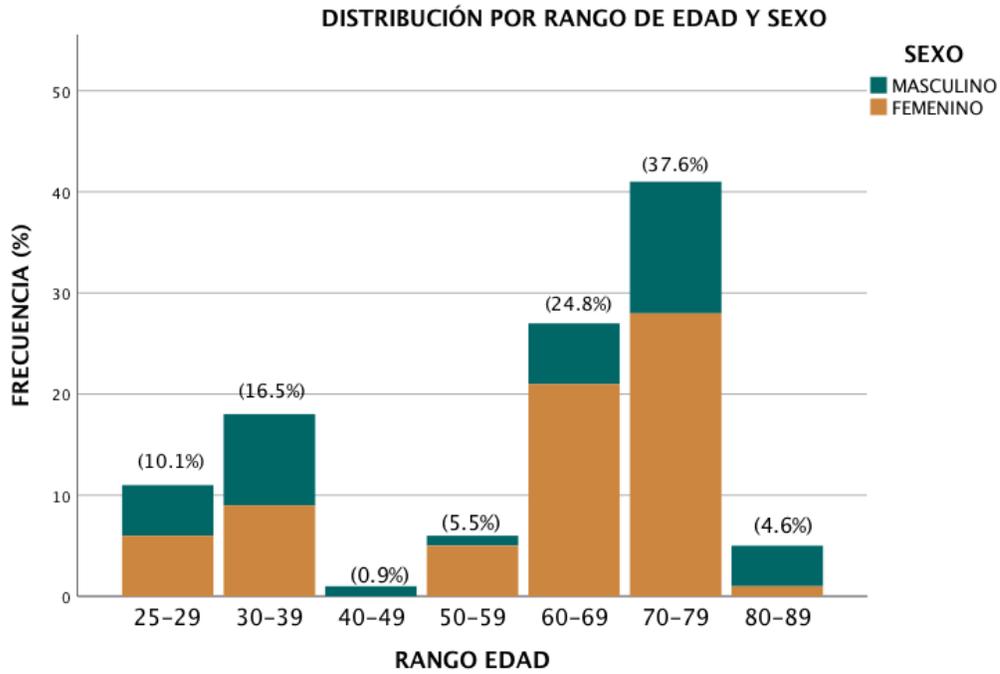


GRAFICO 3. DISTRIBUCIÓN POR ESCOLARIDAD Y SEXO

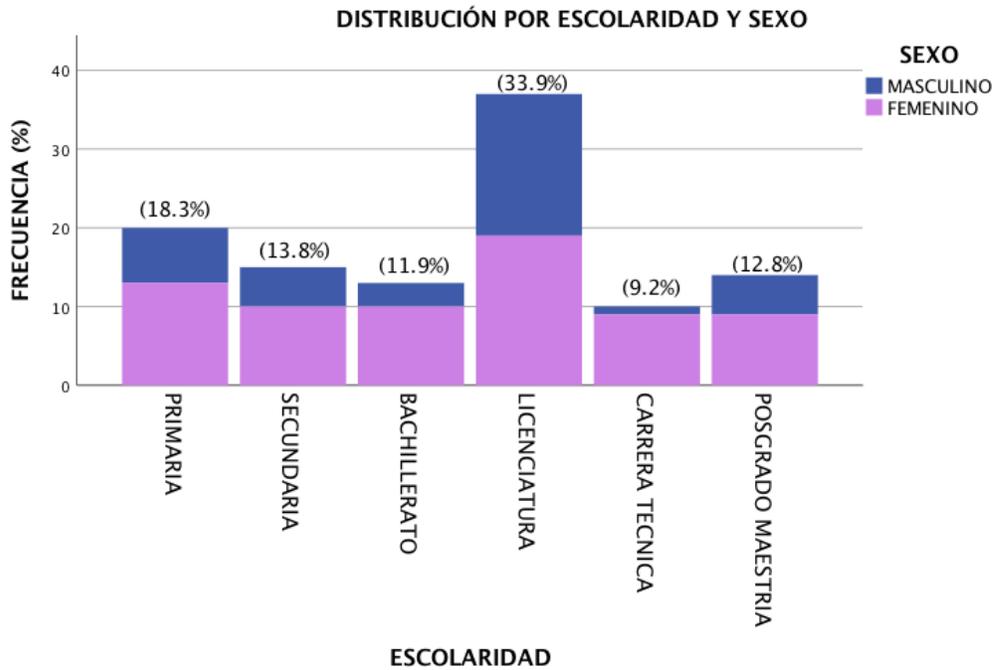


TABLA 5 CARACTERISTICAS DEMOGRAFICAS

VARIABLE	ADULTOS JOVENES (N=30)	ADULTOS MAYORES COGNICIÓN NORMAL (N=22)	ADULTOS MAYORES DETERIORO COGNITIVO LEVE (N=27)	ADULTOS MAYORES DEMENCIA LEVE (N=30)	TOTAL (N=109)	P
Edad *	30.50(3.98) ^{a,f,e}	67.86(7.26) ^a	67.85(7.41) ^{c,e}	72.33(7.03) ^{c,e}	58.81(18.75)	0.0001
Sexo (%) [^]						
-Femenino	15(50)	17(77.3)	19(70.4)	19(63.3)	70(64.2)	0.193
-Masculino	15(50)	5(22.7)	8(29.6)	11(36.7)	39(35.8)	
Comorbilidades (%) [^]						
-Hipertensión arterial	1(3.3) ^{a,f,e}	9(40.9) ^a	10(37.0) ^f	19(63.3) ^e	39(35.8)	0.001
-Diabetes mellitus tipo 2	0(0.0) ^{e,f}	3(13.6) ^d	8(29.6) ^f	14(46.7) ^{d,e}	25(22.9)	0.001
-Depresión	0(0.0) ^{a,f,e}	9(40.9) ^a	16(59.3) ^f	12(40.0) ^e	37(33.9)	0.001
-Ansiedad	2(6.7) ^{a,f,e}	7(31.8) ^a	15(55.6) ^f	14(46.7) ^e	38(34.9)	0.001
-Insomnio	0(0.0) ^{a,f,e}	8(36.4) ^a	15(55.6) ^f	12(40.0) ^e	35(32.1)	0.000
-Incontinencia	0(0.0) ^{a,f,e}	8(36.4) ^a	11(40.7) ^f	9(30.0) ^e	28(25.7)	0.002
-Infección por SARS COV 2	1(3.3) ^e	7(31.8)	8(29.6)	11(36.7) ^e	27(24.8)	0.013
Escolaridad (años)*	19.20(3.29) ^{a,f,e}	12.45(4.40) ^{a,d}	11.44(4.79) ^f	8.90(3.14) ^e	13.08(5.55)	0.001
Funcionalidad*						
-Katz	6(0.00) ^e	5.91(0.61)	5.78(0.42)	5.67(0.55) ^e	5.83(0.462)	0.030
-Lawton Brody	8(0.0) ^e	7.91(0.42)	7.93(0.38)	7.3(1.32) ^e	7.77(0.789)	0.001
-Barthel	100(0.00) ^f	98.94(2.36)	98.15(3.14) ^f	98.83(2.15)	98.94(2.364)	0.021
Puntaje MOCA*	29.97(0.18) ^{a,f,e}	27(1.309) ^{a,b,d}	24.59(0.63) ^{b,c,f}	20.87(1.88) ^{c,d,e}	25.53(3.68)	0.001
Puntaje MMSE*	30(0.0) ^{a,f,e}	28.18(1.22) ^{a,b,d}	26.81(2.35) ^{b,c,f}	24.73(1.72) ^{c,d,e}	27.39(2.54)	0.001
Puntaje Neuropsi *	--	137.63(10.66)	122.64(11.54)	110.76(12.44)	122.61(15.78)	0.001
Puntaje FAB	18(0.0) ^{a,f,e}	16,27(1.45) ^{a,d}	15.3(2.03) ^{c,f}	14.07(1.98) ^{d,e}	15.92(2.17)	0.001

*ANOVA

[^]X2

- (a) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y adultos mayores con cognición normal
- (b) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con cognición normal y adultos mayores con deterioro cognitivo leve
- (c) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con deterioro cognitivo leve y demencia
- (d) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con cognición normal y demencia
- (e) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y demencia
- (f) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y deterioro cognitivo leve

Tabla 6. PROMEDIOS DE TIEMPO DE EJECUCIÓN DE PRUEBAS MANUALES

PRUEBA DE DESTREZA MANUAL	JOVENES (N=30)	ADULTOS MAYORES COGNICION NORMAL (N=22)	ADULTOS MAYORES DETERIORO COGNITIVO (N=27)	ADULTOS MAYORES DEMENCIA (N=30)	P
MINNESOTA DESPLAMIENTO	72.33 (07.49) ^e	82.34 (17.95)	80.70 (08.44)	87.02 (17.07) ^e	0.001
MINNESOTA GIRO	70.11 (10.77) ^{a,e,f}	106.96 (25.42) ^a	110.22 (30.49) ^b	124.39 (44.78) ^e	0.001
GROOVED PEG BOARD MANO DOMINANTE	69.21 (08.30) ^{e,f}	84.44 (20.63) ^d	95.05 (23.41) ^f	108.76 (37.34) ^{d,e}	0.001
GROOVED PEG BOARD MANO NO DOMINANTE	77.36 (10.34) ^{e,f}	104.61 (28.66) ^d	109.29 (28.20) ^{c,f}	142.09(43.71) ^{c,d,e}	0.001

*ANOVA

- (a) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y adultos mayores con cognición normal
- (b) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con cognición normal y adultos mayores con deterioro cognitivo leve
- (c) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con deterioro cognitivo leve y demencia
- (d) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con cognición normal y demencia
- (e) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y demencia
- (f) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y deterioro cognitivo leve

Se evidenció normalidad a través de gráficos q-q de las variables, y homocedasticidad a través de prueba de Levene, no hubo varianza entre grupo en cada variable demostrado de forma visual a través de cajas y bigotes.

