

Entrenament perceptivocognitiu amb el Neurotracker 3D-MOT per potenciar el rendiment en tres modalitats esportives

Perceptual-cognitive Training with the Neurotracker 3D-MOT to Improve Performance in Three Different Sports

LLUIÇA QUEVEDO JUNYENT

Facultat d'Òptica i Optometria
Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya)
Centre de Visió del Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès (Espanya)

ANNA PADRÓS BLÁZQUEZ

Centre Optomètric 7 de Visió (Espanya)
Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya)

JOAN SOLÉ I FORTÓ

Institut Nacional d'Educació Física - Centre de Barcelona (Espanya)
Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès (Espanya)

GENÍS CARDONA TORRADEFLOT

Facultat d'Òptica i Optometria
Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya)

Autora per a la correspondència

Lluïsa Quevedo Junyent
quevedo@oo.upc.edu

Resum

L'objectiu d'aquest estudi ha estat l'anàlisi de l'eficàcia d'un nou programa d'entrenament fet amb el Neurotracker 3D-MOT, un aparell de tecnologia tridimensional on es treballen diverses habilitats perceptivocognitives seguint un principi de progressió que implica elements visuals, posturals i tècnics. S'ha utilitzat un disseny quasi-experimental de tipus pre-post test. Un total de 37 esportistes d'elit de waterpolo, taekwondo i tennis han participat en aquest estudi desenvolupat al Centre d'Alt Rendiment (CAR) de Sant Cugat del Vallès. En una primera fase es van avaluar l'agudesesa visual estàtica i dinàmica, la sensibilitat als contrastos, els moviments sacàdics a prop-lluny, el temps de resposta a estímuls perifèrics, l'estereòpsia i l'atenció selectiva focalitzada. Jugadors i entrenadors també van valorar el rendiment esportiu mitjançant els paràmetres concentració, velocitat perceptiva i visió perifèrica, que es concreten en escales visuals analògiques elaborades amb aquesta finalitat. En una segona fase d'intervenció es van dur a terme 26 sessions d'entrenament amb el Neurotracker repartides de la manera següent: 14, assegut; 6, dempeus, i 6, d'integració comproment l'equilibri. Addicionalment, tant l'esportista com el seu entrenador van seguir omplint l'esmentat qüestionari per valorar la progressió. Per últim, es van repetir les proves del pretest. Els resultats obtinguts indiquen que el programa d'entrenament proporciona millores estadísticament significatives en la major part d'habilitats avaluades (agudesesa visual estàtica, estereòpsia, sensibilitat als contrastos i sacàdics), potenciant així mateix el rendiment esportiu.

Paraules clau: habilitats perceptivocognitives, Neurotracker 3D-MOT, visió perifèrica, atenció selectiva, esports d'elit

Abstract

Perceptual-cognitive Training with the Neurotracker 3D-MOT to Improve Performance in Three Different Sports

The purpose of this study was to analyse the effectiveness of a new training programme to improve sports performance using the Neurotracker 3D-MOT instrument. This device uses 3D technology and is designed to work on different perceptivo-cognitive skills of elite athletes following a progression principle which involves visual, postural and technical elements. A quasi-experimental pre-post test design was utilised. A total of 37 water polo, taekwondo and tennis athletes took part in the study, which was carried out at the High Performance Centre (CAR) in Sant Cugat del Vallès, Spain. The following visual skills were evaluated in the first phase: static and dynamic visual acuity, visual contrast sensitivity, saccadic fixations at distance and near, response time to peripheral stimulus, stereopsis and selective focused attention. Furthermore, coaches and athletes used a visual analogical scaled questionnaire to analyse the athletes' visual concentration, perception speed and peripheral vision in order to determine their level of performance. The second phase consisted of 26 training sessions with the Neurotracker 3D-MOT, performed in the following way: 14 seated, 6 standing up and 6 in an integrated position where balance was necessary. At the same time, athletes and their coaches completed the questionnaire to evaluate their subjective improvement. Finally, the pre-test exams were repeated. The results of the study indicated that the training programme led to a statistically significant improvement in most visual skills (visual acuity, stereopsis, contrast sensitivity and saccadic movements), as well as some transference to sports performance.

