

TESIS DOCTORAL

2014



EJERCICIO FÍSICO Y ENVEJECIMIENTO: HABILIDADES
VISOPERCEPTIVAS EN DEPORTISTAS JÓVENES Y
MAYORES

Mónica Muiños Durán

Máster en Investigación en Psicología

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA BÁSICA II

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

Directora:

Dra. Soledad Ballesteros Jiménez

Catedrática de Psicología Básica

Departamento de Psicología Básica II, UNED

Co-director:

Dr. José Manuel Reales Avilés

Profesor Titular, área de Metodología de las Ciencias del Comportamiento

Facultad de Psicología (UNED)

EJERCICIO FÍSICO Y ENVEJECIMIENTO: HABILIDADES
VISOPERCEPTIVAS EN DEPORTISTAS JÓVENES Y
MAYORES

DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA BÁSICA II
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

Autor:

Mónica Muiños Durán

Máster en Investigación en Psicología

Directora:

Dra. Soledad Ballesteros Jiménez

Catedrática de Psicología Básica

Co-director:

Dr. José Manuel Reales Avilés

Profesor Titular, área de Metodología de las Ciencias del Comportamiento

Agradecimientos

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento más sincero a Soledad Ballesteros Jiménez, Directora de esta Tesis Doctoral, por su excelente orientación, experta asistencia, observaciones inteligentes, perseverancia y trabajo. Sobre todo agradezco su apoyo y dedicación constante, por transmitirme, ya sea de manera consciente o no, energía, ilusión y entusiasmo por la investigación, elementos que no han decaído en ningún momento a pesar de la distancia física. Por todos estos motivos, entre otros, ha superado, con mucho, las expectativas que a priori tenía depositadas sobre un Director de Tesis cuando empecé a pensar en cursar un doctorado.

Agradezco a José Luís Reales Avilés, co-director y asesor estadístico de esta Tesis Doctoral, sus aportaciones relevantes y valiosas, así como su disponibilidad y paciencia para atender cualquier duda en cualquier momento.

Muchas gracias también a Julia Mayas Arellano, por su ayuda, disponibilidad y sabios consejos; a Marisa Carrasco, por sus valiosas aportaciones en el trabajo de la agudeza visual dinámica, el tercero de los estudios de esta Tesis; a Juan Carlos Ondategui Parra, por su apoyo en general y asesoramiento en temas de la visión y a Llüisa Quevedo i Junyent, por su orientación y asesoramiento en temas de agudeza visual dinámica y por cedernos, sin pedir nada a cambio, un instrumento para evaluarla.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	3
Lista de símbolos.....	6
Lista de abreviaturas.....	7
Lista de siglas.....	8
Lista de figuras.....	9
Lista de tablas.....	10
CAPÍTULO 1. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN ADULTOS JÓVENES Y MAYORES	11
1.1. Introducción.....	12
1.2. Cambios que se producen en los procesos perceptivos y cognitivos on la edad.....	14
1.2.1. Procesos no preservados en el envejecimiento.....	16
1.2.2. Procesos preservados en el envejecimiento.....	21
1.3. Efectos de la actividad física en adultos jóvenes.....	27
1.4. Importancia del ejercicio físico en los mayores.....	31
1.5. Estudio de las habilidades visuales en deportistas.....	36
1.5.1. Parámetros del estímulo visual.....	38
1.6. Objetivos e hipótesis de esta Tesis Doctoral.....	42
1.6.1. Evaluación de la visión periférica y de la lateralidad en practicantes de kung fu.....	42
1.6.2. Estudio de la visión periférica en adultos jóvenes y mayores practicantes de judo y kárate y en no deportistas.....	43
1.6.3. Análisis de la agudeza visual dinámica en adultos jóvenes y mayores, practicantes de judo, kárate y no deportistas.....	44
CAPÍTULO 2. VISUOSPATIAL ATTENTION AND MOTOR SKILLS IN KUNG FU ATHLETES	46
Abstract.....	47
2.1. Introduction.....	48
2.2. Method.....	51
2.2.1. Participants.....	51
2.2.2. Measures.....	52
2.2.3. Procedures.....	52
2.2.4. Experimental design.....	53
2.2.4.1. Visual field attention task.....	53
2.2.4.2. Motor task.....	53
2.3. Results.....	53
2.3.1. Visual field attention task.....	54
2.3.2. Motor task.....	57
2.4. Discussion.....	59
CAPÍTULO 3. PERIPHERAL VISION AND PERCEPTUAL ASYMMETRIES IN YOUNG AND OLDER MARTIAL ARTS ATHLETES AND NON-ATHLETES	62
Abstract.....	63
3.1. Introduction.....	64
3.2. Experiment 1.....	69
3.2.1. Method.....	69
3.2.1.1. Participants.....	69

3.2.1.2. Apparatus and stimuli.....	70
3.2.1.3. Procedure.....	71
3.2.1.4. Experimental design	71
3.2.2. Results and discussion	71
3.3. Experiment 2	77
3.3.1. Method.....	78
3.3.1.1. Participants, apparatus, stimulus, procedure and experimental design.....	78
3.3.2. Results and discussion	78
3.4. General discussion	87
3.4.1. Effects of the type of martial art on the peripheral vision of young adults.....	88
3.4.2. Visuospatial processing advantage of older martial art athletes compared to non-athletes	89
3.4.3. Perceptual asymmetries are preserved irrespective of sport and age	91
3.4.4. Limitations of the current study.....	92
3.5. Conclusion	93
CAPÍTULO 4. SPORT CAN PROTECT DYNAMIC VISUAL ACUITY FROM AGING: A STUDY WITH YOUNG AND OLDER JUDO AND KARATE MARTIAL ARTS ATHLETES	94
Abstract.....	95
4.1. Introduction.....	96
4.2. Method	102
4.2.1. Participants	102
4.2.2. Apparatus and stimuli	103
4.2.3. Procedure	105
4.2.4. Experimental design	106
4.3. Results.....	106
4.3.1. Young adults' performance	112
4.3.2. Older adults' performance	114
4.3.2.1. Correlations between age and DVA scores	116
4.4. Discussion.....	118
4.4.1. DVA in young martial arts athletes and non-athletes	120
4.4.2. DVA in older martial arts athletes and non-athletes	121
4.5. Summary and conclusions.....	125
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	127
5.1. Visión periférica.....	132
5.2. Evaluación de la lateralidad	136
5.3. Anisotropías visuales	138
5.4. Agudeza visual dinámica	139
Referencias bibliográficas	142
Apéndice I – Consentimiento informado.....	170
Apéndice II – Información sobre el estudio 1	171
Apéndice III – Información sobre los estudios 2 y 3.....	172
Apéndice IV – Escala de Goldthorpe-Hope	173
Apéndice V – Mini-Mental State Examination test.....	174
Apéndice VI – Yesavage Geriatric Depression Scale	175
Apéndice VII – Blessed Dementia Rating Scale	176
Apéndice VIII – Global Deterioration Scale	177

LISTA DE SÍMBOLOS

d: tamaño del efecto

F: proporción de los dos valores medios de los cuadrados

p: probabilidad de la hipótesis nula

η^2 : eta cuadrado

LISTA DE ABREVIATURAS

°C: grados centígrados

cd m²: candelas por metro cuadrado

cm: centímetros

dB: decibelios

deg: grados de ángulo visual

et al.: y otros

Hz: hertzios

ms: milisegundos

s: segundos

LISTA DE SIGLAS

ANOVA: analysis of variance

AVD: agudeza visual dinámica

GDS: Global Deterioration Scale

HVA: horizontal-vertical anisotropy

ISI: inter stimulus interval

MMSE: Mini-Mental State Examination

MSE: Mean Square of the Error

PV: peripheral visión

RT: reaction time

SD: standard deviation

VMA: vertical meridian asymmetry

VO₂max: maximal oxygen uptake

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- 2.1. Mean reaction times (ms) for athletes and nonathletes in the peripheral condition of the visual field attention task, as a function of presentation speed (low, intermediate, and rapid). Bars correspond to the standard errors of the mean (95% confidence level).....57
- 2.2. Mean performance for the dominant and nondominant hands for athletes and nonathletes in the motor task. Bars indicate the standard errors of the mean (95% confidence level)58

CAPÍTULO 3

- 3.1. Mean reaction times (in milliseconds) for all young groups in the three eccentricity conditions: E3: eccentricity 3°; E6: eccentricity 6°; E12: eccentricity 12° 75
- 3.2. Mean reaction times (in milliseconds) corresponding to the 3 groups in the three eccentricity conditions: E3: eccentricity 3°; E6: eccentricity 6°; E12: eccentricity 12°..... 83
- 3.3. Mean reaction times (in milliseconds) for young and older athletes and non-athletes..... 86

CAPÍTULO 4

- 4.1. Examples of the stimuli used in this study in three different contrasts 105
- 4.2. Mean DVA for athlete and non-athlete groups collapsed over age under the three velocity conditions: high, intermediate and low speed. Error bars indicate the 95% confidence interval 110
- 4.3. Mean DVA for young and older adults corresponding to the trajectory of the moving stimuli: Horizontal (H), Vertical (V), and Oblique (O) as a function of age and trajectory. Error bars indicate the 95% confidence interval..... 111
- 4.4. DVA in three young adult groups: judo athletes, karate athletes, and non-athletes, for the three velocity conditions: high speed, intermediate speed, and low speed. Error bars indicate the 95% confidence interval..... 113
- 4.5. Mean DVA for the three older groups under the three velocity conditions. Error bars indicate the 95% confidence interval..... 116

LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO 2

2.1. Mean of RTs in milliseconds (ms) and standard deviations (SD, in parentheses) for each group and condition in the visual field attention task.	55
--	----

CAPÍTULO 3

3.1. Mean age, VO ₂ max and demographic scores of the groups (standard deviations in parentheses) .	70
3.2. Mean RT and (SD) in milliseconds for each group and condition	73
3.3. Mean age, VO ₂ max and test scores on the screening tests and questionnaires (standard deviations in parentheses)	79
3.4. Means of RTs in milliseconds and standard deviations (in parenthesis) for each group and condition	81

CAPÍTULO 4

4.1. Demographic data, VO ₂ max and mean test scores (standard deviations in parentheses).....	108
4.2. Correlations between age and DVA scores as a function of stimulus velocity, trajectory and contrast.....	117

CAPÍTULO 1

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN ADULTOS

JÓVENES Y MAYORES

1.1. INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios han puesto de manifiesto los beneficios del ejercicio físico para la salud, tanto en jóvenes como en mayores (i.e., Colcombe et al., 2004; Hassmén, Koivula y Uutela, 2000; Hillman, Erickson y Kramer, 2008; Lee, Hsieh y Paffenbarger, 1995). El deporte mejora la capacidad cardiovascular, el tono muscular y mantiene en general el organismo en mejores condiciones físicas. La actividad física también está asociada con la reducción de obesidad, enfermedades cardiovasculares, hipertensión, diabetes, osteoporosis y algunos tipos de cáncer (Haskell et al., 2007).

Los beneficios del deporte, no obstante, no se limitan a la vertiente física, sino que también parecen mejorar algunos procesos perceptivos y cognitivos en jóvenes (i.e., Chaddock, Hilman, Buck y Cohen, 2011; Peters et al., 2009) y frenar el declive de estos mismos procesos en mayores (i.e., Ballesteros, Mayas y Reales, 2013b; Barnes, Yaffe, Satariano y Tager, 2003; Chodzko-Zajko y Moore, 1994; Colcombe et al., 2004; Hötting, Schauenburg y Röder, 2012; Voelcker-Rehage, Godde y Staudinger, 2010; Voss et al., 2010, Voss, Nagamatsu, Liu-Ambrose y Kramer, 2011). Esta mejora en los procesos cognitivos debida a la actividad física, también se ha demostrado en animales (Black, Isaacs, Anderson, Alcantara y Greenough, 1990; Canu, Carnaud, Picquet y Goutebroze, 2009; Fabel et al., 2009; Kohman et al., 2012; Kronenberg et al., 2006).

La neuroplasticidad es el mecanismo por el que la actividad física produce mejoras a nivel cognitivo, tanto en jóvenes como en mayores (Hötting y Röder, 2013). La neuroplasticidad actuaría modificando la organización y el funcionamiento del cerebro en función de las demandas del entorno (Bavelier y Neville, 2002).

La edad está generalmente asociada a una disminución general en diversos procesos, como la velocidad de procesamiento (Salthouse, 1996), la memoria de trabajo

(Park y Reuter-Lorenz, 2009) o la interacción entre ambas (Mayr y Kliegl 1993); la interferencia proactiva (Kliegl y Lindenberger, 1993), la memoria a largo plazo (Park y Puglisi, 1985), la dificultad para inhibir estímulos irrelevantes (Zacks, Hasher y Li, 2000), entre otros procesos cognitivos. La edad también está asociada a la dificultad en la realización de movimientos sacádicos en la dirección adecuada (Butler, Zacks y Henderson, 1999), en la localización espacial de los estímulos (Owsley, Burton-Danner y Jackson, 2000), en la adecuada percepción del movimiento (Ball & Sekuler, 1986), y en la percepción de estímulos periféricos (Ball, Beard, Roenker, Miller y Griggs, 1988; Ball, Owsley y Beard, 1990; Beurskens y Bock, 2012; Itoh y Fukuda, 2002; Muiños y Ballesteros, 2014). Sin embargo, algunos procesos cognitivos, como las habilidades verbales o la memoria implícita, se mantienen generalmente intactos con la edad (Ballesteros, Mayas y Reales, 2013a; Ballesteros y Reales, 2004; Ballesteros, Reales, Mayas, y Heller, 2008; Davis, Trussell y Klebe, 2001; Park et al., 2002; Park y Reuter-Lorenz, 2009).

Puesto que la actividad física puede frenar en parte el enlentecimiento perceptual y cognitivo asociado a la edad (presumiblemente debido a la neuroplasticidad), especulamos acerca de la posibilidad de que la práctica deportiva continuada en los mayores contribuyera a mantener las habilidades visoperceptivas en niveles similares a los de los jóvenes. Por ese motivo, hemos realizado una serie de estudios en los que se compararon grupos de jóvenes y mayores, ambos deportistas y no deportistas, para investigar si existían diferencias visoperceptivas entre deportistas jóvenes y mayores en visión periférica y en agudeza visual dinámica.

1.2. CAMBIOS QUE SE PRODUCEN EN LOS PROCESOS PERCEPTIVOS Y COGNITIVOS CON LA EDAD

Según Baltes (1993), la investigación sobre los efectos de la edad en los procesos cognitivos se ha llevado a cabo tradicionalmente desde un punto de vista que iría desde el crecimiento cognitivo hasta el declive, o desde una perspectiva de ganancia y pérdida cognitiva, donde prevalecen los estereotipos negativos y donde se establecen evidencias acerca de las pérdidas asociadas a la edad.

Este punto de vista ha estado normalmente asociado a los términos de inteligencia fluida o inteligencia A (relacionada con lo biológico y con la arquitectura neurofisiológica) e inteligencia cristalizada o inteligencia B, relacionada con lo social y lo pragmático-cognitivo. Este dualismo entre lo biológico y lo social fue interpretado por Baltes (1993) en términos de *hardware* (inteligencia fluida) y *software* (inteligencia cristalizada). En el primer caso, estarían interviniendo elementos tales como la velocidad de procesamiento de la información, los procesos ejecutivos y de precisión, la memoria a largo plazo, la memoria visual y motora, y los procesos de discriminación y comparación, entre otros, mientras que en el caso de la inteligencia cristalizada, influiría el conocimiento sobre el mundo que nos rodea, la forma de proceder en cada caso y la sabiduría en general. Sin embargo, Baltes (1993) considera que intervienen mecanismos de adaptación y compensación, mediante los cuales las personas mayores podrían estar coordinando esas pérdidas y ganancias, optimizando los recursos, por lo que el modelo dualista de pérdida y ganancia cognitiva sea quizá demasiado simplista. Además, teniendo en cuenta la neuroplasticidad, el envejecimiento cognitivo podría no ajustarse totalmente a este modelo lineal que se ha venido estableciendo (del crecimiento al declive cognitivo).

Una forma de investigar los cambios cognitivos asociados a la edad, es mediante los estudios conductuales, en los que se evalúa a los participantes en función de las puntuaciones que han obtenido en una serie de tareas en las que se valoran procesos como la memoria de trabajo visuoespacial y verbal (Kumar y Priyadarshi, 2013; Park et al., 2002), la memoria a largo plazo (Park et al., 1996), la capacidad para inhibir estímulos irrelevantes (Zacks et al., 2000), entre otros.

Otro modo de estudiar los cambios cognitivos asociados a la edad es a través de los estudios de neuroimagen funcional, en los que se mide la activación cerebral mientras el participante está realizando una tarea cognitiva (i.e., Ballesteros, Bischof, Goh, y Park, 2013; Park y Reuter-Lorenz, 2009), o en los que se miden los cambios que se producen en la estructura neural (i.e., Raz y Rodrigue, 2006; Spreng, Wojtowicz y Grady, 2010). Tanto los cambios observados en la actividad neural, como los cambios neuroanatómicos, parecen ser una manifestación de la neuroplasticidad, que a su vez se manifestaría a nivel conductual (por ejemplo, el individuo obtendría mejores puntuaciones en una tarea cognitiva).

Cada una de estas formas de evaluación (la conductual y mediante de estudios de neuroimagen) generalmente ofrece un punto de vista diferente, y en ocasiones se encuentra actividad cerebral diferente en jóvenes y en mayores sin que se aprecien diferencias a nivel conductual, como ocurre en el caso de la memoria implícita (Ballesteros et al., 2013a). Gracias a la existencia de este tipo de diferencias en el funcionamiento cerebral con la edad, se han propuesto teorías como por ejemplo la de la compensación o “andamiaje” de Park y Reuter-Lorenz (2009), mediante la cual, el cerebro, en un afán adaptativo y compensatorio para poder seguir respondiendo a las demandas de determinadas tareas, aumentaría la actividad en las áreas frontales, e implicaría el uso de circuitos neurales complementarios o alternativos. En un trabajo

reciente, Reuter-Lorenz y Park (2014), revisaron su modelo de compensación, incluyendo elementos tanto adversos como favorables que pueden influir en la estructura y función cerebral. Se trata de un modelo más dinámico que el anterior, que se centra no solo en los efectos adversos del envejecimiento y en los efectos beneficiosos de la compensación como en el modelo original, sino que también se incorporan influencias positivas de la vida cotidiana de los individuos (factores extrínsecos como la actividad física y mental o el contacto social), y que pueden mejorar y preservar el estado cerebral y por lo tanto mejorar la función cognitiva.

Ambos enfoques, los conductuales y los estudios de neuroimagen, se hacen necesarios para tratar de entender el desarrollo de los procesos cognitivos asociados a la edad.

1.2.1. Procesos no preservados en el envejecimiento

Kliegl, Smith y Baltes (1990) señalan que los procesos asociados con la inteligencia fluida pueden mejorar en personas mayores con el entrenamiento. Sin embargo, a pesar de la capacidad del cerebro para adaptarse a las nuevas demandas (plasticidad), de la ventaja en inteligencia cristalizada y de las estrategias compensatorias y de optimización que habitualmente utilizan las personas mayores, éstas generalmente presentan una actuación inferior a la de los adultos jóvenes. Estas estrategias de compensación utilizadas por los mayores se evidencian en algunos estudios de neuroimagen (véase Park, Polk, Mikels, Taylor y Marshuetz, 2001; Park y Reuter-Lorenz, 2009), en los que se ha encontrado que los mayores a menudo involucran áreas cerebrales adicionales en comparación con los jóvenes al realizar determinados tipos de tareas, especialmente si éstas requieren de la utilización de áreas

de la corteza frontal, puesto que, con la edad, generalmente se da una disminución en el volumen cerebral en esa zona.

Esta atrofia en áreas de la corteza frontal es consistente con los resultados derivados de estudios conductuales que ponen de manifiesto disminuciones en las funciones ejecutivas y en la memoria a largo plazo (ver Park et al., 2001). Aunque la pérdida de volumen es más acusada en la zona de la corteza frontal, también disminuye el volumen, en menor proporción, en la zona medio-temporal y occipital. Además de esta pérdida volumétrica, también se produce una disminución de la materia gris y blanca, una progresiva desmielinización (Sullivan y Pfefferbaum, 2006) y una pérdida de receptores de dopamina (Li, Lindenberger y Sikstrom, 2001; Erixon-Lindroth et al., 2005). Por otro lado, se ha observado que, cuando los mayores realizan una tarea cognitiva, generalmente involucran un mayor número de zonas cerebrales o utilizan otras diferentes a las de los jóvenes (Hazlett et al., 1998; McIntosh et al., 1999). Reuter-Lorenz et al., (2000) observaron que los adultos mayores en ocasiones utilizaban estructuras contralaterales a las de los jóvenes para realizar tareas que requerían memoria de trabajo espacial y verbal (mostraron un patrón de lateralización cerebral diferente). La estructura utilizada era la análoga, pero en el hemisferio contrario.

Salthouse (1996) propuso que el mecanismo explicativo principal por el que los mayores sufren declive cognitivo en algunas áreas es la disminución de la velocidad de procesamiento, que estaría relacionada con la precisión de respuesta, más que con el tiempo dedicado a estudiar los ítems o a comunicar dicha respuesta. Esta disminución en la velocidad de procesamiento que sufren los adultos mayores estaría relacionada con la dificultad para completar la tarea, porque durante un tiempo considerable éstos estarían ocupados ejecutando tareas anteriores, y no serían capaces de ejecutar las nuevas. Sin embargo, cuando se controla la variable velocidad de procesamiento, las

diferencias entre jóvenes y mayores no son tan grandes, incluso en aquellas tareas relacionadas con la cognición fluida.

Otros autores (Park et al., 2002; Park y Reuter-Lorenz, 2009) consideran que aunque la velocidad de procesamiento está implicada, al igual que otros factores, la memoria de trabajo podría tener un peso más importante en el deterioro cognitivo asociado a la edad, puesto que ésta es necesaria para la realización de prácticamente cualquier tarea. La implicación de la memoria de trabajo se evidencia en algunos estudios (Park, Smith, Morrell, Puglisi y Dudley, 1990), en los que, al aislar esta variable, por ejemplo, dando a los mayores pistas mnemotécnicas, se obtiene una mejora notable en la ejecución de las tareas.

Otros investigadores (Kramer, Hahn, y Gopher, 1999) se han centrado en la dificultad que los mayores tienen para cambiar rápidamente de una tarea a otra, mecanismo que sería en gran parte responsable del deterioro cognitivo.

La memoria a largo plazo también se deteriora con la edad (Park y Puglisi, 1985; Spencer y Raz, 1994). En este sentido, las personas mayores no tienen dificultad en acordarse de un suceso en sí, de hecho son capaces de recordar acontecimientos de mucho tiempo atrás; la dificultad radica más bien en vincular esa situación con un contexto concreto, o con la fuente de información.

La dificultad en la inhibición es otro factor importante que generalmente decae con la edad (Zacks et al., 2000). Los mayores, en este caso, tendrían más dificultad que los jóvenes para inhibir la información irrelevante, por lo que algunos estudios sugieren que este mecanismo, más que la memoria de trabajo, sería el causante principal de que en determinado tipo de tareas los mayores obtengan peores puntuaciones. La memoria de trabajo se caracteriza por tener un espacio de almacenamiento limitado, tanto en jóvenes como en mayores. Para que la realización de la tarea sea eficiente, es necesario

inhibir ciertos estímulos irrelevantes, dejando espacio suficiente para que la memoria de trabajo, por definición limitada, pueda continuar con la tarea. La dificultad que tienen las personas mayores para inhibir estímulos irrelevantes sería, según este punto de vista, el principal responsable del enlentecimiento.

Un punto de vista algo diferente a los anteriores lo encontramos en el estudio de Baltes y Lindenbergen (1997), según el cual la pérdida sensorial visual y auditiva daría cuenta del declive asociado a la edad, hecho que se puede vincular con los cambios estructurales y funcionales que tienen lugar en el cerebro y que serían necesarios para compensar esa disminución sensorial. Sin embargo, Park et al. (2002) demostraron, con su modelo de ecuaciones estructurales, que estos factores sensoriales no aportan tanta varianza explicada con respecto al enlentecimiento asociado a la edad como lo hace la variable velocidad de procesamiento.

Todos estos procesos, la memoria de trabajo, la dificultad en inhibir estímulos irrelevantes, la dificultad de cambiar de una tarea a otra y, en general, gran parte de los procesos ejecutivos y la velocidad de procesamiento, no actuarían de manera individual, sino que estarían interaccionando mutuamente, dando como resultado una peor realización en las tareas cognitivas en las personas mayores. Por lo tanto, no conviene estudiar el tema bajo una perspectiva simplista atendiendo a un solo proceso, sino desde una perspectiva de interacción (Park et al., 1996, 2001, 2002).

Junto con todos estos factores cognitivos, existen una serie de procesos perceptivos que también se deterioran con la edad. Centrándonos en el sistema visual, gran cantidad de estudios revelan que los adultos mayores muestran peores resultados en tareas de movimientos sacádicos, de localización visual espacial, de discriminación del movimiento de los estímulos visuales, y de búsqueda visual en general (i.e., Butler et al., 1999; Long y Crambert, 1990; Paquette y Fung, 2011). Por ejemplo, Butler et al.

(1999) encontraron que los adultos mayores cometen más errores que los jóvenes en la dirección de los movimientos sacádicos. En dicho estudio, la tarea de los participantes consistía en dirigir la mirada hacia el lado opuesto en el que aparecía periféricamente un estímulo. Este tipo de tarea requiere realizar un movimiento sacádico intencional, puesto que la respuesta natural y predominante es el movimiento sacádico reflejo hacia la dirección en la que se encuentra el estímulo. La tarea consiste, por lo tanto, en inhibir una respuesta refleja para realizar una respuesta visual voluntaria. Estos autores encontraron que las personas mayores tenían más dificultades que los jóvenes en inhibir los movimientos sacádicos reflejos, mecanismos que estos autores relacionan con la hipótesis del déficit inhibitorio; es decir, con la dificultad general que tienen los mayores en inhibir respuestas irrelevantes.

Owsley et al., (2000) encontraron que los adultos mayores cometían más errores que los jóvenes cuando se les instruía que informaran sobre la localización de un estímulo presentado brevemente entre una serie de distractores, y que los errores aumentaban cuanto más periférico era el estímulo. Los autores concluyen que los mayores tienen problemas en el proceso preatencional de localización espacial. El proceso preatentivo es el que guía la atención hacia una localización relevante que debe ser atendida. Si este proceso falla, el perceptor no será capaz de procesar adecuadamente el estímulo, lo que dará lugar a una peor ejecución de las tareas de atención visual.

Se ha encontrado que la percepción del movimiento también es peor en adultos mayores que en los jóvenes, dando como resultado una sensibilidad reducida para percibir el movimiento y la velocidad de un estímulo visual (Ball y Sekuler, 1986; Snowden y Kavanagh, 2006). Sin embargo, cuando se incrementa la duración del

estímulo, la ejecución de los mayores se asemeja a la de los jóvenes (Bennet, Sekuler y Sekuler, 2007).

Junto a toda esta serie de procesos que se deterioran con la edad, existen otros, como la memoria implícita o las habilidades verbales, que sin embargo, tienden a preservarse. Entre este tipo de habilidades, que en general se preservan o incluso tienden a mejorarse, y que Baltes (1993) engloba bajo el término de inteligencia cristalizada, software o pragmática cognitiva, también se encuentra la sabiduría y los conocimientos procedimentales acerca de cómo actuar en determinadas situaciones.

1.2.2. Procesos preservados en el envejecimiento

Como se ha visto en el apartado anterior, existen determinados procesos que sufren un declive importante con la edad. Sin embargo, el cerebro es un órgano adaptable y que está sometido a un proceso continuo de aprendizaje, concepto comúnmente conocido como neuroplasticidad.

El concepto de neuroplasticidad, introducido por William James en 1890, es un término amplio que implica la habilidad que tiene el cerebro para realizar cambios a lo largo de su ciclo vital en función de las diversas experiencias o necesidades que van teniendo lugar. Permite al sistema nervioso escapar de sus restricciones genéticas para evolucionar y adaptarse a las demandas del ambiente (Pascual-Leone, Amedi, Fregni y Merabet, 2005). El cerebro, por lo tanto, no es una estructura fija como se pensaba años atrás, en la que cada individuo contaba con un número determinado de neuronas, las cuales iban muriendo con el transcurso del tiempo, sino que el cerebro cambia y se transforma, añadiendo sinapsis nuevas o eliminando otras que no se utilizan, modificándose, al mismo tiempo, la conducta. Es un fenómeno de aprendizaje que tiene lugar a lo largo de todo el ciclo vital, puesto que aunque la edad está asociada a una

disminución general de diversos procesos perceptivos y cognitivos, la plasticidad sigue estando presente, y de hecho este fenómeno es el que en general determina que existan en ocasiones grandes diferencias entre unas personas mayores y otras. Aunque exista un condicionamiento genético, la práctica de una determinada tarea puede provocar que se formen más conexiones neuronales y que por tanto, se realice mejor.

Los primeros estudios sobre plasticidad se realizaron con animales (i.e., Diamond, Krech y Rosenzweig, 1964; Rutledge, Wright y Duncan, 1974) y con pacientes que habían sufrido algún tipo de lesión (Bach-y-Rita, Collins, Saunders, White y Scadden, 1969), aunque posteriormente la investigación sobre plasticidad neural se ha extendido a otros campos, como el del aprendizaje o el estudio de los cambios cognitivos asociados al envejecimiento. Está bien establecido que la práctica de una determinada acción produce plasticidad (cambios morfológicos, bioquímicos, de conectividad neuronal y neurogénesis) en la zona neural correspondiente, sin embargo, la plasticidad neural también podría darse simplemente imaginando (Roland, Eriksson, Stone-Elander y Widen, 1987), por ejemplo, imaginando que se lleva a cabo un movimiento.

Según Pascual-Leone et al. (2005) la neuroplasticidad se produce en dos pasos. En primer lugar, se da un fortalecimiento de las conexiones neurales ya existentes, conexiones preestablecidas con anterioridad, y que en función de la actividad del individuo se pueden fortalecer o debilitar. En un segundo paso se producen cambios estructurales más permanentes que se propagan por las áreas intracorticales y subcorticales, momento en el cual las habilidades se convierten en aprendidas y automáticas. Un ejemplo ilustrativo de la rapidez con la que se puede producir neuroplasticidad, lo tenemos en el estudio de Pascual-Leone y Hamilton (2001), en el que tras privar durante cinco días de visión a sujetos sanos, se observó que éstos

empezaron a mostrar actividad en la corteza visual primaria para el procesamiento de estímulos táctiles y auditivos. Estos autores afirman, no obstante, que puesto que es muy improbable que en un período tan corto de tiempo se produzcan conexiones corticales, éstas ya deben estar establecidas con anterioridad aunque podrían encontrarse “enmascaradas”. En caso de que la pérdida de visión perdurara, estos cambios observados en tan solo unos días sin visión, darían lugar a cambios estructurales, a ramificaciones y a crecimiento neuronal. Estos cambios de conectividad cerebral revierten rápidamente ante el cambio de las condiciones ambientales (por ejemplo, cuando las personas ven de nuevo). De hecho, investigaciones con ciegos (Wittenberg, Werhahn, Wassermann, Herscovitch y Cohen, 2004) revelan actividad en ciertas áreas de la corteza occipital de las personas ciegas que perdieron recientemente la vista pero no en ciegos que llevaban más tiempo sin visión.

La plasticidad puede ser un mecanismo explicativo lo suficientemente potente como para dar cuenta de las grandes diferencias que a menudo se encuentran entre personas mayores. Una práctica continuada puede suponer la preservación de una determinada habilidad, mientras que la falta de ésta puede suponer la pérdida de conexiones neuronales, que dejarían de existir al disminuir la demanda de una actividad determinada. Por otro lado, el hecho de que la neuroplasticidad tenga lugar a lo largo de todo el ciclo vital, parece contradecir la teoría de que el funcionamiento cognitivo disminuye con la edad; parece más bien que las personas mayores, al igual que los jóvenes, tienen la capacidad de aprender, moldeando sus conexiones neuronales en función de las demandas externas, del ambiente y de la experiencia. Otro factor neuroprotector, que junto a la práctica deportiva parece retrasar el declive cognitivo asociado a la edad, es el entrenamiento cognitivo (Gates y Valenzuela, 2010) o la combinación de la actividad física con la cognitiva (Bamidis et al., 2014; Kraft, 2012).

La experiencia, por su parte, es un fenómeno que a menudo se relaciona con la acumulación de múltiples conocimientos y con saberes procedimentales que tienen las personas mayores, de hecho, a menudo se relaciona con el término “sabiduría”, que es uno de los términos clave que generalmente definen la inteligencia cristalizada. Por sabiduría se entiende el conjunto de conocimientos y habilidades relacionados con los elementos importantes de la vida y de la cultura en la que se desenvuelve el individuo, como si de un nivel experto se tratara (Baltes, 1993). Concretamente Baltes distingue entre conocimiento factual, procedural, conocimientos relacionados con los valores y el relativismo, objetivos de la vida y las situaciones de incertidumbre de ésta (cambios sociales, etc.). Este tipo de inteligencia y en general este tipo de habilidades, no estaría sometido al declive y a la pérdida como ocurre con la inteligencia fluida. Según Baltes (1993), los adultos mayores habitualmente exhiben mayores niveles en esta variable y proponen mejores soluciones ante problemas relacionados con elementos asociados a la sabiduría. Tendríamos por lo tanto dos facetas generales del cambio cognitivo asociado a la edad: por una parte el declive en funciones asociadas a la inteligencia fluida y por otra la mejora en aquellas funciones vinculadas a la inteligencia cristalizada.

Uno de los procesos preservados con la edad parece ser la memoria implícita. La memoria implícita es un tipo de conocimiento de carácter inconsciente que se suele manifestar de manera inintencionada en la realización de tareas, mientras que en el caso de la memoria explícita, los conocimientos tienen lugar de manera consciente (Schacter, 1987; 1992). Uno de los métodos indirectos más utilizados para estudiar la memoria implícita es el *priming* de repetición. Por ejemplo, Tulving y Schacter (1990) comprobaron que a pesar de que los pacientes con amnesia no fueron capaces de recordar el material de manera consciente, sí que recuperaron parte de la misma información de manera implícita. En otros estudios con pacientes amnésicos también se

ha comprobado que la recuperación implícita de la información también tiene lugar con material nuevo, como por ejemplo, las pseudopalabras (Haist, Musen y Squire, 1991) y que este recuerdo es bastante duradero, llegando a retenerse incluso meses (Tulving y Schacter, 1990).

El estudio de la memoria implícita tanto en pacientes amnésicos como en aquellos que no sufren ningún tipo de patología, sugiere que memoria implícita y explícita podrían depender de sistemas cerebrales diferentes (Schacter, 1992; Tulving y Schacter, 1990), aunque todavía no se conocen con exactitud los mecanismos por los que opera cada una de ellas. El hecho de que generalmente se encuentre que la memoria implícita permanece intacta con la edad (Ballesteros y Reales, 2004; Ballesteros, Reales y Mayas, 2007; Davis et al., 2001; Park et al., 1998; Park y Shaw, 1992), mientras que la memoria explícita decae con la edad (véase Mitchell, 1989), y que la memoria implícita a menudo permanece preservada en individuos cuyos procesos cognitivos pueden estar deteriorados por diferentes causas como la amnesia (Tulving y Schacter, 1990), el envejecimiento (Fleischman, Wilson, Gabrieli, Bienias y Bennett, 2004), el Alzheimer (Ballesteros y Reales, 2004; Wilson, Leurans, Boyle y Bennett, 2011), la prosopagnosia (Bauer, 1984), y las afasias (Milberg y Blumstein, 1981), entre otros, podría ser otro dato a favor de que ambos tipos podrían constituir sistemas de memoria diferentes.