En la tabla 6 se muestra los promedios del tiempo de ejecución de pruebas de destreza manual obtenidas en cada grupo, observando que existen diferencias estadísticamente significativas entre los 4 grupos, mostrando en la prueba de Peg Board mano dominante que entre menos alteración cognitiva más veloces eran los grupos, siendo el más rápido el grupo de los jóvenes ($X=69.21 \pm 8:30\text{seg}$) seguido de los adultos mayores con cognición normal ($X=84.44 \pm 20.63$), mientras que los pacientes con demencia su velocidad fue más lenta que el resto, con un promedio de 108.76seg (DE 37.34 seg) lo que indicaría que a menor destreza manual mayor deterioro cognitivo.

En el caso de la prueba de Peg Board en la mano no dominante ocurre un efecto similar a medida que se presentaba deterioro cognitivo la velocidad de la destreza manual era más lenta, también se observó que la velocidad de ejecución entre ambas pruebas fue diferente siendo la mano no dominante la de menor velocidad.

En la prueba de Minnesota subprueba desplazamiento si bien se observa que el grupo de jóvenes fue más rápido comparado con los adultos mayores, sin embargo el promedio de velocidad entre los adultos mayores con deterioro cognitivo (80.70 seg DE \pm 08.44 seg) fue menor en comparación con el grupo de cognición normal (82.34 DE \pm 17.95 seg), lo que indicaría que en esta prueba la velocidad de ejecución no concuerda con la función cognitiva de forma lineal.

Mientras que en la prueba de Minnesota Giro si se observo que a menor tiempo de ejecución mejor desempeño cognitivo.

También se puede observar que los puntajes en las pruebas cognitivas presentan la misma variabilidad en el puntaje total como en el resto de la literatura, diferencias de 1-2 puntos entre MoCA y MMSE.

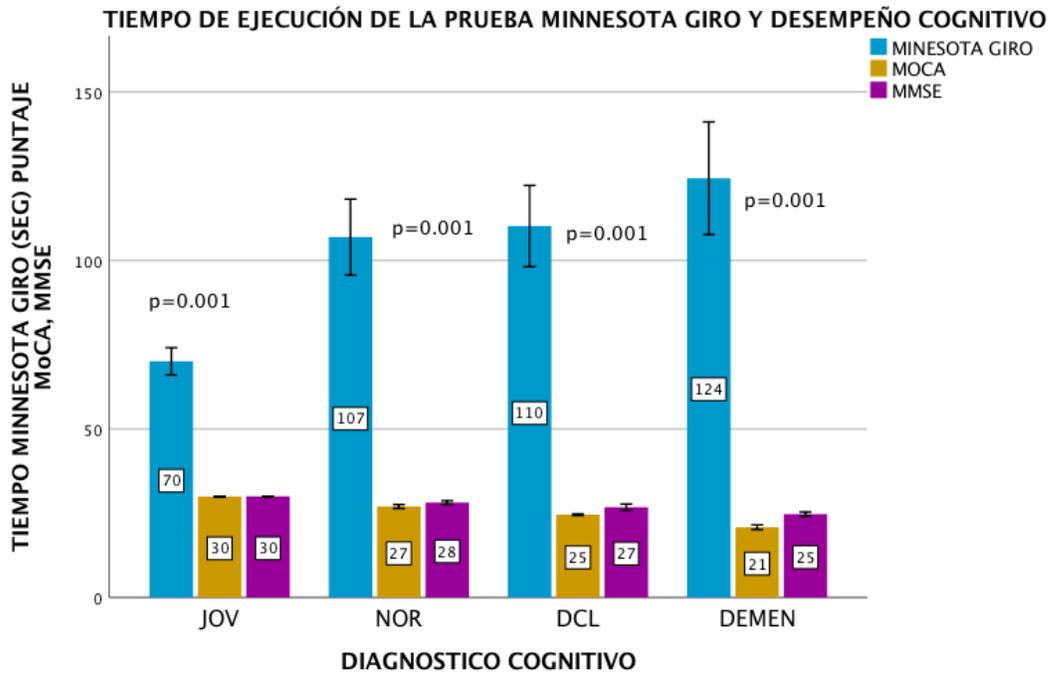
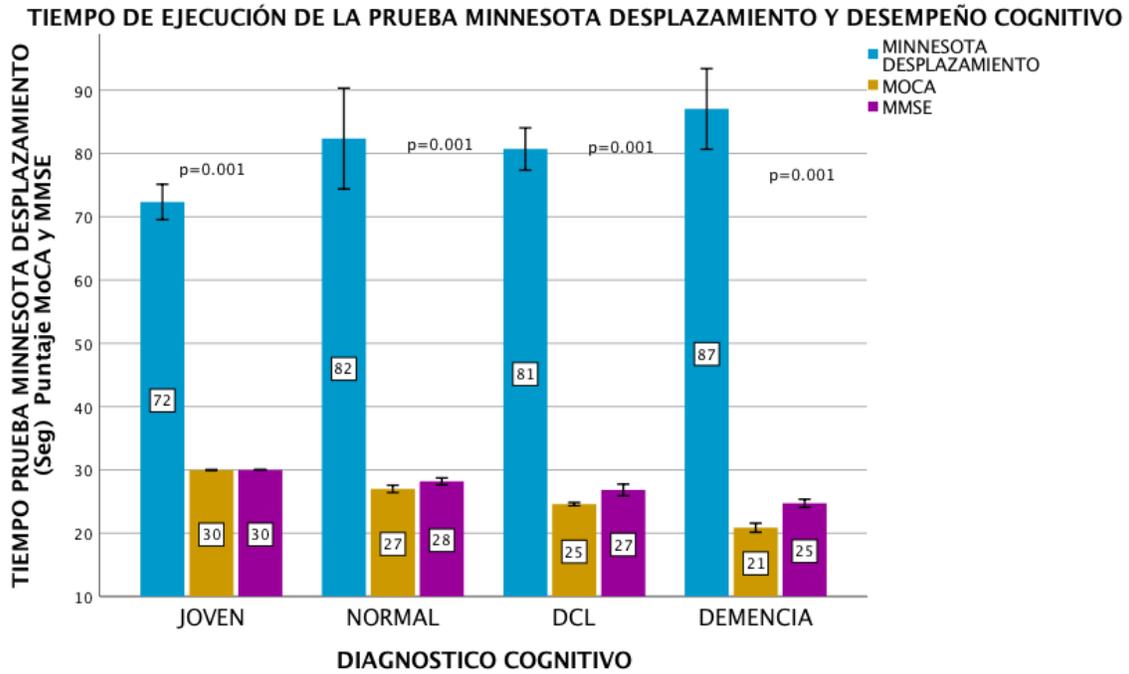
Tabla 7. PERFIL COGNITIVO DE ACUERDO A MOCA POR GRUPOS

DOMINIO COGNITIVO	JOVENES (N=30)	ADULTOS MAYORES COGNICION NORMAL (N=22)	ADULTOS MAYORES DETERIORO COGNITIVO (N=27)	ADULTOS MAYORES DEMENCIA (N=30)	P
VISUOESPACIAL	4(0.000) ^{e,f}	3.59(0.590) ^d	3.19(0.834) ^f	2.90(0.923) ^{d,e}	0.001
FUNCION EJECUTIVA	1(0.000) ^{e,f}	0.77(0.429) ^d	0.59(0.501) ^f	0.43(0.504) ^{d,e}	0.001
DENOMINACIÓN	3(0.000) ^e	3(0.00) ^d	2.96(0.192) ^c	2.77(0.504) ^{d,e}	0.005
ATENCIÓN Y CONCENTRACIÓN	5.97(0.183) ^{a,e,f}	5.23(0.869) ^{a,d}	4.70(0.869) ^{c,f}	3.83(0.874) ^{c,d,e}	0.001
LENGUAJE	3(0.000) ^{a,e}	2.41(0.734) ^d	1.96(0.098) ^{c,f}	1.33(1.061) ^{c,d,e}	0.001
ABSTRACCIÓN	2(0.000) ^{e,f}	1,95(0.213) ^b	1.63(0.565) ^{b,f}	1.70(0.535) ^e	0.001
MEMORIA	5(0.000) ^{a,e,f}	3.73(1.241) ^{a,d}	2.81(1.618) ^{c,f}	1.50(1.480) ^{c,d,e}	0.001
ORIENTACIÓN	6(0.000) ^e	5.95(0.213) ^d	6.0(0.000) ^c	5.43(1.073) ^{c,d,e}	0.001