Keywords: *perceptive-cognitive skills, Neurotracker 3D-MOT, peripheral vision, selective attention, elite athletes*

Introducció

En els darrers anys, dins del context del rendiment esportiu, s'ha accentuat l'interès per l'estructura perceptivocognitiva dels esportistes. La selecció de la informació, l'atenció-concentració i l'atenció dividida, el processament de la informació, la presa de decisions i els comportaments tàctics esdevenen decisius per aconseguir el màxim rendiment. L'esportista d'elit depèn tant de les habilitats perceptives i cognitives com de les capacitats físiques i motores (Williams, Davids, & Williams, 1999).

En l'àmbit de l'optometria o ciència de la visió, hi ha una especialització anomenada Visió i Esport que col·labora en l'estudi i optimització d'aquests processos assegurant que l'esportista rebi l'estimulació visual de manera adient. Els esports solen diferenciar-se, a grans trets, entre col·lectius i individuals, tenint en compte les singularitats que comporten. Així, la capacitat visual necessària per desenvolupar una activitat esportiva dependrà de molts factors, com ara el moviment dels objectes i els jugadors, la mida de la pilota, la il·luminació, el contrast, la velocitat de joc, les dimensions del camp, etc. Una bona visió no es redueix a una bona agudesa visual estàtica (AVE), sinó que estan implicades moltes altres habilitats inherents a les característiques de l'esport practicat, com l'agudesa visual dinàmica (AVD); els moviments oculars; la sensibilitat als contrastos; la flexibilitat acomodativa o capacitat de canviar ràpidament i efectiva de distància d'enfocament; la visió perifèrica; l'estereòpsia o percepció de la profunditat; l'estimació de les velocitats de desplaçament; el temps de reacció visual, etc. Múltiples capacitats, ja siguin visuals o perceptivocognitives, que hauran de proporcionar respostes motores adients (Erickson, 2007).

L'especialista en optometria esportiva no es limita a neutralitzar els defectes refractius dels esportistes, ja sigui amb lents de contacte o ulleres, sinó que, entre d'altres, pot entrenar les habilitats visuals esmentades amb l'objectiu de potenciar el rendiment esportiu (Coffey & Reichow, 1995; Kirschner, 1993; Knudson & Kluka, 1997; Lasky & Lasky, 1990; Long & Riggs, 1991; Quevedo & Solé, 1995; Quevedo & Solé, 2007; Quevedo, Solé, & Palomar, 2002). Precisament al voltant de la qüestió de si l'entrenament i millora de les habilitats visuals té transferència al rendiment esportiu, s'ha de destacar el debat i manca de consens entre els coneixedors de la matèria. Així, mentre un nombrós grup d'autors defensen que, efectivament, la potenciació de les habilitats visuals específicament relacionades amb les diferents modalitats esportives poden incrementar el rendi-

ment esportiu (Antúnez, 2003; Fradua, 1993; Quevedo & Solé, 1995; Vivas & Hellín, 2007; Wilson & Falkel, 2004), un altre conjunt d'investigadors que s'ha centrat a determinar les diferències visuals entre esportistes experts i novells, qüestionen l'existència de qualsevol tipus de relació entre l'entrenament visual i el rendiment esportiu (Abernethy, 1986; Garland & Barry, 1990; Williams, Davids, Burwitz, & Williams, 1994; Ferreira, 2002; Ludeke & Ferreira, 2003; Williams & Grant, 1999). En els seus estudis conclouen que no són les habilitats visuals com l'AVE, l'AVD, la visió perifèrica o la funció binocular, les que marquen les diferències entre esportistes experts, esportistes novells i sedentaris, sinó la forma com la informació captada és processada a nivell cognitiu. En aquest sentit, Williams, Davids, Burwitz i Williams (1992), denominen maquinari visual a les habilitats que són poc específiques de la disciplina esportiva en qüestió, esmentades anteriorment i que s'avaluen amb instruments i tècniques optomètriques més o menys estandarditzades, i programari o aspectes cognitius de l'anàlisi, selecció, codificació, recuperació i maneig general de la informació visual disponible, a la percepció visual, estratègia de cerca visual, atenció, anticipació, memòria visual, i visualització. L'avaluació d'aquestes habilitats sembla més complicada, i encara manquen esforços per dissenyar mètodes científics objectius, vàlids i fiables per mesurar-les (Voss, Kramer, Prakash, Roberts, & Basak, 2009; Williams & Grant, 1999), malgrat les noves aportacions com ara els moderns sistemes *d'Eye trackers* (Sun, Fisher, Wang, & Martins Gómez, 2008).