Ballesteros y Reales (2004) estudiaron la memoria implícita en adultos jóvenes y mayores, con y sin patologías cognitivas asociadas a la edad, llegando a la conclusión de que la memoria implícita no solo está intacta en mayores sanos, sino que también lo está en mayores con la enfermedad de Alzheimer. Como se esperaba, los pacientes con Alzheimer realizaron la tarea de reconocimiento explícito peor que los jóvenes y los mayores sanos. No obstante, el hecho de que los mayores con Alzheimer realizaran

correctamente la tarea de *priming* háptico, apoya la idea de que la memoria implícita y explícita dependen de sistemas diferentes. Sin embargo, estudios posteriores (Ballesteros et al., 2007; Ballesteros et al., 2008, 2013a) muestran que los pacientes con deterioro cognitivo no obtienen *priming* para los objetos atendidos cuando en la fase de estudio se presentaron dos estímulos, uno atendido y otro no atendido, hecho que se relaciona con la dificultad que tendrían los enfermos de Alzheimer (AD) con la atención selectiva cuando se codifica la facilitación. Los adultos mayores sanos, sin embargo, muestran *priming* prácticamente al mismo nivel que los adultos jóvenes, lo que indica que este proceso permanecería intacto en mayores sin enfermedades patológicas cuando no se compromete su atención (i.e., atienden a un único estímulo durante la fase de estudio).

Parece ser que las diferencias en la memoria asociadas a la edad se dan cuando hay que utilizar una cantidad de recursos de procesamiento mayores o se requiere un esfuerzo mental mayor para codificar o recuperar la información. Sin embargo, estas diferencias raramente aparecen cuando se evalúa otro tipo de memoria, como la implícita o la semántica (Park et al., 1998). Por otro lado, los estudios de neuroimagen muestran cómo los mayores implican más áreas cerebrales que los jóvenes para realizar la misma tarea, lo que según Park et al. (1998) es consistente con el modelo de recursos limitados de procesamiento. Es decir, tiene que ver con el hecho de que los mayores ejecutan peor una tarea de memoria cuando deben utilizar más recursos o realizar mayor esfuerzo mental.

Hay procesos, por lo tanto, que decaen con la edad (especialmente si requieren movilizar más recursos o está implicada la velocidad de procesamiento), mientras otros permanecen estables (por ejemplo, la memoria implícita) o incluso parecen mejorar

(aquellos que implican la inteligencia cristalizada como los conocimientos adquiridos o el uso del lenguaje).

Uno de los objetivos más relevantes en la investigación de los cambios perceptivos y cognitivos asociados a la edad es entender cómo evolucionan todos estos procesos e intentar retrasar el declive, lo que repercutiría en una mejora en la calidad de vida para las personas mayores. El hecho de que la esperanza de vida sea mayor de lo que ha sido nunca en la historia de la humanidad, está dando lugar a la aparición de un nuevo término: cuarta edad. En general, los estudios llevados a cabo por Baltes y colaboradores (i.e., Baltes y Smith, 2003; Singer, Lindenberger y Baltes, 2001) ponen de manifiesto que los procesos cognitivos de plasticidad, adaptabilidad y de mejora en determinadas áreas observadas en la tercera edad, no se reproducen en la llamada cuarta edad. En este sentido, se observa más bien un deterioro muy marcado en la mayoría de tareas cognitivas (por ejemplo en la memoria), incluso en personas sin ningún tipo de demencia, encontrándose, por lo tanto, un aumento importante en la prevalencia de disfunción y un potencial muy reducido de mejora en las habilidades cognitivas, incluso con entrenamiento. Serán necesarios más estudios para intentar esclarecer estas cuestiones.

1.3. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN ADULTOS JÓVENES

El hecho de que la actividad deportiva es beneficiosa a nivel físico está actualmente aceptado. Se ha comprobado que mejora la capacidad cardiovascular, el tono muscular y mantiene en general el organismo en mejores condiciones físicas y de bienestar (Hassmén et al., 2000; Lee et al., 1995). La actividad física también está relacionada con la disminución de la ansiedad, el estrés y la depresión (Morgan, 1984),

y con el aumento de la neuroplasticidad que da lugar a la mejora cognitiva (Voelcker-Rehage y Niemann, 2013).

La práctica deportiva produce mejoras en los tiempos de reacción. Por ejemplo, Chaddock, Neider, Voss, Gaspar y Kramer (2011) evaluaron la velocidad de procesamiento de deportistas y no deportistas utilizando una tarea cotidiana a través de realidad virtual. La tarea consistía en cruzar una calle con múltiples elementos a los que atender y procesar al mismo tiempo, obteniendo como resultado un mayor éxito por parte de los deportistas, con menos colisiones con los diversos elementos que componían la escena virtual, como por ejemplo, con los vehículos. En un segundo experimento de este mismo estudio, los deportistas también obtuvieron mayor velocidad de procesamiento utilizando una tarea de tiempo de reacción simple. El deporte mejora el tiempo de reacción y la velocidad de procesamiento ante una multitarea, mejorando la capacidad de atender a varios estímulos de manera concurrente. Además, se ha comprobado que la práctica de deporte puede producir cambios estructurales en el cerebro. Peters et al. (2009) indicaron que la densidad de la materia gris en la ínsula anterior derecha, estructura a menudo relacionada con el control cardiovascular (p.ej. Hanamori, 2005), era mayor en deportistas que en no deportistas. Sin embargo, en una evaluación conductual de la memoria realizada en el mismo estudio no encontraron diferencias entre ambos grupos.

Existen múltiples estudios que han evaluado las capacidades atencionales y cognitivas mientras los participantes están realizando el ejercicio o poco después de finalizarlo. Por ejemplo, Budde, Voelcker-Rehage, Pietrabyk-Kendziorra, Ribeiro y Tidow (2008) mostraron que los niveles atencionales y de concentración de un grupo de estudiantes incrementaron tras la realización de 10 minutos de ejercicio físico. La mejora, tanto de la velocidad como de la precisión en las tareas cognitivas parece tener,

según estos autores, una relación con el hecho de que exista una conexión entre el cerebelo, principalmente especializado en tareas motoras, y la corteza frontal. La actividad motora hace variar el patrón de activación cerebral y el grado de información que se está procesando. Es decir, cuanto mayor sea la actividad motora, más actividad de la corteza prefrontal se requiere. El ejercicio físico activaría de esta manera, los lóbulos frontales, responsables de múltiples tareas cognitivas.

En este tipo de estudios, en los que se evalúan diversos procesos perceptivos o cognitivos mientras se realiza actividad física o poco después de haberla finalizado, se suele encontrar que se producen ciertas mejoras cognitivas que revierten poco después de haber finalizado el ejercicio, y que estas mejoras suelen tener mayor duración si se realiza ejercicio de manera regular, más que si se realiza de manera aislada (Chan, Wong, Liu, Yu y Yan, 2011). Aunque se haya observado que estas mejoras normalmente son mayores que las que se dan ante ejercicio realizado de manera aislada (Etnier et al., 1997), también se han detectado aumentos en la eficacia cognitiva con tan solo una sesión de entrenamiento (Gliner, Matsen-Twisdale, Horvath y Maron, 1979).

Otros investigadores han estudiado estas capacidades, no durante la realización del ejercicio o poco después, sino en deportistas que realizan actividad física de manera regular. En este caso, también la mayoría de los estudios apoyan la idea de que el deporte incrementa muchos de estos procesos cognitivos, perceptuales y atencionales (i.e., Chaddock et al., 2011b; Enns y Richards, 1997).

En el contexto académico, con niños y adultos jóvenes, el ejercicio físico a menudo se ha relacionado con el aumento del rendimiento académico y las habilidades cognitivas (Chaddock et al., 2010a,b; Hillmann, Kamijo y Scudder, 2011). Castelli, Hillman, Buck y Erwin (2007) incluso concluyen que los centros en los que los

estudiantes realizan más ejercicio físico a diario (por ejemplo, incluyéndolo de manera curricular), suele haber mejores niveles de atención y nivel académico.

Numerosos estudios sugieren que diversos procesos cognitivos, entre los que destacan la velocidad de procesamiento y control ejecutivo, se ven influidos positivamente por la práctica regular de ejercicio físico (Chaddock et al., 2011b; Davis et al., 2007; Jensen, 1992). El control ejecutivo supone la puesta en marcha de diversas habilidades entre las que se incluye la concentración, planear y organizar, solucionar problemas, el control de los impulsos y la utilización de estrategias para la consecución de objetivos, todas ellas sin duda importantes para el éxito académico. Chaddock et al., (2010b) sugieren que los déficits en el control motor derivados de una mala ejecución deportiva están relacionados con la disminución del volumen en determinadas áreas del ganglio basal, estructura en parte involucrada en el control ejecutivo. Según estos autores, los individuos que realizaban menos actividad física exhibían un menor control inhibitorio en una tarea de flancos y una disminución en el volumen en algunas áreas del ganglio basal. Estos autores, en un estudio posterior (Chaddock et al., 2010a), encontraron que el volumen del hipocampo y la memoria también estaban determinados, en parte, por la práctica regular de ejercicio físico.

El estudio de las relaciones entre la actividad física y la mejora de determinados procesos perceptivos y cognitivos también se ha estudiado desde la perspectiva del deporte realizado de manera intensiva o profesional. Esta Tesis Doctoral es un ejemplo de este último tipo, en el que deportistas profesionales, que a menudo participan en competiciones nacionales o internacionales, realizan una serie de tareas relacionadas con la detección de estímulos visuales.

La literatura previa sugiere que los deportistas son más eficientes que los individuos sedentarios en tareas de tiempo de reacción (i.e., Mori, Ohtani e Imanaka,

2002) detectan antes estímulos situados en la periferia del campo visual (Ward y Williams, 2003; Zwierko, 2007; Zwierko, Osinki, Lubinski, Czepita, y Florkiewicz, 2010), discriminan mejor los detalles finos de un estímulo en movimiento (Quevedo, Aznar-Casanova, Merindano-Encina, Cardona y Solé-Fortó, 2011; Schneiders et al., 2010) y muestran mayor flexibilidad en tareas de orientación de la atención (Lum, Enns y Pratt, 2002; Nougier, Ripoll y Stein, 1989). Toda esta serie de supuestas ventajas visuales, sin embargo, no se suele atribuir a la existencia de un sistema visual superior (i.e., Abernethy, Neal, y Koning, 1994), sino a la adquisición de una serie de habilidades adquiridas tras años de práctica (Kibele, 2006).

1.4. IMPORTANCIA DEL EJERCICIO FÍSICO EN LOS MAYORES

Las repercusiones de la actividad física en los mayores parecen en ocasiones incluso mayores que en los jóvenes. Son muchas las investigaciones que determinan que el deporte en mayores actúa como un neuroprotector, frenando el declive asociado a la edad al que aludíamos anteriormente, e incluso retrasar la aparición de algunas enfermedades neurodegenerativas (Andel et al., 2008; Larson et al., 2006; Rovio et al., 2005).

Dado el incremento progresivo del número de personas mayores, especialmente en las sociedades desarrolladas, cada vez resulta más necesario identificar las vías mediante las cuales aumentar, en la medida de lo posible, la calidad de vida de estas personas. En este sentido, la práctica regular de actividad física se ha convertido en uno de los factores más importantes sobre el que se centran múltiples estudios, no solo para mejorar la salud física, reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, y retrasar la mortalidad (i.e., Thompson et al., 2003), sino además para retrasar el enlentecimiento perceptivo y cognitivo que generalmente se produce con

la edad (véase Hötting y Röder, 2013; Voelcker-Rehage y Niemann, 2013). Con el aumento de la esperanza de vida y, por tanto, del número de personas mayores en la sociedad, también se incrementa la aparición de enfermedades neurodegenerativas, lo que hace a su vez necesario el establecimiento de factores que contribuyan a frenar dichas patologías y a promover el envejecimiento saludable.

Ese factor neuroprotector que a menudo se le atribuye al ejercicio físico, es consistente con el hecho de que algunas de las estructuras cerebrales implicadas en la mejora cognitiva cuando se realiza actividad física, como el hipocampo, a menudo estén relacionadas con la EA. El hipocampo es una estructura que pierde volumen con la edad, produciendo a su vez, pérdidas en la memoria episódica y aumentando el riesgo de demencia (Erikson y Kramer, 2009; Erikson et al., 2010; Raz et al., 2006). Erikson et al. (2010) realizaron un estudio en el que un grupo de personas mayores realizó durante un año actividad física de tipo aeróbico mientras que otro grupo realizó ejercicios de estiramiento. Los resultados mostraron que hubo un incremento en el volumen del hipocampo anterior de aproximadamente un 2% en el grupo que realizó ejercicio aeróbico (antes de empezar la intervención, ambos grupos no se diferenciaban en cuanto a volumen hipocampal). Curiosamente, el grupo que practicó ejercicios de estiramiento obtuvo, tras este período de un año, una pérdida en el volumen hipocampal de aproximadamente un 1,40%, dato que sugiere que no todos los tipos de actividad física actúan retrasando el declive cognitivo asociado a la edad. En este estudio también se encontró que la actividad aeróbica incrementó los niveles de BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor), una proteína que media la expansión dendrítica (Lee, Kermani, Teng y Hempstead, 2001) y que cumple un papel fundamental en la memoria a largo plazo (Bekinschtein et al., 2008; Pang et al., 2004). Erikson et al. (2010) indican que la actividad física no provoca cambios uniformes en el cerebro sino que es selectiva. En su

estudio, los cambios solo se dieron en el hipocampo anterior, estructura relacionada con la memoria espacial (Moser, Moser, Forrest, Andersen y Morris, 1995), y que por otro lado, es la que sufre más atrofia con la edad si se compara con el hipocampo posterior (Raji, Lopez, Kuller, Carmichael y Becker, 2009).

Además del hipocampo, otras estructuras y procesos están implicados. Por ejemplo, Colcombe et al. (2004) encontraron que la actividad física en mayores influía en la flexibilidad y adaptabilidad del cerebro, presumiblemente mejorando algunos aspectos fisiológicos, como la capacidad vascular y el número de conexiones sinápticas. En su estudio, mostraron cómo los participantes que realizaban actividad física tenían mayores capacidades atencionales que los sedentarios. Los deportistas exhibieron mayor actividad en las cortezas prefrontal y parietal, especialmente en las zonas relacionadas con la selección espacial y el funcionamiento inhibitorio. Encontraron, por otro lado, diferencias en el córtex cingulado anterior, implicado en el procesamiento atencional y que los deportistas presentaban menor actividad neuronal en zonas que se activan ante el conflicto cognitivo. Por otra parte, la actividad física de tipo aeróbico parece reducir la pérdida asociada a la edad tanto de materia gris como blanca en zonas prefrontales y temporales (Colcombe et al., 2006), y prevenir la pérdida de tejido en determinadas zonas relacionadas con funciones visoespaciales, control motor y memoria de trabajo, mejorando de esta forma, la función ejecutiva (Tseng et al., 2013). Parece, por tanto, que el ejercicio de tipo aeróbico aumenta el volumen del córtex cingulado anterior, el córtex prefrontal lateral y el córtex parietal lateral (véase Hayes, Hayes, Cadden y Verfaellie, 2013).

En cuanto a los estudios los conductuales, el ejercicio físico también se asocia a una mejora general en múltiples procesos perceptivos y cognitivos. En un estudio reciente, Ballesteros et al. (2013b) encontraron que el control ejecutivo, (evaluado con

la tarea de Wisconsin), y la velocidad de procesamiento (evaluada mediante tareas de tiempo de reacción simple y de elección) se vieron afectadas por la falta de actividad física en mayores, mientras que el *priming* de repetición como medida de la memoria implícita, no se vió prácticamente afectado por la edad ni por la falta de actividad física de los participantes.

Voss et al. (2010) estudiaron las relaciones entre el envejecimiento y la actividad física en el control ejecutivo y la memoria. En concreto evaluaron la memoria de trabajo, la capacidad de inhibición, la capacidad para cambiar de una actividad a otra, y la memoria espacial, encontrando que los adultos mayores que realizaban ejercicio físico habitualmente puntuaban mejor en esas variables que los individuos sedentarios. En un estudio posterior (Voss et al., 2011) se encontraron que el deporte tiende a incrementar la conectividad funcional entre algunas áreas de las cortezas frontal, posterior y temporal, hecho que apoya la idea de que el ejercicio físico puede facilitar una reorganización dinámica en el cerebro de los deportistas mayores. En un estudio conductual, Hötting et al. (2012) demostraron que tras un período de entrenamiento se mejora el aprendizaje verbal, la memoria y la atención selectiva, y que para mantener esas mejoras, es necesario seguir realizando actividad física.

Estas estructuras cerebrales y procesos cognitivos, entre otros, son los que en principio, sufren un deterioro asociado a la edad. Parece ser que mediante la práctica deportiva regular, se frena en parte el enlentecimiento cognitivo y se mejoran muchas funciones, además de prevenir o retrasar la aparición de enfermedades neurodegenerativas. Según la literatura revisada, se puede establecer que la actividad física tiene múltiples efectos beneficiosos que ayudan a preservar muchas funciones cognitivas. A pesar de esta evidencia, sin embargo, la actividad física sigue siendo insuficiente entre las personas mayores, en parte debido al miedo que éstas tienen a

sufrir caídas o lesiones (véase Dunskey y Netz, 2012), aunque no estaría del todo justificado, ya que la proporción de lesiones es generalmente mayor entre los jóvenes que entre los mayores, aunque estos autores concluyen que serían necesarios más estudios para poder establecer una clasificación más exacta de cuáles son los deportes que más riesgo de lesiones presentan para las personas mayores.

Es importante determinar qué tipo de actividad física aporta toda esta serie de beneficios en las personas mayores, puesto que la actividad deportiva puede ser de muchos tipos, y en función de la variedad pueden resultar afectadas diferentes funciones. Parece ser que el entrenamiento en el que se trabaja la resistencia física a nivel aeróbico (Liu-Ambrose et al., 2010) y la coordinación de los miembros (Voelcker-Rehage, Godde, y Staudinger, 2011) es el que consigue frenar en mayor medida el enlentecimiento cognitivo y perceptivo asociado a la edad. Liu-Ambrose et al. (2010) encontraron que los participantes mayores de 65 años, que habían realizado este tipo de actividad mejoraron el control ejecutivo evaluado mediante una tarea de Stroop, comparados con los individuos que realizaron una actividad basada en el entrenamiento del equilibrio y la tonificación. Parece ser que estos efectos beneficiosos de los programas de entrenamiento físico basados en la resistencia se producen por un incremento en los niveles de IGF-1 (Insulin-Grow-Factor-1) en determinadas zonas periféricas (Cassilhas et al., 2007). Cassilhas y colaboradores, en un estudio posterior (Cassilhas et al., 2012) encontraron que el entrenamiento aeróbico y de resistencia, tanto en animales como en humanos, contribuye a mejorar la memoria espacial a través de dos mecanismos diferentes; mientras que el ejercicio aeróbico se relaciona con el hipocampo, el entrenamiento en resistencia estaría más bien vinculado al IGF-1. Voelcker-Rehage, et al., (2011) proponen que mediante la actividad física basada en la coordinación de los miembros, se favorece la detección de estímulos en las tareas de

búsqueda visual. Estos resultados parecen sugerir que la mejor forma de detener el deterioro que se produce con la edad en los múltiples procesos cognitivos y de las estructuras neurales que los sustentan, podría ser combinando el ejercicio físico aeróbico y de resistencia, junto con el entrenamiento de la coordinación de los distintos miembros. Con este tipo de actividad física no solo se conseguiría una mejora general a nivel cognitivo, sino que estas mejoras se trasladarían también a los niveles físico y psicológico, posiblemente reduciendo los problemas de ansiedad y depresión, en ocasiones con más prevalencia entre las personas mayores.

1.5. ESTUDIO DE LAS HABILIDADES VISUALES EN DEPORTISTAS

El estudio de las diferencias entre deportistas y no deportistas depende en gran medida de las tareas realizadas en la investigación, distinguiéndose en general estudios de dos tipos: los que plantean tareas de alguna manera relacionadas con el propio deporte como por ejemplo, anticipar la trayectoria de un balón u observar escenas de karate (i.e., Memmert, Simons, y Grimme, 2009; Nougier, Azemar, Stein, y Ripoll, 1992), o los que plantean tareas básicas o no específicas del deporte en cuestión, como la detección de una serie de puntos en una pantalla de ordenador (i.g., Ando, Kida, y Oda, 2001; Kokubu, Ando, Kida, y Oda, 2006; Muiños y Ballesteros, 2013; Zwierko, 2007). En el primer caso las diferencias entre deportistas y no deportistas generalmente son mayores, mientras que cuando se utilizan estímulos básicos, los resultados no son tan claros; algunos estudios encuentran diferencias mientras que otros no las encuentran o las encuentran solo en algunos de los experimentos.

En general, se considera que los deportistas no tienen un sistema visual superior (*hardware* visual), puesto que no se encuentran diferencias en la agudeza visual, la estereopsis, la sensibilidad al contraste y muchas otras funciones, sino que éste podría

ser más eficiente en determinados contextos (Abernethy et al., 1994; Zwierko et al., 2010). Las posibles diferencias en la percepción visual de los deportistas podrían estar por lo tanto relacionadas con la estrategia visual utilizada (*software* visual), derivada, posiblemente, de un proceso de aprendizaje.

Aunque no se sabe a ciencia cierta si las habilidades que tienen los deportistas son innatas o si las han adquirido mediante aprendizaje tras años de práctica, en general se considera más probable esta última posibilidad (Ericsson, Krampe y Tesch-Römer, 1993; Kibele, 2006; Wu et al., 2013; Zwierko et al., 2010), puesto que como se verá más adelante, dependiendo del tipo de deporte practicado, los deportistas adquirieren unas habilidades u otras. El tipo de aprendizaje motor que se da en cada caso, parece ser la base de las habilidades (visuales) que exhibe el deportista. Una cuestión importante es si el proceso de automatización que se ha dado en cada caso, da lugar a la transferencia de estas habilidades a otras tareas básicas.

Los procesos atencionales y de velocidad motora son de vital importancia en la mayoría de los deportes, pero parecen especialmente importantes en el contexto de los deportes de contacto, en los que los deportistas deben mantener, entre otras cosas, un estado constante de atención selectiva y sostenida debido al ritmo rápido y continuado en el que se producen las maniobras. Precisamente, por la velocidad a la que se producen estos movimientos y por el hecho de que estos deportistas deben prestar atención a los estímulos en movimiento que se presentan en todas las localizaciones del campo visual, las artes marciales parecen ser candidatos perfectos para el estudio de la atención visual, la visión periférica, la agudeza visual dinámica, entre otros mecanismos visuoperceptivos.

El desarrollo de estas habilidades, junto con la coordinación ojo-mano y la lateralidad, son cruciales para que el deportista sea competitivo a nivel profesional. De

hecho, los deportistas a menudo son sometidos a entrenamientos visuales para mejorar este tipo de habilidades y aplicarlas a su práctica deportiva.

1.5.1. Parámetros del estímulo visual

Los estudios que se han realizado en esta Tesis Doctoral se centraron básicamente en la evaluación de la visión periférica, las heterogeneidades que se producen en localizaciones isoexcéntricas del campo visual y en la agudeza visual dinámica.

La visión periférica generalmente se evalúa presentando estímulos a diferentes excentricidades del campo visual mientras los participantes miran a un punto de fijación central. Los estímulos más excéntricos son los que se presentan más alejados de este punto central mientras que los estímulos menos excéntricos son aquellos que aparecen en posiciones más centrales. La percepción visual cambia a lo largo del campo visual, siendo, en general, peor en las localizaciones más excéntricas (Berkley, Kitterle, y Watkins, 1975; Carrasco y Chang, 1995; Golla, Ignashchenkova, Haarmeier, y Their, 2004). Esta peor ejecución que se suele tener ante estímulos más excéntricos, a menudo se ha atribuido a las propiedades fisiológicas de la retina. De hecho, la agudeza visual suele disminuir rápidamente a partir de 5 grados de excentricidad (Anderson, Zlatkoa, y Demirel, 2002). Los estímulos que se utilizaron en los estudios que realizamos en esta Tesis Doctoral fueron de carácter básico (puntos en la pantalla que aparecían y desaparecían a una determinada excentricidad y velocidad), no relacionados con la práctica deportiva. Si la práctica del deporte en cuestión facilita, tras un proceso de aprendizaje motor, la detección de estímulos más periféricos, el tiempo de reacción de los deportistas debería ser menor que el de los no deportistas, tal y como arrojan los resultados de diversas investigaciones (Ando et al., 2001; Kokubu et al., 2006; Mori et

al., 2002; Zwierko, 2007; Zwierko et al., 2010), en los que los deportistas detectaron antes los estímulos periféricos, hecho que se suele interpretar en función del aprendizaje motor producido tras años de práctica. En la presente investigación nos preguntamos si diferentes modalidades de deporte podían dar lugar a habilidades visuoperceptivas distintas, en este caso en la visión periférica, por lo que, como se verá más adelante, en dos de los estudios llevados a cabo incluimos dos artes marciales diferentes.

Otra cuestión importante que hemos investigado en esta Tesis Doctoral, fueron las heterogeneidades que se producen en localizaciones isoexcéntricas del campo visual. Dos localizaciones son isoexcéntricas cuando ambas están a la misma distancia del centro del campo visual, aunque cada una esté en una localización distinta de dicho campo (arriba, abajo, derecha, izquierda, por ejemplo). Puesto que el patrón visual entre deportistas y no deportistas, jóvenes y mayores, parece cambiar dependiendo de diversos parámetros visuales, quizá también se dé un patrón diferente en función de las localizaciones isoexcéntricas. Diversos estudios muestran que la detección del estímulo varía en función de dónde esté localizado ese estímulo en el campo visual, aun estando a la misma distancia del centro de la pantalla (esto es, siendo isoexcéntricos). De hecho, se suelen detectar antes los estímulos que están en el meridiano horizontal que en el vertical, y dentro del vertical, se detectan más rápido los estímulos que están en la parte inferior (Carrasco, Talgar, y Cameron, 2001; Montaser-Kouhsari y Carrasco, 2009; Rovamo y Virsu, 1979). Poco se sabe, sin embargo, acerca de este efecto visuoperceptivo, las heterogeneidades o anisotropías que se producen en el campo visual con la práctica deportiva, por lo que decidimos estudiar este aspecto en uno de los estudios de esta Tesis.

La pregunta que nos hicimos en esta investigación fue si los deportistas exhibirían un patrón diferente en cuanto al efecto generalmente encontrado en la

población normal o tendrían un comportamiento visual diferente ante las isoexcentricidades visuales. En el último experimento de esta Tesis quisimos investigar las diferencias que podían darse en la agudeza visual dinámica (AVD), atendiendo al estilo de vida deportiva (sedentarismo o deporte, y tipo de deporte realizado) y a la edad (participantes jóvenes y mayores). La agudeza visual tradicionalmente se ha venido evaluando utilizando como medida la agudeza visual estática, que se calcula en función de un estímulo estacionario que difiere en tamaño y distancia desde la que mira un observador. La visión espacial, sin embargo, depende de múltiples procesos y los estímulos que nos rodean en nuestra vida diaria a menudo no son estáticos, sino que son dinámicos o están en movimiento relativo con respecto al observador. Este hecho hace de la agudeza visual estática una medida poco ecológica e incompleta para evaluar la función visual (*Committee on Vision of the National Research Council, 1985*) especialmente en deportes, donde el estímulo (un balón, un oponente, etc.) suele estar en movimiento y el deportista necesita desarrollar una serie de habilidades visuales dinámicas para poder seguir dicho movimiento y para poder discriminar determinados detalles finos del estímulo mientras éste se mueve. La AVD consistiría, por lo tanto, en la capacidad de discriminar detalles finos de un objeto en movimiento relativo con respecto a un observador (Miller y Ludvigh, 1962). Los estímulos que se utilizan habitualmente para evaluar la AVD son ondas gabor, “E de Snellen” o el anillo “C de Landolt”. También se han utilizado discos giratorios que mediante un movimiento angular replicaban el movimiento en el estímulo. Sin embargo, se debe ser especialmente cauteloso en la elección de los estímulos, puesto que algunos de ellos, como los artilugios giratorios o la utilización de letras, pueden presentar problemas de validez externa o ser poco ecológicos porque los objetos en movimiento que nos rodean habitualmente no tienen esas características (Banks, Moore, Liu y Wu, 2004; Berman,

1993; Coffey y Reichow, 1990). En el estudio de la AVD, conviene, por otro lado, variar el contraste del estímulo para tener una medida más completa de la función visual (*Committee on Vision of the National Research Council*, 1985). Existe un consenso general en considerar que la AVD mejora al aumentar el contraste del estímulo (Aznar-Casanova, Quevedo, y Sinnott, 2005; Long y Zavod, 2002), al disminuir la velocidad (i.e., Brown, 1972a, 1972b; Demer y Amjadi, 1993; Miller, 1958), y suele ser mejor en la trayectoria horizontal que en la diagonal (Appelle, 1972; Gros, Blake y Hiris, 1998; Loffler y Orbach, 2001; Meng y Qian, 2005), hecho por el que decidimos incluir en nuestro tercer estudio, el contraste del estímulo, la trayectoria y la velocidad como variables independientes.

Al igual que sucede con la visión periférica utilizando estímulos básicos, en la evaluación de la AVD, diversas investigaciones también informan de diferencias entre deportistas y no deportistas en la detección rápida de estímulos en movimiento (Appelle, 1972; Gros et al., 1998; Loffler y Orbach, 2001; Meng y Qian, 2005), mientras que estudios como el de Ward y Williams (2003) no encuentran diferencias. Esta mejor realización de las tareas de AVD por parte de los deportistas, puede deberse a las habilidades de seguimiento de objetos (Jacob, Lillakas y Irving, 2005; Land y McLeod, 2000; Uchida, Kudoh, Higuchi, Honda y Kanosue, 2013) o a la habilidad de realizar búsquedas visuales de manera más eficiente (i.e. Helsen y Starkes, 1999; Williams y Davids, 1998). En el caso de la AVD, tampoco se sabe con certeza si los deportistas tienen de manera innata estas habilidades o las desarrollan con la práctica a través de un aprendizaje motor.

1.6. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE ESTA TESIS DOCTORAL

Esta Tesis Doctoral tiene como objetivo principal investigar cómo evolucionan con la edad la visión periférica y la agudeza visual dinámica y si el declive asociado a estos procesos perceptivos se retrasa mediante la práctica de dos Artes Marciales, el judo y el kárate. Establecer las vías mediante las cuales se logre retardar el enlentecimiento perceptivo asociado a la edad es un aspecto de vital importancia dadas las repercusiones en la calidad de vida que tendría sobre muchas personas.

Otro objetivo es estudiar la visión periférica y la lateralidad, utilizando una tarea de psicomotricidad fina en practicantes de kung fu. Este deporte en concreto tiene unas características especiales porque presenta cierta predisposición a los movimientos laterales y circulares, lo que lo convierte en un candidato perfecto para estudiar la visión periférica. A continuación se describen más detalladamente los objetivos y las hipótesis planteadas en cada uno de los tres estudios que componen esta Tesis Doctoral.

1.6.1. Evaluación de la visión periférica y de la lateralidad en practicantes de kung fu

Objetivos

- (1) Examinar las posibles diferencias en los TR entre los practicantes de kung fu y los individuos sedentarios, especialmente ante estímulos periféricos que aparecen a un ritmo de presentación rápido (con menores ISIs).
- (2) Investigar si los practicantes de kung fu realizan más rápido una tarea de psicomotricidad fina y si existen diferencias de lateralidad entre deportistas y no deportistas de la misma edad.

Hipótesis

(1) Dadas las maniobras rápidas que estos deportistas han desarrollado a lo largo de años de entrenamiento, entre las que destacan los movimientos circulares y el aprendizaje motor, hipotetizamos que los practicantes de kung fu serían más rápidos en la detección de los estímulos presentados en cualquier punto del campo visual, especialmente en las áreas más periféricas.

(2) Basándonos en la literatura previa en la que se establece que los deportistas pueden tener más ventaja si en sus maniobras utilizan la mano no dominante, presumimos que los practicantes de kung fu exhibirían una menor lateralidad que los no deportistas.

1.6.2. Estudio de la visión periférica en adultos jóvenes y mayores practicantes de judo y kárate y en no deportistas

Objetivos

(1) Determinar si la edad y la práctica de judo y de kárate afectan al TR en la detección de los estímulos, especialmente los que aparecen en la periferia del campo visual y a un ritmo de presentación rápido (ISIs cortos).

(2) Analizar si el tipo de deporte practicado, judo o kárate, origina diferencias en la realización de la tarea.

(3) Examinar si en la detección de estímulos existen heterogeneidades ante localizaciones isoexcéntricas y si esas supuestas anisotropías vienen determinadas por la edad y el deporte.

Hipótesis

(1) El TR de los adultos jóvenes será menor que los mayores tanto en los estímulos centrales como en los periféricos, aunque basándonos en la literatura previa, en la que la visión periférica es uno de los procesos perceptivos que decae con la edad,

hipotetizamos que las diferencias serían más acentuadas con los estímulos más excéntricos.

(2) Basándonos en nuestro estudio previo con practicantes de kung fu, los deportistas serán más rápidos detectando los estímulos, especialmente los periféricos que aparecen a un ritmo de presentación rápido (con menores ISIs).

(3) Puesto que está bien establecido que la práctica deportiva retrasa el declive perceptivo asociado a la edad, presumimos que practicantes mayores de judo y kárate podrían exhibir una ejecución similar a la de los jóvenes sedentarios.

(4) Puesto que las artes marciales estudiadas utilizan una serie de técnicas y metodologías muy distintas y que este hecho podría dar lugar a aprendizajes motores distintos, hipotetizamos que los practicantes de judo y kárate arrojarían patrones de respuesta diferentes.

(5) Las anisotropías visuales parecen tener un fundamento fisiológico y en principio no se establece en la literatura que se produzcan diferencias en función de la edad o del deporte, por lo que hipotetizamos que todos los participantes exhibirán el mismo patrón de anisotropía: detectarán con mayor rapidez los estímulos que aparecen en el plano horizontal que en el vertical, y dentro de este último, los estímulos que aparezcan en la parte inferior serán detectados con mayor rapidez que los que aparezcan en la parte superior.

1.6.3. Análisis de la agudeza visual dinámica en adultos jóvenes y mayores, practicantes de judo, kárate y no deportistas

Objetivos

(1) Comprobar si la edad y la práctica de judo y de kárate afectan a la puntuación en la

AVD obtenida en función de la velocidad, la trayectoria y el contraste del estímulo.

(2) Analizar si el tipo de deporte practicado, judo o kárate, origina diferencias en la realización de la tarea.

Hipótesis

(1) Los jóvenes tendrán mayor AVD que los adultos mayores, puesto que la AVD es uno de los procesos que más rápidamente decae con la edad. Asimismo, y basándonos en la literatura previa, esperamos que los practicantes de judo y kárate obtengan mejores puntuaciones que los no deportistas.

(2) Los jóvenes y los deportistas realizarán mejor la tarea cuando el estímulo se mueva con mayor rapidez, puesto que los mayores suelen tener más dificultades en tareas de seguimiento de objetos y los deportistas suelen tener más entrenada esa habilidad, especialmente si practican un deporte de carácter dinámico.