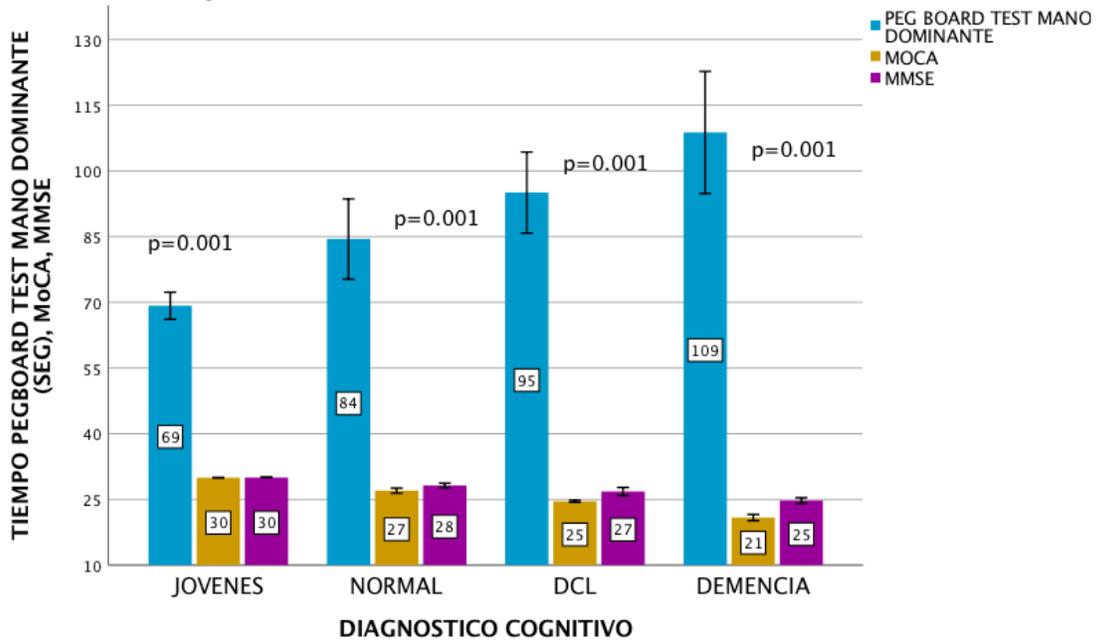
*ANOVA

- (a) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y adultos mayores con cognición normal
- (b) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con cognición normal y adultos mayores con deterioro cognitivo leve
- (c) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con deterioro cognitivo leve y demencia
- (d) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con cognición normal y demencia
- (e) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y demencia
- (f) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y deterioro cognitivo leve

GRAFICO 4. TIEMPO DE EJECUCIÓN EN CADA PRUEBA DE DESTREZA MANUAL Y DESEMPEÑO COGNITIVO.



TIEMPO DE EJECUCIÓN DE PEGBOARD TEST MANO DOMINANTE Y DESEMPEÑO COGNITIVO



TIEMPO DE EJECUCIÓN DE PEGBOARD TEST MANO NO DOMINANTE Y DESEMPEÑO COGNITIVO

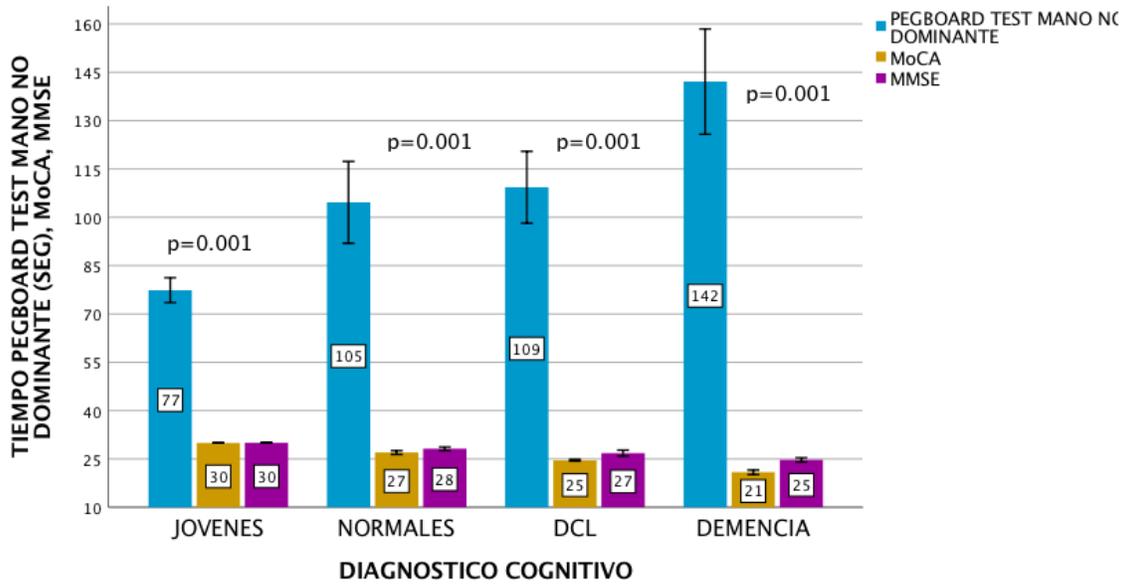


TABLA 8. CORRELACION PRUEBAS DE DESTREZA MANUAL Y DOMINIOS COGNITIVOS

DOMINIO COGNITIVO (MOCA)	GPT-Dominante	GPT-No dominante	Minnesota-desplazamiento	Minnesota-Giro
VISUOESPACIAL	-0.263**	-0.431**	-0.100	-0.344*
FUNCION EJECUTIVA	-0.411**	-0.434**	-0.203*	-0.216*
DENOMINACIÓN	-0.311**	-0.218*	-0.398**	-0.345*
ATENCIÓN Y CONCENTRACIÓN	-0.441**	-0.457**	-0.349**	-0.490*
LENGUAJE	-0.453*	-0.425**	-0.250**	-0.426*
ABSTRACCIÓN	-0.241*	-0.208*	-0.098	-0.179
MEMORIA	-0.361**	-0.541**	-0.247**	-0,541*
ORIENTACIÓN	-0.143	-0.176*	-0.061	-0.090

GPT dominante: Grooved pedboard test subprueba mano dominante; GPT-no dominante: Grooved pedboard test subprueba mano No dominante
 **.La correlacion es significativa en el nivel 0,01
 *.La correlacion es significativa en el nivel 0,05

En la tabla 9 se muestra los promedios de las aceleraciones en cada una de las pruebas realizadas, observando que en la prueba de Minnesota desplazamiento solo el eje lateral ($p=0.001$) y vertical($p=0.044$) fueron estadísticamente significativos, mientras que en la prueba de Minnesota giro solo el eje vertical fue estadísticamente significativo($p=0.001$) por tanto estos ejes tienen asociación con la cognición.

En el caso de Grooved Peg Board Test los hallazgos indican que el movimiento de la mano de la mano dominante están relacionados con los diagnósticos cognitivos en el eje vertical, lateral($p=0.007$ y $p=0.001$), así como en la prueba de mano no dominante los mismos ejes fueron estadísticamente significativos ($p=0.032$ y $p=0.001$) esto indica que el patrón de aceleración en el movimiento de estos 2 ejes (lateral y vertical) son los relacionados con la cognición. Para darle magnitud a la prueba se verificó tamaño del efecto observando que en las 4 pruebas los ejes laterales presentan mayor potencia al reportar un tamaño del efecto mayor de 0.14. (Tabla 11)

TABLA 9. PROMEDIOS DE LAS ACELERACIONES POR SUBPRUEBA Y DESEMPEÑO COGNITIVO

PRUEBA DE DESTEZA MANUAL	EJE ACELERO METRICO	JOVENES (N=30)	ADULTOS MAYORES COGNICION NORMAL (N=22)	ADULTOS MAYORES DETERIORO COGNITIVO (N=27)	ADULTOS MAYORES DEMENCIA (N=30)	p
PRUEBA MINNESOTA DESPLAZAMIENTO	EJE VERTICAL	1938,5400 (39,65923) ^a	1966,5273 (23,31137) ^a	1951,9222 (36,23271)	1945,2433 (38,45563)	0.044
	EJE LATERAL	2034,4633 (7,41157) ^{a,e,f}	1954,2364 (48,59671) ^a	1970,0963 (48,45835) ^f	1962,1433 (50,39702) ^e	0.001
	EJE SAGITAL	2060,6500 (22,17766)	2045,5545 (30,99230)	2052,4593 (48,45835)	2047,1400 (36,55664)	0.389
PRUEBA MINNESOTA GIRO	EJE VERTICAL	1938,5633 (35,90046)	1957,3915 (20,06286)	1946,8333 (29,80599)	1942,1967 (32,68376)	0.166
	EJE LATERAL	2017,5200 (17,44148) ^{a,e,f}	1975,5046 (23,93478) ^a	1981,7815 (29,61135) ^f	1967,9467 (30,55287) ^e	0.001
	EJE SAGITAL	2055,7200 (41,28133)	2079,6721 (33,85832)	2068,7037 (40,54227)	2061,2900 (42,17276)	0.174
PRUEBA PGB MANO DOMINANTE	EJE VERTICAL	1930,8100 (42,80041)	1961,5339 (32,53941)	1958,5333 (33,27809)	1942,4400 (34,28371)	0.007
	EJE LATERAL	2022,9633 (13,05779) ^{a,e,f}	1962,4035 (42,37378) ^a	1975,2481 (43,28202) ^f	1964,0400 (40,57973) ^e	0.001
	EJE SAGITAL	2057,6133 (27,72179)	2034,6955 (36,22946)	2046,5111 (44,48658)	2059,3600 (45,43002)	0.101
PRUEBA PGB MANO NO DOMINANTE	EJE VERTICAL	1938,6700 (47,56020)	1965,7282 (39,52234)	1959,9370 (37,38911)	1939,7233 (36,73590)	0.032
	EJE LATERAL	2024,1033 (13,66176) ^{a,e,f}	1952,8718 (34,11631) ^a	1979,3778 (41,22078) ^f	1964,0333 (39,78677) ^e	0.001
	EJE SAGITAL	2056,8567 (27,60203)	2073,5786 (31,84098)	2068,4593 (35,64082)	2062,7300 (44,64356)	0.368

- (a) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y adultos mayores con cognición normal
- (b) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con cognición normal y adultos mayores con deterioro cognitivo leve
- (c) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con deterioro cognitivo leve y demencia
- (d) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos mayores con cognición normal y demencia
- (e) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y demencia
- (f) En el análisis post hoc se encontró diferencia significativa <0.05 entre grupo adultos jóvenes y deterioro cognitivo leve

TABLA 10 ANOVA DE PROMEDIOS ACELEROMETRICOS, SUBPRUEBAS Y EJES

ANOVA							
			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
EJE VERTICAL MINESSOTA DESPLAZAMIENTO	Entre grupos		10681,556	3	3560,519	2,789	0,044
	Dentro de grupos		134043,876	105	1276,608		
	Total		144725,432	108			
EJE LATERAL MINESSOTA DESPLAZAMIENTO	Entre grupos		115165,123	3	38388,374	21,683	0,001
	Dentro de grupos		185896,904	105	1770,447		
	Total		301062,027	108			
EJE SAGITAL MINESSOTA DESPLAZAMIENTO	Entre grupos		3870,662	3	1290,221	1,016	0,389
	Dentro de grupos		133321,047	105	1269,724		
	Total		137191,709	108			
EJE VERTICAL MINESSOTA GIRO	Entre grupos		4929,027	3	1643,009	1,727	0,166
	Dentro de grupos		99906,261	105	951,488		
	Total		104835,288	108			
EJE LATERAL MINESSOTA GIRO	Entre grupos		42454,732	3	14151,577	21,011	0,001
	Dentro de grupos		70720,789	105	673,531		
	Total		113175,521	108			
EJE SAGITAL MINESSOTA GIRO	Entre grupos		8092,772	3	2697,591	1,688	0,174
	Dentro de grupos		167807,672	105	1598,168		
	Total		175900,444	108			

EJE VERTICAL PGB MANO DOMINANTE	Entre grupos	16725,236	3	5575,079	4,235	0,007
	Dentro de grupos	138238,482	105	1316,557		
	Total	154963,719	108			
EJE LATERAL PGB MANO DOMINANTE	Entre grupos	69642,100	3	23214,033	17,522	0,001
	Dentro de grupos	139112,336	105	1324,879		
	Total	208754,436	108			
EJE SAGITAL PGB MANO DOMINANTE	Entre grupos	9792,620	3	3264,207	2,127	0,101
	Dentro de grupos	161158,643	105	1534,844		
	Total	170951,263	108			
EJE VERTICAL PGB MANO NO DOMINANTE	Entre grupos	15117,205	3	5039,068	3,043	0,032
	Dentro de grupos	173882,407	105	1656,023		
	Total	188999,612	108			
EJE LATERAL PGB MANO NO DOMINANTE	Entre grupos	81714,900	3	27238,300	23,846	0,001
	Dentro de grupos	119939,634	105	1142,282		
	Total	201654,533	108			
EJE SAGITAL PGB MANO NO DOMINANTE	Entre grupos	4077,738	3	1359,246	1,063	0,368
	Dentro de grupos	134210,447	105	1278,195		
	Total	138288,185	108			

TABLA 11. Tamaño del efecto por eje de prueba de destreza manual

PRUEBA MANUAL	DESTREZA	EJE ACELEROMETRICO	Tamaño del efecto
MINNESOTA DESPLAZAMIENTO		Eje vertical	0.074
		Eje Lateral	0.383
		Eje Sagital	0.028
MINNESOTA GIRO		Eje vertical	0.047
		Eje Lateral	0.375
		Eje Sagital	0.046
GROOVED PEGBOARD MANO DOMINANTE		Eje vertical	0.108
		Eje Lateral	0.334
		Eje Sagital	0.057
GROOVED PEGBOARD MANO NO DOMINANTE		Eje vertical	0.080
		Eje Lateral	0.405
		Eje Sagital	0.029

TABLA 12 CORRELACION EJES ACELEROMETRICOS DE SUBPRUEBAS DE MINNESOTA Y DOMINIOS COGNITIVOS

DOMINIOS COGNITIVOS	MINNESOTA DESPLAZAMIENTO			MINNESOTA GIRO		
	EJE SAGITAL	EJE VERTICAL	EJE LATERAL	EJE SAGITAL	EJE VERTICAL	EJE LATERAL
VISUOESPACIAL	0.018	0.008	0.294**	-0.165	-0.011	0.205*
FUNCION EJECUTIVA	-0.013	-0.130	0.217*	-0.017	-0.058	0.230*
DENOMINACIÓN	-0.104	0.561	0.099	0.050	0.122	0.150
ATENCIÓN Y CONCENTRACIÓN	0.010	-0.041	0.252**	0.102	-0.015	0.278**
LENGUAJE	0.114	-0.059	0.227*	0.048	-0.021	0.291**
ABSTRACCIÓN	-0.016	0.017	0.160	0.033	-0.037	0.027
MEMORIA	0.101	0.091	0.341**	-0.079	0.096	0.463*
ORIENTACIÓN	-0.083	-0.098	0.189*	0.081	0.031	0.100

** .La correlacion es significativa en el nivel 0,01
 * .La correlacion es significativa en el nivel 0,05

TABLA 13. CORRELACIONES EJES ACELEROMETRICOS DE SUBPRUEBAS DE GROOVED PEGBOARD TEST

DOMINIO COGNITIVO (MoCA)	GPT-Dominante			GPT-No dominante		
	EJE SAGITAL	EJE VERTICAL	EJE LATERAL	EJE SAGITAL	EJE VERTICAL	EJE LATERAL
VISUOESPACIAL	-0.004	-0.134	0.222*	-0.169	0.010	0.233*
FUNCION EJECUTIVA	-0.097	-0.118	0.140	-0.017	-0.32	0.275*
DENOMINACIÓN	-0.033	0.055	0.079	0.020	0.016	0.137
ATENCIÓN Y CONCENTRACIÓN	-0.118	-0.092	0.321**	0.078	-0.003	0.258**
LENGUAJE	-0.055	-0.065	0.349**	0.051	-0.001	0.244*
ABSTRACCIÓN	0.040	-0.046	0.118	-0.058	0.013	0.045
MEMORIA	-0.078	-0.001	0.376**	-0.049	0.075	0.325**
ORIENTACIÓN	-0.036	0.031	0.211*	0.210	0.070	0.085

GPT dominante: Grooved pegboard test subprueba mano dominante; GPT-no dominante: Grooved pegboard test subprueba mano No dominante
 **.La correlación es significativa en el nivel 0,01
 *.La correlación es significativa en el nivel 0,05

Se realizaron subanálisis para explorar dominios cognitivos que se obtuvieron del MoCA observando que las 4 pruebas tienen una correlación significativa en varios dominios cognitivos (función ejecutiva, denominación, atención, lenguaje, memoria). El dominio visuoespacial solo se observó en 3 pruebas (Grooved pegboard test tanto mano dominante como no dominante y Minnesota giro). La abstracción solo fue significativa en ambas subpruebas de Grooved Pegboard test.

La prueba de Grooved Pegboard test mano no dominante presenta correlación con todos los dominios evaluados. (tabla 8).

Por estos hallazgos se decidió realizar correlaciones de los ejes acelerométricos donde se aprecia que solo el eje lateral tiene relación en las 4 pruebas en varios dominios principalmente visuoespacial, atención y concentración, memoria, alcanzaron un nivel de $p < 0.05$ y $p < 0.01$. Mientras que denominación y abstracción no presentó ninguna correlación en ningún eje de ninguna prueba. (Tabla 12 y 13). Solo la prueba de Grooved Pegboard Test en su eje lateral se correlacionó con la orientación de forma positiva. Mientras que la función ejecutiva se correlacionó con 3 pruebas en su eje lateral excepto con mano dominante.

DISCUSIÓN

Nuestro estudio tuvo como objetivo determinar la asociación entre la destreza manual por acelerometría y la función cognitiva, utilizando 2 pruebas de destreza manual Grooved PegBoard test y Minnesota que previamente se han utilizado para evaluar la función cognitiva sin embargo no tenemos precedentes en la población mexicana.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran una asociación entre la severidad de los déficits cognitivos y una mayor lentitud en la ejecución de una prueba de destreza motora fina documentadas a través de movimientos evaluados por acelerometría, identificando de esta manera múltiples ejes de aceleración (específicamente 3 ejes lateral, vertical, horizontal) implicados con el movimiento, así como promedios acelerométricos.

La literatura refiere que el modelo actual de la función cerebral consta de múltiples regiones corticales y su conectividad son esenciales para mantener un buen desempeño en tareas cronometradas (principalmente velocidad y precisión)(1,2), existe un fenómeno denominado síndrome de desconexión que ocurre en la enfermedad de Alzheimer y otras demencias presentándose desde etapas preclínicas que consiste en una alteración en la conectividad entre áreas de asociación corticales y neocorticales que trabajan en conjunto en diferentes tareas cognitivas integradoras, este proceso de desconexión ocasiona un déficit específico en la integración efectiva de un estímulo principalmente sensorial (visuales, auditivas, etc) exhibiendo tiempos de respuesta ampliamente mayores a los controles normales(88,89) esta teoría puede explicar el aumento del tiempo de ejecución de pruebas de destreza motora a mayor severidad del trastorno cognitivo que encontramos en nuestro estudio.

El envejecimiento también se asocia con disminuciones en el rendimiento motor; múltiples estudios han evidenciado características únicas relacionadas con el envejecimiento cognitivo en la función motora(90,91); identificando cambios en la velocidad motora, sutileza, cadencia, coordinación, sincronización y perfiles de trayectoria del movimiento, velocidad o aceleración (90).

Múltiples estudios también han reportado a través de estudios de imagen que la corteza prefrontal y parietal reducen con la edad, lo que puede explicar los déficits de rendimientos motores en la vejez pues el control motor depende primordialmente de estas regiones.(11,92), esta reducción corresponde a la hipótesis de atrofia de “el último en entrar, el primero en salir”, de acuerdo a esta hipótesis, las regiones del cerebro que son las últimas en desarrollarse son las primeras en atrofiarse, tanto de la materia gris como de la materia blanca (11,93), de igual manera se ha observado variabilidad en las vías de las fibras neuronales relacionadas con el control motor (94), esto puede explicar la diferencia entre el desempeño encontrado

entre adultos mayores y jóvenes de nuestro estudio, tanto en velocidad como en aceleraciones.