(3) Hipotetizamos que ni la edad ni el deporte modularían las diferencias entre el contraste y la trayectoria. Todos los grupos realizarían mejor la tarea cuando el contraste del estímulo es máximo y exhibirían el denominado efecto oblicuo.

(4) Puesto que las artes marciales estudiadas utilizan una serie de técnicas y metodologías muy distintas, lo que podría dar lugar a aprendizajes motores distintos, hipotetizamos que los practicantes de judo y de kárate arrojarían patrones de respuesta diferentes.

CAPÍTULO 2
VISUOSPATIAL ATTENTION AND MOTOR SKILLS IN
KUNG FU ATHLETES

Mónica Muiños¹ and Soledad Ballesteros²

¹Universitat Jaume I, Castellón, Spain

²Facultad de Psicología, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Spain

Muiños, M., & Ballesteros, S. (2013). *Perception*, 42, 1043-1050.

ABSTRACT

The present study compared the performance of a group of sixteen kung fu athletes with that of a control group of fourteen nonathletes on a speeded visuospatial task and a hand-tapping motor task. In the visuospatial task the results showed that athletes were faster than the control participants when stimuli were presented at the periphery of the visual field at a middle and high presentation speed with short interstimulus intervals. Athletes were also significantly faster than nonathlete participants when performing motor actions such as hand-tapping with their dominant hand but groups did not differ with the nondominant hand. These results support the view that athletes perform some speeded visuospatial and motor tasks faster than nonathletes under certain conditions. The findings suggest that, after several years of practice, kung fu athletes develop certain skills that allow them to perform motor speed maneuvers under time pressure conditions.

Key words: martial arts, motor abilities, peripheral vision, visuospatial attention, kung fu athletes

2.1. INTRODUCTION

The role of perceptual and motor skills is critical in sports. Martial arts, which involve fast movements, usually impose extreme demands and require practitioners to develop certain skills to avoid attacks coming from various points, including the visual periphery. Kung fu is a Chinese martial art which literally means ‘martial art’ in Chinese. This fast-moving sport uses punches, kicks, jumps, joint manipulation, grappling, and also a variety of weapons, but its main features are balance and twisting of the body, flexibility, and the performance of circular movements. The importance of being able to respond to lateral attacks makes it very suitable for the study of peripheral vision. Peripheral vision has been studied in other sports (eg Schorer et al 2013; Zwierko 2007; Zwierko et al 2010); but, surprisingly, there is a lack of research in kung fu. Given the importance in this sport of paying attention to things happening peripherally and the predisposition to respond to lateral attacks, the study of peripheral perception is an important research endeavor. Kung fu training involves circular movements executed more laterally than in other related martial arts such as karate or taekwondo. Perceptual and motor abilities in sports have been extensively investigated over the past two decades, with mixed results. While some studies have reported significant differences between athletes and nonathletes only when stimuli related to the practiced sport are used (e.g., Memmert et al 2009; Nougier et al 1992), other researchers have also reported differences in performance with generic or more simple stimuli not related to the practiced sport (e.g., Arkaru et al 2009; Giglia et al 2011; Mori et al 2002). In nonathlete participants task-specific training produces a reduction in reaction time (RT) after being trained to detect stimuli appearing at peripheral and central locations of the visual field. Ando et al (2004; see also Ciuffreda 2011) obtained

a large effect size for both peripheral ($d = 1.46$) and central ($d = 0.86$) locations with practice.

Importantly, improvements were still present 3 weeks after training, thus suggesting neuroplasticity. If a short task-specific training improved RT for stimuli presented at peripheral and central visual fields, we reasoned that the continuous practice of the sport would facilitate the rapid detection of generic stimuli appearing at peripheral locations of the visual field. Several behavioral studies suggest that athletes have better visual skills than nonathletes and that this allows them to process some visual information better. However, other studies indicate that athletes do not have better visuospatial abilities than novices but that they are more efficient in certain contexts (Abernethy et al 1994; Williams et al 1994; Wu et al 2013; Zwierko 2007; Zwierko et al 2010). For example, Zwierko (2007) found significant differences with a larger effect size ($d = 1.064$ and $d = 1.05$) between handball players and sedentary participants in two peripheral vision conditions using simple stimuli. In a more recent study, Zwierko and colleagues (2010) also reported a large effect size ($d = 0.94$) in volleyball players compared with nonathlete participants. Ripoll et al (1995) suggested that athletes develop more economical and holistic visual search patterns than novices. In their study the visual strategy differed, with athletes making fewer but longer visual fixations, most of them directed to the head, whereas novices made more visual fixations on the arms and fists. In a recent study, Millslagle et al (2013) also reported a different pattern of fixations between baseball athletes and nonathletes. This different pattern of fixations supports the view that athletes and nonathletes may differ in visuospatial perception. Taken together, these results encouraged us to explore the visual abilities and motor performance of elite kung fu athletes. Athletes, especially those engaged in combat sports, execute motor movements under time pressure because

they have to respond as quickly as possible to sequences of opponent attacks. These rapid motor maneuvers occur mainly automatically (Kibele 2006). These ‘prepared’ motor reactions are based on a long learning process. Some of the variables that facilitate the learning of motor skills are repetition (Malouin and Richards 2010; Melnik et al 2009), ‘motor imagery’ or ‘mental practice’, amount of practice (Post et al 2011), and knowledge of results or feedback (Badami et al 2012; Bitter et al 2011). One issue of great interest is whether athletes are more accurate and faster than nonathletes in other basic motor activities, different from those practiced repetitively during training. In a previous study, Mori et al. (2002) found significant differences between karate athletes and nonathletes in a basic motor task (responding to dots presented rapidly on the computer screen), although the differences were greater in more complex motor tasks involving scenes of karate attacks. Other researchers have reported differences in hemispheric specialization between proficient judo sportsmen and controls. Athletes, but not control participants, preferred to perform certain maneuvers with the nondominant hand (Mikheev et al 2002). In lateralized auditory and visual tasks, athletes showed greater right hemisphere involvement compared with controls. The authors suggested that lateral preferences are modified during the acquisition of motor skills, probably due to neuroplasticity. For example, performing certain tasks with the nondominant hand could give judo athletes an advantage in their sport (Abrams and Panaggio 2012). This different pattern in terms of lateralization encouraged us to explore possible differences between kung fu athletes and nonathletes. To our knowledge, this is the first study to investigate visuospatial and motor skills in kung fu athletes. Although it is important to study visual attention abilities and peripheral vision in all sports, it is especially so in sports such as kung fu that is characterized by a predisposition to respond to lateral attacks. In the present study we expected to find

shorter RTs in the kung fu group compared with a control group, as well as a different pattern of lateralization in the motor task.

Thus, the aims of the present study were twofold: (i) to examine whether kung fu athletes were better than nonathletes in visuospatial attention assessed by a speeded visual task, and (ii) to investigate differences in laterality between the two groups in a speeded motor task. More specifically, we hypothesized that kung fu athletes would have better visuospatial attention, expressed by shorter RTs than control participants. We also expected that athletes would outperform control participants when the visual stimuli were presented at the periphery of the visual field because of the importance of paying attention to things that happen peripherally in their sport. The second hypothesis was that kung fu athletes would show faster motor hand responses than the nonathlete group, as expressed by a larger number of taps.

2.2. METHOD

2.2.1. Participants

Thirty male volunteers participated in the present study. The athlete group was composed of sixteen participants (mean age = 30.69 years; SD = 5.73 years; range = 20–39 years). All were internationally competitive, high-level professional kung fu practitioners with a similar level of expertise. All were black belt with at least 10 years of sports practice. The mean number of hours that these athletes dedicated to practicing kung fu was 13 hours per week. The control group comprised fourteen participants without experience in combat sports (mean age = 30.28 years; SD = 4.33 years; range = 22–35 years). Participants in the athlete group came from various martial arts schools. The two groups were matched for age and sociocultural level assessed with the Goldthorpe–Hope scale (Goldthorpe and Hope 1974). None of the participants was

suffering from any general health problems, refractive eye disorders, or low visual acuity. All participants gave informed consent for participation in the study, which was approved by the Ethical Review Board of the Universidad Nacional de Educación a Distancia. The experiments were carried out in accordance with the World Medical Association Helsinki Declaration as revised in October 2008.

2.2.2. Measures

To assess visuospatial attention and hand-tapping motor skills, participants performed a computerized task, the visual field attention task, to assess visual attention depending on different eccentricities, and the motor speed task to assess motor speed responses with their dominant and nondominant hands (Brainmetric Software 2004), using a Fujitsu Siemens laptop with a 15.4 inch screen.

2.2.3. Procedures

Participants were tested in a quiet room with a luminance of 85 cd m² and a temperature of 22° C, and the noise level was kept between 5 and 13 dB. First, they performed the visual field attention task followed by the motor speed task. In the visuospatial task participants were presented with a fixation dot that appeared at the center of the computer screen, while another dot appeared and disappeared at random locations within the visual field at three interstimulus intervals (ISIs). The task consisted of pressing the left mouse button as quickly and accurately as possible when the stimulus appeared. To avoid anticipation, ISIs were randomized. The computer recorded automatically the RTs and the number of errors corresponding to each quadrant of the visual field (upper left and right, lower left and right quadrants) as well as to central and peripheral areas. Participants performed the task with four different randomized eccentricities: 0.9 deg, 2.5 deg, 9.5 deg, and 11 deg and three velocity conditions: low

(1500 ms), medium (800 ms), and high (400 ms). Participants performed a total of 150 trials, 50 in each of the three ISI conditions. The motor speed task was used to assess tapping speed. The task consisted of a total of 20 trials (10 with each hand lasting 10 s each). Participants tapped repeatedly and as quickly as possible on the space bar of the computer keyboard using the index finger of their dominant and nondominant hands. All participants were right-handed. The tapping finger was alternated, starting with the dominant hand and then with the nondominant hand. The computer recorded the number of taps to calculate the average tapping speed with each hand as well as the time interval between taps (in milliseconds). The program also calculated the consistency and rhythm of tapping.

2.2.4. Experimental design

2.2.4.1. Visual field attention task.

Data were analyzed using 2 group (athletes, nonathletes) \times 3 speed (intertrial duration: 1500 ms, 800 ms, 400 ms) \times 4 stimulus location (left, right, periphery, center) mixed factorial design with repeated measures in the last two factors.

2.2.4.2. Motor task

The design was 2 group (athletes, nonathletes) \times 2 hand (dominant, nondominant); 'group' was the between-subjects factor, with hand as repeated measures.

2.3. RESULTS

The results corresponding to performance on the visual and motor tasks were analyzed separately.

2.3.1. Visual field attention task

Latencies (ms) corresponding to correct responses were the main dependent variables. The average RT was 479 ms (SD = 41 ms) for athletes and 504 ms (SD = 35 ms) for nonathletes. Errors were also recorded, although the mean percentage did not exceed 1%. Incorrect trials were not included in the data analysis. Table 1 shows the mean performance of the two groups in the experimental conditions. A three-factor mixed ANOVA was conducted on latency with group as the between-subjects variable and speed and location as the within-subjects variables. The Greenhouse–Geisser correction for nonsphericity was applied, where necessary, and is indicated by adjusted degrees of freedom. The results from the $2 \times 3 \times 4$ (group \times speed \times location) ANOVA showed that the main effect of group was statistically significant ($F_{1, 28} = 4.67$, $MSE = 0.001$, $p = 0.039$, $\eta^2 = 0.143$). Kung fu athletes were faster (479 ms) than nonathletes (504 ms).

Table 2.1. Mean of RTs in milliseconds (ms) and standard deviations (SD, in parentheses) for each group and condition in the visual field attention task.

Stimulus Location	Presentation speed	Mean (SD)/ms	
		Athletes	Non-athletes
Left	Low speed	504 (48)	516 (37)
	Interm.speed	476 (39)	500 (40)
	Rapid speed	465 (35)	485 (35)
Right	Low speed	504 (42)	511 (34)
	Interm.speed	475 (40)	480 (35)
	Rapid speed	459 (38)	478 (28)
Peripheral	Low speed	519 (66)	543 (43)
	Interm.speed	468 (27)	522 (29)
	Rapid speed	450 (39)	530 (27)
Central	Low speed	495 (46)	513 (46)
	Interm.speed	472 (34)	486 (39)
	Rapid speed	461 (42)	480 (27)
Total		479 (41)	504 (35)

The main effects of stimulus location ($F_{2,34, 65.52} = 13.44$, $MSE = 0.001$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.32$) and speed of presentation ($F_{1,77, 49.59} = 56.71$, $MSE = 0.001$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.67$) were also statistically significant, showing that the location of the stimuli on the visual field and the intertrial duration of the stimulus affected the results. The stimulus location by group interaction was also significant ($F_{2,34, 65.52} = 12.25$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.304$), showing that athletes performed the task faster than nonathletes, depending on the location of the stimulus. Simple effects analyses (Keppel, 1991) revealed that kung fu athletes were significantly faster than controls only when stimuli appeared at

peripheral locations ($p < 0.001$). Simple effects at the other locations were not statistically significant, indicating that both groups were similar in speed. The two-way speed of presentation \times group interaction was also significant ($F_{1.77, 49.59} = 3.58, p < 0.05, \eta^2 = 0.11$). Simple effects analyses revealed that athletes were faster than controls at intermediate ($p = 0.036$) and short speeds ($p = 0.004$), suggesting that the differences between kung fu athletes and sedentary participants become greater as stimulus presentation speed increases. At low speed, differences were not significant, indicating that athletes did not differ from nonathletes in this condition. Finally, the three-way group \times location \times speed interaction was marginally significant ($F_{3.4, 95.22} = 2.16, p = 0.08, \eta^2 = 0.07$), suggesting that athletes performed the task faster than controls when the stimulus was presented peripherally at intermediate ($p < 0.001$) and fast speeds ($p < 0.001$), but that the two groups did not differ in other conditions.

Figure 1 shows latencies from the visuospatial task corresponding to the peripheral conditions as a function of presentation speed. Taken together, these results indicate that the athletes performed better than controls when the stimuli were presented at the periphery of the visual field at fast speeds.

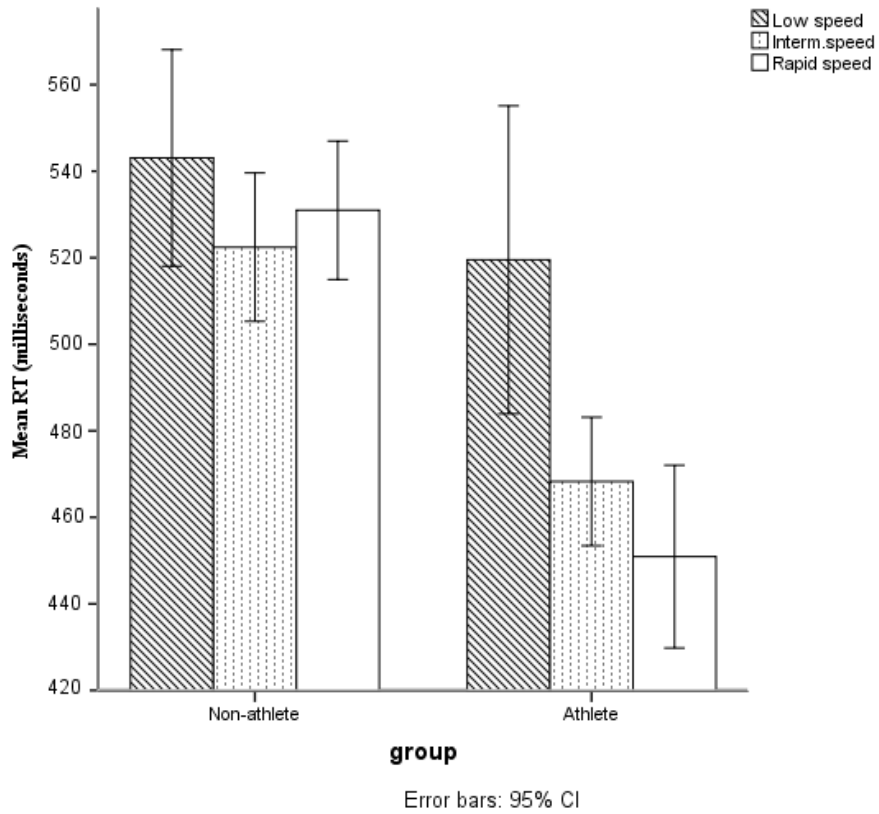


Figure 2.1. Mean reaction times (ms) for athletes and nonathletes in the peripheral condition of the visual field attention task, as a function of presentation speed (low, intermediate, and rapid). Bars correspond to the standard errors of the mean (95% confidence level).

2.3.2. Motor task

The mean number of taps was 72.63 (SD = 13.57) for athletes and 63.62 (SD = 7.09) for nonathletes. Figure 2 shows the mean latencies corresponding to the tapping response as a function of group and tapping hand (dominant and nondominant hands).

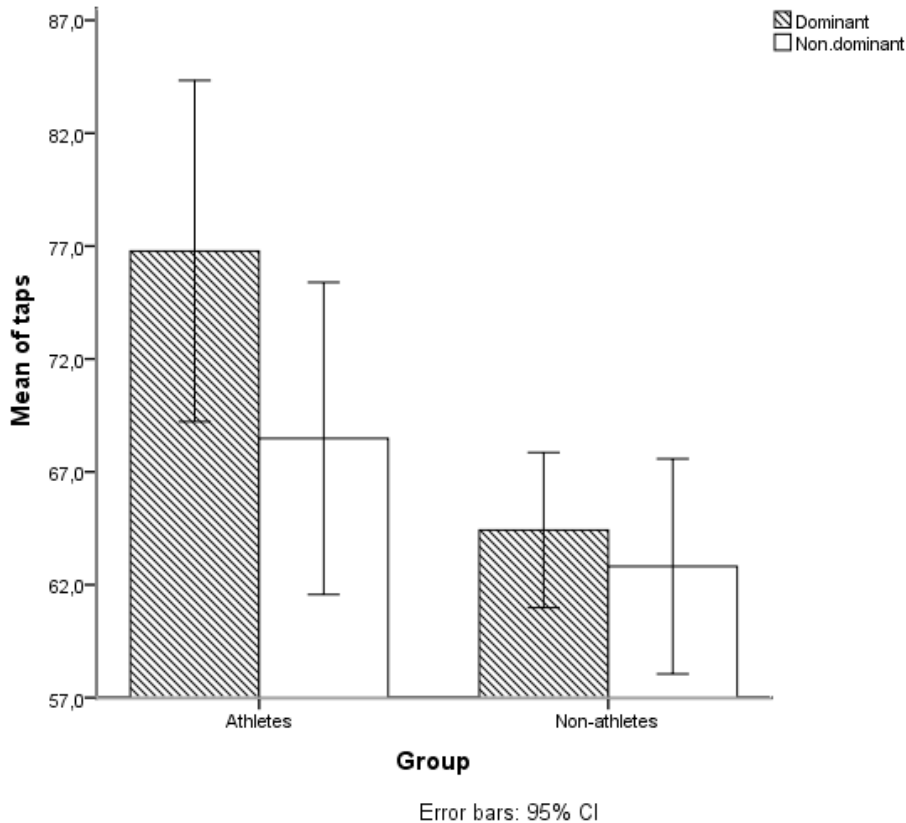


Figure 2.2. Mean performance for the dominant and nondominant hands for athletes and nonathletes in the motor task. Bars indicate the standard errors of the mean (95% confidence level).

The 2×2 (group \times dominance) mixed-factorial ANOVA showed that the main effect of group was statistically significant ($F_{1, 28} = 5.43$, $MSE = 606.77$, $p = 0.027$, $\eta^2 = 0.16$), suggesting that athletes were faster in key pressing than nonathletes. The main effect of dominance was also significant ($F_{1, 28} = 16.37$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.37$), showing that both groups were faster with their dominant hand. Importantly, the group \times dominance interaction was also significant ($F_{1, 28} = 7.48$, $MSE = 167.36$, $p = 0.011$, $\eta^2 = 0.21$), indicating that athletes performed a significantly greater number of key presses (and were therefore faster) than nonathletes when the task was performed with the dominant hand ($p = 0.005$); in other words, kung fu athletes showed greater laterality than control participants.

2.4. DISCUSSION

The aim of the present study was to compare the performance of a group of kung fu athletes with that of a control group of nonathletes on a visuospatial task and a motor hand-tapping task. This study yielded two main results. First, athletes were faster on the visuospatial task than nonathletes when the visual stimuli were presented at the periphery of the visual field at intermediate and fast speeds but not when they were presented slowly at other visual regions. Second, kung fu athletes were significantly faster at hand-tapping than nonathletes, but only with their dominant hand.

Martial arts practitioners, like other athletes, execute sequences of movements under time pressure. These motor reactions occur mainly automatically due to extended daily practice, suggesting that visual skills related to the sport may be related to this learning process. Our findings are consistent with those of Zwierko (2007), Zwierko et al. (2010), and Mori et al. (2002), who observed significant differences between athletes and nonathletes in some basic perceptual abilities with large effect sizes. In our visuospatial task, athletes were significantly faster when the stimuli were presented peripherally, especially under intermediate and fast presentation conditions. This difference in RT between groups in the peripheral condition could be due to the phenomenon described by Kibele (2006), whereby sportsmen develop fast maneuvers automatically after years of practice that is, 'prepared' motor reactions based on a learning process. Martial arts (especially kung fu) are based on reacting very quickly to the opponent's attacks, and it is very common that these attacks start at the periphery of the visual field. It is perhaps for that reason that kung fu athletes are more skilled in the perception of motion occurring at the periphery of the visual field. In our study we also found that athletes were better when the visual stimuli appeared faster at peripheral locations. When the speed of presentation was slower, differences between athletes and

nonathletes were only marginal. The better performance of the kung fu athletes under the peripheral condition when the stimuli were presented at a fast speed could be explained by the fact that athletes dedicate great effort to repeat maneuvers at a high speed. So, after years of practice, they developed the ability to detect and respond rapidly to fast-moving stimuli (eg repelling the attack of an opponent). The fact that the difference between the two groups at low speeds was only marginal could be due to a floor effect. Regarding the motor task, our results also revealed that the kung fu athletes were faster than the nonathlete participants, but only with their dominant hand. This result does not agree with the findings of previous studies conducted with judo athletes (eg. Abrams and Panaggio 2012; Mikheev et al 2002). For example, Mikheev et al (2002) reported that judo athletes showed a greater preference to use their nondominant hand in certain circumstances than nonjudo practitioners. The authors argued that, after an extended period of time practicing certain movements, judo athletes develop a different pattern of hemispheric lateralization. If this were the case with our kung fu athletes, we would have observed greater differences specifically in the nondominant hand. In fact, our results were just the opposite. Kung fu athletes outperformed nonathletes with their dominant hand with a large effect size ($\eta^2 = 0.2$). This discrepancy may be explained by the fact that judo is primarily based on the opponent's grabs, whereas kung fu is based on discrete punches. Judo athletes' use the nondominant hand to a greater extent to perform certain grabs, whereas in kung fu and other related sports (eg karate, taekwondo) athletes have more freedom to choose the hand used in the attack. Owing to more intense use of their dominant hand, kung fu athletes do not develop sufficient motor skills with the nondominant hand (as judo athletes do), and therefore they remain more lateralized. In sum, the current findings indicate that kung fu athletes perform some visual and motor tasks faster than

nonathletes under certain conditions. Kung fu athletes were faster than nonathlete participants, but only when the stimuli appeared at the periphery of the visual field at a high presentation speed with short ISIs. Athletes were also significantly faster than nonathletes when the motor actions were performed with their dominant hand. Athletes and nonathletes did not differ when the motor action was performed with the nondominant hand. These results suggest that kung fu athletes perform some speeded visuospatial and motor tasks faster than nonathletes, but only under certain conditions. The present results suggest that practice helps athletes develop certain skills that allow them to perform motor maneuvers under time pressure conditions. Further research is needed to investigate in greater depth the type of perceptual and motor differences between athletes and nonathletes in kung fu and other martial arts.

Acknowledgments

This research was supported by grants from the Spanish government (PSI2010- 21609-C2-01) and the Madrid community (S2010/BMD-2349) to SB. We would like to thank all the volunteers that participated in this study, and two anonymous reviewers for their valuable comments on our manuscript.

CAPÍTULO 3
PERIPHERAL VISION AND PERCEPTUAL
ASYMMETRIES IN YOUNG AND OLDER MARTIAL
ARTS ATHLETES AND NON-ATHLETES

Mónica Muiños* and Soledad Ballesteros**

*Universitat Jaume I, Castellón, Spain

** Studies on Aging and Neurodegenerative Diseases Research Group, Department of
Basic Psychology II, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, Spain

Muiños, M., & Ballesteros, S. (2014). *Attention, Perception and Psychophysics*

DOI 10.3758/s13414-014-0719-y

ABSTRACT

The present study investigated peripheral vision (PV) and perceptual asymmetries in young and older martial arts athletes (judo and karate athletes) and compared their performance with that of young and older non-athletes. Stimuli were dots presented at three different eccentricities along the horizontal, oblique and vertical diameters and three inter-stimulus intervals (ISI). Experiment 1 showed that although the two athlete groups were faster in almost all conditions, karate athletes performed significantly better than non-athlete participants when stimuli were presented in the peripheral visual field. Experiment 2 showed that older participants who had practiced a martial art at a competitive level when they were young were significantly faster than sedentary older adults of the same age. The practiced sport (judo or karate) did not affect performance differentially, suggesting that it is the practice of martial arts that is the crucial factor rather than the type of martial art. Importantly, older athletes lose their PV advantage compared to young athletes. Finally, we found that physical activity (young and older athletes) and age (young and older adults) did not alter the visual asymmetries that vary as a function of spatial location; all participants were faster for stimuli presented along the horizontal than the vertical meridian, and at the lower than at the upper locations within the vertical meridian. These results indicate that the practice of these martial arts is an effective way of counteracting the processing speed decline of visual stimuli appearing at any visual location and speed.

Key words: Aging, horizontal-vertical anisotropy, karate athletes, judo athletes, martial arts, peripheral vision

3.1. INTRODUCTION

Human visual perception is not uniform across the visual field. Research conducted with young adults using a variety of tasks has shown that performance decreases with eccentricity (e.g., Berkley, Kitterle, & Watkins, 1975; Carrasco & Chang, 1995). Interestingly, performance also varies at isoeccentric locations of the visual field. It is better on the horizontal than on the vertical meridian, and it is also better in the lower than in the upper region of the vertical meridian (Carrasco, Talgar, & Cameron, 2001; Montaser-Kouhsari & Carrasco, 2009; Rovamo & Virsu, 1979). Little is known, however, about whether these perceptual asymmetries also occur in elite martial arts athletes who do intensive physical exercise and, importantly, whether these perceptual asymmetries change with age.

Peripheral vision plays a crucial role in sports performed under time pressure (Müller & Abernethy, 2012). Martial arts typically impose both physical and perceptual demands and often require the acquisition of certain skills to avoid attacks that frequently come at high speed from the periphery, which makes contact sports a good model to study peripheral vision (PV) in young high-competitive athletes. Although older athletes do not practice martial arts with the same intensity and regularity, they are still active, which make them good candidates to investigate possible changes occurring in PV after years of not competing at a professional level.

Human perceivers need more time to detect stimuli that are farther away from fixation (Carrasco, Evert, Chang, & Katz, 1995; Carrasco & Frieder, 1997; Golla, Ignashchenkova, Haarmeier, & Their, 2004). This deterioration of performance at peripheral visual areas has been attributed to the physiological properties of the retina (e.g., reduction in spatial resolution and contrast sensitivity with eccentricity), as visual acuity decreases rapidly from 5 degrees of visual angle from fixation (Anderson,

Zlatkova, & Demirel, 2002). Several studies have shown differences in PV between athletes and non-athletes using stimuli related to their sport (e.g. Memmert, Simons, & Grimme, 2009), while others have also reported differences using simple stimuli not related to the participant's sport (e.g., Ando, Kida & Oda, 2001; Kokubu, Ando, Kida, & Oda, 2006; Muiños & Ballesteros, 2013). It has been argued that athletes and non-athletes do not differ in the visual function itself (i.e., in the visual “hardware”: e.g. visual acuity, depth perception, color vision), but in the visual “software”, or the ability to process and interpret visual information more efficiently using different strategies learned with practice (Abernethy, Neal, & Koning, 1994; Helsen & Pauwels, 1993; Williams, Davids, Burwitz, & Williams, 1994; Wu et al., 2013; Zwierko, 2007; Zwierko, Osinki, Lubinski, Czepita, & Florkiewicz, 2010).

We speculate that a regular judo and karate activity would improve visuospatial attention and PV, which may translate into faster stimulus processing at more eccentric locations. An important question addressed in the present study is what happens as young athletes age. Do older athletes process peripheral stimuli similarly to competitive young athletes? Do they perform the task better than sedentary young and older adults? It is well known that many cognitive processes decline with age, including working memory, episodic memory, processing speed, and executive functions (Baltes & Lindenberger, 1997; Park, Polk, Mikels, Taylor & Marshuetz, 2001; Salthouse, 1996), while others are preserved in older adults, including verbal abilities, world knowledge (Park & Reuter-Lorenz, 2009; Park et al., 2002; for reviews, see Hedden & Gabrieli, 2004), and implicit memory (Ballesteros, Mayas, & Reales, 2013a,b; Ballesteros & Reales, 2004; Ballesteros, Reales, Mayas, & Heller, 2008; Davis, Trussell, & Klebe, 2001). However, it is important to note that despite normal behavioral *priming*, recent electrophysiological (Osorio, Fay, Pouthas, & Ballesteros, 2010; Sebastián &

Ballesteros, 2012) and brain imaging (Ballesteros et al., 2013) studies have found altered neural *priming*, which might be a form of compensatory neural activity.

Many cognitive declines with age have been associated with decreases in processing speed (Salthouse, 1996). Reduced speed in carrying out perceptual tasks is the main cause of the age-related impairments observed in cognitive functions. Processing speed is a robust predictor of age-related cognitive decline (Salthouse & Ferrer-Caja, 2003) and an indicator of independence in older adults (Wahl, Schmitt, Danner, & Coppin, 2010). We expected that older martial arts athletes, who have had and still practice their sport, would perform the visual speeded task better than sedentary older adults.

In human visual performance, aging is associated with the slowing down of processing speed (e.g. Owsley, McGwin, & Searcey, 2013), the decline of visual tracking abilities, lower accuracy in pursuing targets (Paquette & Fung, 2011) and in performing saccade movements in the correct direction (Butler, Zacks, & Henderson, 1999). Furthermore, the detection of peripheral stimuli diminishes with age, especially at high eccentricities (e.g. Ball et al., 1990; Ball et al., 1988; Beurskens & Bock, 2012; Itoh & Fukuda, 2002). Thus, we reasoned that continued judo and karate activity could result in better performance in PV tasks, while this might deteriorate with age. Furthermore, studies conducted with sedentary young adults suggest that exercise improves PV, while stopping regular exercise results in a loss of previous gains (e.g., Ando, Kida, & Oda, 2004; Ciuffreda, 2011). This improvement of reaction time (RT) to visual stimuli following regular exercise suggests that athletes may outperform non-athletes due to regular physical activity.

The current study aimed to examine whether visuospatial attention to stimuli at peripheral locations is modulated by regular judo and karate activity and the age of the

practitioner. Depending on the speed of the motor maneuvers performed by the athletes in their daily practice, which differs with the type of sport, different patterns of visual skills may develop to enable rapid response to peripheral stimuli. These rapid motor maneuvers mainly occur automatically after a long learning process involving years of intense practice (Kibele, 2006). An important question addressed in the present study is what happens to the PV and perceptual asymmetries of older athletes after not competing for several years. If PV tends to deteriorate with age and to be improved by sports, the performance of older athletes should be similar to that of sedentary young adults. Many studies have shown that a rich physical lifestyle tends to attenuate the decline of many cognitive and perceptual functions. Physically active older adults are usually faster than sedentary older adults in simple and choice RT tasks (Ballesteros et al., 2013) and in effortless cognitive tasks (Chodzko-Zajko, 1991; Chodzko-Zajko, Schuler, Solomon, Heini, & Ellis, 1992, Chodzko-Zajko & Moore, 1994). In addition, they show increased brain plasticity, allowing them to perform certain tasks more efficiently (Colcombe et al., 2006; Ericson & Kramer, 2009; Kramer, Bherer, Colcombe, Dong, & Greenough, 2004).

The aims of the present study were threefold. First, we investigated whether the peripheral vision of karate and judo athletes is better than that of non-athletes, and also whether the type of martial art is important. Second, we investigated whether the possible advantages encountered in the peripheral vision of young highly competitive athletes also emerge in older martial arts athletes, comparing their performance with that of a group of non-athletes of the same age. Finally, we examined whether the visual performance of young and older judo and karate athletes would be heterogeneous at isoecentric locations. In particular, we explored whether (a) judo and karate young athletes and (b) older athletes yielded a horizontal-vertical anisotropy (HVA) and a

vertical meridian asymmetry (VMA), as has been reported in graduate students (see Montaser-Kouhsari & Carrasco, 2009). We expected differences between the two martial arts because karate and judo use very different techniques. Karate mainly involves discrete punches and kicks. Athletes have to respond rapidly to frontal and peripheral attacks, but it is uncommon to grip the opponent. Judo, however, is characterized by gripping the opponent at a close distance, so it is very likely that the two groups do not develop the same peripheral visual abilities. A recent study by our laboratory has shown that competitive kung fu athletes respond faster than non-athletes to peripheral stimuli (Muiños & Ballesteros, 2013). Kung fu, like karate, is a martial art involving discrete punches and kicks. Athletes develop certain visual skills to enable them to respond rapidly to their opponent's attacks. The present study compared karate and judo practitioners, whose PV performance is likely to be determined by motor skills of balance, coordination and posture control (Perrin et al., 2002; Sterkowicz et al., 2012). For older participants, we expected that the athlete groups would outperform sedentary participants of the same age under all conditions, especially those involving more eccentric stimuli. We also predicted that athletes would perform better than non-athletes at the shortest inter-stimulus interval (ISI), as exercise could have improved their processing speed. Finally, by comparing all groups, we expected that young adults outperformed older participants, and that older athletes had a similar performance to that of young non-athletes.

In sum, in Experiment 1, we investigated whether peripheral vision in young adults varies as a function of the chosen sport in comparison with non-athletes of the same age, and whether visual performance varies as a function of stimulus location, producing inhomogeneities at isoecentric locations, in both athletes and non-athletes.

In Experiment 2, we investigated whether the same pattern of results would emerge in older judo and karate athletes compared to older non-athletes.

3.2. EXPERIMENT 1

3.2.1. METHOD

3.2.1.1. Participants

Ninety young male observers with normal or corrected-to-normal vision participated voluntarily in the experiment. Thirty were judo athletes (mean age = 27.6 years; SD = 3.8 years; range = 21-32 years) and 30 were karate athletes (mean age = 25.3 years; SD = 4.8 years; range = 19-34 years). The non-athlete group comprised 30 participants without experience in combat sports (mean age = 23.5 years; SD = 3.2 years; range = 19-28 years). Participants in the athlete groups were recruited from various martial arts schools. All were internationally competitive, high-level professional practitioners with a mean experience in their sport of at least 10 years. All participants were right-handed and none of them were suffering from general health problems, refractive eye disorders or low visual acuity. The three groups were matched for age and sociocultural level assessed with the Goldthorpe–Hope scale (Goldthorpe & Hope, 1974). As a control measure, participants performed the Rockport Test (Kline et al., 1987) consisting of walking a mile as fast as possible to calculate their maximal oxygen uptake (VO₂ max). The results showed that both athlete groups had higher cardiovascular capacity than the non-athlete group. The VO₂max means were 51.14 for judo athletes, 49.92 for karate athletes, and 38.29 for non-athletes. The ANOVA conducted on this variable showed a statistically significant effect of group [$F(2, 87) = 130.75$; $MSE = 1509.44$; $p < 0.01$; η^2 partial = 0.75]. Pairwise comparisons showed significant differences between the non-athlete group and both the judo ($p < 0.01$) and

the karate ($p < 0.01$) groups. Table 1 shows the demographic and vascular capacity characteristics of the three groups.