Así mismo se han descrito cambios en el funcionamiento cognitivo de los pacientes con EA y DCL, principalmente en la percepción, la atención, la memoria y la velocidad del procesamiento de la información, todos estos dominios pueden contribuir a las dificultades que muestran estos individuos en pruebas de aprendizaje y control motor. (95) Se ha descrito que de acuerdo al estadio del trastorno cognitivo la función motora se empieza a comprometer ocasionando déficit a este nivel.(96) es por ello que se puede considerar que el fenómeno relacionado entre el envejecimiento y la demencia guarda una línea muy pequeña lo que ocasiona dificultad para diferenciarlas, dado que están involucradas múltiples dominios, por lo cual nuestro estudio busca también encontrar diferencias que se puedan cuantificar.

Kluger observó que los déficits motores pueden ser jerárquicos pues en su estudio se reportó que el control motor fino y complejo se ve afectado antes o en etapas preclínicas que el control motor grueso.(96) es por ello que nosotros consideramos el uso de 2 diferentes pruebas de destreza manual con el objetivo de observar ambos controles motores, además de combinarlas con el registro de movimientos a través de un acelerómetro lo cual podría aportar no solo mayor objetividad en la discriminación de la destreza manual sino incrementaría la eficiencia de las pruebas

La destreza manual también es importante para el desempeño de las tareas diarias y ocupacionales, una pérdida de ella se ha correlacionado con una peor competencia laboral, progresión de la enfermedad y deterioro cognitivo(97)

La destreza manual, clásicamente se cuantifica en unidades o intervalos de tiempo, a través de pruebas que midan la capacidad de manipular un objeto mediante protocolos ejecutivos que involucran la coordinación de las manos y los dedos combinadas con elementos de agudeza mental, sensibilidad táctil, fuerza muscular, control de fuerza y coordinación, las más utilizadas son Grooved Pegboard test, Minnesota, 9 hole Pegboard, etc(77,91,98) que tiene utilidad en evaluaciones neuropsicológicas pues no solo valora la destreza manual sino también tiene la capacidad para detectar alteraciones en la coordinación motora compleja, y la lateralidad de función del sistema nervioso central.(99), incluso se ha comparado su rendimiento con pruebas cognitivas donde se evalúan flexibilidad mental, atención sostenida, velocidad de percepción, razonamiento no verbal, funciones ejecutivas y memoria demostrando asociaciones moderadas con la función cognitiva.(100)

Diferentes investigaciones han mostrado esta dificultad en tareas que evalúan movimientos motores finos o de destreza manual; por ejemplo el uso de tableros de clavijas, Minnesota, etc., evidenciando que aquellos con deterioro cognitivo o demencia experimentaron dificultades en estas actividades, comparados con los controles sanos.(77,95), otro estudio realizado por Kluger en 1997 evaluó patrones de deterioro motor en el envejecimiento normal utilizando 9 diferentes pruebas manuales de función motora, que incluía la evaluación de la función motora gruesa, fina y compleja (fuerza, estabilidad de mano y cabeza, velocidad de respuesta etc.), en este estudio se obtuvo un promedio de velocidad en la prueba de Grooved pegboard (mano dominante) de 78.8 seg (15.3) en adultos mayores normales, 104.8(59.4) adultos mayores con deterioro cognitivo, 131.5 (71.6) adultos mayores con demencia. (13) estos resultados concuerdan con las medias obtenidas en nuestro estudio, adultos mayores sanos . En 2017 un estudio mostró que para completar pruebas de destreza manual los adultos mayores requieren mayor tiempo de ejecución que los adultos de mediana edad reportando cerca de 25.7% más de tiempo entre grupos ($P < 0.05$.d de cohen=5,6, estimación de Hodges-lehmann= 18,6) , por otra parte la prueba de Groved Peg Board test demostró que era un reto cognitivo mayor a las otras pruebas de destreza manual que utilizaron en ese estudio; lo que justifica el porque del uso de esta prueba en nuestro estudio; en comparación a pruebas similares como la prueba de 9 hoyos u otras pruebas de destreza manual que tuvieron más asociación con la fuerza que con otras variables.(98)

Actualmente existen poca evidencia publicada que examine el control motor fino de forma mas precisa, más allá de la velocidad.

La prueba de Grooved Peg board test demostró mayor asociación con la función cognitiva que la prueba de Minnesota tanto en función de la variable tiempo como de aceleración , esto puede respaldar otros hallazgos previos dado que esta prueba no solo requiere destreza motora sino que utiliza también la visión, la velocidad, atención y monitoreo continuo de la precisión, coordinación mano-ojo, (99) (100), pues se ha descrito que puede reflejar factores cognitivos, función ejecutiva y de circuitos frontosubcorticales(75), se ha se ha señalado que la educación no influye en el desempeño de esta prueba (97), además que estudios previos han demostrado fuerte correlación con tareas cognitivas en adultos mayores sanos magnitudes superiores a $r=0,20$ y $p < 0,01$ sin influencia de la edad ni escolaridad comparadas con otras pruebas de destreza manual (99) , así como una asociación tanto transversal como longitudinal entre la destreza manual y la función cognitiva utilizando pruebas similares, mostrando la conexión de la función cerebral con la función motora de la mano, mismo hallazgo encontrado en nuestro trabajo(67). Bezdicek at el. Demostraron también que esta prueba tiene la capacidad de predecir el rendimiento en el MoCA y no solo es una prueba que

muestra un desempeño motor (100), se han encontrado variaciones en el desempeño de esta prueba relacionadas no solo con la edad, sino también con la educación, género, raza o etnia, reportando en algunos estudios que el género femenino en algunas pruebas es más veloz que el masculino(101), así como mayor velocidad de ejecución en jóvenes comparados con los adultos mayores, que en niños y adolescentes estos encuentran un promedio general homogéneo y más rápido entre los 8 y 10 años, pero menor influencia con el género comparados a otras pruebas de destreza manual descrita en adultos (102), existe información limitada en relación a la cultura hispanohablantes y norteamericanos o de habla inglesa de datos normativos de la destreza manual (97), por lo cual nuestro resultado también aporta nueva información sobre el desempeño de la población mexicana en estas pruebas.

Otra prueba de destreza manual que utilizamos en nuestro estudio fue Minnesota , investigaciones previas han demostrado que es una prueba de mayor complejidad y tiene un rendimiento menor o disminuido relacionada con la edad, pero que tiene la capacidad de discriminar individuos sanos de individuos con deterioro cognitivo, además de involucrar habilidades de coordinación interhemisféricas a través del cuerpo calloso que otras pruebas no aportan pero que podrían también sesgar su evaluación, (103) también se ha observado que específicamente la subprueba de giro es la que tiene mayor dificultad en la comprensión de la instrucción y al combinar el movimiento de ambas manos al mismo tiempo no permite determinar la lateralidad de la afección (69) lo que ha llevado incluso a crear versiones más sencillas, probablemente por ello en nuestro estudio el tiempo de ejecución y la aceleración no pudo asociarse claramente con la cognición.

Desrosiers et al. Al realizar pruebas de confiabilidad y validez, encontró que la prueba de Minnesota la edad se correlaciona de forma lineal con las puntuaciones, así como el género también influye pues las mujeres fueron más rápidas con la mano derecha las subpruebas de colocación y giro, se reporto en este estudio que los adultos mayores sanos tenían un promedio 76.9 (8.6) seg en la prueba de desplazamiento en mano dominante y prueba de giro un promedio 61.3 (9.2)seg (73), mientras que nuestra muestra reporto un promedio mayor.

Algunos estudios ha abordado la correlación de dominios cognitivos con el desempeño en pruebas de destreza motora reportando correlación significativa ($p < 0.001$) en todos los dominios cognitivos evaluados durante la ejecución la prueba de Grooved Pegboard (99), en nuestro estudio este hallazgo fue similar en la subprueba de Grooved Pegboard mano no dominante, mientras que Minnesota solo se correlacionó con algunos dominios, esto es consistente con el conocimiento existente, ya que se ha dicho que la prueba de Grooved Pegboard aprovecha no

solo la destreza motora sino también "la visión, la velocidad, la atención y el monitoreo continuo de la precisión(76,77,99)

La prueba de Grooved Peg board test demostró mayor asociación con la función cognitiva que la prueba de Minnesota tanto en función de la variable tiempo como de aceleración , esto puede respaldar otros hallazgos previos dado que esta prueba no solo requiere destreza motora sino que utiliza también la visión, la velocidad, atención y monitoreo continuo de la precisión, coordinación mano-ojo, (99) (100), pues se ha descrito que puede reflejar factores cognitivos, función ejecutiva y de circuitos frontosubcorticales(75).

Por lo cual nuestro estudio indica que a pesar de las diferentes pruebas de destreza manual que se conocen, las 2 utilizadas ya habían demostrado la asociación con la función cognitiva, sin embargo por la complejidad de la prueba de Minnesota en nuestra población no encontramos una asociación más fuerte comparado con la prueba de Grooved Perboard, dado que ya existe esta asociación implementemos el uso de acelerometría en combinación con esta prueba lo que nos aporta una mayor objetividad en los resultados y amplía la descripción de movimientos a través de ejes consiguiendo así identificar un patrón que muestra no solo la velocidad sino también la aceleración y los ejes que están involucrados con el desempeño cognitivo.