Table 3.1. Mean age, VO₂ max and demographic scores of the groups (standard deviations in parentheses)

Group	Age	VO ₂ max	Goldthorpe-Hope Scale
Judo	27.6 (3.8)	51.14 (3.25)	4.10 (0.96)
Karate	25.3 (4.8)	49.92 (3.97)	4.13 (1.01)
Non-athletes	23.5 (3.2)	38.29 (2.88)	4.07 (0.87)

All participants signed an informed consent form for participation in the study, which was approved by the Ethical Review Board of the Universidad Nacional de Educación a Distancia. The experiments were conducted in accordance with the ethical standards laid down in the 1964 Declaration of Helsinki as revised in October 2008.

3.2.1.2. Apparatus and stimuli

The stimuli consisted of black dots presented on a light gray background on the computer screen. The stimulus subtended 1° of visual angle. The computer screen had a luminance resolution of 58 cd/m². A fixation dot appeared at the center of the computer screen while another dot (identical in appearance to the fixation dot) appeared and disappeared at random locations within the visual field. The dots appeared randomly at three different eccentricities from fixation along equally spaced radial arms (2 horizontal, 2 vertical and 4 oblique) at 3°, 6° and 12° eccentricities. To avoid anticipation, three different interstimulus intervals (ISI) were used at random (250 ms., 700 ms. And 1500 ms.). The task consisted of pressing “b” on the keyboard when the stimulus appeared as quickly and accurately as possible. The experiment was

programmed with E-Prime software v2.0 (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002) and was conducted on a 19-inch Sony Multiscan G420 CRT monitor connected to a personal computer, with a refresh rate of 120 Hz. The program recorded RTs from stimulus onset to key pressing.

3.2.1.3. Procedure

Each participant was tested in a quiet room with a luminance of 85 cd/m², a temperature of 22° C, and a noise level maintained between 5 and 13 decibels. The participants were instructed to fixate and view the stimuli binocularly at a distance of 60 cm from the monitor and to press a keyboard button as fast as possible when the stimulus appeared on the computer screen. Each participant completed 25 practice trials and 252 experimental trials (4 blocks of 63 trials each). To avoid eyes movements, stimulus presentation was 150 ms. Participants received feedback on each trial to prevent anticipation or no responses.

3.2.1.4. Experimental design

Data were analyzed using a 3 group (judo athletes, karate athletes and non-athletes) × 3 eccentricity (3°, 6°, 12°) × 3 ISI (250 ms., 700 ms., 1500 ms.) mixed factorial design with repeated measures in the last two factors. To analyze the effects of isoeccentric locations, we used a 3 group x 3 eccentricity x 4 location (horizontal right, horizontal left, vertical upper, vertical lower) design with repeated measures in the last two factors.

3.2.2. RESULTS AND DISCUSSION

RT was the dependent variable in the analysis. Errors were also recorded, although the percentage did not exceed 1%. Incorrect trials and outlier values were not

included in the data analysis. Table 2 displays the mean response times of the three groups in all the experimental conditions. The mean RTs and standard deviations (in parentheses) were 242.06 (19.9) for judo athletes, 237.02 (19.3) for karate athletes, and 246.75 (18.5) for non-athletes.

Table 3.2. Mean RT and (SD) in milliseconds for each group and condition

	E3.250 Mean (SD)	E3.700 Mean (SD)	E3.1500 Mean (SD)	E6.250 Mean (SD)	E6.700 Mean (SD)	E6.1500 Mean (SD)	E12.250 Mean (SD)	E12.700 Mean (SD)	E12.1500 Mean (SD)
Judo athletes	239.7(23.6)	242.9(27.8)	244.1(23.8)	237.7(14.8)	230.2(14.9)	243.8(24.4)	252.5(14.7)	241.5(15.8)	248.1(20.1)
Karate athletes	241.7(28.8)	233.0(25.8)	239.6(25.0)	230.5(14.8)	230.6(15.7)	241.1(20.5)	242.7(13.3)	235.9(16.9)	238.1(12.8)
Non-athletes	250.1(20.9)	236.6(26.6)	245.8(14.3)	240.9(14.2)	230.8(16.5)	249.3(16.0)	259.9(16.4)	248.6(22.4)	258.8(19.2)

Note: E3.250: eccentricity 3° with an ISI of 250 ms; E3.700: eccentricity 3° with an ISI of 700 ms; E3.1500: eccentricity 3° with an ISI of 1500 ms; E6.250: eccentricity 6° with an ISI of 250 ms; E6.700: eccentricity 6° with an ISI of 700 ms; E6.1500: eccentricity 6° with an ISI of 1500 ms; E12.250: eccentricity 12° with an ISI of 250 ms; E12.700: eccentricity 12° with an ISI of 700 ms; E12.1500: eccentricity 12° with an ISI of 1500 ms).

A 3 group x 3 eccentricity x 3 ISI mixed ANOVA was conducted with group as between-subject factor, and eccentricity and ISI as repeated measures. The Greenhouse-Geisser correction for nonsphericity was applied where necessary and is indicated by adjusted degrees of freedom. The ANOVA showed that the main effects of group [$F(2, 87) = 4.49$; $MSE = 1425.64$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.094$], eccentricity [$F(1.55, 134.92) = 24.38$; $MSE = 368.21$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.22$] and ISI [$F(1.78, 155.58) = 20.83$; $MSE = 316.42$; $p < 0.01$; $\eta^2 = 0.19$] were all significant. The fastest group was the one of karate athletes, followed by judo athletes and non-athletes, but pairwise comparisons indicated that only the karate athletes were significantly faster than non-athletes ($p < 0.05$). Eccentricity conditions all differed from each other (all $ps < 0.01$), with participants being faster at the intermediate eccentricity (6°) and slower at the 12° eccentricity (see Figure 1). ISI pairwise comparisons showed differences between the 700 ms condition and the other two conditions: 250 ms. ($p = 0.000$) and 1500 ms. ($p = 0.000$). Participants were faster when the stimuli were presented at the intermediate 700 ms. ISI. The two-way interactions of group x eccentricity [$F(3.1, 134.92) = 3.027$; $p < 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.065$] and eccentricity x ISI [$F(2.94, 255.78) = 3.92$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.043$] were statistically significant. Simple effects analyses (Kappel, 1991) revealed that karate athletes were faster than non-athletes at the largest eccentricity (12°) ($p < 0.01$), while judo athletes were marginally faster than non-athletes ($p = 0.06$). Karate athletes were only marginally faster than judo athletes ($p = 0.06$), indicating that although both athlete groups performed better than non-athletes, only the karate group was significantly faster than the non-athlete group when the stimuli were presented at the periphery of the visual field (see Figure 1).

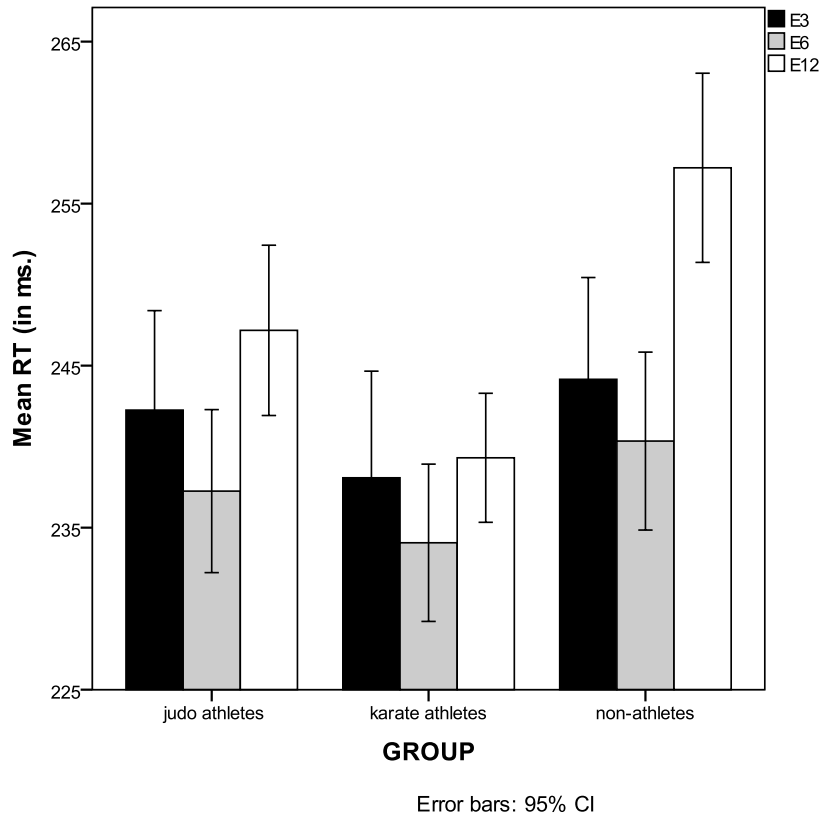


Figure 3.1. Mean reaction times (in milliseconds) for all young groups in the three eccentricity conditions: E3: eccentricity 3°; E6: eccentricity 6°; E12: eccentricity 12°

The two-way eccentricity x ISI interaction was statistically significant [$F(2.94, 255.78) = 3.92; p < 0.01; \eta^2_{\text{partial}} = 0.043$]. At eccentricity 6° all ISIs differed from each other ($ps < 0.01$), while at eccentricity 12° participants were significantly faster at ISI 700 ms. Than at both 250 ($p < 0.01$) and 1500 ms. ($p < 0.05$).

To evaluate the possible inhomogeneities at isoecentric locations, a group x location (horizontal right, horizontal left, vertical upper, vertical lower) x eccentricity mixed factorial ANOVA was performed. Group was the between-subject variable, while location and eccentricity were the repeated measures. The main effects of group [$F(2, 87) = 2.94; \text{MSE} = 15461.56; p = 0.05; \eta^2_{\text{partial}} = 0.06$], location [$F(1.77, 154.13) = 4.06; \text{MSE} = 12572.17; p < 0.05; \eta^2_{\text{partial}} = 0.04$] and eccentricity [$F(1.48, 128.85) = 20.61; \text{MSE} = 3781.48; p < 0.001; \eta^2_{\text{partial}} = 0.19$] were significant. Pairwise

comparisons showed that karate athletes performed better than non-athletes ($p = 0.05$), while the main effect of location showed significant differences between the horizontal west and the vertical north meridians ($p = 0.05$). The two-way group x eccentricity interaction was statistically significant [$F(2.96, 128.85) = 2.95$; $p < 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.063$]. Pairwise comparisons showed that karate athletes were significantly faster than both judo athletes ($p < 0.05$) and non-athletes ($p < 0.001$) at 12° eccentricity. Collapsing the meridians into horizontal and vertical, the ANOVA showed the main effect of meridian [$F(1, 87) = 3.84$; $\text{MSE} = 1507.34$; $p = 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.042$], with better performance in the horizontal than in the vertical meridian ($p = 0.05$). Within the vertical meridian, performance was better in the lower than in the upper region [$F(1, 87) = 4.02$; $\text{MSE} = 1792.02$; $p < 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.044$]. The interaction between group and location was not significant ($p > 0.05$), indicating that sport did not affect inequalities at isoeccentric locations of the visual field.

This experiment showed that participants performed better with stimuli presented at intermediate positions of the visual field (6° of eccentricity). The results are in agreement with previous findings (e.g., Ando, Kokubu, Kida, & Oda, 2002). As suggested by Ando et al. (2002), our results could be explained by the orientation of attention towards intermediate positions of the visual field. The better performance observed in all groups at the intermediate ISI suggests that this interval might allow greater predictability, while short ISIs involve neural mechanisms such as the psychological refractory period, and the largest ISI could involve cognitive processes such as expectancies. More research is needed to clarify this issue.

Athletes were faster than non-athletes when stimuli were presented at the periphery of the visual field. This result is consistent with previous findings (Ando et al., 2001, Kokubu et al., 2006; Mori, Ohtani & Imanaka, 2002; Muiños & Ballesteros,

2013; Zwierko, 2007, Zwierko et al., 2010) that athletes were faster with peripheral stimuli. The karate athletes in particular were significantly faster than the non-athlete group. This result supports the view that the difference in performance between the two athlete groups could be due to the nature of the sport itself (Sánchez-López et al. 2013).

Importantly, martial arts athletes showed the same inhomogeneities at isoeccentric locations as those found in non-athletes. Our results are consistent with that of Montaser-Kouhsari and Carrasco (2009) with university students. The three groups showed better performance on the horizontal than on the vertical meridian, and at the lower than at the upper region of the vertical meridian. As the interaction between group and stimulus location did not reach significance, we can conclude that regular sports activity does not influence visual performance, as the same perceptual asymmetries were found in athletes and non-athletes.

3.3. EXPERIMENT 2

Experiment 2 investigated whether PV and perceptual asymmetries were modulated by age and sport. A great deal of research supports the view that the superiority of athletes in some visual functions is not due to the visual function itself, but to the ability to process and interpret visual information more efficiently (Abernethy et al., 1994; Helsen & Pauwels, 1993; Williams et al., 1994; Wu et al., 2013; Zwierko, 2007; Zwierko et al., 2010). If this is the case, older athletes might have an advantage over sedentary older adults in PV tasks because successful performance may depend on the ability to process visual information efficiently rather than on the physical condition of the visual system, which declines with age. We expected that older athletes would perform better than older non-athletes due to their extended practice and their active lifestyle.

3.3.1. METHOD

3.3.1.1. Participants, apparatus, stimulus, procedure and experimental design

Forty-five older male volunteers participated in this experiment. Fifteen were judo athletes (mean age = 64.1 years; SD = 3.6 years; range = 56-67 years), 15 were karate athletes (mean age = 63.7 years; SD = 3.2 years; range = 55-65 years), and 15 were non-athletes (mean age = 64.7 years; SD = 4.3 years; range = 55-68 years). The two athlete groups were competitive sportsmen when they were young but did not currently participate in high-level competitions although they still trained in their martial art schools or in the gym, but less intensively. All participants were right-handed and were matched for age and sociocultural level assessed with the Goldthorpe–Hope scale as in Experiment 1. All participants had normal or corrected-to-normal vision. None of them suffered from any general health problem, refractive eye disorders or low visual acuity. Apparatus, stimulus procedure and experimental design were the same as in Experiment 1.

3.3.2. RESULTS AND DISCUSSION

Each participant performed first the Rockport Test (Kline et al., 1987) to determine whether the former athletes had higher cardiovascular capacity than the non-athletes. Participants also performed a series of screening tests, including the Mini-Mental State Examination test (MMSE; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975), the Yesavage Geriatric Depression Scale (Martínez et al., 2002), the Blessed Dementia Rating Scale (Lozano et al., 1999), and the Global Deterioration Scale (GDS; Reisberg Ferris, DeLeón, & Crook, 1988). All the participants showed normal performance on the screening tests and questionnaires (see Table 3). Results on the Rockport Test showed that the two athlete groups had higher cardiovascular capacity than the non-

athlete group. The ANOVA conducted on RTs showed that the main effect of group was significant [$F(2, 42) = 43.45$; $MSE = 211.32$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.67$]. Pairwise comparisons showed significant differences between the non-athlete group and both the judo ($p < 0.01$) and the karate ($p < 0.01$) groups (see Table 3).

Table 3.3. Mean age, VO_2 max and test scores on the screening tests and questionnaires (standard deviations in parentheses).

Group	Age	VO_2 max	MMSE	Yesavage	Blessed	GDS
Exelite Judo	64.1(3.6)	37.55 (1.96)	30 (0)	0.47 (0.52)	0.07 (0.18)	0 (0)
Ex elite Karate	63.7(3.2)	37.42 (1.83)	30 (0)	0.73 (0.70)	0.13 (0.23)	0 (0)
Non-athletes	64.7(4.3)	30.99 (2.72)	29.9 (0.3)	0.67 (0.82)	0.20 (0.25)	0 (0)

Note: Maximal oxygen volume = VO_2 max; MMSE (Minimental State Examination Test); Yesavage (Yesavage Geriatric Depression Scale); Blessed (Blessed Dementia Rating Scale); GDS (Global Deterioration Scale).

Athletes and non-athletes did not differ on the screening tests: MMSE [$F(2, 42) = 1.000$; $MSE = 0.02$; $p > 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.04$]; Yesevage [$F(2, 42) = 0.61$; $MSE = 0.48$; $p > 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.02$]; Blessed [$F(2, 42) = 1.35$; $MSE = 0.05$; $p > 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.06$] or on the GDS [$F(2, 42) = 0.001$; $MSE = 0.000$; $p = 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.001$], indicating that the three groups showed normal performance on the screening tests and questionnaires and did not differ in general cognition.

Table 4 displays the mean performance of the three groups in all the experimental conditions. The mean RTs and standard deviations (in parentheses) were 247.9 (21.1) for judo athletes, 248.5 (19.7) for karate athletes, and 281.3 (16.2) for the non-athlete group. As in Experiment 1, RT was the dependent variable in the analysis.

Errors were also recorded, although the percentage did not exceed 1%. Incorrect trials and outliers were not included in the data analysis.

Table 3.4. Means of RTs in milliseconds and standard deviations (in parenthesis) for each group and condition.

Groups	E3.250 Mean (SD)	E3.700 Mean (SD)	E3.1500 Mean (SD)	E6.250 Mean (SD)	E6.700 Mean (SD)	E6.1500 Mean (SD)	E12.250 Mean (SD)	E12.700 Mean (SD)	E12.1500 Mean (SD)
Ex elite judo	243.8(24.5)	247.0(26.7)	252.6(20.9)	241.4(16.7)	236.9(17.1)	251.5(31.0)	255.6(15.9)	249.0(18.9)	253.3(18.4)
Ex elite karate	247.1(24.5)	251.1(29.2)	247.9(23.4)	249.3(17.3)	235.9(14.1)	248.1(21.2)	257.3(14.9)	245.3(15.6)	254.9(17.0)
Non-athletes	282.5(12.5)	264.9(24.4)	281.1(13.9)	275.5(14.8)	264.0(17.9)	285.5(10.9)	287.4(13.8)	289.1(22.1)	301.8(15.6)

Note: E3.250: eccentricity 3° with an ISI of 250 ms; E3.700: eccentricity 3° with an ISI of 700 ms; E3.1500: eccentricity 3° with an ISI of 1500 ms; E6.250: eccentricity 6° with an ISI of 250 ms; E6.700: eccentricity 6° with an ISI of 700 ms; E6.1500: eccentricity 6° with an ISI of 1500 ms; E12.250: eccentricity 12° with an ISI of 250 ms; E12.700: eccentricity 12° with an ISI of 700 ms; E12.1500: eccentricity 12° with an ISI of 1500 ms).

A mixed factorial ANOVA with group (judo athletes, karate athletes, and non-athletes), eccentricity and ISI showed that the main effects of group [$F(2, 42) = 39.61$; $MSE = 1244.61$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.65$], eccentricity [$F(1.86, 78.14) = 16.71$; $MSE = 317.56$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.29$], and ISI [$F(1.83, 77.02) = 15.04$; $MSE = 268.10$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.26$] were significant. Pairwise comparisons showed significant differences between non-athletes athletes and the two athlete groups, judo ($p < 0.01$) and karate athletes ($p < 0.01$). Both athlete groups, irrespective of their sport, were faster than the sedentary group. Eccentricity at 12° differed from 3° ($p < 0.01$) and 6° ($p < 0.01$), suggesting that older participants were faster at the intermediate eccentricity (6°), followed by the more central eccentricity (3°), while the 12° eccentricity condition produced the slowest responses. ISI pairwise comparisons showed differences between the 700 ms. Condition and the other two ISI conditions: 250 ms. ($p < 0.01$) and 1500 ms. ($p < 0.01$). Participants performed better when the stimuli were presented at an intermediate ISI. The group x eccentricity interaction [$F(3.7, 78.14) = 2.078$; $p = 0.09$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.09$] was only marginally significant. Figure 2 shows the performance of athletes and non-athletes under the three eccentricity conditions. While both athlete groups were faster than the non-athlete group under all eccentricity conditions ($p < 0.01$), the performance of the non-athletes was very slow at the most eccentric condition.

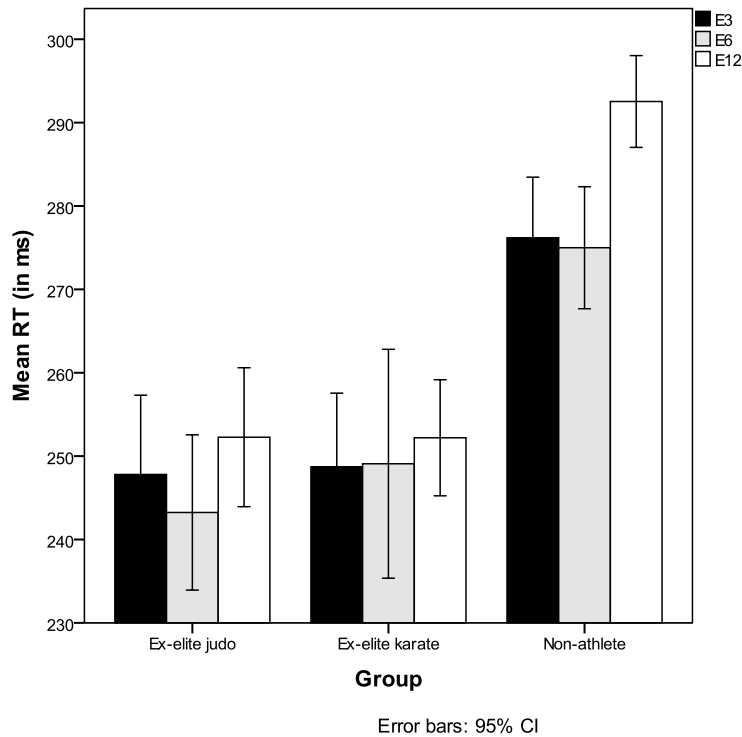


Figure 3.2. Mean reaction times (in milliseconds) corresponding to the 3 groups in the three eccentricity conditions: E3: eccentricity 3°; E6: eccentricity 6°; E12: eccentricity 12°

A factorial ANOVA conducted on group x location (horizontal right, horizontal left, vertical upper, vertical lower) x eccentricity showed that the main effect of group [$F(2, 42) = 4.9$; $MSE = 16539.43$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.189$], location [$F(1.84, 77.25) = 7.16$; $MSE = 12239.65$; $p < 0.005$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.15$] and eccentricity [$F(1.58, 66.31) = 8.57$; $MSE = 5006.90$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.17$] were all statistically significant. Non-athletes were slower than both, judo ($p = 0.05$) and karate ($p = 0.02$) athlete groups. The ANOVA conducted on visual asymmetries showed that visual performance was better on the horizontal than on the vertical meridian ($p < 0.005$), and that horizontal right was better than left ($p < 0.05$). Further analysis with the meridians collapsed showed that performance was better in the horizontal than in the vertical meridian [$F(1, 42) = 7.15$; $MSE = 2522.15$; $p < 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.15$], and in the lower than in the upper meridian [$F(1, 42) = 3.79$; $MSE = 2152.21$; $p = 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} =$

0.083)], but differences were not found between groups ($F < 1$), suggesting that regular sport does not affect the performance at isoeccentric locations of older adults.

The results showed that older martial arts athletes performed better than non-athletes under all experimental conditions. Exercise in older age tends to attenuate declines in many cognitive functions (Chodzko-Zajko, 1991; Chodzko-Zajko et al., 1992; Chodzko-Zajko & Moore, 1994). Physically active older adults usually perform RT tasks faster than sedentary elderly participants (Ballesteros et al., 2013b). The literature shows that physical exercise improves cognition by enhancing neuroplasticity (see Hötting & Röder, 2013; Voelcker-Rehage & Niemann, 2013, for recent reviews). The results of this experiment showed that older judo and karate athletes performed faster than sedentary older adults at all eccentricities. As the three groups were matched for age, general health and socio-cultural level, differences cannot be attributed to these variables. It therefore seems that a physically active lifestyle tends to attenuate age-related declines in speed of processing. These older athletes may maintain their visuospatial perceptual skills due to regular physical exercise, while those of sedentary older adults decline. This result is consistent with that of Ando et al. (2004) and Ciuffreda (2011) who demonstrated gains and losses on their visual RT task depending on the number of weeks of training, with older athletes who trained at least four times per week performing better than sedentary older adults.

We expected differences between groups at peripheral locations but we only found a trend ($p = 0.09$), suggesting that older athletes detected the more peripheral stimuli slightly faster, but in fact athletes were faster than non-athletes under all eccentricity conditions. The present results suggest that older athletes do not show a different PV pattern compared to sedentary older adults, but they maintain their visuospatial perceptual abilities at all eccentricities in general. ISI also yielded

significant differences between groups. Older athletes were faster than older non-athletes under all ISI conditions. The older judo and karate athletes performed similarly. As with the young adults, visual performance was heterogeneous at isoeccentric locations of the visual field. It seems therefore that it is martial arts in general, rather than a specific martial art, which maintains speed of processing in old age.

As the experimental design of Experiments 1 and 2 was the same, to compare the performance of older and young adults we conducted an additional mixed-model ANOVA with age group as a between-subjects factor combining data from both experiments. This analysis revealed significant main effects of age group [$F(1,129) = 58.71$; $MSE = 1366,7$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.313$] and sport [$F(2,129) = 35.81$; $MSE = 1366,7$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.357$]. The main effect of age group was statistically significant ($p < 0.01$). Young participants were significantly faster than older adults. Pairwise comparisons of sport showed that judo and karate athletes did not differ ($F < 1$), but both differed significantly from non-athletes ($ps < 0.01$), with athletes being faster than non-athletes. The main effects of eccentricity [$F(1.66, 213.96) = 52.08$; $MSE = 348.05$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.29$] and ISI [$F(1.80, 232.09) = 31.76$; $MSE = 303.39$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.19$] were significant. The results did not yield significant age x eccentricity or sport x eccentricity interactions, but the age x sport interaction was significant [$F(2,129) = 15.35$; $MSE = 1377.55$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.19$] (see Figure 3), showing that the effect of sport differs between young and older adults.

In young adults, the differences between athletes and non-athletes were smaller and the type of sport was determinant. Karate athletes were faster than non-athletes, especially at the most eccentric locations. In older adults, however, differences between athletes and non-athletes were large with no difference between type of sport, as both karate and judo athletes were significantly faster than non-athletes.

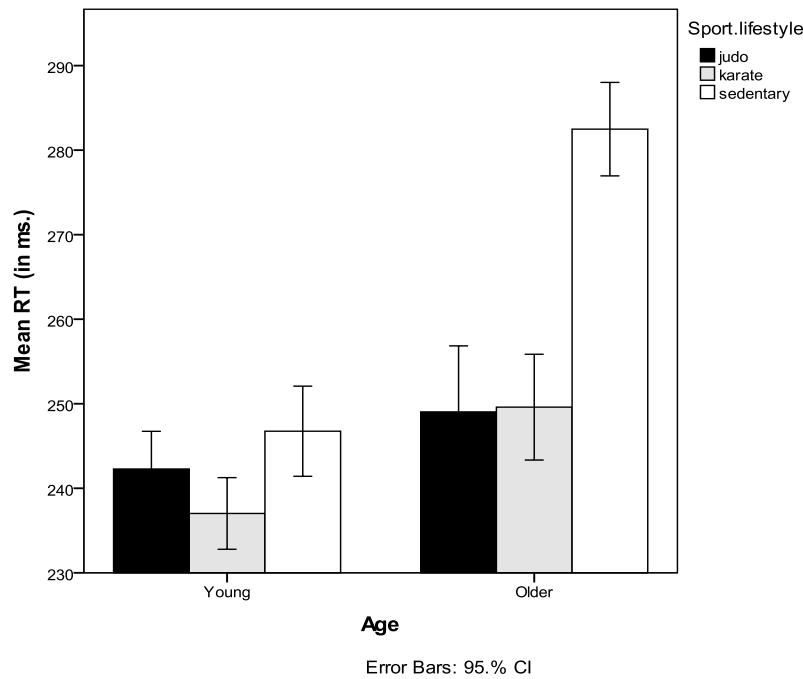


Figure 3.3. Mean reaction times (in milliseconds) for young and older athletes and non-athletes

The analysis of inhomogeneities at isoecentric locations of the visual field revealed that age [$F(1,129) = 7.63$; $MSE = 15826.26$; $p < 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.056$], sport [$F(2,129) = 7.23$; $MSE = 15826.26$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.1$], eccentricity [$F(1.52, 196.54) = 24.30$; $MSE = 4163.84$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.16$], and location [$F(1.8, 232.67) = 12.17$; $MSE = 12391.42$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.09$] were all significant. The young groups ($p < 0.005$) and the athlete groups ($p < 0.005$) were fastest. Pairwise comparisons showed that the horizontal west location was better than vertical upper ($p < 0.001$) and lower ($p < 0.05$) locations. Participants performed better at the horizontal east location than at vertical upper ($p < 0.01$) and lower ($p < 0.05$) locations. Collapsing vertical and horizontal locations, the ANOVA showed the main effect of meridian [$F(1, 129) = 19.7$; $MSE = 2043.77$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.13$], the horizontal being better than the vertical locations ($p < 0.001$). Further analysis revealed that, within the vertical meridian, participants performed better in the lower than in the upper region [$F(1, 129) = 3.6$; $MSE = 1885.77$; $p = 0.059$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.03$]. The three-

way age group x sport x location interaction was not statistically significant ($p > 0.5$), suggesting that the age of the participants and sports activity did not affect performance at isoeccentric locations.

The analysis yielded four main results: 1) the older adults were slower than the younger adults; 2) both athlete groups (judo and karate) were faster than the non-athlete groups at all eccentricities, this effect being slightly more pronounced although not significant at the most peripheral locations; 3) athletes performed the task significantly better than non-athletes under all ISI presentation conditions; and 4) both young and older adults performed the task better at the horizontal than at the vertical meridian, and within the vertical, at the lower than at the upper region.

3.4. GENERAL DISCUSSION

The current study examined visuospatial attention and processing speed for dots presented at three different peripheral vision eccentricities (3°, 6°, 12°) and with three interstimulus intervals (250 ms., 700 ms., 1500 ms.), comparing young and older karate, judo and non-athlete groups. The results showed that age and sport affected speed of processing in the visual detection task. The study yielded three key findings. First, young karate athletes were faster than both judo athletes and non-athletes when the stimuli appeared at the periphery of the visual field (Experiment 1). Second, older judo and karate athletes performed better than non-athletes of the same age under all the experimental conditions, suggesting that an important factor preventing the slowing of perceptual processing is to be engaged in judo or karate training and to have participated intensively in a sport when young (Experiment 2). Third, neither the practice of a martial art nor the participant's age influenced perceptual asymmetries. Visual performance of younger and older individuals varied across the visual field, even at

isoeccentric locations. In all groups, we observed horizontal-vertical anisotropy and vertical meridian asymmetry. Performance was better when stimuli were presented on the horizontal than on the vertical meridian and in the lower than in the upper region of the vertical meridian. These performance inhomogeneities were observed in both younger and older participants, whether they had had an active physical lifestyle or a sedentary one. We focus the discussion below on these three findings.

3.4.1. Effects of the type of martial art on the peripheral vision of young adults

Young karate athletes performed faster than non-athletes when stimuli appeared at the periphery of the visual field (Experiment 1). Our results are consistent with previous studies that reported that athletes performed RT tasks better than non-athletes (e.g., Ando et al., 2001; Kokubu et al., 2006; Muiños & Ballesteros, 2013; Mori, Ohtani & Imanaka, 2002) but do not agree with those of a previous study that failed to find differences between athletes and non-athletes in the PV (Memmert, Simons, & Grimme, 2009). The results of Experiment 1 replicated the findings of a previous study conducted with kung fu athletes (Muiños & Ballesteros, 2013). In that study, we found that kung fu athletes were faster than non-athletes when the stimuli were presented at peripheral locations at high speed, whereas there were no differences at longer ISIs. We interpreted the result in relation to the nature of the sport. After years of intense practice, kung fu athletes develop the automatic maneuvers required to repel attacks coming from the periphery at high speed. In the present study, the performance of athletes in two different combat sports, judo and karate, was compared to that of a non-athlete group of the same age. The present results are in accord with our previous findings, with martial arts practitioners detecting stimuli presented at the periphery of the visual field faster than non-athletes, especially with short ISIs. To determine

whether the nature of the particular martial art and the specific skills developed by the athletes while practicing their sport could affect performance, the present study included a group of karate athletes, due to the similarities with kung fu. The results showed that only the karate practitioners replicated the kung fu results, performing better than the non-athlete group when stimuli appeared peripherally. This specificity of the type of sport is in agreement with the results of a recent study (Sánchez-López et al., 2013) showing that the practice of kung fu improved attention more than the practice of judo and taekwondo. These findings support the idea of the specificity of sports and the importance of the type of motor learning (Kibele, 2006). Two main possible mechanisms might underlie better central and peripheral performance of athletes: (1) the faster signal transmission in the visual pathways due to the sport demands; and (2) the higher activity of the visual cortex in athletes compared to non-athletes (Zwierko et al., 2010).

3.4.2. Visuospatial processing advantage of older martial art athletes compared to non-athletes

The present study showed that the two older judo and karate athlete groups were faster than non-athletes under all experimental conditions (Experiment 2). This finding supports the view of a lack of specificity in old age and stresses the importance of physical activity to avoid the slowing of visuospatial processing. In concrete terms, the intensive practice of a martial art (or perhaps any type of sport) is more important than which particular sport. Although we expected older athletes to perform better than non-athletes of the same age with stimuli at peripheral locations, the results of Experiment 2 did not confirm this hypothesis. It seems that older athletes lose the visuospatial advantage shown by young athletes, presumably due to the slowing that takes place in

aging. The relations between age and processing speed are not always completely clear. Salthouse (1996) proposed two main mechanisms involved in age-related decline: processing speed and simultaneity. The first refers to the difficulty of older adults to complete a task because of the time needed to execute early operations. In this case, there is an external time limit for processing concurrent demands. The simultaneity mechanism refers to the difficulty of older adults to carry out some tasks due to disruptions in synchronization. As processing is too slow, some relevant information is not available when needed. However, when the speed variable is controlled, there is an attenuation of the age-related differences, so the processing speed theory seems more suitable to account for the age-related decline. In many studies of aging, participants have to perform complex tasks to determine their fluid cognition (e.g. memory, reasoning, spatial skills, etc.), and even in that case, processing speed can account for a large part of the variance. By contrast, the task used in the present study was simple and only involved perceptual speed, with no other cognitive mechanism brought into play. The most likely mechanism underlying older athletes' loss of the peripheral vision advantage is the limited time mechanism referred to by Salthouse (1996).

An important conclusion of Experiment 2 is that continued physical exercise is crucial, since older athletes responded much faster than older non-athletes to stimuli at all locations, while differences in speed of processing were smaller between younger athletes and non-athletes. The results suggest that competitive level sports activity could significantly slow down the decline in processing speed. The differences among young participants were most marked under the peripheral condition, while the differences between older participants were larger and occurred under all the experimental conditions.

By collapsing and comparing the results of Experiments 1 and 2, we found that young adults were faster than older adults and that both athlete groups, judo and karate, performed better than the non-athlete groups. The interaction between age group and sport is consistent with the differences observed between Experiment 1 (specificity of the type of sport and skills developed) and Experiment 2 (larger differences between young and older groups and lack of specificity of the type of sport). In Experiment 1, the young karate athletes had a peripheral vision advantage compared to non-athletes. In contrast, in Experiment 2 the interaction between eccentricity and group was not significant, indicating a loss of advantage in peripheral vision. Age affects the peripheral vision of older athletes up to a point.

3.4.3. Perceptual asymmetries are preserved irrespective of sport and age

Finally, the present study revealed no interaction between inequalities of performance in isoeccentric locations and either age or sport. The results were similar for young and older perceivers irrespective of their sport. Performance was better at the horizontal than at the vertical meridian producing a horizontal-vertical anisotropy and a vertical meridian asymmetry resulting in better results at the lower than at the upper region of the vertical meridian. The results suggest that the inequalities of performance at isoeccentric locations of the visual field, that is, horizontal-vertical anisotropy and vertical meridian asymmetry, is something fixed that occurs at all ages and that is not influenced by intensive physical exercise. These results show that stimulus location affects processing speed in a simple detection task. Task performance varies as a function of location. The results are in accordance with previous findings in the field obtained with young adults without specific sports training using different experimental tasks and different types of stimuli (Carrasco et al., 2001; Montaser-Kouhsari &

Carrasco, 2009; Rovamo & Virsu, 1979). The present results could be explained by physiological factors such as the lower density of cones and ganglion cells in the peripheral retina than in the fovea (Perry & Cowey, 1985) and the fact that the density of the cones decreases with distance from the fovea along the vertical meridian more than along the horizontal meridian (Curcio, Sloan, Kalina, & Hendrickson, 1990). There is also a possible ventral vs. dorsal visual processing asymmetry, particularly in relation to guiding actions. Recent findings suggest that the premotor cortex ventral areas play a key role in visuomotor transformations required to generate grasping movements (hand posture configuration) and premotor dorsal areas in the hand movement sequencing (Davare, Andres, Cosnard, Thonnard, & Olivier, 2006). These perceptual asymmetries thus depend on the “hardware” and are not changed by factors such as physical activity and age.

3.4.4. Limitations of the current study

The present study has some limitations highlighted below. Although in the present study stimuli were presented only for 150 ms., a limitation was that we did not use a system to keep the head of the participants in a fixed position. Fixating the head would have maintained a constant viewing distance, but this was monitored closely by the experimenter (MM), so it is unlikely to have affected results. A possible second limitation was that we did not use an eye-tracking system to monitor fixation accuracy. It would be interesting in future studies to maintain the head of the participants in a fixed position as well as to use an eye-tracking system to overcome these limitations.

3.5. CONCLUSION

We investigated (1) whether better visuospatial performance emerges in competitive young karate and judo athletes compared to non-athletes, (2) whether the pattern of performance observed in younger adults is preserved in older adults, and (3) whether the performance inhomogeneities observed in young university students emerge in younger and old martial arts athletes. The present study revealed that both engaging in sport and the type of sport are important in young adults. Karate athletes performed better than non-athletes at eccentric locations. Judo athletes only showed a trend in this direction. Importantly, this sport specificity and peripheral vision enhancement were lost in older karate and judo athletes as both types of sport produced better performance under all experimental conditions. Finally, performance inhomogeneities emerged at isoeccentric locations irrespective of the participant's sport and age, suggesting that these perceptual asymmetries are fixed in all visual perceivers. These results indicate that a physically active lifestyle is an effective way of counteracting the processing speed decline of visual stimuli appearing at any visual location and speed.

Acknowledgements

This research was supported by grants from the Spanish Government (PSI2010-21609-C2-01) and the Madrid Community (S2010/BMD-2349) to S.B. We would like to thank all the volunteers who participated in this study. We thank José Manuel Reales and Julia Mayas for their valuable comments.

CAPÍTULO 4

SPORT CAN PROTECT DYNAMIC VISUAL ACUITY FROM AGING: A STUDY WITH YOUNG AND OLDER JUDO AND KARATE MARTIAL ARTS ATHLETES

Mónica Muiños* ** and Soledad Ballesteros**

*Universitat Jaume I, Castellón, Spain

** Studies on Aging and Neurodegenerative Diseases Research Group, Department of
Basic Psychology II, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, Spain

(submitted)

ABSTRACT

A major topic of current research in aging has been to investigate ways to promote healthy aging and neuroplasticity to counteract perceptual and cognitive declines. The aim of the present study was to investigate the benefits of intensive, sustained judo and karate martial arts training in young and older athletes and non-athletes of the same age in attenuating age-related dynamic visual acuity (DVA) decline. As a target, we used a moving stimulus similar to a Landolt ring that moved horizontally, vertically and obliquely through the screen at three possible contrasts and three different speeds. The results indicated that (1) athletes had better DVA than non-athletes; (2) the older adult groups showed a larger oblique effect than the younger groups, regardless of whether or not they practiced a martial art; and (3) age modulated the results of sport under the high speed condition: the DVA of young karate athletes was superior to that of judo athletes and non-athletes, while both judo and karate older athletes showed better DVA than the sedentary older adults. These findings suggest that in older adults, it is the practice of a martial art in general rather than a particular type of martial art that is crucial. We conclude that the sustained practice of a martial art such as judo or karate attenuates the decline of dynamic visual acuity, suggesting neuroplasticity in the aging human brain.

Key words: Aging, karate athletes, judo athletes, martial arts, dynamic visual acuity (DVA)

4.1. INTRODUCTION

Dynamic visual acuity (DVA) is a measure of the ability to discriminate critical details of an object when there is relative motion between the observer and the object (Miller & Ludvigh, 1962). DVA is a complex perceptual ability with important implications in daily life activities and in most sports, especially those in which athletes have to detect fast-moving stimuli and to respond as quickly as possible. Martial arts are fast-moving sports that require the rapid detection and discrimination of the opponent's attacks. In these sports, an appropriate motor response to moving stimuli is critical in order to avoid injuries (Schneiders et al., 2010). Whereas older martial arts ex-athletes do not practice their sport with the same intensity or at the same competitive level as young athletes, they are still physically active. This makes them excellent candidates to investigate possible changes occurring in DVA after years of not competing at a professional level.

Aging research support the idea that past complex experience as well as living in an enriched environment can modify brain and cognition (e.g., Hertzog, Kramer, Wilson, & Lindenberger, 2008; Stern, 2009; Valenzuela, Breakspear, Sachdev, 2007). Training intervention research has revealed considerable potential for improvement in older adults (e.g., Anguera et al. 2013; Berry et al., 2010; Papp, Walsh, & Snyder, 2009). The present study examined age-related differences in athletes and sedentary individuals in DVA, a perceptual function very relevant for daily living. The ability to detect and discriminate the motion of vehicles and pedestrians in the environment is critical for driving safety but also in performing everyday life activities (Wilkins, Gray, Gaska, & Winterbottom, 2013).

Identifying ways that protect older adults from perceptual and cognitive decline is of current concern due to the aging of the population and the increase in life

expectancy. Although several cognitive processes, including verbal abilities, world knowledge (e.g., Park et al., 2002; for reviews, see Hedden & Gabrieli, 2004; Park & Reuter-Lorenz, 2009) and implicit memory (e.g., Ballesteros & Reales, 2004; Ballesteros, Reales, Mayas, & Heller, 2008; Davis, Trussell, & Klebe, 2001) are preserved in older adults, aging is associated with declines in cognitive functions such as attention, episodic memory, executive functions, and processing speed (Baltes & Lindenberger, 1997; Nilsson, 2003; Park, Polk, Mikels, Taylor & Marshuetz, 2001; Rönnlund, Nyberg, Bäckman, & Nilsson, 2005; Salthouse, 1996). It is interesting that despite normal behavioral implicit memory, electrophysiological (Osorio, Fay, Pouthas, & Ballesteros, 2010; Sebastián & Ballesteros, 2012) and brain imaging (Ballesteros, Bischof, Goh, & Park, 2013) studies have reported altered neural priming in older adults, perhaps as a form of compensatory neural activity. An electrophysiological study revealed that young and older participants exhibited event-related potential (ERP) repetition effects at posterior sites, but only the older adults showed additional frontal activity (Osorio et al., 2010). A more recent event-related functional magnetic resonance imaging (fMRI) study showed that both young and older adults exhibited repetition related activation reductions in fusiform gyrus, superior occipital, middle, and inferior temporal cortex, and inferior frontal and the insula. However, while the neural priming effect in young adults was extensive, the neural priming in older adults was markedly reduced (Ballesteros et al., 2013). These findings indicate altered neural priming in older adults despite preserved implicit memory, and suggest that age-invariant behavioral priming is the result of more sustained neural processing of stimuli in older brains (fMRI results) and recruiting frontal sites (ERP findings) as a mode of compensation.

Processing speed is a robust predictor of age-related cognitive decline (Salthouse & Ferrer-Caja, 2003) and an indicator of independence in older adults (Wahl, Schmitt, Danner, & Coppin, 2010). Aging is associated with the slowing down of processing speed in visual perceptual tasks (e.g. Owsley, McGwin, & Searcey, 2013), the decline of visual tracking abilities, with lower accuracy in performing saccade movements in the correct direction (Butler, Zacks, & Henderson, 1999) as well as in pursuing targets (Paquette & Fung, 2011), and importantly, with the deterioration of DVA (Long & Crambert, 1990). This is relevant due to the link between car accidents and lower DVA scores (e.g., Long & Rourke, 1989).

The aim of the present study was to examine the effect on DVA of the regular practice of two types of martial arts, karate and judo, by measuring the performance of young athletes and older ex-athletes and comparing their performance with that of young and older non-athlete controls (who did not participate in any sport or practice regular physical exercise). We were interested to find out whether DVA is modulated by the regular practice of these two martial arts, and more importantly, by the practitioner's age. We hypothesized that depending on the speed of the motor maneuvers performed by the athletes in their daily practice, which differs between karate and judo, distinct patterns of visual skills would develop to enable rapid responses to moving stimuli. We expected differences between the two martial arts because karate and judo use very different techniques. Karate involves discrete punches and kicks. Athletes have to respond rapidly to frontal and peripheral attacks, but it is uncommon to grip the opponent. Judo, however, is characterized by gripping the opponent at a close distance. So, it is very likely that the practitioner of both martial arts do not develop the same visual abilities. The main question addressed in the present study is whether the DVA of older ex-athletes after years of not competing at a professional level (16 to 37 years,

with a mean of 28 years) is protected compared to that of non-athlete controls of the same age.

Many studies have shown that a physically active lifestyle tends to attenuate the decline of many perceptual and cognitive abilities. Physically active older adults perform better than sedentary older adults in executive control, as well as in both simple and choice reaction time (RT) tasks (Ballesteros, Mayas, & Reales, 2013) and cognitive tasks that require controlled processing like free-recall (Chodzko-Zajko, 1991; Chodzko-Zajko, Schuler, Solomon, Heini, & Ellis, 1992; Chodzko-Zajko & Moore, 1994). In addition, individuals who engage actively in sports and physical exercise show increased brain plasticity, which allows them to perform certain tasks more efficiently (e.g., Colcombe et al., 2006; Ericson & Kramer, 2009; Kramer et al., 2004). Physical activity seems to act as a protective factor that slows down age-related perceptual decline, and even delays the onset of some neurodegenerative diseases (Hötting & Röder, 2013), producing structural and functional brain changes that attenuate brain dysfunction (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013).

DVA decreases rapidly with age (Long & Crambert, 1990), even faster than static visual acuity (SVA; Burg, 1966; Ishigaki & Miyao, 1992). Surprisingly, to our knowledge, no study has explored the changes that occur in the DVA of judo and karate practitioners when they age. Visual functioning is traditionally assessed by evaluating SVA, calculated from the smallest item size in a stationary optotype that an individual is able to perceive from a standard distance. Spatial vision, however, depends on multiples processes. Stimuli in our world are usually not static but moving in relation to the observer. That makes SVA a non-ecological measure to assess visual functioning (Committee on Vision of the National Research Council, 1985). Although there is a lack of standardized instruments, the most widely used stimuli to assess DVA are the

Landolt-C, Snellen E or Gabor waves. To assess DVA, a stimulus usually moves from one area to another of the visual field at a given speed, and the observer has to identify a feature of the target. For example, the participant has to identify which way an “E” is facing, or the location of the gap in a “C” (right, left, top, bottom, or a 45° position in between). DVA measuring methods often include only targets with high contrast. However, it might be more appropriate to include targets with different levels in this variable to have a more complete and powerful measure of this visual function (Committee on Vision of the National Research Council, 1985).

DVA improves with increasing stimulus contrast (Long & Zavod, 2002; Aznar-Casanova, Quevedo, & Sinnett, 2005) and deteriorates with increasing target speed (e.g., Brown, 1972a, 1972b; Miller, 1958; Demer & Amjadi, 1993). Moreover, performance is better in the horizontal than in the diagonal trajectories (the so called *oblique effect*; Appelle, 1972; Gros, Blake, & Hiris, 1998; Loffler & Orbach, 2001; Meng & Qian, 2005). This effect might be due to the larger cardinal (North-South/East-West) versus oblique representation in the primary visual cortex, with the horizontal and vertical orientations producing greater neuronal responses (Li, Peterson, & Freeman, 2003; Xu, Collins, Khaytin, Kaas, & Casagrande, 2006).

The difficulty to determine fine details of a moving object is largely due to the performance of inappropriate eye movements (Brown, 1972a). Some of the studies that report higher DVA in athletes attribute these differences to the ability to track moving targets (Jacob, Lillakas, & Irving, 2005; Land & McLeod, 2000; Uchida et al., 2013) or to perform visual searches more effectively (e.g., Helsen & Starkes, 1999; Williams & Davids, 1998). Athletes tend to anticipate saccades to localize the gaze on the stimulus, allowing the target to move across the retina (Haywood, 1984). Studies assessing DVA in the general population (Haarmeier & Thier, 1999) and in athletes (Singer, Williams,

Frehlich, & Janelle, 1998) suggest the importance of smoother tracking and pursuit movements to perform the task more efficiently.

DVA is especially relevant in sports involving movements at high speed. Previous studies with young athletes have shown superior DVA in young practitioners of baseball (Uchida et al., 2012, 2013), tennis and badminton (Ishigaki & Miyao, 1993; Rouse, DeLand, Christian, & Hawley (1988), motorsports (Schneiders et al., 2010), water polo (Quevedo, Aznar-Casanova, Merindano-Encina, Cardona, & Solé-Fortó, 2011), softball (Millslagle, 2000), cycling (Millslagle, Delarosby, & Vonbank, 2005) and cricket (Land & McLeod, 2000), whereas just a few studies have not found any difference between athletes and non-athletes (e.g., Schneiders et al., 2010; Ward & Williams, 2003). As far as we know, no study has investigated DVA in competitive judo and karate martial arts athletes, compared to sedentary young adults. Most importantly, it is unknown whether DVA declines in older martial artists at the same rate as in sedentary older adults.

Martial arts impose extreme velocity requirements and often require practitioners to develop certain skills to avoid attacks coming from various points of the peripheral space. In a previous study, we (Muiños & Ballesteros, 2013) found that kung fu athletes outperformed sedentary participants in speeded visuospatial and motor tasks, especially when brief stimuli were presented at the periphery of the visual field. We also found (Muiños & Ballesteros, 2014) that young and older karate and judo athletes outperformed non-athletes, but only the young karate practitioners performed better than the other groups when stimuli were presented at the periphery. Among the older groups, the specific sport (judo or karate) did not affect performance, suggesting that the crucial factor to slow down age-related visuospatial decline is the sustained practice of a martial art, irrespective of which one. Similarly, older individuals engaging in intensive

martial arts and recreational sports had advantages in postural control compared to non-athletes (Krampe, Smolders, & Dumas, 2014).

In sum, the aims of the present study were threefold: (1) to investigate whether aging and type of sport affect the processing of stimuli moving in the visual field; (2) to study whether the DVA of young karate and judo athletes is better than that of non-athletes of the same age, and also if the type of martial art is relevant; and (3) to examine whether the possible advantages encountered in the DVA of young highly competitive martial arts athletes also emerge in older former martial arts athletes and to compare their performance with that of a group of non-athletes of the same age. If the continuing practice of these martial arts improves the DVA of young martial arts athletes, then older adults who have been experts in these sports and are still active practitioners should exhibit better performance with moving stimuli than older non-athletes. The correlation between the years without competing at a professional level and the performance in the DVA task would be informative.

4.2. METHOD

4.2.1. Participants

One hundred and thirty-five male observers with normal or corrected-to-normal vision participated voluntarily in the experiment. Forty-five were judo athletes, 30 young (mean age = 27.6 years; SD = 3.8; range = 21-32 years) and 15 older adults (mean age = 64.1 years; SD = 3.6 years; range = 56-67 years). Forty-five were karate athletes, 30 of them young (mean age = 25.3 years; SD = 4.8 years; range = 19-34 years) and 15 older participants (mean age = 63.7 years; SD = 3.2 years; range = 55-67 years). Finally, 45 participants were non-athletes, 30 young (mean age = 23.5 years; SD

= 3.2 years; range = 19-28 years) and 15 older adults (mean age = 64.7 years; SD = 4.3 years; range = 55-68 years).

Participants in the athlete groups were recruited from martial arts schools in Castellon (Spain). Young athletes were internationally competitive, high-level professional practitioners with a mean experience of at least 10 years. The older ex-athletes did not practice the martial art with the same intensity or at the same competitive level, although they still practiced their sport (judo or karate) in a martial art school or in the gym. The non-athletes did not carry out any regular physical exercise and had not played any sport for at least the last 5 to 7 years. All participants were right-handed and none of them had any general health or mental problem, refractive eye disorder or low visual acuity. The groups were matched in age and sociocultural level as assessed by the Goldthorpe–Hope scale (Goldthorpe & Hope, 1974). As a control measure, all participants performed the Rockport Test (Kline, Porcari, Hintermeister, Freedson, Ward, et al., 1987) consisting of walking a mile as fast as possible to obtain their maximal oxygen uptake (VO_2 max). All participants signed an informed consent form for participation in the study, which was approved by the Ethical Review Board of the Universidad Nacional de Educación a Distancia. The experiment was conducted in accordance with the ethical standards laid down in the 1964 Declaration of Helsinki as revised in October 2008.

4.2.2. Apparatus and stimuli

To measure DVA, we used a software program specifically designed to assess this perceptual ability (DinVA 3.0 software; Quevedo, Aznar-Casanova, Merindano, & Sole, 2010) by presenting stimuli moving in straight trajectories in horizontal, vertical or two diagonal directions. This software has good temporal reliability and adequate

construct validity ($r_{xy}=0.72 - 0.92$; see Quevedo et al., 2010). DVA is defined as the smallest size of a moving stimulus at which an observer can discriminate the gap location, measured according to the velocity of the stimulus on the screen and the distance from the observer (always 2 meters). DVA is measured by combining velocity and static visual acuity (SVA). Static visual acuity is a measure of the smallest detail of a stationary target that the visual system can resolve, whereas DVA is the ability to discriminate the smallest detail of a moving stimulus. Target speed is inversely related to DVA; that is, the higher the speed of displacement, the lower is DVA. The correlation between SVA and DVA is high when stimulus speed is low. However, when displacement speed increases, the correlation between SVA and DVA decreases (Miller & Ludvigh, 1962).

The stimuli were displayed on a 19-inch Sony Multiscan G420 CRT monitor, with a refresh rate of 120 Hz, connected to a Pentium 4 CPU 2.40 GHz and a keyboard that participants used to enter their responses. The moving target in the present study was a ring similar to the Landolt-C, with 8 gap directions (up, down, left, right and the 45° positions in between). The ring was presented at three different contrasts (high contrast: 0.1 cd/m², intermediate contrast: 23 cd/m², and low contrast: 60 cd/m²) on the white background of the computer screen with a luminance of 75 cd/m² (see Figure 1). To ensure correct contrast between the target and the screen, participants performed the task in a dimly lit room. The three velocity conditions of the target were high speed (0.536 m/sec or 15°/sec), intermediate speed (0.322 m/sec or 9.15°/sec) and low speed (0.107 m/sec or 3.06°/sec). The target trajectories were horizontal (moving from the left to the right of the screen), vertical (from the bottom to the top) and oblique (from the lower left corner to the upper right corner), with a swinging movement from one part to the other of the screen.



Figure 4.1. Examples of the stimuli used in this study in three different contrasts.

4.2.3. Procedure

Participants were tested in a dimly lit room with a temperature of 22°C and a noise level maintained between 5 and 13 decibels. They were seated 2 meters from the monitor. Constant viewing distance was monitored closely throughout the experiment. The participant pressed the appropriate directional key as soon as possible after identifying the direction of the ring gap (right, left, up, down, and the 45° in between). Before the experiment started, participants performed 25 practice trials to familiarize themselves with the various conditions of the experiment and the keyboard directional keys. In the experiment, the target was presented randomly at three different contrasts, trajectories and speeds. The gap location was also random. On each trial, the speed of the stimulus was kept constant but its size varied, starting with the smallest and increasing until the observer was able to discriminate the direction of the ring gap. Based on the target size and speed, response time and viewing distance (always 2 meters) controlled by the experimenter, the program calculated the DVA corresponding to each trial. There were 10 trials for each of the 27 experimental conditions obtained by the combination of the 3 trajectories, 3 contrasts and 3 speeds. The experiment lasted approximately 30 min.

4.2.4. Experimental design

The experimental design was a 2 age (young and older) x 3 sport (karate athletes, judo athletes, non-athletes) x 3 trajectory (horizontal, vertical, oblique) x 3 contrast (high, intermediate, low) x 3 speed (high, medium, low) mixed factorial design, with age and sport as the between-subjects factors and repeated measures in the last three factors.

4.3. RESULTS

The DVA score was the dependent variable in the analyses, which were analyzed with SPSS, version 2.0. The results of the Rockport Test showed that both athlete groups had higher cardiovascular capacity than the non-athlete group. The ANOVA conducted on the young adult groups showed that the main effect of group was statistically significant [$F(2, 87) = 130.75$; $MSE = 1509.44$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.75$]. Pairwise comparisons showed that the judo ($p < 0.01$) and karate ($p < 0.01$) athletes had significantly higher cardiovascular capacity than the non-athletes. The ANOVA conducted on the Rockport Test results of the older groups showed that the main effect of group was statistically significant [$F(2, 42) = 43.45$; $MSE = 211.32$; $p < 0.01$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.67$]. The two ex-athlete older groups had higher cardiovascular capacity than the older non-athlete group. Pairwise comparisons showed significant differences between the non-athlete group and both the judo ($p < 0.01$) and the karate ($p < 0.01$) groups. Older participants performed a series of screening tests, including the Mini-Mental State Examination test (MMSE; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975), the Yesavage Geriatric Depression Scale (Martínez et al., 2002), the Blessed Dementia Rating Scale (Lozano et al., 1999), and the Global Deterioration Scale (GDS; Reisberg Ferris, DeLeón, & Crook, 1988). All groups showed normal performance on the

screening tests and questionnaires (see Table 1). Older athletes and non-athletes did not differ on the MMSE [$F(2, 42) = 1.000$; $MSE = 0.02$; $p > 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.04$]; Yesevage [$F(2, 42) = 0.61$; $MSE = 0.48$; $p > 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.02$]; Blessed [$F(2, 42) = 1.35$; $MSE = 0.05$; $p > 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.06$] or on the GDS [$F(2, 42) = 0.001$; $MSE = 0.000$; $p = 0.000$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.001$], indicating that the three older groups showed normal performance on the screening tests and questionnaires and did not differ in general cognition. Table 1 shows the age, vascular capacity, and demographic characteristics of the six groups and the results of the screening tests and questionnaires performed by the older adults.

Table 4.1. Demographic data, VO₂ max and mean test scores (standard deviations in parentheses).

Group	Age	VO ₂ max	Goldthorpe-Hope Scale	MMSE	Yesavage	Blessed	GDS
Young judo	27.6 (3.8)	51.14 (3.25)	4.10 (0.96)	-	-	-	-
Young karate	25.3 (4.8)	49.92 (3.97)	4.13 (1.01)	-	-	-	-
Young non-athletes	23.5 (3.2)	38.29 (2.88)	4.07 (0.87)	-	-	-	-
Older Judo	64.1(3.6)	37.55 (1.96)	5.33 (0.9)	30 (0)	0.47 (0.52)	0.07 (0.18)	0 (0)
Older Karate	63.7(3.2)	37.42 (1.83)	5.27 (0.96)	30 (0)	0.73 (0.70)	0.13 (0.23)	0 (0)
Older non-athletes	64.7(4.3)	30.99 (2.72)	5.73 (0.96)	29.9 (0.3)	0.67 (0.82)	0.20 (0.25)	0 (0)

Note: Maximal oxygen volume = VO₂ max; MMSE (Mini-Mental State Examination Test); Yesavage (Yesavage Geriatric Depression Scale); Blessed (Blessed Dementia Rating Scale); GDS (Global Deterioration Scale).

The DVA scores were analyzed using a mixed-model ANOVA. We conducted a 2 age (young and older) x 3 sport (karate athletes, judo athletes, non-athletes) x 3 trajectory (horizontal, vertical, oblique) x 3 contrast (high, intermediate, low) x 3 speed (high, medium, low) mixed factorial ANOVA with age and sport as the between-subjects factors and repeated measures in the last three factors. The Greenhouse-Geisser correction for nonsphericity was applied where necessary and is indicated by adjusted degrees of freedom. DVA was the dependent variable. When a main effect reached statistical significance, *post hoc* pairwise comparisons were performed using Bonferroni correction. The average DVA was 0.439 (SD = 0.004) for judo athletes, 0.446 (SD = 0.004) for karate athletes, and 0.404 (SD = 0.004) for non-athletes (higher scores imply better performance). Errors were also recorded, although the percentage did not exceed 1%.

The ANOVA showed that the main effect of age [$F(1,129) = 194.07$; $MSE = 0.016$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.6$] and sport [$F(2,129) = 34.63$; $MSE = 0.016$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.35$] were statistically significant. Young participants performed significantly better than older adults ($p < 0.001$). Simple effect analyses (Kappell, 1991) showed significant differences between non-athletes and both judo ($p < 0.001$) and karate ($p < 0.001$) athletes, whereas judo and karate groups did not differ. The main effect of trajectory [$F(1.98, 256.6) = 55.92$; $MSE = 0.006$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.3$], contrast [$F(1.49, 192.83) = 12.38$; $MSE = 0.011$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.9$] and velocity [$F(1.55, 199.35) = 960.79$; $MSE = 0.009$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.88$] were all significant. The interaction between age and velocity was not statistically significant; however, velocity interacted with sport [$F(3.09, 199.35) = 8.28$; $MSE = 0.009$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.11$], suggesting that athletes had better DVA than non-athletes, especially at high speed (see Figure 2).

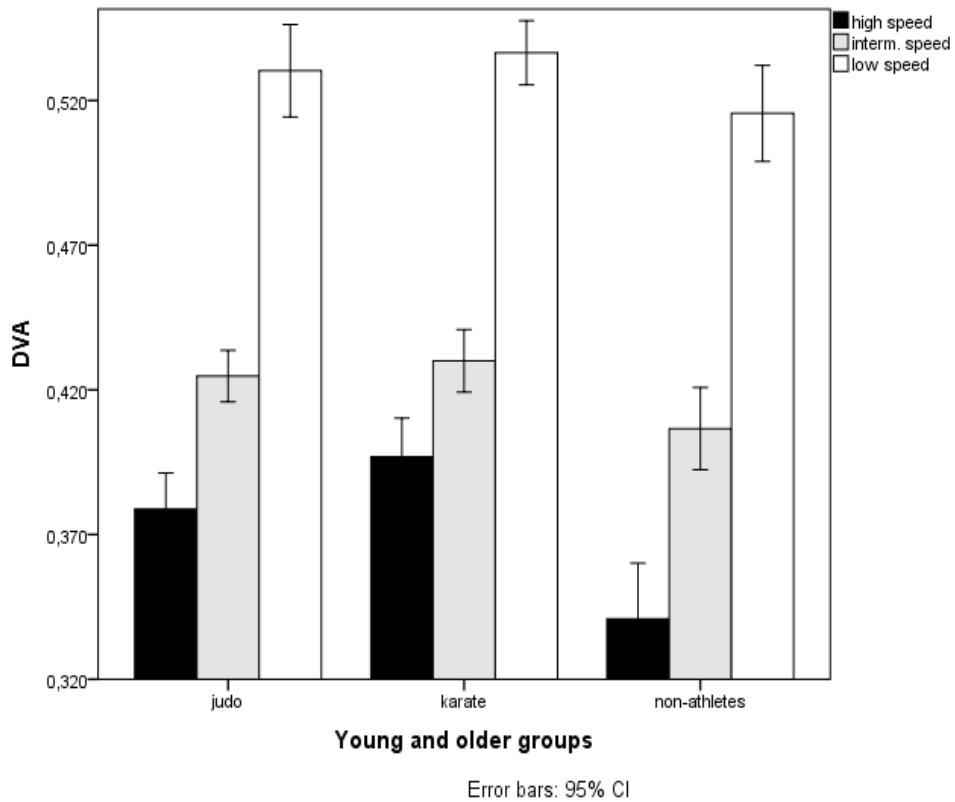


Figure 4.2. Mean DVA for athlete and non-athlete groups collapsed over age under the three velocity conditions: high, intermediate and low speed. Error bars indicate the 95% confidence interval.

The age x trajectory interaction [$F(1.99, 256.59) = 27.09$; $MSE = 0.006$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.17$] was significant, indicating that young and older participants behave differently as a function of trajectory; more specifically, the older participants exhibited a more pronounced oblique effect than the younger groups (see Figure 3).

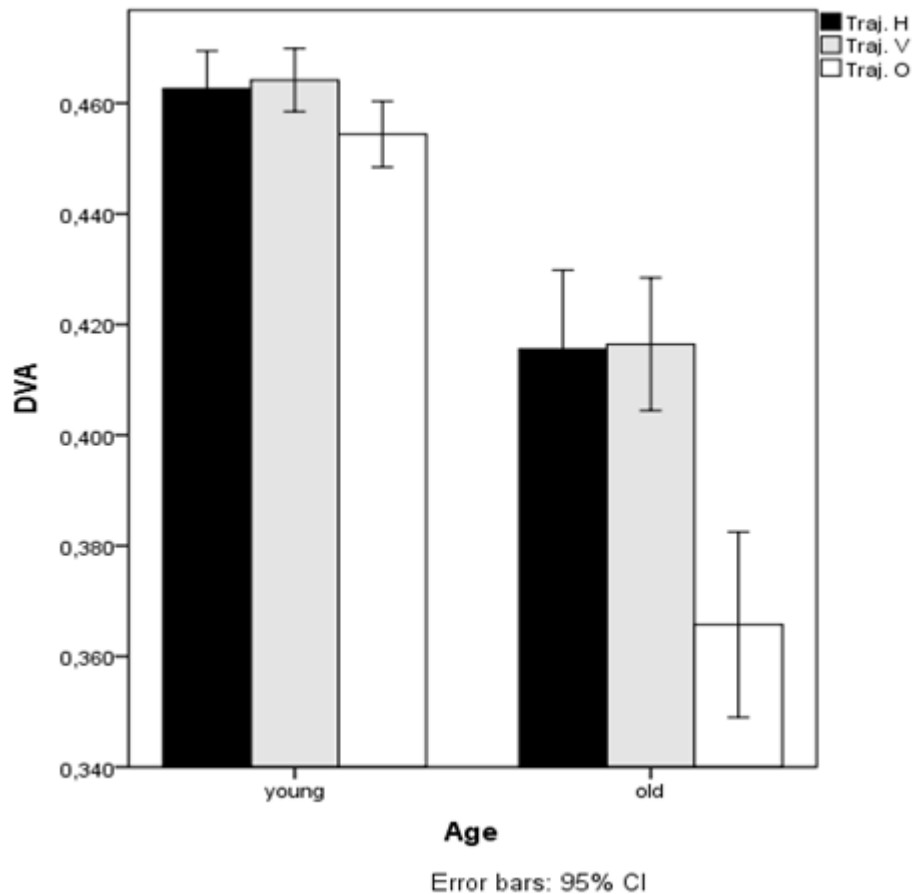


Figure 4.3. Mean DVA for young and older adults corresponding to the trajectory of the moving stimuli: Horizontal (H), Vertical (V), and Oblique (O) as a function of age and trajectory. Error bars indicate the 95% confidence interval.

The three-way age x sports x velocity interaction [$F(3.09, 199.35) = 7.8$; $MSE = 0.009$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.11$] was also statistically significant. Sports and velocity were modulated by age. Specifically, in the younger groups, karate athletes performed significantly better than judo athletes ($p < 0.01$) and non-athletes ($p < 0.01$) when the stimuli were presented at the highest speed, while the two latter groups did not differ ($p > 0.1$); in contrast, in the older groups there was no difference between the two types of sport ($p > 0.1$) under any velocity condition.

4.3.1. Young adults' performance

To further examine the age x sport x velocity interaction, we conducted an additional ANOVA with the DVA data of the young participants, using a 3 group (young karate athletes, young judo athletes and young non-athletes) x 3 trajectories x 3 contrasts x 3 velocity mixed factorial design, with group as the between-subjects factor and repeated measures in the last three factors.

The average DVA score for the karate group was 0.471 (SD = 0.004), for the judo athletes it was 0.456 (SD = 0.004), and for non-athletes it was 0.454 (SD = 0.004). The ANOVA showed that the main effect of group [$F(2,87) = 4.67$, $MSE = 0.014$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.097$], trajectory [$F(1.98, 172.99) = 5.02$; $MSE = 0.004$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.055$], contrast [$F(1.57, 136.37) = 1259.29$; $MSE = 0.006$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.94$] and velocity [$F(1.19, 103.06) = 754.63$; $MSE = 0.012$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.89$] were all significant. The karate athletes had the best DVA, followed by the judo athletes and the non-athletes. Pairwise comparisons indicated that karate athletes were significantly better than judo athletes ($p < 0.05$) and non-athletes ($p < 0.05$), but judo athletes did not differ significantly from non-athletes. The oblique trajectory differed from both the horizontal ($p = 0.05$) and the vertical ($p < 0.005$) trajectories, showing the oblique effect (Appelle, 1972). Pairwise comparisons showed significant differences between the low contrast condition and the high and intermediate (all $ps < 0.001$) conditions, which did not differ from each other.

The two-way group x velocity interaction [$F(2.37, 103.06) = 2.9$; $p = 0.051$, $\eta^2 = 0.063$] was reliable. Simple effects analyses revealed that karate athletes performed better than judo athletes under high ($p < 0.005$) and intermediate ($p < 0.05$) velocity conditions and than non-athletes under the high ($p < 0.005$) velocity condition. Judo athletes and non-athletes did not differ, suggesting that although both athlete groups

performed better than non-athletes, only the karate group was significantly better when the stimuli were presented at high speed (see Figure 4).