Hasta el momento no existen reportes de estos patrones acelerométricos, la mayoría de los estudios que utilizan acelerómetros triaxiales de muñeca se han empleado para capturar características específicas de la marcha, postura, balanceo de forma cuantitativa(104), incluso se han encontrado utilidad para seguimiento remoto en rehabilitación física post evento vascular(105,106), ataxia(104), alteraciones cerebelosas, esclerosis múltiple(107), enfermedad de Parkinson (108), actividad física, sedentarismo y otros estudios realizaron combinaciones con acelerómetros de cadera para poder describir los movimientos de actividades instrumentadas de la vida diaria, destacando que el uso de acelerómetro de muñeca aportaba mayor concordancia (109), estos estudios describen principalmente 3 ejes de movimiento en un plano vertical , plano lateral de derecha a izquierda y plano horizontal de adelante hacia atrás mostrando que su confiabilidad en movimientos de la muñeca es alto para medir el recuento de actividades (109).

Un estudio registro movimientos en pacientes con demencia utilizando acelerómetro de muñeca encontrando una mayor cantidad de movimientos en los pacientes con demencia que en los sanos al realizar una actividad cognitiva como rompecabezas o una actividad con robot, sin embargo no fue concluyente en los resultados al categorizar la severidad de la demencia y su enfoque estaba dedicado a la motivación de los pacientes con demencia (110).

LIMITACIONES

La principal limitación de este estudio es un pequeño tamaño de la muestra que nos impidió examinar efectos en relación a género de acuerdo a etapa del trastorno cognitivo pues a diferencia de otros estudios; en nuestra muestra las mujeres superaron en cantidad a los hombres.

Debido a nuestro tamaño de muestra modesto, principalmente en el grupo de normales nuestros resultados no son concluyentes

Se necesitan estudios adicionales y ampliar la muestra para generalización de estos hallazgos.

FORTALEZAS

El presente estudio pudo demostrar que tecnologías de movimiento como lo es el acelerómetro triaxial de muñeca puede ser útil para describir los ejes de movimiento y cuantificar la aceleración de acuerdo al estado cognitivo, y podrían usarse para evaluar de forma objetiva la destreza manual de pacientes con trastornos cognitivos, pues encontramos una asociación con esta. También se obtuvo información del desempeño en 2 pruebas de destreza manual en población mexicana en diferentes fases de trastorno cognitivo lo que puede contribuir como valores de referencias que no se tenía registro.

Una de las fortalezas de nuestro estudio es que se usaron 3 pruebas diferentes para estadificar la cognición, la mayoría de los autores han utilizado solo una prueba y principalmente MMSE lo que podría marca una diferencia con algunos resultado pues se ha observado un mayor puntaje o mejor desempeño asociado a la escolaridad, lo que nos permitió identificar los diferentes estadios de función cognitiva desde lo normal, etapas preclínicas, demencia.

Estos resultados sugieren que a menor edad mejor destreza manual y a mayor deterioro cognitivo peor desempeño.

Proyecciones a futuro, estos resultados podrían ser el punto de partida para desarrollar puntos de corte y posteriormente una prueba cognitiva que permita de forma cuantitativa la identificación de trastornos cognitivos en etapas preclínicas.

CONCLUSIONES

- ▶ Las 4 pruebas de destreza manual presentan asociación con la cognición al evaluar el tiempo de ejecución, como se ha demostrado en estudios que lo preceden; y al combinarlas con acelerometría la prueba de Minnesota solo la subprueba desplazamiento se relacionó con la cognición en 2 ejes lateral y vertical (Eje vertical $p=0.044$, lateral $p=0.001$), mientras que la subprueba giro solo en el eje lateral (lateral $p=0.001$).

- ▶ La prueba de Grooved pegboard test mostró mayor asociación con el diagnóstico cognitivo, tanto en tiempo de ejecución (tiempo $P=0.001$) como en los parámetros acelerométricos. (Eje vertical $p=0.001$, lateral $p=0.001$)
- ▶ Estos hallazgos iniciales indican que el patrón de aceleración en el movimiento del eje lateral y vertical de ambas manos está relacionado con diagnósticos cognitivos al realizar la prueba de Grooved Pegboard.

REFERENCIAS

1. Sachdev PS, Blacker D, Blazer DG, Ganguli M, Jeste DV, Paulsen JS, et al. Classifying neurocognitive disorders: the DSM-5 approach. *Nat Rev Neurol*. 2014;10(11):634-42.
2. Custodio N, Montesinos R, Alarcón JO. Evolución histórica del concepto y criterios actuales para el diagnóstico de demencia. *Rev Neuropsiquiatr*. 2019;81(4):235.
3. Eramudugolla R, Mortby ME, Sachdev P, Meslin C, Kumar R, Anstey KJ. Evaluation of a research diagnostic algorithm for DSM-5 neurocognitive disorders in a population-based cohort of older adults. *Alzheimers Res Ther*. 2017;9(1):15.
4. Jack CR, Bennett DA, Blennow K, Carrillo MC, Dunn B, Haeberlein SB, et al. NIA-AA Research Framework: Toward a biological definition of Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement*. 2018;14(4):535-62.
5. Petersen RC, Negash S. Mild Cognitive Impairment: *An Overview*. *CNS Spectr*. 2008;13(1):45-53.
6. Arvanitakis Z, Shah RC, Bennett DA. Diagnosis and Management of Dementia: Review. *JAMA*. 2019;322(16):1589.
7. López-Álvarez J, Agüera-Ortiz LF. Nuevos criterios diagnósticos de la demencia y la enfermedad de Alzheimer: una visión desde la psicogeriatría. *Psicogeriatría*. 2015;5(1):3-14.
8. Choreño-Parra JA, De la Rosa-Arredondo T, GuadarramaOrtíz P. Abordaje diagnóstico del paciente con deterioro cognitivo en el primer nivel de atención. *Med Interna México*. 2020;36(6):807-24.
9. Estudio Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México. Estudio ENASEM 2001: documento metodológico. Reporte de proyecto. ENASEM, 2004. Disponible en: http://www.mhas.pop.upenn.edu/espanol/documentos/Metodologico/Doc_metodologico-v2.pdf.
10. Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Hernández-Ávila M. Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Hernández-Ávila M. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX), 2012. 2012.
11. Seidler RD, Bernard JA, Burutolu TB, Fling BW, Gordon MT, Gwin JT, et al. Motor control and aging: Links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neurosci Biobehav Rev*. abril de 2010;34(5):721-33.
12. Fling BW, Seidler RD. Fundamental Differences in Callosal Structure,

Neurophysiologic Function, and Bimanual Control in Young and Older Adults. *Cereb Cortex*. 2012;22(11):2643-52.

13. Kluger A, Gianutsos JG, Golomb J, Ferris SH, George AE, Franssen E, et al. Patterns of Motor Impairment in Normal Aging, Mild Cognitive Decline, and Early Alzheimer's Disease. *J Gerontol Psychol Sci*. 1997;52B(1):28-39.

14. Benavides-Caro CA. Deterioro cognitivo en el adulto mayor. *Rev Mex Anestesiología*. 2017;4(2):107-12.

15. Romo-Galindo DA, Padilla-Moya E. Utilidad de los test cognoscitivos breves para detectar la demencia en población mexicana. *Arch Neurocienc Mex INNN*. 23(4):26-34.

16. Villaseñor-Cabrera T, Guàrdia-Olmos J, Jiménez-Maldonado M, Rizo-Curiel G, Perú-Cebollero M. Sensitivity and specificity of the Mini-Mental State Examination in the Mexican population. *Qual Quant*. 2010;44(6):1105-12.

17. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53(4):695-9.

18. Aguilar-Navarro SG, Mimenza-Alvarado AJ, Palacios-García AA, Samudio-Cruz A, Gutiérrez-Gutiérrez LA, Ávila-Funes JA. Validez y confiabilidad del MoCA (Montreal Cognitive Assessment) para el tamizaje del deterioro cognoscitivo en México. *Rev Colomb Psiquiatr*. 2018;47(4):237-43.

19. Carnero-Pardo C, Rego-García I, Barrios-López JM, Blanco-Madera S, Calle-Calle R, López-Alcalde S, et al. Assessment of the diagnostic accuracy and discriminative validity of the Clock Drawing and Mini-Cog tests in detecting cognitive impairment. *Neurol Engl Ed*. 2022;37(1):13-20.

20. Ribeiro Filho ST, Lourenço RA. The performance of the Mini-Cog in a sample of low educational level elderly. *Dement Neuropsychol*. 2009;3(2):81-7.

21. Ostrosky F, Ardila A, Rosselli M. Ostrosky F, Ardila A, Rosselli M. Evaluación Neuropsicológica Breve en Español. *NEUROPSI*. México: Ed. Manual Moderno; 1999.

22. Rosas R, Tenorio M, Pizarro M, Cumsille P, Bosch A, Arancibia S, et al. Estandarización de la Escala Wechsler de Inteligencia Para Adultos-Cuarta Edición en Chile. *Psykhé Santiago*. 2014;23(1):1-18.

23. Lee J, Kim HJ. Normal Aging Induces Changes in the Brain and Neurodegeneration Progress: Review of the Structural, Biochemical, Metabolic, Cellular, and Molecular Changes. *Front Aging Neurosci*. 30 de junio de 2022;14:931536.

24. Jin M, Cai SQ. Mechanisms Underlying Brain Aging Under Normal and

Pathological Conditions. *Neurosci Bull.* febrero de 2023;39(2):303-14.