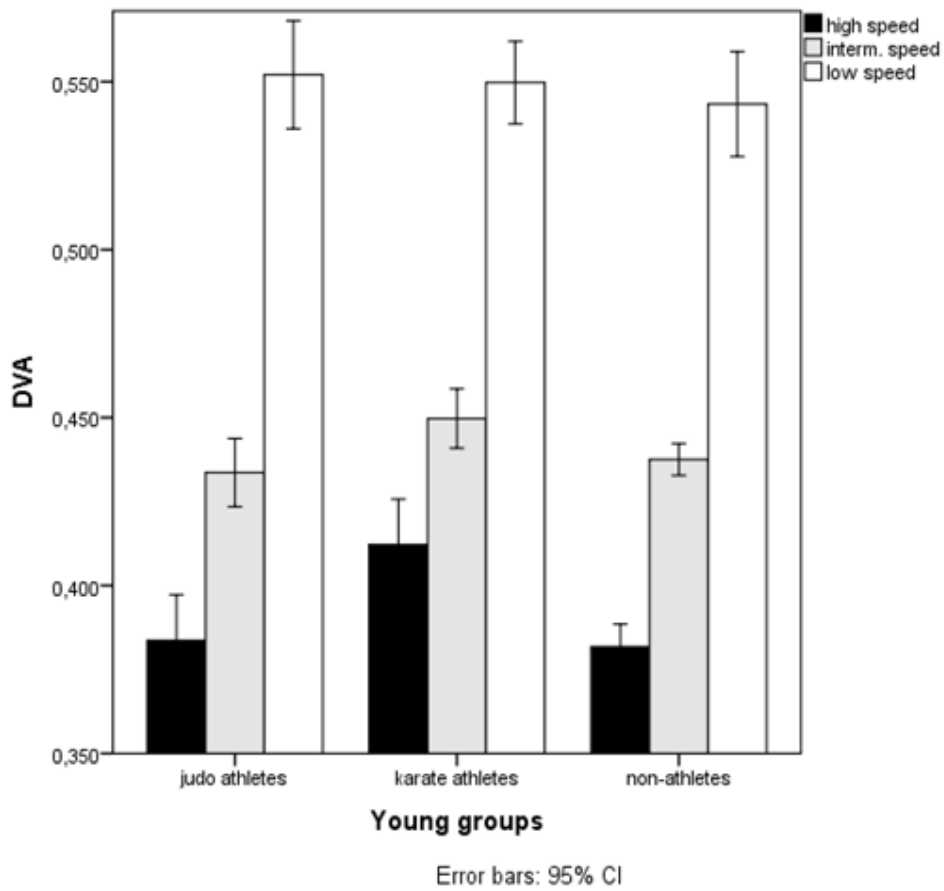


Figure 4.4. DVA in three young adult groups: judo athletes, karate athletes, and non-athletes, for the three velocity conditions: high speed, intermediate speed, and low speed. Error bars indicate the 95% confidence interval.

The three-way group x contrast x velocity interaction was statistically significant [$F(6.37, 277.05) = 2.53, p < 0.05; \eta^2 = 0.06$], indicating that the karate group surpassed non-athletes under high speed and high contrast conditions ($p < 0.001$), and performed better than both the judo ($p < 0.05$) and the non-athlete ($p < 0.005$) groups under high speed and intermediate contrast conditions. Taken together, these results suggest that the DVA of karate experts is superior to that of the other groups when the

velocity of the target increases, especially when the stimuli are presented with high and intermediate contrasts.

4.3.2. Older adults' performance

The main aim of the present study was to investigate whether DVA is modulated by age and sport. Previous studies (Krampe et al., 2014; Muiños & Ballesteros, 2014) found different patterns of results in young and older adults. For older adults, the differences between athletes and non-athletes were greater and uniformly distributed across experimental conditions, whereas in the younger groups, the athletes (where the type of practiced sport matters) outperformed non-athletes when the task became more difficult. The results also showed that differences between the two types of sport were determinant in the young groups but faded in older adults.

We hypothesized that older athletes would have better DVA than older non-athletes due to their extended sports practice and active lifestyle. We also expected a pattern of results similar to the one obtained in our previous study (Muiños & Ballesteros, 2014). To explore the two-way age x trajectory interaction found in the general ANOVA, we analyzed separately the data of the older participants. The mean DVA was 0.421 (SD = 0.007) for judo ex-athletes, 0.422 (SD = 0.007) for karate ex-athletes, and 0.355 (SD = 0.007) for non-athletes. Errors did not exceed 1%. A mixed factorial ANOVA with group (older judo ex-athletes, older karate ex-athletes, and older non-athletes), trajectory, contrast and velocity, showed that the main effect of group [$F(2,42) = 30.8$, $MSE = 0.02$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.6$], trajectory [$F(1.92, 80.55) = 41.80$; $MSE = 0.009$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.49$], contrast [$F(1.39, 58.46) = 276.55$; $MSE = 0.02$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.87$] and velocity [$F(1.88, 78.82) = 333.48$; $MSE = 0.008$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.89$] were all significant.

Pairwise comparisons showed significant differences between non-athletes and the two athlete groups, judo ($p < 0.001$) and karate ($p < 0.001$). Both ex-athlete groups, irrespective of their martial art, were better than the sedentary non-athlete group. Oblique trajectory differed from both the horizontal ($p < 0.001$) and the vertical ($p < 0.001$) trajectories, showing a greater oblique effect than in the young participants. Pairwise comparisons again showed statistically significant differences between low and high ($p < 0.001$) and low and intermediate ($p < 0.001$) contrast conditions, while high and intermediate contrast conditions did not differ ($p > 0.05$). All velocity conditions were significantly different from each other (all $ps < 0.001$).

The two-way interaction was statistically significant. Simple effects analyses revealed that both ex-athlete groups performed better than non-athletes at high ($p < 0.001$) and intermediate ($p < 0.001$) velocities. Furthermore, older karate ex-athletes outperformed older non-athletes at low velocity ($p < 0.005$), while there was no difference between the two ex-athlete groups. This finding suggests that regular practice of judo and karate in old age helps to attenuate age-related DVA decline (see Figure 5).

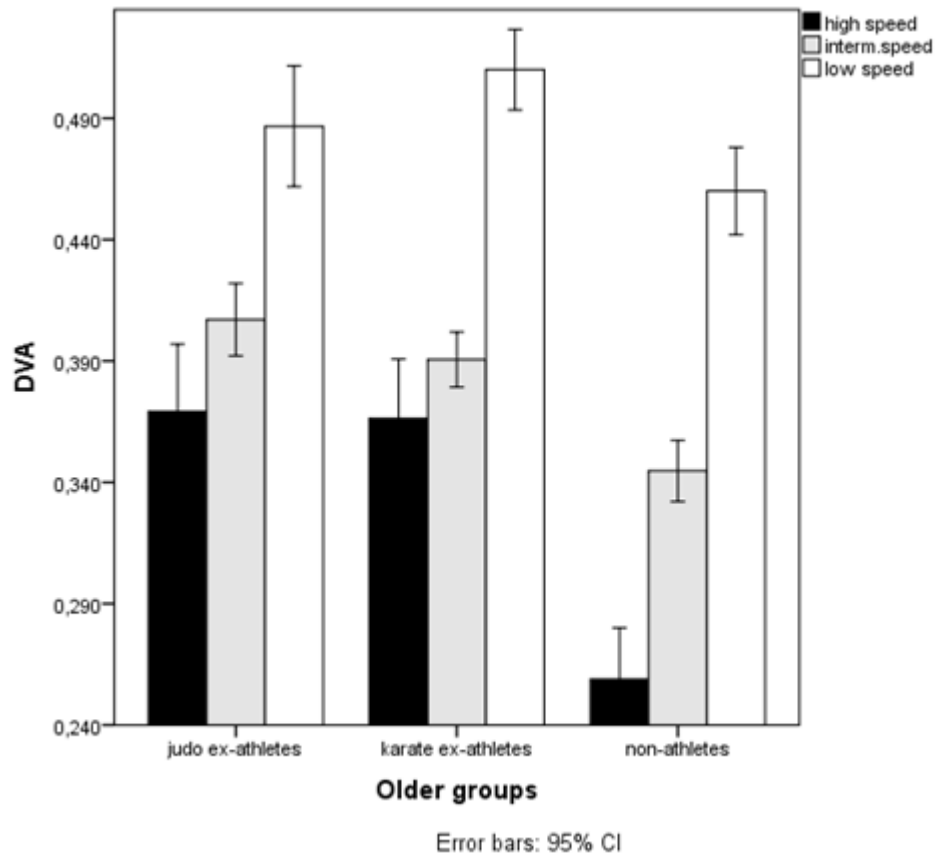


Figure 4.5. Mean DVA for the three older groups under the three velocity conditions. Error bars indicate the 95% confidence interval.

This additional analysis yielded the following main findings: (1) the regular practice of judo or karate by older adults is crucial to ameliorate DVA deterioration; (2) this effect does not seem to be related to a specific type of martial art but rather to martial arts practice in general (and perhaps sports in general); and (3) the differences between older athletes and non-athletes occurred at the harder conditions (high and intermediate velocities), as also observed with the younger participants.

4.3.2.1. Correlations between age and DVA scores

In young adults, DVA performance might depend on the specific martial art. Older ex-athletes, however, did not show the same specificity. To rule out the

possibility that differences between older ex-athletes and non-athletes were due to physical activity in general, pre-existing aptitudes or motivational differences, we correlated DVA scores of older ex-athletes and years since they stopped competing at a professional level. DVA marginally correlated inversely with the number of years without competing ($r_{xy} = - 0.392$; $p = 0.07$), suggesting that the larger the number of years without competing, the lower the obtained DVA score was. It seems that DVA's performance in older ex-athletes depend at least partially on the training in their specific martial art.

Table 2 shows the correlations between age and DVA scores. Both variables correlated negatively ($r_{xy} = - 0.686$; $p < 0.001$); that is, the older the participant the lower the DVA score obtained at all experimental conditions (see Table 2).

Table 4.2. Correlations between age and DVA scores as a function of stimulus velocity, trajectory and contrast.

			Age
DVA	Velocity	Rapid	- 0.527 ($p < 0.001$)
		Intermediate	- 0.711 ($p < 0.001$)
		Low	- 0.585 ($p < 0.001$)
	Trajectory	Horizontal	- 0.493 ($p < 0.001$)
		Vertical	- 0.571 ($p < 0.001$)
		Oblique	- 0.735 ($p < 0.001$)
		High	- 0.487 ($p < 0.001$)
	Contrast	Intermediate	- 0.576 ($p < 0.001$)
		Low	- 0.724 ($p < 0.001$)

Note: Values are Pearson correlation coefficients, and corresponding p values are in parentheses.

We also correlated DVA and peripheral vision scores obtained in our previous study with young and older judo, karate and non-athletes participants (Muiños & Ballesteros, 2014 in press). Both measures correlated negatively ($r_{xy} = - 0.583$; $p < 0.001$); that is, participants who performed better in the peripheral vision task obtained higher DVA scores in the present study.

4.4. DISCUSSION

The main aim of the study was to investigate possible changes occurring in DVA with age, and whether the attenuation of age-related DVA decline depends on the specific sport. The main results were as follows. First, young observers exhibited better DVA than older adults, and athletes outperformed sedentary non-athletes. Secondly, athletes were only better than non-athletes when the task was more difficult (at high and intermediate speeds). Thirdly, the oblique effect was greater in the older than in the younger groups, regardless of whether or not they participated in a sport. Finally, age determined the results for each type of sport when the moving velocity of the stimulus was high.

Our results are consistent with previous studies conducted with non-athletes, which found that DVA was better with increasing visual contrast (e.g., Long & Zavod, 2002) and worse with stimuli moving at high velocities (e.g., Miller, 1958). The present results with martial arts practitioners reinforce the validity of the computer software DinVA 3.0 (Quevedo et al., 2010). The key factor that determines DVA as a function of stimulus velocity is the type of sport practiced and not the participant's age. Athletes differed from sedentary participants of the same age depending on the target speed. Although all observers performed better at the slowest stimulus speed and worse at the highest speed, the distance between high and intermediate speed scores was smaller in

athletes than in non-athlete groups, athletes being less affected by the high velocity of the target (see Figure 2). This result is in agreement with Sanderson (1981), who characterized skilled athletes as “velocity resistant”, suggesting that they are less vulnerable (less deterioration in DVA) than non-athletes at increased velocity.

Our results suggest that age does not modulate velocity but that the stimulus trajectory is important. The oblique effect was greater in the older groups, producing a larger difference between horizontal and vertical trajectories compared to oblique ones in the older than in the younger groups. As pointed out in the introduction, the oblique effect is usually attributed to a larger cardinal versus oblique neural representation in the primary visual cortex and to the fact that the horizontal and vertical orientations have a greater neuronal response (Li, Peterson, & Freeman, 2003; Xu, Collins, Khaytin, Kaas, & Casagrande, 2006). Older participants, whether or not they practiced a sport, exhibited a larger oblique effect than the young adults, suggesting that the neural areas involved in the processing of oblique orientations decline with aging.

The present results reveal that age is the crucial factor determining the results of each type of sport. In young adults, the particular type of martial art induced differences in the detection of stimuli moving at high speed, whereas in older adults, the type of sport and speed conditions were irrelevant. The continued practice of a martial art (judo or karate) by older adults helps to slow down age-related declines in DVA skills. As age was the key factor that determined the results and led to a different pattern of performance in young and older adults, these results and their implications are discussed below.

4.4.1. DVA in young martial arts athletes and non-athletes

The results obtained with young participants are in agreement with previous findings, suggesting better visual abilities in sportsmen than in the general population (e.g., Arkaru, Çaliskan, & Dane, 2009; Giglia et al., 2011; Mori, Ohtani, & Imanaka, 2002); concretely, our results agree with those showing that athletes perform better than non-athletes in DVA tasks (e.g. Millslagle, 2000; Ishigaki & Miyao, 1993; Quevedo et al., 2011; Uchida et al., 2012, 2013).

Different approaches have been taken to disentangle the relation between the practice of sports and cognition. Some studies have assessed perceptual or cognitive processes during or just after a physical activity. In general, these studies found that exercise improves cognitive processes, such as attention and speed of processing, but that the improvement lessens shortly after the exercise ends (e.g., Budde, Voelcker-Rehage, Pietrabyk-Kendziorra, Ribeiro, & Tidow, 2008; Hillman, Snook, & Jerome, 2003). Other studies tested participants after a relatively long period (weeks or months) of physical training and compared their performance with that of a control group who did not train during that time (Davis et al., 2007; Chang, Tsai, Chen, & Hung, 2012) also finding executive function improvements in participants who performed the exercise training. Another approach consists of comparing the performance of physically active participants who exercised regularly with that of participants who did not do any sport (e.g., Krampe et al., 2014; Quevedo et al., 2011; Muiños & Ballesteros, 2014). Our study belongs to this category, involving physically active participants practicing a specific martial art.

The DVA of our highly competitive athlete groups was better than that of the non-athletes of the same age. Interestingly, the particular type of martial art was significant in the young athletes. These results suggest that studies should include

participants based on the type of sport, with clear inclusion criteria, rather than mixing athletes with different sports or with different levels of expertise, given that different types of perceptual skills might have developed in each case. The present findings are in agreement with those of a previous study (Muiños & Ballesteros, 2014) conducted to investigate static peripheral vision. The correlation between the results of both studies was significant, suggesting that participants who performed better in the peripheral vision task obtained higher DVA scores in the present study.

It seems that after years of practice and a sustained learning process, karate athletes develop visual perceptual skills related to detecting central and peripheral visual cues at high velocity, and to tracking objects moving at high speed. By contrast, grappling martial arts, such as judo, do not require velocity skills at the same level as other martial arts.

The idea that different sports lead to the development of different perceptual abilities in their practitioners has been proposed in studies that argue that superior DVA is especially relevant in sports that demand a high level of eye-hand coordination (for a review, see Banks et al., 2004) and also in studies that argue that ball players usually display superior DVA because of their ability to track fast-moving objects (e.g., Uchida et al., 2012; Rouse et al., 1988).

4.4.2. DVA in older martial arts athletes and non-athletes

Given the great deal of research linking physical activity to better perceptive and cognitive functioning in older adults, we speculated that martial art sports contribute to the maintenance of visuospatial skills of older practitioners at a higher level than that of non-athletes, and to a reduced risk of dementia (for reviews see Hötting & Röder, 2013). Specifically, exercise-induced changes improve executive control and speed of

processing (Ballesteros et al., 2013; Voss et al., 2010), produce better spatial memory performance (Erikson et al., 2010), and contribute to the enhancement of verbal learning and selective attention (Hötting, Schauenburg, & Röder, 2012), among other cognitive improvements. In addition, regular sports activity produces neural changes in the hippocampal volume (Erickson et al., 2010), reduces the loss of grey and white matter (Colcombe et al., 2006), and contributes to the activation of the anterior cingulate cortex and greater task-related activity in regions of the prefrontal and parietal cortices (Colcombe et al., 2004).

An important finding of the present study is that, whatever the sport, older ex-athletes showed better DVA than non-athletes of the same age and educational level. This lack of specificity observed in the older martial arts practitioners is consistent with previous findings obtained in peripheral visual (Muiños & Ballesteros, in press) and postural control (Krampe et al., 2014). In a previous study, we found that older judo and karate ex-athletes performed similarly when static stimuli were presented at the periphery of the visual field, whereas the performance of younger adults varied as a function of the sport. These results confirm the hypothesis that in older adults the important factor is to participate in a sport, and not the particular sport. In fact, most studies showing that exercise induced improvements in several perceptive and cognitive processes, usually involved older “physically active” participants who either carried out regular cardiovascular fitness or aerobic exercise in general, or participated in sports such as swimming, golf or walking.

Our older participants practiced a martial art, but the results were in the same direction, suggesting the beneficial effects of sport on major perceptual processes. On the other hand, it is also possible that we failed to find differences between karate and judo athletes in older adults because they did not practice their sport with the same

intensity as the young competitive athletes, probably losing the specific skills produced by each type of sport. We found a marginally significant relation between the number of years without competing at a professional level and the DVA scores, suggesting that more years without competing produces lower DVA scores. Little is known on this issue, and further investigation is required. Because physical exercise can take many forms, different perceptual and cognitive functions might be affected. It seems that resistance (Liu-Ambrose et al., 2010) and coordination training (Voelcker-Rehage, Godde, & Staudinger, 2011) prevent age-related cognitive decline to a greater extent than other forms of exercise. Liu-Ambrose et al. (2010) showed that older participants (65 years and over) who did resistance training had better executive control, as assessed by a Stroop task, than those who did balance and toning exercises. This finding is consistent with our results, since both karate and judo have components that include aerobic, cardiovascular and coordination exercises. Perhaps our judo and karate older ex-athletes lost the specificity of their sport shown by young athletes, but they maintained better perceptual abilities than older non-athletes due to their extended general cardiovascular activity.

Cassilhas and colleagues (2012) have suggested a possible underlying physiological mechanism in humans and animals explaining why different types of physical activity (aerobic or resistance exercise) lead to the improvement of particular abilities. They found that both aerobic and resistance exercises improved spatial learning and memory, but each type of exercise led to different signaling pathways and triggered different neurotrophic reactions. Although little is known about physical activity and brain function, brain structure, and connectivity, preliminary but promising results suggest a positive association between physical activity and brain plasticity (e.g., Voelcker-Rehage & Niemann, 2013; Voss et al., 2010). More research is needed to

clarify these mechanisms that produce differences between athletes and non-athletes in old age, and what type of physical activity determines the neural changes that lead to neuroplasticity and perceptual and cognitive functioning.

Besides the lack of specificity of the type of sport among older adults, we also expected to find a different pattern of results between young and older groups, especially at high velocity. This study showed, however, that in both age groups martial art athletes had better DVA skills than non-athletes of the same age, especially when stimuli moved at high and intermediate speeds. The results revealed less specificity among older adults, with greater differences between athletes and non-athletes (larger effect sizes), whereas the magnitude of the differences among younger groups was smaller and somewhat concentrated under certain conditions. This result is consistent with the finding that individual differences are usually greater in old age (e.g. Glisky, 2007). This greater between-person variability in older adults could be due to multiple factors, including socio-cultural level. However, the participants in the present study had a similar education level, and the differences could not therefore be explained by differences in education. A physical lifestyle could be the crucial variable explaining, at least in part, the greater individual differences commonly found in older adults. As Glisky (2007) argued, between-person variability in old age could also be greater because age-related decline is not uniform in all cognitive processes. For instance, one older adult may suffer a decline in executive control while another shows a decline in long-term memory, leading to a difference in performance in cognitive tasks.

Do the present findings mean that karate and judo older martial arts athletes have the same DVA than younger adults? The answer is not. However, the long-lasting practice of their sport in martial arts schools and gyms produces outstanding and lasting advantages when compared to sedentary older adults. Similarly, Krampe and colleagues

(2014) have recently found that martial arts produce important benefits for postural control with continuing practice. This advantage might be vital to prevent accidents at home and outdoors with serious consequences for the life and integrity of the older adult.

In sum, the present results agree with previous findings suggesting that physical activity in old age plays an important role in maintaining visuospatial skills as well as other important cognitive functions (e.g., Ballesteros et al., 2013; Colcombe et al., 2006; Ericsson & Kramer, 2009). If a physically active lifestyle could attenuate age-related brain dysfunction and perceptual and cognitive declines, it is very likely that older athletes keep their perceptual abilities due to physical exercise, in the same way that sedentary individuals tend to lose it.

4.5. SUMMARY AND CONCLUSIONS

The results of this study with young and older judo and karate practitioners and sedentary participants of the same age and educational level suggest that: (1) the DVA of young adults is superior to that of older adults, but athletes outperform non-athletes; (2) in young participants, judo and karate practitioners martial arts differ in their detection of a moving stimulus; (3) older ex-athletes, regardless of which martial art they practice, have better DVA than older non-athletes, suggesting a lack of specificity with age; finally (4) older adult athletes have better DVA than non-athletes of the same age, suggesting the importance of a physically active lifestyle with regular exercise to counteract age-related perceptual decline.

In conclusion, the intensive and sustained practice of judo and karate seems crucial to maintain the dynamic visual acuity of older martial arts practitioners. The regular practice of exercise across the lifespan not only has beneficial effects on

physical health, but also helps to maintain DVA, preventing age-related declines and probably enhancing neural plasticity.

Acknowledgements

This research was supported by grants from the Spanish Government (PSI2010-21609-C2-01) and the Madrid Community (S2010/BMD-2349) to S.B. We thank all the volunteers who participated in the present study. We thank José Manuel Reales and Julia Mayas for their valuable comments in the design of the study. Finally, we are very grateful to Marisa Carrasco (New York University) for her helpful comments on a previous version of this manuscript.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Esta Tesis Doctoral se ha centrado en la evaluación de los procesos visuoperceptivos, concretamente en la visión periférica, el estudio de las heterogeneidades percibidas en función de la localización del estímulo en el campo visual y en la agudeza visual dinámica. También hemos estudiado la lateralidad mediante una tarea de psicomotricidad fina en deportistas jóvenes que practicaban kung fu y hemos comparado su actuación con la de no deportistas de la misma edad.

El Estudio 1, realizado con participantes jóvenes y en el que se evaluó la visión periférica y la lateralidad, produjo los siguientes resultados:

1. los practicantes de kung fu fueron más rápidos que los no deportistas detectando estímulos presentados en la periferia del campo visual pero únicamente cuando la velocidad de presentación de los estímulos fue rápida.
2. Los deportistas fueron significativamente más rápidos en la tarea de psicomotricidad fina pero solo con la mano dominante (exhibieron mayor lateralidad).

Ambos resultados pueden interpretarse en función de la naturaleza del deporte practicado. El kung fu es un deporte que exige responder rápidamente ante estímulos que pueden aparecer en cualquier área del campo visual incluida la periferia. Los deportistas a menudo desarrollan largas sesiones de entrenamiento en las que deben detectar y repeler ataques que provienen de diversas localizaciones a gran velocidad que incluso pueden provenir de varios atacantes. El hecho de que exhibieran mayor lateralidad, mientras que en otros estudios realizados con otro tipo de deportistas se sugiere lo contrario (Mikheev, Mohr, Afanasiev, Landis y Thut, 2002), puede explicarse de nuevo atendiendo al tipo de deporte practicado y a las habilidades motoras que se desarrollan en cada deporte después de años de práctica deportiva.

A la vista de los resultados obtenidos con este deporte en concreto, en los dos estudios siguientes decidimos evaluar otras dos artes marciales, el kárate y el judo, para investigar si ambos deportes replicaban los resultados obtenidos con el kung fu o si, por el contrario, existía especificidad, dadas las diferencias entre los deportes de agarre, como el judo, y los de golpe, como en los otros dos deportes. También quisimos investigar la evolución de las supuestas mejoras que produce el deporte con la edad. Como se ha indicado en la Introducción, existen múltiples procesos no preservados en la edad, entre los que destacan el funcionamiento ejecutivo, la velocidad de procesamiento, la memoria de trabajo, la dificultad para inhibir estímulos irrelevantes, la memoria a largo plazo, la dificultad para cambiar de una tarea a otra, etc. Aunque no se sabe a ciencia cierta, parece ser que todos estos factores podrían estar actuando de manera conjunta, lo que se manifestaría conductualmente al realizar una tarea perceptiva o cognitiva. Por esta razón, aunque los mayores a menudo realizan maniobras de compensación, esperábamos que en los dos estudios realizados con personas mayores los resultados irían en esa dirección, obteniendo tiempos de reacción (TRs) más largos que en los jóvenes. Tenemos conocimiento de dichas maniobras de compensación por los resultados de los estudios de neuroimagen revisados más arriba. Dichos estudios indicaban que las personas mayores a menudo involucran más áreas cerebrales, u otras áreas distintas a las utilizadas por los jóvenes a la hora de realizar una tarea, hecho que puede pasar desapercibido en los estudios conductuales. Otra de las razones por las que esperábamos TRs más largos en los mayores, estaría más específicamente relacionado con el área visual. Como se ha indicado en la Introducción, las personas mayores tienen mayor dificultad para realizar los movimientos sacádicos necesarios para la localización viso-espacial, tienen una sensibilidad más reducida para la velocidad y la discriminación del movimiento (especialmente relevante para el tercer

estudio, de agudeza visual dinámica) y, en general, tienen también peor rendimiento en tareas de búsqueda visual. Por otro lado, puesto que el deporte suele prevenir o retrasar este declive perceptivo y cognitivo asociado a la edad, probablemente debido a la neuroplasticidad, esperábamos que el grupo de mayores deportistas, realizaría mejor la tarea que los mayores no deportistas y que quizá los mayores deportistas tuvieran un rendimiento similar al de los jóvenes sedentarios.

Los Estudios 2 y 3 de esta Tesis se realizaron con participantes jóvenes y mayores. En los dos participaron grupos de deportistas y no deportistas. El principal objetivo fue investigar si la actividad deportiva puede en parte frenar el declive perceptivo y cognitivo generalmente asociado a la edad. Puesto que la literatura en este campo muestra que el ejercicio físico contribuye a mejorar múltiples procesos perceptivos y cognitivos, e incluso retrasar la aparición de algunas enfermedades neurodegenerativas, la práctica regular de judo y kárate llevada a cabo por adultos mayores, probablemente daría como resultado una mejor ejecución con respecto a los adultos mayores sedentarios en las pruebas visuoperceptivas llevadas a cabo en estos dos estudios.

Los resultados del Estudio 2, en el que se evaluó la visión periférica y las anisotropías perceptivas (la percepción de heterogeneidades ante localizaciones isoexcéntricas de los estímulos visuales), fueron los siguientes:

1. Entre los adultos jóvenes, los practicantes de karate fueron significativamente más rápidos que el resto de los participantes (los practicantes de judo y los no deportistas) pero únicamente cuando los estímulos visuales se presentaron en la periferia del campo visual a una velocidad de presentación rápida.

2. Entre los adultos mayores, ambos grupos de deportistas (practicantes de judo y de kárate) fueron significativamente más rápidos que los mayores sedentarios en todas las condiciones experimentales, no existiendo diferencias en función del deporte practicado. Esto sugiere que lo realmente importante para frenar en parte el declive perceptivo asociado a la edad es la práctica de deporte en general y no el tipo concreto de deporte practicado.
3. El estudio de las anisotropías revela que se detectan antes los estímulos que aparecen en el plano horizontal del campo visual que en el vertical, y entre los verticales, se detectan con más rapidez los estímulos que aparecen en la parte inferior que los que aparecen en la parte superior. Este patrón perceptivo se reprodujo por igual en todos los grupos estudiados, deportistas y no deportistas, jóvenes y mayores, no existiendo diferencias significativas entre ninguno de los grupos.

El Estudio 3, realizado para investigar la agudeza visual dinámica de deportistas de karate y judo jóvenes y mayores, y de no deportistas de las mismas edades produjo los siguientes resultados:

1. Los deportistas tuvieron mayor agudeza visual dinámica que los no deportistas, independientemente de la edad de los participantes.
2. Los adultos mayores exhibieron mayor efecto oblícuo, con independencia de si practicaban deporte o no. Esto podría indicar que la práctica deportiva no retrasa todos los tipos de declives perceptivos asociados a la edad (en este caso el deporte parece no surgir efecto en el efecto oblicuo).

3. Entre los adultos jóvenes, los practicantes de kárate obtuvieron mejores resultados (mayor agudeza visual dinámica) que los practicantes de judo y los no deportistas cuando la tarea se volvió más compleja; esto es, cuando la velocidad del estímulo aumentó. En los adultos mayores, ambos grupos de deportistas (tanto los practicantes de kárate como los de judo) ejecutaron mejor la tarea que los mayores sedentarios en prácticamente todas las condiciones experimentales, volviendo a encontrarse una falta de especificidad en cuanto al tipo de deporte practicado entre los grupos de mayores, como sucedió en el segundo estudio.

Estos resultados concuerdan con la literatura sobre el tema. Esto es, la actividad física mejora las habilidades perceptivas tanto en jóvenes como en mayores, siendo generalmente los efectos más evidentes entre las personas mayores. Nuestros resultados indican que las diferencias son menores entre los jóvenes (menor tamaño del efecto) y se encuentran concentradas en una o dos condiciones. Por el contrario, en los mayores, las diferencias son de mayor magnitud y repartidas de manera más homogénea entre prácticamente todas las condiciones experimentales.

Podemos concluir, por tanto, que el deporte mejora algunos procesos perceptivos y cognitivos, frena en parte el declive asociado a la edad y puede prevenir o retrasar la aparición del deterioro cognitivo. Los mecanismos por los que se producen estas mejoras no se conocen con exactitud, aunque la plasticidad podría estar jugando un papel fundamental.

5.1. Visión periférica

La visión periférica, como se apuntaba en la Introducción, consiste en la percepción de estímulos que se encuentran fuera de la parte central del campo visual.

Cuanto más excéntricos son los estímulos visuales, normalmente más costosa es su detección y más tiempo de reacción se requiere para detectarlos, patrón que se repite tanto en personas jóvenes como mayores.

Cabe señalar, por otro lado, que este tipo de visión es fundamental para desarrollar con normalidad cualquier tarea de la vida cotidiana; las personas que sufren pérdidas de visión periférica pueden experimentar la denominada “visión de túnel” y no pueden realizar gran cantidad de tareas. Detectar rápidamente un estímulo que aparece en la parte periférica del campo visual, es de vital importancia, especialmente para las personas mayores, que a menudo pueden sufrir caídas que pueden deberse a la mala detección de estímulos visuales. Este tipo de visión es asimismo importante para los deportistas, especialmente si se dedican a la competición, puesto que la rápida detección un estímulo periférico (por ejemplo una pelota, o un ataque de un contrincante) puede suponer una diferencia importante entre el buen y el mal deportista. En ambos casos parece fundamental identificar los factores que logren aumentar la detección rápida de estímulos visuales, especialmente los periféricos. En el caso de las personas mayores parece que la actividad física regular disminuye el tiempo de reacción en general, favorece la rápida percepción de estímulos, y mejora determinados procesos cognitivos. La práctica deportiva regular parece ser, por lo tanto, un candidato perfecto para la mejora de la visión periférica.

En cuanto a la visión periférica en adultos jóvenes (Estudio 1), nuestros resultados concuerdan con los estudios previos (Schorer, Rienhoff, Fischer, y Baker, 2013; Zwierko 2007; Zwierko et al., 2010) que indican mejores tiempos de reacción en la detección de estímulos periféricos en deportistas que en no deportistas. El hecho de que encontráramos una ventaja de los deportistas en la detección de estímulos más excéntricos concuerda con lo que se establece en la literatura. Los deportistas suelen ser

más rápidos detectando estímulos más periféricos. El hecho de que los deportistas que practican kung fu a nivel profesional detectaran significativamente más rápido los estímulos periféricos, especialmente cuando éstos se presentaron con un IEE corto (a mayor velocidad) sugiere que este tipo de deporte es especialmente sensible a los estímulos periféricos y que se mueven rápido, habilidades que han adquirido estos deportistas tras años de práctica. Es importante señalar que la adquisición de estas habilidades parecen tener un alto grado de especificidad, puesto que solo se dan en estas condiciones de excentricidad y velocidad, no habiendo encontrado diferencias significativas con los no deportistas en el resto de condiciones experimentales.

En el estudio de las habilidades que se pueden adquirir mediante la actividad física, encontramos tres paradigmas principales:

1. Los que evalúan diversos procesos mientras los participantes están realizando la actividad física o justo después de finalizarla.
2. Los que evalúan dichos procesos en personas que realizan deporte de manera habitual en sus vidas cotidianas (pero no lo están realizando en el momento de la evaluación).
3. Finalmente, están los que evalúan a participantes que realizan un determinado tipo de deporte de manera profesional también de forma continuada.

En los tres casos se ha encontrado que la práctica de ejercicio físico produce mejoras en diversos procesos perceptivos y motores. Sin embargo, mientras que en primer caso (cuando se evalúa una capacidad mientras se está realizando el deporte) las mejoras desaparecen poco después de haber finalizado la actividad física (Chan et al., 2011), en los otros dos casos la habilidad perdura porque el deportista ha adquirido una serie de habilidades específicas a lo largo del tiempo que ha durado la práctica deportiva

y del nivel alcanzado en el deporte practicado. Este tercer paradigma es el que utilizamos en esta Tesis Doctoral, tanto en el estudio en el que participan solo adultos jóvenes como en el que participan tanto jóvenes como mayores.

El tipo de especificidad encontrada con los practicantes de kun fu, posiblemente no se daría si estudiáramos los efectos de la actividad física bajo el punto de vista del primer paradigma al que se aludía anteriormente, sino que para el desarrollo de esta habilidad específica, parece ser que son necesarios años de práctica regular de este tipo de deporte para desarrollar un aprendizaje motor que desencadene reacciones casi automáticas posiblemente realizadas de manera inconsciente (Kibele, 2006).

Desde este punto de vista, parece necesario escoger cuidadosamente el tipo de deporte sobre el que se va a evaluar la visión periférica (o cualquier otra habilidad visuoperceptiva), puesto que si las habilidades visuoperceptivas dependen en gran parte de la naturaleza del deporte practicado, no todos los tipos de deporte arrojarán resultados similares. Esta idea aparece reflejada en algunos estudios que revelan que los deportistas que practican deportes con pelota, generalmente obtienen mejores puntuaciones de agudeza visual dinámica, dada la habilidad que han desarrollado de seguir visualmente objetos en movimiento en diferentes trayectorias tras años de práctica (i.e., Rouse et al., 1988; Uchida et al., 2012). La especificidad en los resultados dependiendo el tipo de deporte también aparece reflejada en estudios como el de Sánchez-López et al. (2013), en el que se mostró cómo la práctica de kung fu mejoró los niveles de atención en mayor proporción que la práctica del judo o del taekwondo.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la visión periférica con practicantes de judo y karate jóvenes parecen apoyar la idea de la conveniencia de escoger cuidadosamente el tipo de deporte practicado, puesto que en este caso (Estudio 2) la ventaja en visión periférica solo se encontró en los practicantes de karate (y no de judo).

Los resultados similares entre el kung fu y el karate podrían deberse al parecido relativo existente entre ambas artes marciales, en las que predomina el golpe. El judo, sin embargo, se trata de un arte marcial de agarre y de proyección en el que la visión periférica podría no jugar un papel tan fundamental.

En el caso de los mayores, no encontramos que el tipo de arte marcial practicado fuera determinante; ambos grupos de deportistas, practicantes de judo y de karate, realizaron mejor la tarea que los mayores sedentarios. Esta pérdida de especificidad podría deberse a que en los grupos de mayores, el deporte no se practica con la misma intensidad. Parece ser, por lo tanto, que el factor crucial para conservar este tipo de habilidad visuoperceptiva, podría ser la práctica de artes marciales en general, o quizá de cualquier tipo de deporte.

5.2. Evaluación de la lateralidad

Una de las explicaciones que tradicionalmente se ha dado al hecho de que la mayoría de los organismos presenten lateralidad, es que con ésta se evita el duplicar una serie circuitos neurales que en realidad realizarían la misma función (Levy, 1977) o para disminuir la interferencia entre las diferentes funciones (Rogers, 2000).

El modo en que los deportistas realizan sus maniobras está muy relacionado con la lateralidad y con la coordinación ojo-mano. Durante la práctica deportiva se realizan gran cantidad de movimientos, generalmente a gran velocidad, que requieren una adecuada coordinación de los miembros. Algunos estudios (Billiard, Faurie y Raymond, 2005; Ghirlanda y Vallortigara, 2004) sugieren que los zurdos pueden tener mejor rendimiento deportivo porque el hecho de pertenecer a una minoría podría darles ventaja en determinadas maniobras. Ghirlanda y Vallortigara (2004) desarrollaron un modelo matemático que predice las interacciones entre depredador y presa en función

de la lateralidad de éstos (por ejemplo, un depredador puede anticipar los movimientos de la presa en función de si tiene más lateralidad derecha o izquierda), siendo los movimientos de las presas más fácilmente predecibles si pertenecen a la mayoría (en una especie determinada, igual que en los humanos, existe mayor probabilidad de tener un determinado tipo de lateralidad), que si tienen una lateralidad minoritaria. En la misma línea, Mikheev et al., (2002) mostraron cómo los practicantes de judo, sobretodo los más expertos, preferían utilizar su mano no dominante en determinadas ocasiones.

Parece, por lo tanto, que el hecho de tener una lateralidad minoritaria o de utilizar la mano no dominante en determinadas situaciones, podría dar al deportista una ventaja ya que el hecho de realizar movimientos poco comunes podría desorientar al oponente. Los resultados de nuestro estudio, sin embargo, arrojan datos diferentes, ya que encontramos que los practicantes de kung fu exhibían mayor lateralidad en la mano dominante que en la no dominante. Es importante destacar que los participantes de nuestro estudio eran deportistas de élite que participaban en competiciones nacionales e internacionales, por lo que estos resultados no podían atribuirse a que el nivel de destreza fuera insuficiente (Mikheev et al., 2002) ya que en nuestro caso, los expertos fueron los que en mayor proporción preferían utilizar la mano no dominante. Estos resultados posiblemente se deban a que los deportes que se están comparando sean muy diferentes, aunque en general parece bien establecido el hecho de que en los deportes interactivos, los que tienen dominancia izquierda pueden tener mayor ventaja en determinadas situaciones. La discrepancia entre los anteriores estudios y el nuestro podría también deberse al tipo de prueba utilizada. En esta Tesis utilizamos una prueba básica de *tapping*, escasamente relacionada con el deporte practicado. Futuros estudios intentarán esclarecer el papel que juega la lateralidad en la práctica deportiva.

5.3. Anisotropías visuales

Ya hemos indicado que la percepción no es uniforme en todo el campo visual. Los estímulos que se encuentran en el plano horizontal suelen detectarse antes que los que se encuentran en el plano vertical (Carrasco et al., 2001; Hüttermann, Bock y Memmert, 2012; Montaser-Kouhsari y Carrasco, 2009; Rovamo & Virsu, 1979), y entre éstos, se detectan antes los que aparecen en la parte inferior (Carrasco et al., 2001; Montaser-Kouhsari y Carrasco, 2009; Rovamo y Virsu, 1979). Este modo de percibir, que convierte el campo visual en una elipse, más ampliada en la parte horizontal, puede tener importantes implicaciones en multitud de ámbitos (seguridad vial, el mundo empresarial y publicitario, el deporte, prevención de caídas y demás accidentes, etc.), y podría ser diferente función de la edad y de la práctica deportiva.

Los resultados obtenidos en el Estudio 2 de esta Tesis están en consonancia con la idea de que la percepción visual difiere en los planos vertical y horizontal, y entre el plano vertical inferior y superior. Por otro lado, parece ser que ni la práctica de judo y karate, ni la edad de los participantes en el estudio modulan el efecto que causan las anisotropías en el campo visual. Nuestros resultados sugieren que esta forma de percibir es similar en todos los grupos y en ambos grupos de edad. Este resultado podría indicar que las anisotropías están mediadas por factores neuronales (por ejemplo, mayor representación neuronal para la zona horizontal) que no cambian con el entrenamiento deportivo. En futuros estudios utilizaremos un mayor rango de ángulos visuales, puesto que investigaciones recientes (Abrams, Nizam y Carrasco, 2012) indican que aunque la anisotropía horizontal-vertical parece bien establecida, no sucede lo mismo con la vertical ya que al aumentar los grados de excentricidad a 30° no se da la heterogeneidad visual ante estímulos isoexcéntricos.

5.4. Agudeza visual dinámica

La agudeza visual dinámica consiste en la capacidad de discriminar detalles finos de un objeto que está en movimiento relativo con respecto al observador (Miller y Ludvigh, 1962). Se trata de una habilidad necesaria para poder desarrollar correctamente una actividad deportiva. En el mundo deportivo es frecuente que el deportista tenga que seguir y/o anticipar la trayectoria de determinados objetos para poder establecer la acción motora pertinente. El hecho de tener una buena agudeza visual dinámica también es necesario en múltiples campos fuera de la práctica deportiva porquén el mundo que nos rodea está lleno de estímulos en movimiento que debemos ser capaces de detectar y estos estímulos que pueden aparecer en múltiples trayectorias, a diferentes contrastes y a distintas velocidades. La agudeza visual dinámica, al igual que el resto de habilidades visuoperceptivas, puede jugar un papel importante en la vida de las personas mayores dado el gran número de estímulos en movimiento que existen en la vida cotidiana de cualquier persona. Este tipo de habilidad visual, sin embargo, es una de las primeras que decae con la edad (Long y Crambert, 1990), junto con la habilidad de seguimiento de estímulos (Paquette y Fung, 2011) y la de realizar movimientos sacádicos en la dirección correcta (Butler et al., 1999). Todas estas habilidades visuales podrían estar relacionadas con la velocidad de procesamiento, entre otras causas, como se ha comentado en la Introducción.

A pesar de que este tipo de habilidades son algunas de las que antes sufren un deterioro, hipotetizamos que los mayores que realizan ejercicio físico de manera regular podrían presentar mejores puntuaciones en la AVD que los mayores sedentarios, puesto que parece que la actividad física tiende a contrarrestar múltiples declives perceptivos y cognitivos asociados con la edad (i.e., Ballesteros et al., 2013b; Chodzko-Zajko, 1991). Los resultados del Estudio 3 de esta Tesis fueron en esa dirección. Los adultos mayores

deportistas obtuvieron mejores puntuaciones en AVD que los no deportistas, hecho que podría atribuirse a que la práctica deportiva puede actuar como una especie de neuroprotector, retrasando, en este caso, la disminución de AVD. La actividad física, por otro lado, parece no conservar por igual todas las habilidades visuoperceptivas, puesto que como sugieren los resultados obtenidos, los mayores, independientemente de si practicaban deporte o no, exhibieron un mayor efecto oblicuo que los jóvenes. Esto parece indicar que los mayores tienen más dificultad que los jóvenes en percibir estímulos móviles que se mueven en una trayectoria oblicua. Aunque los jóvenes fueron más rápidos en la detección de los estímulos en movimiento en cualquiera de las trayectorias, en la oblicua es donde se diferenciaban en mayor medida de los mayores.

En cuanto a los resultados obtenidos con el grupo de jóvenes, nuestros resultados concuerdan con otros estudios en los que se encontró que los deportistas, especialmente aquellos que participan en deportes dinámicos (como por ejemplo los deportes de pelota) presentaron mejor AVD que los no deportistas.

Tomando en su conjunto los resultados de los estudios realizados en esta Tesis Doctoral parece que determinadas artes marciales actúan mejorando diversos procesos visuoperceptivos como son la percepción de estímulos periféricos y de estímulos que están en movimiento. Esto ocurre tanto en jóvenes como en mayores. Esta ventaja que tienen los deportistas con respecto a los participantes sedentarios parece estar mediada por un aprendizaje motor que ha tenido lugar con los años de práctica deportiva (Kibele, 2006). Los deportistas, en este caso, estarían habituados en su práctica diaria a responder a estímulos periféricos tanto fijos como en movimiento, y esa habilidad supuestamente se habría transferido a tareas básicas (como la detección de puntos en una pantalla).

Puesto que la actividad física puede mejorar este tipo de procesos visuoperceptivos, una de las preguntas que nos hicimos al comienzo de esta investigación fue si los mayores deportistas exhibirían unas puntuaciones similares a las de los jóvenes sedentarios. A la vista de los resultados obtenidos en estos estudios, tenemos que concluir que no; en prácticamente todas las condiciones, los jóvenes sedentarios obtuvieron mejores puntuaciones que los grupos de mayores deportistas. Estos resultados sugieren que aunque el deporte parece frenar el declive perceptivo asociado a la edad, la actuación de los adultos mayores deportistas es inferior a la de los jóvenes sedentarios. La edad es, por lo tanto, el factor más importante que determina el enlentecimiento perceptivo, aunque la actividad física logre contrarrestar gran parte de este enlentecimiento y proporcionar a las personas mayores una mejor actuación en este tipo de tareas y posiblemente una mayor calidad de vida.

En resumen, son necesarios más estudios dirigidos a intentar esclarecer los mecanismos que median la plasticidad neuronal y por consiguiente, en estas habilidades que exhiben los participantes en los estudios conductuales. En cualquier caso, parece de vital importancia que los mayores realicen algún tipo de actividad física de manera continuada para poder preservar las habilidades visuoperceptivas y atencionales evaluadas en esta investigación, habilidades que se deterioran con la edad. Dado el aumento progresivo de la esperanza de vida, cada vez van surgiendo nuevos retos a los que los investigadores deben enfrentarse: aumento de la proporción de enfermedades neurodegenerativas, mayor declive perceptivo y cognitivo, y menor capacidad de retrasar esos decaimientos porque en la denominada “cuarta edad” la capacidad de neuroplasticidad disminuye notablemente. Este es un campo de estudio apasionante que interesa a muchos investigadores en el que es necesario seguir profundizando para evitar la disminución de la calidad de vida de muchas personas mayores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abernethy, B., Neal, R. J., & Koning, P. (1994). Visual-perceptual and cognitive differences between expert, intermediate, and novice snooker players. *Applied Cognitive Psychology*, 8, 185-211.
- Abrams, J., Nizam, A., & Carrasco, M. (2012). Isoeccentric locations are not equivalent: The extent of the vertical meridian asymmetry. *Vision Research*, 52, 70-8.
- Abrams, D. M., & Panaggio, M. J., (2012). A model balancing cooperation and competition can explain our right-handed world and the dominance of left-handed athletes. *Journal of the Royal Society Interface*, 9, 2718-2722.
- Andel, R., Crowe, M., Pedersen, N. L., Fratiglioni, L., Johansson, B., & Gatz, M. (2008). Physical exercise at midlife and risk of dementia three decades later: a population-based study of Swedish twins. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 63, 62-66.
- Anderson, R. S., Zlatkova, M. B., & Demirel, S. (2002). What limits detection and resolution of short-wavelength sinusoidal gratings across the retina. *Vision Research*, 42, 981-990.
- Ando, S., Kida, N., & Oda, S. (2001). Central and peripheral visual reaction time of soccer players and nonathletes. *Perceptual and Motor Skills*, 92, 786-794.
- Ando, S., Kida, N., & Oda, S. (2004). Retention of practice effects on simple reaction time for peripheral and central visual fields. *Perceptual and Motor Skills*, 98, 897-900.

- Ando, S., Kokubu, M., Kida, N., & Oda, S. (2002). Attention can be oriented to intermediate locations within the large area of the visual field. *Perceptual and Motor Skills, 95*, 806-812.
- Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-Hashimi, O., Faraji, F., Janowich, J., Kong, E., Larraburo Y., Rolle, C., Johnston, E., & Gazzaley, A. (2013). Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature, 501*, 97-101.
- Appelle, S. (1972). Perception and discrimination as a function of stimulus orientation: The “oblique effect” in man and animals. *Psychological Bulletin, 78*, 266-278.
- Arkaru, S., Çaliskan, E., & Dane, S., (2009). Athletes have faster eye–hand visual reaction times and higher scores on visuospatial intelligence than non-athletes. *Turkish Journal of Medical Sciences, 39*, 871-874.
- Aznar-Casanova, J. A., Quevedo, Ll., & Sinnott, S. (2005). The effects of drift and displacement motion on Dynamic Visual Acuity. *Psicológica, 26*, 105-119.
- Bach-y-Rita, P., Collins, C. C., Saunders, F. A., White, B., & Scadden, L. (1969). Vision substitution by tactile image projection. *Nature, 221*, 963-964.
- Badami, R., Vaez Mousavi, M., Wuif, G., & Namazizadeh, M. (2012). Feedback about more accurate versus less accurate trials: Differential effects on self-confidence and activation. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 82*, 196-203.
- Ball, K., Beard, D., Roenker, R., Miller, D., & Griggs, D. (1988). Age and visual search: expanding the useful field of view. *Journal of the Optical Society of America, 5*, 2210-2219.
- Ball, K., Owsley, C., & Beard, B. (1990). Clinical visual perimetry underestimates peripheral field problems in older adults. *Clinical Vision & Science, 5*, 113-125.
- Ball, K., & Sekuler, R. (1986). Improving visual perception in older observers. *Journal of Gerontology, 41*, 176-182.

- Ballesteros, S., Bischof, G., Goh, J., & Park, D. (2013). Neural correlates of conceptual object in young and older adults: an event-related functional magnetic resonance imaging study. *Neurobiology of Aging, 34*, 1254-1264.
- Ballesteros, S., Mayas, J., & Reales, J. M. (2013a). Cognitive function in normal aging and in older adults with mild cognitive impairment. *Psicothema, 25*, 18-24.
- Ballesteros, S., Mayas, J., & Reales, J. M. (2013b). Does a physically active lifestyle attenuate decline in all cognitive functions in old age? *Current Aging Science, 6*, 189-198.
- Ballesteros, S., & Reales, J. M. (2004). Intact haptic priming in normal aging and Alzheimer's disease: evidence for dissociable memory systems. *Neuropsychologia, 42*, 1063-1070.
- Ballesteros, S., Reales, J. M., & Mayas, J. (2007). Picture priming in normal aging and Alzheimer's disease. *Psicothema, 19*, 239-244.
- Ballesteros, S., Reales, J. M., Mayas, J., & Heller, M.A. (2008). Selective attention modulates visual and haptic repetition priming: effects in aging and Alzheimer's disease. *Experimental Brain Research, 189*, 473-483.
- Baltes, P.B. (1993). The aging mind: Potential and limits. *The Gerontologist, 33*, 580-594.
- Baltes, P. B., & Lindenbergen, U. (1997). Emergence of powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: a new window to the study of cognitive aging? *Psychology of Aging, 12*, 12-21.
- Baltes, P. B., & Smith, J. (2003). New frontiers in the future of aging: from successful aging from the young old to the dilemmas of the fourth age. *Gerontology, 49*, 123-143.

- Bamidis, P. D., Vivas, A. B., Styliadis, C., Frantzidis, C., Klados, M., Schlee, W., Siountas, A., & Papageorgiou S. G. (2014). A review of physical and cognitive interventions in aging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *44*, 206-220.
- Banks, P. M., Moore, L. A., Liu, C., & Wu, B. (2004). Dynamic visual acuity: a review. *The South African Optometrist*, *63*, 58-64.
- Barnes, D. E., Yaffe, K., Satariano, W. A., & Tager, I. B. (2003). A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, *51*, 459-465.
- Bauer, R. M. (1984). Autonomic recognition of names and faces in prosopagnosia: A neuropsychological application of the guilty knowledge test. *Neuropsychologia*, *22*, 457-469.
- Bavelier, D., & Neville, H. J. (2002). Cross-modal plasticity: where and how? *Nature Reviews. Neuroscience*, *3*, 443-452.
- Bekinschtein, P., Cammarota, M., Katche, C., Slipczuk, L., Rossato, J. I., Goldin, A., Izquierdo, I., & Medina, J. H. (2008). BDNF is essential to promote persistence of long-term memory storage. *PNAS, Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*, 2711-2716.
- Bennet, P. J., Sekuler, R., & Sekuler, A. B. (2007). The effects of aging on motion detection and direction identification. *Vision Research*, *47*, 799-809.
- Berkley, M. A., Kitterle, F., & Watkins, D. W. (1975). Grating visibility as a function of orientation and retinal eccentricity. *Vision Research*, *15*, 239-244.
- Berman, A. M. (1993). Clinical evaluation of the athlete. *Optometry clinics*, *3*, 1-26.
- Berry, A. S., Zanto, T. P., Clapp, W. C., Hardy, J. L., Delahunt, P. B., Mhancke, H. W., & Gazzaley, A. (2010). The influence of perceptual training on working memory in older adults. *PlosOne*, *5*, e11537.

- Beurskens, R., & Bock, O. (2012). Age-related decline of peripheral visual processing: the role of eye movements. *Experimental Brain Research*, 217, 117-124.
- Billiard, S., Faurie, C., & Raymond, M. (2005). Maintenance of handedness polymorphism in humans: a frequency-dependent selection model. *Journal of Theoretical Biology*, 235, 85-93.
- Bitter, F., Hillier, S., & Civetta, L., (2011). Change in dexterity with sensory awareness training: A randomized controlled trial. *Perceptual & Motor Skills*, 112, 783-798.
- Black, J. E., Isaacs, K. R., Anderson, B. J., Alcantara, A. A., & Greenough, W. T. (1990). Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87, 5568-5572.
- Brainmetric Software, 2004, <http://www.brainmetric.com/products/visual.htm>
- Brown, B. (1972a). Dynamic visual-acuity, eye-movements and peripheral acuity for moving targets. *Vision Research*, 12, 305-321.
- Brown, B. (1972b). Resolution thresholds for moving targets at fovea and in peripheral retina. *Vision Research*, 12, 293-304.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrabyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience Letters*, 441, 219-223.
- Burg, A. (1966). Visual acuity as measured by dynamic and static tests: a comparative evaluation. *Journal of Applied Psychology*, 50, 460-466.
- Butler, K. M., Zacks, R. T., & Henderson, J. M. (1999). Suppression of reflexive saccades in younger and older adults: age comparisons on an antisaccade task. *Memory & Cognition*, 27, 584-591.

- Canu, M., Carnaud, M., Picquet, F., & Goutebroze, L. (2009). Activity-dependent regulation of myelin maintenance in the adult rat. *Brain Research, 1252*, 45-51.
- Carrasco, M., & Chang, I. (1995). The interaction of objective and subjective organizations in a localization search task. *Perception & Psychophysics, 57*, 1134-1150.
- Carrasco, M., Evert, D., Chang, I., & Katz, S. M. (1995). The eccentricity effect: Target eccentricity affects performance on conjunction searches. *Perception & Psychophysics, 57*, 1241-1261.
- Carrasco, M., & Frieder, K. S. (1997). Cortical magnification neutralizes the eccentricity effect in visual search. *Vision Research, 37*, 63-82.
- Carrasco, M., Talgar, C., & Cameron, E. L. (2001). Characterizing visual performance fields: Effects of transient cover attention, spatial frequency, eccentricity, task and set size. *Spatial Vision, 15*, 61-75.
- Cassilhas, R. C., Lee, K. S., Fernandes, J., Oliveira, M. G., Tufik, S., Meeusen, R., & de Mello, M. T. (2012). Spatial memory is improved by aerobic and resistance exercise through divergent molecular mechanisms. *Neuroscience, 202*, 309-317.
- Cassilhas, R. C., Viana, V. A., Grassman, V., Santos, R. T., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 39*, 1401-1407.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Erwin, H. E. (2007). Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 29*, 239-252.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., VanPatter, M., & Kramer, A. F. (2010). A neuroimaging investigation of the association between

- aerobic fitness. Hippocampal volumen and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, 1358, 172-183.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., VanPatter, M., Voss, M. V., Pontifex, M. B., & Kramer, A. F. (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Developmental Neuroscience*, 32, 249-256.
- Chaddock, L., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Cohen, N. J. (2011). Aerobic fitness and executive control of relational memory in preadolescent children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43, 344-349.
- Chaddock, L., Neider, M., Voss, M. W., Gaspar, J. G., & Kramer, A. F. (2011). Do athletes excel at everyday tasks? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1920-1926.
- Chan, J. S. Y., Wong, A. C. N., Liu, Y., Yu, J., & Yan, J. H. (2011). Fencing expertise and physical fitness enhance action inhibition. *Psychology of Sport and Exercise*, 12, 509-514.
- Chang, Y. K., Tsai, Y. J., Chen, T. T., & Hung, T. M. (2012). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: An ERP study. *Experimental Brain Research*, 225, 187-196.
- Chodzko-Zajko, W. J. (1991). Physical fitness, cognitive performance and aging. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 868-872.
- Chodzko-Zajko, W. J., & Moore, K. A. (1994). Physical fitness and cognitive functions in aging. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 22, 195-220.
- Chodzko-Zajko, W. J., Schuler, P., Solomon, J., Heini, B., & Ellis, N. R. (1992). The influence of physical fitness on automatic and effortful memory changes in aging. *International Journal of Aging & Human Development*, 35, 265-285.

- Ciuffreda, K.J. (2011). Simple eye–hand reaction time in the retinal periphery can be reduced with training: A review. *Eye & Contact Lens: Science and Clinical Practice*, 37, 145-146.
- Coffey, B., & Reichow, A. W. (1990). Optometric evaluation of the elite athlete. The pacific sports visual performance profile. *Problems in Optometry*, 1, 32-58.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., Elavsky, S., Marquez, D. X., Hu, L., & Kramer, A. F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology. Series A. Biological Sciences & Medical Sciences*, 61, 1166-1170.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., Webb, A., Jerome, G. J., Márquez, D. X., & Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 3316-3321.
- Committee on Vision of the National Research Council. (1985). *Emergent techniques for assessment of visual performance*. Washington DC: National Academy.
- Curcio, C. A., Sloan, K. R., Kalina, R. E., & Hendrickson, A. E. (1990). Human photoreceptor topography. *Journal of Comparative Neurology*, 300, 5-25.
- Davare, M., Andres, M., Cosnard, G., Thonnard, J. L., & Olivier, E. (2006). Dissociating the role of ventral and dorsal premotor cortex in precision grasping. *The Journal of Neuroscience*, 22, 2260-2268.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., Boyle, C. A., Waller, J. L., Miller, P. H., Naglieri, J. A., & Gregoski, M. (2007). Effects of aerobic exercise on overweight children’s cognitive functioning: A randomized controlled trial. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78, 510-519.

- Davis, H. P., Trussell, L. H., & Klebe, K. J. (2001). A ten-year longitudinal examination of repetition priming, incidental recall, free recall, and recognition in young and elderly. *Brain and Cognition, 46*, 99-104.
- Demer, J. L., & Amjadi, F. (1993). Dynamic visual acuity of normal subjects during vertical optotype and head motion. *Investigative Ophthalmology & Visual Science, 34*, 1894-1906.
- Diamond, M. C., Krech, D., & Rosenzweig, M. R. (1964). The effects of an enriched environment on the histology of the rat cerebral cortex. *The Journal of Comparative Neurology, 123*, 111-119.
- Dunsky, A., & Netz, Y. (2012). Physical activity and sport in advanced age: Is it risky? A summary of data from articles published between 2000-2009. *Current Aging Science, 5*, 66-71.
- Enns, J. T., & Richards, J. C. (1997). Visual attentional orienting in developing hockey players. *Journal of Experimental Child Psychology, 64*, 255-275.
- Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2009). Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *British Journal of Sports Medicine, 43*, 22-24.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2010). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *PNAS, 108*, 3017-3022.
- Ericsson, K. A., Krampe, R., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review, 100*, 363-406.

- Erixon-Lindroth, N., Farde, L., Robins, T. B., Sovago, J., Halldin, C., & Backman, L. (2005). The role of the striatal dopamine transporter in cognitive aging. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, *138*, 1-12.
- Etnier, J. L., Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M., & Nowell, P. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: a meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *19*, 249-277.
- Fabel, K., Wolf, S. A., Ehninger, D., Babu, H., Leal-Galicia, P., & Kempermann, G. (2009). Addictive effects of physical exercise and environmental enrichment on adult hippocampal neurogenesis in mice. *Frontiers in Neuroscience*, *3*, 50.
- Fleischman, D. A., Wilson, R. S., Gabrieli, J. D. E., Bienias, J. L., & Bennett, D. A. (2004). A longitudinal study of implicit and explicit memory in old persons. *Psychology and Aging* *19*, 617-625.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). Mini-Mental state: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*, 189-198.
- Gates, N., & Valenzuela, M. (2010). Cognitive exercise and its role in cognitive function in older adults. *Current Psychiatry Reports*, *12*, 20-27.
- Ghirlanda, S., & Vallortigara, G. (2004). The evolution of brain lateralization: a game-theoretical analysis of population structure. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *271*, 853-857.
- Giglia, G., Brighina, F., Zangla, D., Bianco, A., Chiavetta, E., Palma, A., & Fierro, B. (2011). Visuospatial attention lateralization in volleyball players and in rowers. *Perceptual & Motor Skills*, *112*, 915-925.

- Gliner, J. A., Matsen-Twisdale, J. A., Horvath, S. M., & Maron, M. B. (1979). Visual evoked potentials and signal detection following a maratón race. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *11*, 155-159.
- Glisky, E. L. (2007). Changes in Cognitive Function in Human Aging. In D.R. Riddle (Ed.), *Brain Aging: Models, Methods, and Mechanisms*. Boca Raton (FL): CRC Press.
- Goldthorpe, J. H., & Hope, K. (1974). *The Social Grading of Occupations*. Oxford: Clarendon Press.
- Golla, H., Ignashchenkova, A., Haarmeier, T., & Their, P. (2004). Improvement of visual acuity by spatial cueing: a comparative study in human and non-human primates. *Vision Reseach*, *44*, 1589-1600.
- Gros, B. L., Blake, R., & Hiris, E. (1998). Anisotropies in visual motion perception: a fresh look. *Journal of the Optical Society of America*, *15*, 2003-2011.
- Haarmeier, T., & Thier, P. (1999). Impaired analysis of moving objects due to deficient smooth pursuit eye movements. *Brain*, *122*, 1495-1505.
- Haist, F., Musen, G., & Squire, L. R. (1991). Intact priming of words and nonwords in amnesia. *Psychobiology*, *19*, 275-285.
- Hanamori, T. (2005). Fluctuations of the spontaneous discharge in the posterior insular cortex neurons are associated with changes in the cardiovascular system in rats. *Brain Research*, *1042*, 82-91.
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Macera, C. A., Heath, G. W., Thompson, P. D., & Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Hearth Association. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*, 1423-1434.

- Hassmén, P., Koivula, N., & Uutela, A. (2000). Physical exercise and psychological well-beings: a population study in Finland. *Preventive Medicine, 20*, 17-25.
- Hayes, S. M., Hayes, J. P., Cadden, M., & Verfaellie, M. (2013). A review of cardiorespiratory fitness-related neuroplasticity in the aging brain. *Frontiers in Aging Neuroscience, 5*, 1-16.
- Haywood, K. M. (1984). Use of the image-retina and eye-head movement visual systems during coincidence-anticipation performance. *Journal of Sports Sciences, 2*, 139-144.
- Hazlett, E. A., Buchsbaum, M. S., Mohs, R. C., Spiegel-Cohen, J., Wei, T. C., Azueta, R., Haznedar, M. M., Singer, M. B., Shihabuddin, L., Luu-Hsia, C., & Harvey, P. D. (1998). Age-related shift in brain region activity during successful memory performance. *Neurobiology of Aging, 19*, 437-445.
- Hedden, T., & Gabrieli, J. D. (2004). Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews. Neuroscience, 5*, 87-96.
- Helsen, W. F., & Pauwels, J. M. (1993). The relationship between expertise and visual information processing in sport. In J. L. Starkes and F. Allard (Eds.). *Cognitive issues in motor expertise* (pp. 109-134). Amsterdam: North-Holland.
- Helsen, W. F., & Starkes, J. L. (1999). A multidimensional approach to skilled perception and performance in sport. *Applied Cognitive Psychology, 13*, 1-27.
- Hertzog, C., Kramer, A. F., Wilson, R. S., & Lindenberger, U. (2008). Enrichment effects on adult cognitive development. *Psychological Science in the Public Interest, 9*, 1-65.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience, 9*, 58-65.

- Hillman, C. H., Kamijo, K., & Scudder, M. R. (2011). A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Preventive Medicine, 52*, 21-28.
- Hillman, C. H., Snook, E. M., & Jerome, G. J. (2003). Acute cardiovascular exercise and executive control function. *International Journal of Psychophysiology, 48*, 307-314.
- Hötting, K., & Röder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 37*, 2268-2295.
- Hötting, K., Schauenburg, G., & Röder, B. (2012). Long-term effects of physical exercise on verbal learning and memory in middle-aged adults: results of a one-year follow-up study. *Brain Sciences, 2*, 332-346.
- Hüttermann, S., Bock, O., & Memmert, D. (2012). The breadth of attention in old age. *Ageing Research, 4*, 67-70.
- Ishigaki, H., & Miyao, H. (1992). Implications for dynamic visual acuity with changes in age and sex. *Perceptual & Motor Skills, 78*, 363-369.
- Ishigaki, H., & Miyao, H. (1993). Differences in dynamic visual acuity between athletes and nonathletes. *Perceptual & Motor Skills, 77*, 835-839.
- Itoh, N., & Fukuda, T. (2002). Comparative study of eye movements in extent of central and peripheral vision and use by young and elderly walkers. *Perceptual & Motor Skills, 94*, 1283-1291.
- Jacob, R., Lillakas, L., & Irving, E. L. (2005). Dynamics of saccadic adaptation: Differences between athletes and nonathletes. *Optometry and Vision Science 82*, 1060-1065.

- Jensen, A. R. (1992). The importance of intraindividual variation in reaction time. *Personality and Individual Differences, 13*, 869-881.
- Keppel, G. (1991). *Design and analysis: A Researcher's handbook*. 3rd Edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kibele, A. (2006). Non-consciously controlled decision making for fast motor reactions in sports. A priming approach for motor responses to non-consciously perceived movement features. *Psychology of Sport and Exercise, 7*, 591-610.
- Kliegl, R., & Lindenberger, U. (1993). Modeling intrusions and correct recall in episodic memory: Adult age differences in encoding in of list context. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 19*, 617-637.
- Kliegl, R., Smith, J., & Baltes, P. B. (1990). On the locus and process of magnification of age differences during mnemonic training. *Developmental Psychology, 26*, 894-904.
- Kline, G. M., Porcari, J. P., Hintermeister, R., Freedson, P. S., Ward, A., McCarron, R. E., Ross, J., & Rippe, J. M. (1987). Estimation of VO₂ max from a one-mile track walk, gender, age and body weight. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 19*, 253-259.
- Kohman, R. A., Clark, P. J., Deyoung, E. K., Bhattacharya, T. K., Venghaus, C. E., & Rhodes, J. S. (2012). Voluntary wheel running enhances contextual but not trace fear conditioning. *Behavioural Brain Research, 226*, 1-7.
- Kokubu, M., Ando, S., Kida, N., & Oda, S. (2006). Interference effects between saccadic and key-press reaction times of volleyball players and nonathletes. *Perceptual & Motor Skills, 103*, 709-716.

- Kraft, E. (2012). Cognitive function, physical activity, and aging: Possible biological links and implications for multimodal interventions. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 19*, 248-263.
- Kramer, A. F., Bherer, L., Colcombe, S. J., Dong, W., & Greenough, W. T. (2004). Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 59*, M940-957.
- Kramer, A. F., Hahn, S., & Gopher, D. (1999). Task coordination and aging: explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica, 101*, 339-378.
- Krampe, R. T., Smolders, C., & Dumas, M. (2014). Leisure sports and postural control: Can a black belt protect your balance from aging? *Psychology and Aging, 29*, 95-102.
- Kronenberg, G., Bick-Sander, A., Bunk, E., Wolf, C., Ehninger, D., & Kempermann, G. (2006). Physical exercise prevents age-related decline in precursor cell activity in the mouse dentate gyrus. *Neurobiology of Aging, 27*, 1505-1513.
- Kumar, N., & Priyadarshi, B. (2013). Differential effect of aging on verbal and visuo-spatial working memory. *Aging and Disease, 4*, 170-177.
- Land, M. F., & McLeod, P. (2000). From eye movements to actions: how batsmen hit the ball. *Nature Neuroscience, 3*, 1340-1345.
- Larson, E. B., Wang, L., Bowen, J. D., McCormick, W. C., Teri, L., Crane, P., & Kukull, W. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Annals of Internal Medicine, 144*, 73-81.

- Lee, I. M., Hsieh, C. C., & Paffenbarger, R. S. (1995). Exercise intensity and longevity in men. *JAMA*, *273*, 1179-1184.
- Lee, R., Kermani, P., Teng, K. K., & Hempstead, B. L. (2001). Regulation of cell survival by secreted proneurotrophins. *Science* *294*, 1945-1948.
- Levy, J. (1977). The mammalian brain and the adaptive advantage of cerebral asymmetry. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *299*, 264-272.
- Li, S. C., Lindenberger, U., & Sikstrom, S. (2001). Aging cognition: from neuromodulation to representation. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*, 479-86.
- Li, B., Peterson, M. R., & Freeman, R. D. (2003). Oblique effect: a neural basis in the visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, *90*, 204-217.
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy, T. C. (2010). Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, *170*, 170-178.
- Loffler, G., & Orbach, H. S. (2001). Anisotropy in judging the absolute direction of motion. *Vision Research*, *41*, 3677-3692.
- Long, G. M., & Crambert, R. F. (1990). The nature and basis of age-related changes in dynamic visual acuity. *Psychology and Aging*, *5*, 138-143.
- Long, G. M., & Rourke, D. A. (1989). Training effects on the resolution of moving targets-dynamic visual acuity. *Human Factors*, *31*, 443-451.
- Long, G. M., & Zavod, M. J. (2002). Contrast sensitivity in a dynamic environment: Effects of target conditions and visual impairment. *Human Factors*, *44*, 120-132.
- Lozano, R., Boada, M., Caballero, J. C., Flórez, F., Garay-Lillo, J., & González, J. A. (1999). *ABC de las demencias*. Barcelona: Eds. Mayo, S.A.