25. Harada CN, Natelson Love MC, Triebel KL. Normal Cognitive Aging. *Clin Geriatr Med.* noviembre de 2013;29(4):737-52.

26. Juan SMA, Adlard PA. Ageing and Cognition. En: Harris JR, Korolchuk VI, editores. *Biochemistry and Cell Biology of Ageing: Part II Clinical Science* [Internet]. Singapore: Springer Singapore; 2019 [citado 2 de noviembre de 2024]. p. 107-22. (Subcellular Biochemistry; vol. 91). Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-981-13-3681-2_5

27. Ota Y, Shah G. Imaging of Normal Brain Aging. *Neuroimaging Clin N Am.* agosto de 2022;32(3):683-98.

28. Borne A, Lemaitre C, Bulteau C, Baciú M, Perrone-Bertolotti M. Unveiling the cognitive network organization through cognitive performance. *Sci Rep.* 21 de mayo de 2024;14(1):11645.

29. Ortiz P. Naturaleza de la cognición humana. *Revista Peruana de Neurología.* 2000;6(3).

30. Bayne T, Brainard D, Byrne RW, Chittka L, Clayton N, Heyes C, et al. What is cognition? *Curr Biol.* julio de 2019;29(13):R608-15.

31. Caserta MT, Bannon Y, Fernandez F, Giunta B, Schoenberg MR, Tan J. Chapter 1 Normal Brain Aging. En: *International Review of Neurobiology* [Internet]. Elsevier; 2009 [citado 2 de noviembre de 2024]. p. 1-19. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0074774209004012>

32. Valdez P. Circadian Rhythms in Attention. *Yale J Biol Med.* 2019;92(1):81-92.

33. Kirk A. Cognition in Normal Aging – A Brief Review. *Can J Neurol Sci J Can Sci Neurol.* marzo de 2024;51(2):157-60.

34. Squire LR, Zola-Morgan M. Conscious and Unconscious Memory Systems. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* marzo de 2015;7(3):a021667.

35. Almaraz-Espinoza A, Grider MH. Physiology, Long Term Memory. En: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [citado 6 de noviembre de 2024]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549791/>

36. Poddar J, Pradhan M, Ganguly G, Chakrabarti S. Biochemical deficits and cognitive decline in brain aging: Intervention by dietary supplements. *J Chem Neuroanat.* enero de 2019;95:70-80.

37. Koutsimani P, Montgomery A. Burnout and Cognitive Functioning: Are We Underestimating the Role of Visuospatial Functions? *Front Psychiatry.* 23 de marzo de 2022;13:775606.

38. Diamond A. Executive Functions. *Annu Rev Psychol.* 3 de enero de

2013;64(1):135-68.

39. Cristofori I, Cohen-Zimmerman S, Grafman J. Executive functions. En: Handbook of Clinical Neurology [Internet]. Elsevier; 2019 [citado 6 de noviembre de 2024]. p. 197-219. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128042816000112>

40. Koziol LF, Lutz JT. From Movement to Thought: The Development of Executive Function. *Appl Neuropsychol Child*. julio de 2013;2(2):104-15.

41. Martínez-Carrasco C, Cid-Navarrete F, Rossel PO, Fuentes J, Zamunér AR, Méndez-Rebolledo G, et al. Relationship Between Executive Function Subdomains and Postural Balance in Community-Dwelling Older Adults. *J Aging Phys Act*. 2024;1-9.

42. Elías MN, Munro CL, Liang Z. Executive Function, Dexterity, and Discharge Disposition in Older Intensive Care Unit Survivors. *Am J Crit Care*. 1 de noviembre de 2020;29(6):484-8.

43. Rinne P, Hassan M, Fernandes C, Han E, Hennessy E, Waldman A, et al. Motor dexterity and strength depend upon integrity of the attention-control system. *Proc Natl Acad Sci* [Internet]. 16 de enero de 2018 [citado 6 de noviembre de 2024];115(3). Disponible en: <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1715617115>

44. Ayers E, Verghese J. Diagnosing Motoric Cognitive Risk Syndrome to Predict Progression to Dementia. *Neurodegener Dis Manag*. 2014;4(5):339-42.

45. Rahman-Filipiak AM, Giordani B, Heidebrink J, Bhaumik A, Hampstead BM. Self- and Informant-Reported Memory Complaints: Frequency and Severity in Cognitively Intact Individuals and those with Mild Cognitive Impairment and Neurodegenerative Dementias. Han D, editor. *J Alzheimers Dis*. 11 de septiembre de 2018;65(3):1011-27.

46. Semba RD, Tian Q, Carlson MC, Xue QL, Ferrucci L. Motoric cognitive risk syndrome: Integration of two early harbingers of dementia in older adults. *Ageing Res Rev*. marzo de 2020;58:101022.

47. Kravatz NL, Adhikari D, Ayers E, Verghese J. Prodromal Motoric Cognitive Risk Syndrome and Everyday Function. *J Alzheimers Dis*. 7 de noviembre de 2023;96(2):695-704.

48. Meiner Z, Ayers E, Verghese J. Motoric Cognitive Risk Syndrome: A Risk Factor for Cognitive Impairment and Dementia in Different Populations. *Ann Geriatr Med Res*. 2020;24(1):3-14.

49. Sathyan S, Ayers E, Gao T, Milman S, Barzilai N, Rockwood K, et al. Frailty and Risk of Incident Motoric Cognitive Risk Syndrome. Montero-Odasso M, Perry G, editores. *J Alzheimers Dis*. 19 de septiembre de 2019;71(s1):S85-93.

50. Proietti M, Cesari M. Frailty: What Is It? En: Veronese N, editor. *Frailty and Cardiovascular Diseases: Research into an Elderly Population* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 1-7. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33330-0_1
51. Kim DH, Rockwood K. Frailty in Older Adults. Hardin CC, editor. *N Engl J Med*. 8 de agosto de 2024;391(6):538-48.
52. Park C, Ko FC. The Science of Frailty. *Clin Geriatr Med*. noviembre de 2021;37(4):625-38.
53. Hoogendijk EO, Afilalo J, Ensrud KE, Kowal P, Onder G, Fried LP. Frailty: implications for clinical practice and public health. *The Lancet*. octubre de 2019;394(10206):1365-75.
54. Cohen CI, Benyamini R, Rahman M, Ngu D, Reinhardt M. Frailty. *Med Clin North Am*. enero de 2023;107(1):183-97.
55. Sugimoto T, Arai H, Sakurai T. An update on cognitive frailty: Its definition, impact, associated factors and underlying mechanisms, and interventions. *Geriatr Gerontol Int*. febrero de 2022;22(2):99-109.
56. Shen S, Zeng X, Xu L, Chen L, Liu Z, Chu J, et al. Association between motoric cognitive risk syndrome and frailty among older Chinese adults. *BMC Geriatr*. diciembre de 2020;20(1):110.
57. Jiang D, Chen X, Huang J, Wu L, Chen Y, Feng H, et al. Associations of sarcopenia, sarcopenia parameters and motoric cognitive risk syndrome in Chinese older adults. *Front Aging Neurosci*. 22 de noviembre de 2023;15:1302879.
58. Zhang T, Zhang Y, Lv Z, Xiang J. Sarcopenia and motoric cognitive risk syndrome: a moderated mediation model. *BMC Geriatr*. 19 de febrero de 2022;22(1):141.
59. Beeri MS, Leugrants SE, Delbono O, Bennett DA, Buchman AS. Sarcopenia is associated with incident Alzheimer's dementia, mild COGNITIVE IMPAIRMENT, and cognitive decline. *J Am Geriatr Soc*. julio de 2021;69(7):1826-35.
60. Lauretani F. "Brain-muscle loop" in the fragility of older persons: from pathophysiology to new organizing models. *Aging Clin Exp Res*. 2017;
61. Basile G, Sardella A. From cognitive to motor impairment and from sarcopenia to cognitive impairment: a bidirectional pathway towards frailty and disability. *Aging Clin Exp Res*. febrero de 2021;33(2):469-78.
62. Connors MH, Sachdev PS, Kochan NA, Xu J, Draper B, Brodaty H. Cognition and mortality in older people: the Sydney Memory and Ageing Study. *Age Ageing*. 2015;44(6):1049-54.

63. Buracchio T, Dodge HH, Howieson D, Wasserman D, Kaye J. The Trajectory of Gait Speed Preceding Mild Cognitive Impairment. *Arch Neurol* [Internet]. 2010;67(8). Disponible en: <http://archneur.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archneurol.2010.159>
64. Marty B, Wens V, Bourguignon M, Naeije G, Goldman S, Jousmäki V, et al. Neuromagnetic Cerebellar Activity Entrain to the Kinematics of Executed Finger Movements. *The Cerebellum*. 2018;17(5):531-9.
65. Haggard P. Conscious intention and motor cognition. *Trends Cogn Sci*. 2005;9(6):290-5.
66. Kobayashi-Cuya KE, Sakurai R, Suzuki H, Ogawa S, Takebayashi T, Fujiwara Y. Observational Evidence of the Association Between Handgrip Strength, Hand Dexterity, and Cognitive Performance in Community-Dwelling Older Adults: A Systematic Review. *J Epidemiol*. 2018;28(9):373-81.
67. Abe T, Soma Y, Kitano N, Jindo T, Sato A, Tsunoda K, et al. Change in hand dexterity and habitual gait speed reflects cognitive decline over time in healthy older adults: a longitudinal study. *J Phys Ther Sci*. 2017;29(10):1737-41.
68. Morán AMM. Desarrollo de la motricidad en etapa infantil. *Rev Multidiscip Investig*. 2017;2(3):10-26.
69. Wang YC, Wickstrom R, Yen SC, Kapellusch J, Grogan KA. Assessing manual dexterity: Comparing the WorkAbility Rate of Manipulation Test with the Minnesota Manual Dexterity Test. *J Hand Ther*. julio de 2018;31(3):339-47.
70. Escolano-Pérez E, Herrero-Nivela ML, Losada JL. Association Between Preschoolers' Specific Fine (But Not Gross) Motor Skills and Later Academic Competencies: Educational Implications. *Front Psychol*. 2020;11:1044.
71. Ludwig PE, Reddy V, Varacallo M. Neuroanatomy, Central Nervous System (CNS). 2022 Oct 10. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL). PMID: 28723039.
72. Morris R, Whishaw IQ. Arm and hand movement: current knowledge and future perspective. *Front Neurol Mov Disord*. 2015;6(19):1-2.
73. Desrosiers J, Rochette A, Hébert R, Bravo G. The Minnesota Manual Dexterity Test: Reliability, Validity and Reference Values Studies with Healthy Elderly People. *Can J Occup Ther*. diciembre de 1997;64(5):270-6.
74. Lee ATL, Tsang HWH. Validation of the Complete Minnesota Dexterity Test for adults with moderate graded mental retardation in Hong Kong: *Int J Rehabil Res*. 2001;153-6.
75. Tolle KA, Rahman-Filipiak AM, Hale AC, Kitchen Andren KA, Spencer RJ. Grooved Pegboard Test as a measure of executive functioning. *Appl Neuropsychol Adult*. 2 de septiembre de 2020;27(5):414-20.