- Lum, J., Enns, J. T., & Pratt, J. (2002). Visual orienting in college athletes: Explorations of athlete type and gender. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *73*, 156-167.
- Malouin, F., & Richards, C. (2010). Mental practice for relearning locomotor skills. *Physical Therapy*, *90*, 240-251.
- Martínez, J., Onis, M. C., Duenas, R., Albert, C., Aquado, C., & Luque, R. (2002). Versión española del cuestionario de Yesevage abreviado (GDS) para el despistaje de depresión en mayores de 65 años: Adaptación y validación. *Medifam*, *12*, 26-40.
- Mayr, U., & Kliegl, R. (1993). Sequential and coordinative complexity: Age-based processing limitations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *19*, 1297-1320.
- McIntosh, A. R., Sekuler, A. B., Penpeci, C., Rajah, M. N., Grady, C. L., Sekuler, R., & Bennett, P. J. (1999). Recruitment of unique neural systems to support visual memory in normal aging. *Current Biology*, *9*, 1275-1278.
- Melnik, J., Lersten, K. C., & Lockhart, A. S. (2009). Retention of fast and slow learners following overlearning of a gross motor skill. *Journal of Motor Behavior*, *4*, 187-193
- Memmert, D., Simons, D. J., & Grimme, T., (2009). The relationship between visual attention and expertise in sports. *Psychology of Sport and Exercise*, *10*, 146-151.
- Meng, X., & Qian, N. (2005). The oblique effect depends on perceived, rather than physical, orientation and direction. *Vision Research*, *45*, 3402-3413.
- Mikheev, M., Mohr, C., Afanasiev, S., Landis, T., & Thut, G. (2002). Motor control and cerebral hemispheric specialization in highly qualified judo wrestlers. *Neuropsychologia*, *40*, 1209-1219.

- Milberg, W., & Blumstein, S. E. (1981). Lexical decision and aphasia: evidence for semantic processing. *Brain & Language, 14*, 371-385.
- Miller, J. W. (1958). Study of visual acuity during the ocular pursuit of moving test objects. II: Effects of direction of movement, relative movement and illumination. *Journal of the Optical Society of America, 48*, 803-808.
- Miller, J. W., & Ludvigh, E. L. (1962). The effect of relative motion on visual acuity. *Survey of Ophthalmology, 7*, 83-116.
- Millslagle, D. (2000). Dynamic visual acuity and coincidence-anticipation timing by experienced and inexperienced women players of fast pitch softball. *Perceptual and Motor Skills, 90*, 498-504.
- Millslagle, D., Delarosby, A., & Vonbank, S. (2005). Incremental exercise in dynamic visual acuity. *Perceptual and Motor Skills, 101*, 657-664.
- Millslagle, D. G., Hines, B. B., & Smith, M. S. (2013). Quiet eye gaze behaviour of expert, and near-expert, baseball plate umpires. *Perceptual & Motor Skills, 116*, 69-77.
- Mitchell, D. B. (1989). How many memory systems? Evidence from aging. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 75*, 31-49.
- Montaser-Kouhsari, L., & Carrasco, M. (2009). Perceptual asymmetries are preserved in short-term memory tasks. *Attention, Perception, & Psychophysics, 71*, 1782-1792.
- Morgan, W. P. (1984). *Coping with mental stress: The potential and limits of exercise interventions*. Bethesda: NIMH.
- Mori, S., Ohtani, Y., & Imanaka, K. (2002). Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human Movement Science, 21*, 213-230.

- Moser, M. B., Moser, E. I., Forrest, E., Andersen, P., & Morris, R. G. (1995). Spatial learning with a minislab in the dorsal hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92, 9697-9701.
- Muiños, M., & Ballesteros, S. (2013). Visuospatial attention and motor skills in kung fu athletes. *Perception*, 42, 1043-1050.
- Muiños, M., & Ballesteros, S. (2014). Peripheral vision and perceptual asymmetries in young and older martial arts athletes and non-athletes. *Attention, Perception and Psychophysics*. DOI 10.3758/s13414-014-0719-y
- Müller, S., & Abernethy, B. (2012). Expert anticipatory skill in striking sports: A review and a model. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83, 175-187.
- Nilsson, L. G. (2003). Memory function in normal aging. *Acta Neurologica Scandinavica*, 107, 7-13.
- Nougier, V., Azemar, G., Stein, J. F., & Ripoll, H. (1992). Covert orienting to central visual cues and sport practice relations in the development of visual attention. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54, 315-333.
- Nougier, V., Ripoll, H., & Stein, J. F. (1989). Orienting of attention with highly skilled athletes. *International Journal of Sport Psychology*, 20, 205-223.
- Osorio, A., Fay, S., Pouthas, V., & Ballesteros, S. (2010). Ageing affects brain activity in highly educated older adults: An ERP study using a word-stem priming task. *Cortex*, 46, 522-534.
- Owsley, C., Burton-Danner, K., & Jackson, G. R. (2000). Aging and spatial location during feature search. *Gerontology*, 46, 300-305.
- Owsley, C., McGwin, G., & Searcey, K. (2013). A population-based examination of the visual and ophthalmological characteristics of licensed drivers aged 70 and

- older. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Science and Medical Sciences*, 68, 567-573.
- Paap, K. V., Walsh, S. J., & Snyder, P. J. (2009). Immediate and delayed effects of cognitive interventions in healthy elderly: A review of current literature and future directions. *Alzheimers Dementia*, 5, 50-60.
- Pang, P. T., Teng, H. K., Zaitsev, E., Woo, N. T., Sakata, K., Zhen, S., Teng, K. K., Yung, W. H., Hempstead, B. L., & Lu, B. (2004). Cleavage of proBDNF by tPA/plasmin is essential for long-term hippocampal plasticity. *Science*, 306, 487-491.
- Paquette, C., & Fung, J. (2011). Old age affects gaze and postural coordination. *Gait and Posture*, 33, 227-232.
- Park, S. M., Gabrieli, J. D., Reminger, S. L., Monti, L. A., Fleischman, D. A., & Wilson, R. S. (1998). Preserved priming across study-test picture transformations in patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 12, 340-352.
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*, 17, 299-320.
- Park, D. C., Polk, T. A., Mikels, J. A., Taylor, S. F., & Marshuetz, C. (2001). Cerebral aging: integration of brain and behavioral models of cognitive function. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 3, 151-165.
- Park, D. C., & Puglisi, J. T. (1985). Older adults' memory for the color of pictures and words. *The Journals of Gerontology*, 40, 198-204.
- Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. A. (2009). The adaptive brain: Aging and neurocognitive scaffolding. *Annual Review of Psychology*, 60, 173-196.

- Park, D. C., & Shaw, R. J. (1992). Effect of environmental support on implicit and explicit memory in younger and older adults. *Psychology and Aging, 7*, 632-642.
- Park, D. C., Smith, A. D., Lautenschlager, G., Earles, J. L., Frieske, D., Zwahr, M., & Gaines, C. L. (1996). Mediators of long-term memory performance across the life span. *Psychology and Aging, 11*, 621-637.
- Park D. C., Smith, A. D., Morrell, R. W., Puglisi, J. T., & Dudley, W. N. (1990). Effects of contextual integration on recall of pictures by older adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 45*, 52-57.
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. (2005). The plastic human brain cortex. *Annual Review of Neuroscience, 28*, 377-401.
- Pascual-Leone, A., & Hamilton, R. H. (2001). The metamodal organization of the brain. *Progress in Brain Research, 134*, 427-425.
- Perrin, P., Deviternea, D., Hugela, F., & Perrota, C. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait & Posture, 15*, 187-194.
- Perry, R. H., & Cowey, A. (1985). The ganglion cell and cone distribution in the monkey's retina: Implications for central magnification factors. *Vision Research, 25*, 1795-1810.
- Peters, J., Dauvermann, M., Mette, C., Platen, P., Franke, J., Hinrich, T., & Daum, I. (2009). Voxel-based morphometry reveals an association between aerobic capacity and grey matter density in the right anterior insula. *Neuroscience, 163*, 1102-1108.
- Post, P., Fairbrother, J., & Barros, J. (2011). Self-controlled amount of practice benefits learning of a motor skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 82*, 474-481.

- Quevedo, Ll., Aznar-Casanova, J. A., Merindano-Encina, D., Cardona, G., & Solé-Fortó, J. (2011). Comparison of dynamic visual acuity between water polo players and sedentary students. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82, 644-651.
- Quevedo, Ll., Aznar-Casanova, J. A., Merindano, M. D., & Solé, J. (2010). A task to assess dynamic visual acuity and a valuation of the stability of its measurements. *Psicológica*, 31, 109-128.
- Raji, C. A., Lopez, O. L., Kuller, L. H., Carmichael, O. T., & Becker, J. T. (2009) Age, Alzheimer disease, and brain structure. *Neurology*, 73, 1899-1905.
- Raz, N., & Rodrigue, K. M. (2006). Differential aging of the brain: patterns, cognitive correlates and modifiers. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30, 730-748.
- Reisberg, B., Ferris, S. H., De León, M. J., & Crook, T. (1988). Global Deterioration Scale (GDS). *Psychopharmacology Bulletin*, 24, 661-663.
- Reuter-Lorenz, P. A., Jonides, J., Smith, E. E., Hartley, A., Miller, A., Marshuetz, C., & Koeppel, R. A. (2000). Age differences in the frontal lateralization of verbal and spatial working memory revealed by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 174-187.
- Reuter-Lorenz, P. A., & Park, D. C. (2014). How Does it STAC Up? Revisiting the Scaffolding Theory of Aging and Cognition. *Neuropsychology Review*, 24, 355-370.
- Ripoll, H., Kerlizin, Y., Stein, J. F., & Reine, B. (1995). Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situations. *Human Movement Science*, 14, 325-349.
- Rogers, L. J. (2000). Evolution of hemispheric specialisation: advantages and disadvantages. *Brain and Language*, 73, 236-253.

- Roland, P. E., Eriksson, L., Stone-Elander, S., & Widen, L. (1987). Does mental activity change the oxidative metabolism of the brain? *Journal of Neuroscience*, *7*, 2373-2389.
- Rönnlund, M., Nyberg, L., Bäckman, L., & Nilsson, L. G. (2005). Stability, growth and decline in adult life span development of declarative memory: Cross-sectional and longitudinal data from a population-based study. *Psychology and Aging*, *20*, 3-18.
- Rouse, M. W., DeLand, P., Christian, R., & Hawley, J. (1988). A comparison study of dynamic visual acuity between athletes and nonathletes. *Journal of the American Optometric Association*, *59*, 946-950.
- Rovamo, J., & Virsu, V. (1979). An estimation and application of the human cortical magnification factor. *Experimental Brain Research*, *37*, 1-20.
- Rovio, S., Kareholt, I., Helkala, E. E., Viitanen, M., Winblad, B., Tuomilehto, J., Soininen, H., Nissinen, A., & Kivipelto, M. (2005). Leisure-time physical activity at midlife and the risk of dementia and Alzheimer's disease. *Lancet Neurology*, *4*, 705-711.
- Rutledge, L. T., Wright, C., & Duncan, J. A. (1974). Morphological changes in pyramidal cells of mammalian neocortex associated with increased use. *Experimental Neurology*, *44*, 209-228.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, *103*, 403-428.
- Salthouse, T. A., & Ferrer-Caja, E. (2003). What needs to be explained to account for age-related effects on multiple cognitive variables? *Psychology and Aging*, *18*, 91-110.

- Sánchez-López, J., Fernández, T., Silva-Pereyra, J., & Martínez J. M. (2013). Differences between Judo, Taekwondo and Kung-fu Athletes in Sustained Attention and Impulse Control. *Psychology, 4*, 607-612.
- Sanderson, F. H. (1981). Visual acuity and sports performance. In I. M. Cockerill and W. W. MacGillivray (Eds). *Vision and sport* (pp. 64-79). Cheltenham: Stanley Thornes.
- Schacter, D. L. (1987). Implicit memory: history and current status. *Journal of Experimental Psychology Learning, Memory & Cognition, 13*, 501-518.
- Schacter, D. L. (1992). Implicit knowledge: New perspectives on unconscious processes. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 89*, 11113-11117.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-prime user's guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc.
- Schneiders, A. G., Sullivan, S. J., Rathbone, E. J., Thayer, A. L., Wallis, L. M., & Wilson, A. E. (2010). Visual acuity in young elite motorsport athletes: A preliminary report. *Physical Therapy in Sport, 11*, 47-49.
- Schorer, J., Rienhoff, R., Fischer, L., & Baker, J. (2013). Foveal and peripheral fields of vision influences perceptual skill in anticipating opponents' attacking position in volleyball. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 38*, 185-192.
- Sebastián, M., & Ballesteros, S. (2012). Effects of normal aging on event-related potentials and oscillatory brain activity during a haptic repetition priming task. *NeuroImage, 60*, 7-20.
- Singer, T., Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (2001). *Plasticity of memory for new learning in very old age: A history of major loss?* Berlin: Max Planck Institute for Human Development.

- Singer, R. N., Williams, A. M., Frehlich, S. G., & Janelle, C. M. (1998). New frontiers in visual search: An exploratory study in live tennis situations. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *69*, 290-296.
- Snowden, R. J., & Kavanagh, E. (2006). Motion perception in the ageing visual system: minimum motion, motion coherence, and speed discrimination thresholds. *Perception*, *35*, 9-24.
- Spencer, W. D., & Raz, N. (1994). Memory for facts, source, and context: can frontal lobe dysfunction explain age-related differences? *Psychology and Aging*, *9*, 149-159.
- Spreng, R. N., Wojtowicz, M., & Grady, C. L. (2010). Reliable differences in brain activity between young and old adults: a quantitative meta-analysis across multiple cognitive domains. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *34*, 1178-1194.
- Sterkowicz, S., Lech, G., Jaworski, J., & Ambrozy, T. (2012). Coordination motor abilities of judo contestants at different age. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, *1*, 5-10.
- Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia* *47*, 2015-2028.
- Sullivan, E. V., & Pfefferbaum, A. (2006). Diffusion tensor imaging and aging. *Neuroscience and Biobehavior Reviews*, *30*, 749-761.
- Thompson, P. D., Buchner, D., Pina, I. L., Balady, G. J., Williams, M. A., Marcus, B. H., Berra, K., Blair, S. N., Costa, F., Franklin, B., Fletcher, G. F., Gordon, N. F., Pate, R. R., Rodriguez, B. L., Yancey, A. K., & Wenger, N. K. (2003). Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology

- (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation*, *24*, 3109-3116.
- Tseng, B. T., Uh, J., Rossetti, H. R., Cullum, C. M., Diaz-Arrastia, R. F., Levine, B. D., Lu, H., & Zhang, R. (2013). Masters athletes exhibit larger regional brain volume and better cognitive performance than sedentary older adults. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, *38*, 1169-1176.
- Tulving, E., & Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, *247*, 301-306.
- Uchida, Y., Kudoh, D., Higuchi, T., Honda, M., & Kanosue, K. (2013). Dynamic visual acuity in baseball players is due to superior tracking abilities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *45*, 319-325.
- Uchida, Y., Kudoh, D., Murakami, A., Honda, M., & Kitazawa, S. (2012). Origins of superior dynamic visual acuity in baseball players: Superior eye movements or superior image processing. *PLoS One* *7*, 2.
- Valenzuela, M. J., Breakspear, M., & Sachdev, P. (2007). Complex mental activity and the aging brain: Molecular, cellular and cortical network mechanisms. *Brain Research Reviews*, *56*, 198-213.
- Voelcker-Rehage, C., Godde, B., & Staudinger, U. M. (2010). Physical and motor fitness are both related to cognition in old age. *The European Journal of Neuroscience*, *31*, 167-176.
- Voelcker-Rehage, C., Godde, B., & Staudinger, U. M. (2011). Cardiovascular and coordination training differentially improve cognitive performance and neural processing in older adults. *Frontiers in Human Neurosciences*, *5*, 26.

- Voelcker-Rehage, C., & Niemann, C. (2013). Structural and functional brain changes relate to different types of physical activity across the life span. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *37*, 2268-2295.
- Voss, M. W., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Chaddock, L., Malkowski, E., Alves, H., Kim, J. S., Morris, K. S., White, S. M., Wojcicki, T. R., Hu, L., Szabo, A., Klamm, E., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2010). Functional connectivity: a source of variance in the association between cardiorespiratory fitness and cognition? *Neuropsychologia*, *48*, 1394-1406.
- Voss, M. W., Nagamatsu, L. S., Liu-Ambrose, T., & Kramer, A. F. (2011). Exercise, brain, and cognition across the life span. *Journal of Applied Psychology*, *111*, 1505-1513.
- Wahl, H. W., Schmitt, M., Danner, D., & Coppin, A. (2010). Is the emergence of functional ability decline in early old age related to change in speed of cognitive processing and also to change in personality? *Journal Aging Health*, *22*, 691-712.
- Ward, P., & Williams, M. (2003). Perceptual and cognitive skill development in soccer: The multidimensional nature of experts performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *25*, 93-111.
- Wilkins, L., Gray, R., Gaska, J., & Winterbottom, M. (2013). Motion perception and driving: predicting performance through testing and shortening braking reaction times through training. *Visual Psychophysics and Physiological Optics*, *54*, 8364-8374.
- Williams, A. M., & Davids, K. (1998). Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *69*, 111-128.

- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J. C. (1994). Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *65*, 127-135.
- Wilson, R. S., Leurans, S. E., Boyle, P. A., & Bennett, D. A. (2011). Cognitive decline in prodromal Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Archives of Neurology*, *68*, 351-365.
- Wittenberg, G. F., Werhahn, K. J., Wassermann, E. M., Herscovitch, P., & Cohen, L. G. (2004). Functional connectivity between somatosensory and visual cortex in early blind humans. *European Journal of Neuroscience*, *20*, 1923-1927.
- Wu, Y., Zeng, Y., Zhang, L., Wang, S., Wang, D., Tan, X., Zhu, X., Zhang, J., & Zhang, J. (2013). The role of visual perception in action anticipation in basketball athletes. *Neuroscience*, *237*, 29-41.
- Xu, X., Collins, C. E., Khaytin, I., Kaas, J. H., & Casagrande, V. A. (2006). Unequal representation of cardinal vs. oblique orientations in the middle temporal visual area. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*, 17490-17495.
- Zacks, R. T., Hasher, L., & Li, K. Z. H. (2000). Human memory. In: Craik F. I., & Salthouse, T. A. (Eds.). *The Handbook of Aging and Cognition*. 2nd ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates. Pp. 293-358.
- Zwierko, T. (2007). Differences in peripheral perception between athletes and nonathletes. *Journal of Human Kinetics*, *19*, 53-62.
- Zwierko, T., Osinki, W., Lubinski, W., Czepita, D., & Florkiewicz, B. (2010). Speed of visual sensorimotor processes and conductivity of visual pathway in volleyball players. *Journal of Human Kinetics*, *23*, 21-27.

APÉNDICE I – CONSENTIMIENTO INFORMADO



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN EN PSICOLOGÍA

Lugar donde se realiza el estudio: _____

D./D^a _____

Declaro que he sido informado sobre los objetivos del estudio y sobre el procedimiento que se va a llevar a cabo para la recogida de los datos. Participo en este estudio de manera voluntaria y puedo retirarme libremente en el momento que estime oportuno.

También he sido informado de que los resultados de esta investigación pueden ser difundidos y publicados en diversos medios académicos. Dado mi conocimiento de todos los elementos anteriores, DOY MI CONSENTIMIENTO para colaborar en dicho estudio.

Firmado:

En Castellón, a _____

Investigador principal: Dra. Soledad Ballesteros Jiménez

Investigador: Mónica Muiños Durán



INFORMACIÓN SOBRE LOS OBJETIVOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación aparecen los objetivos y las características generales de este estudio en el que los participantes colaboran voluntariamente, siendo libres de abandonar dicha participación cuando estimen oportuno.

1. **OBJETIVOS:** (1) Estudiar los posibles efectos que la práctica de artes marciales pueda tener sobre la rapidez con la que se detectan estímulos visuales situados en distintas localizaciones del campo visual y que aparecen a una determinada velocidad de presentación (2) Examinar si la práctica de artes marciales determina el patrón de lateralidad manual.

2. **PROCEDIMIENTO:** El estudio se iniciará recogiendo algunos datos personales relativos a la edad, el nivel de práctica deportiva y el nivel socio-educativo para pasar a continuación a la realización de las pruebas de rapidez en la detección de estímulos visuales y de lateralidad. Los participantes realizarán ambas pruebas sentados frente a un ordenador.

3. **POSIBLES BENEFICIOS:** La comprensión de los mecanismos por los que el deporte puede afectar a los diversos procesos perceptivos y de coordinación motora puede ser crucial para la mejora de la vida cotidiana de muchas personas.

4. **POSIBLES RIESGOS O MOLESTIAS:** En principio no se describe ningún riesgo. En caso de darse, el participante es totalmente libre para abandonar el estudio.

5. **CONFIDENCIALIDAD:** El tratamiento de los datos personales será gestionado de acuerdo a la normativa vigente.

En Castellón, a _____

El investigador principal: Dra. Soledad Ballesteros Jiménez

El investigador: Mónica Muiños Durán



INFORMACIÓN SOBRE LOS OBJETIVOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación aparecen los objetivos y las características generales de este estudio en el que los participantes colaboran voluntariamente, siendo libres de abandonar dicha participación cuando estimen oportuno.

1. **OBJETIVOS:** (1) Estudiar los posibles efectos que la edad y la práctica de artes marciales puedan tener sobre las habilidades viso-perceptivas (de rapidez de detección y discriminación de estímulos visuales)
2. **PROCEDIMIENTO:** El estudio se iniciará recogiendo algunos datos personales relativos a la edad, el nivel de práctica deportiva, el nivel socio-educativo. A los participantes mayores se les pasará una serie de pruebas de screening para descartar posible deterioro cognitivo. A continuación se realizarán las pruebas perceptivo-visuales, pruebas que los participantes realizarán sentados frente a la pantalla de un ordenador.
3. **POSIBLES BENEFICIOS:** La comprensión de los mecanismos por los que el deporte puede afectar a los diversos procesos perceptivos y cognitivos, en especial a la preservación de éstos en edades más avanzadas, puede ser crucial para la mejora de la vida cotidiana de muchas personas, en especial de las mayores.
4. **POSIBLES RIESGOS O MOLESTIAS:** En principio no se describe ningún riesgo. En caso de darse, el participante es totalmente libre para abandonar el estudio.
5. **CONFIDENCIALIDAD:** El tratamiento de los datos personales será gestionado de acuerdo a la normativa vigente.

En Castellón, a _____

El investigador principal: Dra. Soledad Ballesteros Jiménez

El investigador: Mónica Muiños Durán

APÉNDICE IV – ESCALA DE GOLDTHORPE-HOPE

OCUPACIÓN

Clase de servicio alta (profesionales, administradores y funcionarios de nivel superior, dirigentes de grandes empresas, grandes empresarios)

CLASE DE SERVICIO

Clase de servicio subalterna (profesionales, administradores y funcionarios de nivel inferior, técnicos con altos niveles de cualificación, dirigentes de empresas pequeñas y medianas, supervisores de trabajos no manuales, empleados)

Clase de cuello blanco (empleados ejecutivos y trabajadores de servicios)

CLASE INTERMEDIA

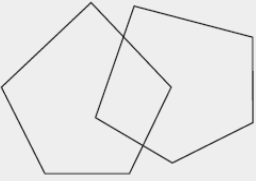
Pequeña burguesía (pequeños empresarios y trabajadores autónomos con o sin dependientes)

Clase trabajadora alta (técnicos de nivel inferior, supervisores de trabajadores manuales)

Clase trabajadora cualificada (trabajadores manuales cualificados) CLASE TRABAJADORA

Clase trabajadora no cualificada (trabajadores manuales no cualificados y trabajadores manuales agrícolas)

APÉNDICE V – MINI-MENTAL STATE EXAMINATION TEST

Mini-Mental State Examination de Folstein (MMSE-30)		
Orientación temporal		
Día	0	1
Fecha	0	1
Mes	0	1
Estación	0	1
Año	0	1
Orientación espacial		
Hospital o lugar	0	1
Planta	0	1
Ciudad	0	1
Provincia	0	1
Nación	0	1
Fijación		
Repita estas 3 palabras hasta aprenderlas:		
Papel	0	1
Bicicleta	0	1
Cuchara	0	1
Concentración (sólo una de las 2 opciones)		
a) Restar desde 100 de 7 en 7	0	1 2 3 4 5
b) Deletree la palabra «MUNDO» al revés	0	1 2 3 4 5
Memoria		
¿Recuerda las 3 palabras que le he dicho antes?	0	1 2 3
Lenguaje		
Mostrar un bolígrafo, ¿qué es esto?	0	1
Repetirlo con el reloj	0	1
Repita esta frase: «Ni sí, ni no, ni peros»	0	1
Coja este papel con la mano derecha, dóblelo y póngalo encima de la mesa	0	1 2 3
Lea esto y haga lo que dice:	0	1
CIERRE LOS OJOS		
Escriba una frase:	0	1
Copie este dibujo	0	1
		
Total =		
Años escolarización =		
Deterioro cognitivo:		
< 18 puntos en analfabetos.		
< 21 puntos en escolaridad baja (no estudios primarios).		
< 24 puntos en escolaridad alta (estudios primarios o más).		

Fuente bibliográfica de la que se ha obtenido esta versión:

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. «Mini-Mental State». A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12: 189-98 (versión en castellano validada en: Bermejo F, Morales JM, Valerga C, Del Ser T, Artolazábal J, Gabriel R. Comparación entre dos versiones españolas abreviadas de evaluación del estado mental en el diagnóstico de demencia. Datos de un estudio en ancianos residentes en la comunidad. *Med Clin [Barc]* 1999; 112: 330-4).

Comentarios:

Es un test de *screening*, una puntuación baja indica que existe deterioro cognitivo, el cual puede ser una manifestación de diversas enfermedades o síndromes (delirium, depresión, demencia, etc.). Los puntos de corte mostrados han sido tomados de un documento de consenso del grupo de demencias de la SEGG (García-García FJ et al. *Rev Esp Geriatr Gerontol* 2002; 37 [S4]: 10-25).

APÉNDICE VI – YESEVAGE GERIATRIC DEPRESSION SCALE

Escala de depresión geriátrica. Geriatric Depression Scale de Yesavage (versión abreviada de 15 preguntas)

Instrucciones:

Interrogar al paciente acerca de las siguientes cuestiones y escoger la respuesta más adecuada sobre cómo se ha sentido en las últimas 2 semanas.

Marcar con un círculo la respuesta escogida y al final sumar la puntuación.

Si el Mini-Mental de Folstein es ≤ 14 puntos, la aplicación de la escala puede no ser valorable (J Am Geriatr Soc 1994; 42: 490).

	Sí	No
1. ¿Está usted básicamente satisfecho con su vida?	0	1
2. ¿Ha abandonado muchas de sus actividades e intereses?	1	0
3. ¿Siente que su vida está vacía?	1	0
4. ¿Se aburre a menudo?	1	0
5. ¿Está usted animado casi todo el tiempo?	0	1
6. ¿Tiene miedo de que le vaya a pasar algo malo?	1	0
7. ¿Está usted contento durante el día?	0	1
8. ¿Se siente desamparado o abandonado?	1	0
9. ¿Prefiere quedarse en casa o en la habitación en vez de salir y hacer cosas nuevas?	1	0
10. ¿Cree que tiene más problemas de memoria que la mayoría de la gente?	1	0
11. ¿Cree que es estupendo estar vivo?	0	1
12. ¿Se siente usted inútil tal como está ahora?	1	0
13. ¿Se siente lleno de energía?	0	1
14. ¿Cree que su situación es desesperada?	1	0
15. ¿Cree que la mayoría de la gente está mejor que usted?	1	0

Puntuación total =

Puntuación: ≥ 5 indica probable depresión.

El diagnóstico se debe confirmar evaluando los criterios DSM-IV de los diferentes trastornos depresivos.

Fuente bibliográfica de la que se ha obtenido esta versión:
Martí D, Miralles R, Llorach I, García-Palleiro P, Esperanza A, Guillén J, Cervera AM. Trastornos depresivos en una unidad de convalecencia: experiencia y validación de una versión española de 15 preguntas de la escala de depresión geriátrica de Yesavage. Rev Esp Geriatr Gerontol 2000; 35: 7-14.

Versión original de 15 ítems: Shelk JI & Yesavage JA. Geriatric Depression Scale (GDS): recent evidence and development of a shorter version. In: Brink TL, ed. Clinical Gerontology: A Guide to Assessment and Intervention. New York: Haworth Press; 1986.

APÉNDICE VII - BLESSED DEMENTIA RATING SCALE

Escala de demencia (Blessed)

Cambios en la ejecución de actividades diarias	Grado de incapacidad		
	Total	Parcial	Ninguna
— Incapacidad para tareas domésticas	1	0,5	0
— Incapacidad para utilizar pequeñas cantidades de dinero	1	0,5	0
— Incapacidad de recordar listas cortas (compra...)	1	0,5	0
— Incapacidad para orientarse en casa	1	0,5	0
— Incapacidad para orientarse en calles familiares	1	0,5	0
— Incapacidad para reconocer el entorno (casa u hospital, familiares o amigos, etc.)	1	0,5	0
— Incapacidad para recordar hechos recientes (visitas recientes de familiares o amigos)	1	0,5	0
— Tendencia a recordar el pasado	1	0,5	0
Puntuación = <input type="text"/>			
Cambios en los hábitos	Puntuación		
Comer			
a) Limpiamente, usa cubiertos adecuados	0		
b) Desaliñadamente, sólo usa cuchara	2		
c) Sólidos simples (galletas)	2		
d) Ha de ser alimentado	3		
Vestir			
a) Se viste sin ayuda	0		
b) Fallos ocasionales (p. ej., botones)	1		
c) Errores en la secuencia del vestirse	2		
d) Incapaz de vestirse	3		
Control esfínteres			
a) Normal	0		
b) Incontinencia urinaria ocasional	1		
c) Incontinencia urinaria frecuente	2		
d) Doble incontinencia	3		
Puntuación = <input type="text"/>			
Cambios de personalidad y conducta			
— Sin cambios	0		
— Retraimiento creciente	1		
— Egocentrismo aumentado	1		
— Pérdida de interés por los sentimientos de los otros	1		
— Afectividad embotada	1		
— Perturbación del control emocional (aumento de susceptibilidad e irritabilidad)	1		
— Hilaridad inapropiada	1		
— Respuesta emocional disminuida	1		
— Indiscreciones sexuales	1		
— Falta de interés por aficiones habituales	1		
— Disminución de la iniciativa o apatía progresiva	1		
— Hiperactividad no justificada	1		
Puntuación = <input type="text"/>			
Puntuación total:			
4-9 puntos: deterioro probable.			
> 9 puntos: alteración significativa, demencia establecida.			

Versión original: Blessed G, Tomlinson BE, Roth M. The association between quantitative measures of dementia and of senile change in the cerebral grey matter of elderly subjects. Br J Psychiatry 1968; 114: 797-811.

Versión en español: Lozano R, Boada M, Caballero JC, Flórez F, Garay-Lillo J, González JA. En: ABC de las Demencias. Barcelona: Eds. Mayo S.A.; 1999.

APÉNDICE VIII – GLOBAL DETERIORATION SCALE

GDS-1 AUSENCIA DE ALTERACIÓN COGNITIVA

Ausencia de quejas subjetivas

Ausencia de trastornos evidentes de la memoria en la entrevista clínica

GDS-2 DISMINUCIÓN COGNITIVA MUY LEVE

Quejas subjetivas de defectos de memoria, sobre todo en:

- a) Olvido de dónde ha colocado objetos familiares.
- b) Olvido de nombres previamente bien conocidos.

No hay evidencia objetiva de defectos de memoria en el examen clínico.

No hay defectos objetivos en el trabajo o en situaciones sociales.

Hay pleno conocimiento y valoración de la sintomatología.

GDS-3 DEFECTO COGNITIVO LEVE

Primeros defectos claros: manifestaciones en una o más de estas áreas:

- a) El paciente puede haberse perdido en un lugar no familiar.
- b) Los compañeros detectan rendimiento laboral pobre.
- c) Las personas más cercanas detectan defectos en la evocación de palabras y nombres.
- d) Al leer un párrafo de un libro retiene muy poco material.
- e) Puede mostrar una capacidad muy disminuida en el recuerdo de las personas nuevas que ha conocido.
- f) Puede haber perdido o colocado en un lugar erróneo un objeto de valor.
- g) En la exploración clínica puede hacerse evidente un defecto de concentración.

Un defecto objetivo de memoria únicamente se observa con una entrevista intensiva.

Aparece un decremento de los rendimientos en situaciones laborales o sociales exigentes.

La negación o desconocimiento de los defectos se hace manifiesta en el paciente.

Los síntomas se acompañan de ansiedad discreta-moderada.

GDS-4

Defectos claramente definidos en una entrevista clínica cuidadosa en las áreas siguientes:

- a) Conocimiento disminuido de los acontecimientos actuales y recientes.
- b) El paciente puede presentar cierto déficit en el recuerdo de su propia historia personal.
- c) Defecto de concentración puesto de manifiesto en la sustracción seriada de sietes.
- d) Capacidad disminuida para viajes, finanzas, etc.

Frecuentemente no hay defectos en las áreas siguientes:

- a) Orientación en tiempo y persona.
- b) Reconocimiento de personas y caras familiares.
- c) Capacidad de desplazarse a lugares familiares.

Incapacidad para realizar tareas complejas.

La negación es el mecanismo de defensa dominante.

Disminución del afecto y abandono en las situaciones más exigentes.

GDS-5

El paciente no puede sobrevivir mucho tiempo sin alguna asistencia.

No recuerda datos relevantes de su vida actual: su dirección o teléfono de muchos años, los nombres de familiares próximos (como los nietos), el nombre de la escuela, etc.

Es frecuente cierta desorientación en tiempo (fecha, día de la semana, estación, etc.) o en lugar.

Una persona con educación formal puede tener dificultad contando hacia atrás desde 40 de cuatro en cuatro, o desde 20 de dos en dos.

Mantiene el conocimiento de muchos de los hechos de mayor interés concernientes a sí mismo y a otros.

Invariablemente sabe su nombre, y generalmente el de su esposa e hijos.

No requiere asistencia en el aseo ni en la comida, pero puede tener cierta dificultad en la elección de los vestidos adecuados

GDS-6

Ocasionalmente puede olvidar el nombre de la esposa, de la que, por otra parte, depende totalmente para sobrevivir.

Desconoce los acontecimientos y experiencias recientes de su vida.

Mantiene cierto conocimiento de su vida pasada, pero muy fragmentario.

Generalmente desconoce su entorno, el año, la estación, etc.

Puede ser incapaz de contar desde 10 hacia atrás, y a veces hacia adelante.

Requiere cierta asistencia en las actividades cotidianas.

Puede tener incontinencia o requerir ayuda para desplazarse, pero puede ir a lugares familiares.

El ritmo diurno está frecuentemente alterado.

Casi siempre recuerda su nombre.

Frecuentemente sigue siendo capaz de distinguir entre las personas familiares y no familiares de su entorno.

Cambios emocionales y de personalidad bastante variables, como:

a) Conducta delirante: puede acusar de impostora a su esposa, o hablar con personas inexistentes, o con su imagen en el espejo.

b) Síntomas obsesivos, como actividades repetitivas de limpieza.

c) Síntomas de ansiedad, agitación e incluso conducta violenta, previamente inexistente.

d) Abulia cognitiva, pérdida de deseos, falta de elaboración de un pensamiento para determinar un curso de acción propositivo.

GDS-7

Pérdida progresiva de las capacidades verbales. Inicialmente se pueden verbalizar palabras y frases muy circunscritas; en las últimas fases no hay lenguaje, únicamente gruñidos.

Incontinencia de orina. Requiere asistencia en el aseo y en la alimentación.

Se van perdiendo las habilidades psicomotoras básicas, como la deambulación.

El cerebro es incapaz de decir al cuerpo lo que ha de hacer. Frecuentemente aparecen signos y síntomas neurológicos generalizados y corticales.