76. Chang F, Cerny BM, Tse PKY, Rauch AA, Khan H, Phillips MS, et al. Using the Grooved Pegboard Test as an Embedded Validity Indicator in a Mixed Neuropsychiatric Sample with Varying Cognitive Impairment: Cross-Validation Problems. *Percept Mot Skills*. abril de 2023;130(2):770-89.
77. Curreri C, Trevisan C, Carrer P, Facchini S, Giantin V, Maggi S, et al. Difficulties with Fine Motor Skills and Cognitive Impairment in an Elderly Population: The Progetto Veneto Anziani. *J Am Geriatr Soc*. febrero de 2018;66(2):350-6.
78. Peimer CA, Wheeler DR, Barrett A, Goldschmidt PG. Hand function following single ray amputation. *J Hand Surg*. noviembre de 1999;24(6):1245-8.
79. Kim DY, Jung YS, Park RW, Joo NS. Different Location of Triaxial Accelerometer and Different Energy Expenditures. *Yonsei Med J*. 2014;55(4):1145.
80. Soaz C, Diepold K. Step Detection and Parameterization for Gait Assessment Using a Single Waist-Worn Accelerometer. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2016;63(5):933-42.
81. Álvarez-Millán L, Lerma C, Castillo-Castillo D, Quispe-Siccha RM, Pérez-Pacheco A, Rivera-Sánchez J, et al. Chronotropic Response and Heart Rate Variability before and after a 160 m Walking Test in Young, Middle-Aged, Frail, and Non-Frail Older Adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(14):8413.
82. Rivera JDJ, Fonseca-Sanchez MA, Rodriguez P, Garcia JM, Palma I, Aristi G, et al. Physical Activity Protects Men but Not Women for Sarcopenia Development. *Gerontol Geriatr Med*. 2016;2:233372141666787.
83. Lamoth CJ, Van Deudekom FJ, Van Campen JP, Appels BA, De Vries OJ, Pijnappels M. Gait stability and variability measures show effects of impaired cognition and dual tasking in frail people. *J NeuroEngineering Rehabil*. 2011;8(1):2.
84. Mathie MJ, Celler BG, Lovell NH, Coster ACF. Classification of basic daily movements using a triaxial accelerometer. *Med Biol Eng Comput*. 2004;42(5):679-87.
85. Yang CC, Hsu YL. A Review of Accelerometry-Based Wearable Motion Detectors for Physical Activity Monitoring. *Sensors*. 2010;10(8):7772-88.
86. Tasheva P, Kraege V, Vollenweider P, Roulet G, Méan M, Marques-Vidal P. Accelerometry assessed physical activity of older adults hospitalized with acute medical illness - an observational study. *BMC Geriatr*. 2020;20(1):382.
87. Barnett A, Van Den Hoek D, Barnett D, Cerin E. Measuring moderate-intensity walking in older adults using the ActiGraph accelerometer. *BMC Geriatr*. 2016;16(1):211.
88. De Paula JJ, Albuquerque MR, Lage GM, Bicalho MA, Romano-Silva MA, Malloy-Diniz LF. Impairment of fine motor dexterity in mild cognitive impairment and

Alzheimer's disease dementia: association with activities of daily living. *Rev Bras Psiquiatr.* 8 de abril de 2016;38(3):235-8.

89. Salmon DP, Bondi MW. Neuropsychological Assessment of Dementia. *Annu Rev Psychol.* 1 de enero de 2009;60(1):257-82.

90. Yan JH, Rountree S, Massman P, Doody RS, Li H. Alzheimer's disease and mild cognitive impairment deteriorate fine movement control. *J Psychiatr Res.* octubre de 2008;42(14):1203-12.

91. Song CS. Relationship between visuo-perceptual function and manual dexterity in community-dwelling older adults. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(6):1871-4.

92. Ren J, Wu YD, Chan JS, Yan JH. Cognitive aging affects motor performance and learning. *Geriatr Gerontol Int.* enero de 2013;13(1):19-27.

93. Bartzokis G, Sultzer D, Lu PH, Nuechterlein KH, Mintz J, Cummings JL. Heterogeneous age-related breakdown of white matter structural integrity: implications for cortical "disconnection" in aging and Alzheimer's disease. *Neurobiol Aging.* agosto de 2004;25(7):843-51.

94. Holtrop JL, Loucks TM, Sosnoff JJ, Sutton BP. Investigating Age-related changes in fine motor control across different effectors and the impact of white matter integrity. *NeuroImage.* agosto de 2014;96:81-7.

95. Yan JH, Dick MB. Practice Effects on Motor Control in Healthy Seniors and Patients with Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease. *Aging Neuropsychol Cogn.* diciembre de 2006;13(3-4):385-410.

96. Kluger A, Gianutsos JG, Golomb J, Ferris SH, Reisberg B. Motor/Psychomotor Dysfunction in Normal Aging, Mild Cognitive Decline, and Early Alzheimer's Disease: Diagnostic and Differential Diagnostic Features. *Int Psychogeriatr.* diciembre de 1997;9(S1):307-16.

97. Heaton A, Gooding A, Cherner M, Umlauf A, Franklin DR, Rivera Mindt M, et al. Demographically-adjusted norms for the Grooved Pegboard and Finger Tapping tests in Spanish-speaking adults: Results from the Neuropsychological Norms for the U.S.-Mexico Border Region in Spanish (NP-NUMBRS) Project. *Clin Neuropsychol.* 17 de febrero de 2021;35(2):396-418.

98. Hamilton LD, Thomas E, Almklass AM, Enoka RM. A framework for identifying the adaptations responsible for differences in pegboard times between middle-aged and older adults. *Exp Gerontol.* octubre de 2017;97:9-16.

99. Ashendorf L, Vanderslice-Barr JL, McCaffrey RJ. Motor Tests and Cognition in Healthy Older Adults. *Appl Neuropsychol.* 5 de agosto de 2009;16(3):171-6.

100. Bezdicek O, Nikolai T, Hoskovcová M, Štochl J, Brožová H, Dušek P, et al. Grooved Pegboard Predicates More of Cognitive Than Motor Involvement in

Parkinson's Disease. Assessment. diciembre de 2014;21(6):723-30.

101. Ruff RM, Parker SB. Gender- and Age-Specific Changes in Motor Speed and Eye-Hand Coordination in Adults: Normative Values for the Finger Tapping and Grooved Pegboard Tests. *Percept Mot Skills*. junio de 1993;76(3_suppl):1219-30.

102. Skogan AH, Oerbeck B, Christiansen C, Lande HL, Egeland J. Updated developmental norms for fine motor functions as measured by finger tapping speed and the Grooved Pegboard Test. *Dev Neuropsychol*. 3 de octubre de 2018;43(7):551-65.

103. Tesio L, Simone A, Zebellin G, Rota V, Malfitano C, Perucca L. Bimanual dexterity assessment: validation of a revised form of the turning subtest from the Minnesota Dexterity Test. *Int J Rehabil Res*. marzo de 2016;39(1):57-62.

104. Fichera M, Nanetti L, Monelli A, Castaldo A, Marchini G, Neri M, et al. Accelerometer-based measures in Friedreich ataxia: a longitudinal study on real-life activity. *Front Pharmacol*. 19 de marzo de 2024;15:1342965.

105. Gopal A, Hsu WY, Allen DD, Bove R. Remote Assessments of Hand Function in Neurological Disorders: Systematic Review. *JMIR Rehabil Assist Technol*. 9 de marzo de 2022;9(1):e33157.

106. Rand D, Eng JJ. Predicting Daily Use of the Affected Upper Extremity 1 Year after Stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. febrero de 2015;24(2):274-83.

107. Woelfle T, Bourguignon L, Lorscheider J, Kappos L, Naegelin Y, Jutzeler CR. Wearable Sensor Technologies to Assess Motor Functions in People With Multiple Sclerosis: Systematic Scoping Review and Perspective. *J Med Internet Res*. 27 de julio de 2023;25:e44428.

108. Dunnewold RJW, Jacobi CE, Van Hilten JJ. Quantitative assessment of bradykinesia in patients with parkinson's disease. *J Neurosci Methods*. junio de 1997;74(1):107-12.

109. Ozemek C, Kirschner MM, Wilkerson BS, Byun W, Kaminsky LA. Intermonitor reliability of the GT3X+ accelerometer at hip, wrist and ankle sites during activities of daily living. *Physiol Meas*. 1 de febrero de 2014;35(2):129-38.

110. Perugia G, Rodríguez-Martín D, Boladeras MD, Mallofré AC, Barakova E, Rauterberg M. Quantity of Movement as a Measure of Engagement for Dementia: The Influence of Motivational Disorders. *Am J Alzheimers Dis Dementiasr*. marzo de 2018;33(2):112-21.