Resumint, aquests autors, si bé admeten que les deficiències del maquinari poden constituir una limitació en el rendiment esportiu (Ferreira, 2002), també defensen que en esportistes amb un sistema visual "normal", seria el programari el que distingiria entre experts i novells (Abernethy, 1986; Ludeke & Ferreira, 2003). Així doncs, segons això, els esportistes més hàbils són capaços de seleccionar i extreure informació de les claus més rellevants, i organitzar-la i interpretar-la de manera més ràpida i eficaç, sent aquests aspectes cognitius els que determinen les diferències en el rendiment esportiu i, per tant, els que interessa potenciar (Ferreira, 2002).

Les tècniques desenvolupades per a la millora del rendiment esportiu, especialment en esports d'alt nivell, han experimentat una evolució substancial en els darrers anys, incorporant mitjans més sofisticats a l'entrenament físic, tàctic, tècnic i psicològic. Tot i així, l'entrenament de la funció visual i perceptivocognitiva

encara no ho ha aconseguit, malgrat aportacions com les d'Antúnez (2003), Adolphe, Vickers i Laplante (1997), o Williams i Grant (1999) que, majoritàriament, utilitzen paradigmes d'oclusió espacial i temporal recolzats en tecnologia audiovisual. Això és especialment paradoxal, tenint en compte que segons els autors citats anteriorment (Garland & Barry, 1990; Ferreira, 2002; Abernethy, 1986; Ludeke & Ferreira, 2003), són aquestes habilitats pertanyents al programari visual les que poden proporcionar a l'esportista un substancial avantatge respecte als altres.

El Neurotracker 3D MOT (NT) (www.cognisens.com) està concebut precisament per a l'entrenament d'aquestes habilitats perceptivocognitives en atletes d'elit. L'entrenament se centra en potenciar la capacitat de l'atleta per assimilar el complex procés de moviment i distribució dels seus recursos atencionals a través del camp visual. D'aquesta manera, podrà disminuir el seu temps de resposta i augmentar la capacitat de reacció en les opcions de joc (Garland & Barry, 1990).

La tècnica del NT es basa en 4 factors característics per assolir una condició òptima d'entrenament: 1) atenció distribuïda en diferents elements dinàmics separats entre si, coneguts com a MOT (Trajectòria Múltiple de l'Objecte); 2) un camp visual ampli; 3) llindars de velocitat (limitació de percepció efectiva) i 4) esteiròpsia o percepció de la profunditat.

La utilització de la tasca MOT, de rastrejar múltiples elements al mateix temps, va ser introduïda per primer cop per Pylyshyn i Storm (1988). Investigacions posteriors proposen que aquest mecanisme d'atenció multifocal constitueixi una part de l'entrenament del processament de la informació (Cavanagh & Álvarez, 2005), de manera que aquests objectes diversos simulin la posició dels jugadors i la pilota. Altres treballs (Faubert, 2002; Fougne & Marois, 2006) corroboren la capacitat de controlar un màxim de 4 o fins i tot 5 elements, dependent de les condicions externes i de les característiques dels participants. Altres estudis mostren que la diferència entre l'esportista d'elit i el de subelit s'escau, precisament, en l'habilitat de centrar la mirada en una direcció i simultàniament atendre a la informació de l'entorn, cosa que es podria traduir en controlar la pilota i observar moviments clau en el cos del contrincant que permetria l'anticipació de la propera acció en el joc (Nagano, Kato, & Fukuda, 2006). El llindar de velocitat s'utilitza com a variable dependent dins del sistema del NT, i serveix com a control de registres d'un mateix esportista i entre diferents jugadors. Segons diversos experiments

(Tinjust, Allard, & Faubert, 2008), la visió tridimensional ajuda a assolir un millor llindar de velocitat.

Davant la conveniència d'aportar nous sistemes per integrar elements en l'entrenament esportiu amb la finalitat de potenciar-ne el rendiment, hem desenvolupat el treball següent amb l'objectiu de determinar si l'entrenament de les habilitats perceptivocognitives amb el Neurotracker influència la funcionalitat del sistema visual i atenció selectiva i, molt especialment, si hi ha transferència al rendiment esportiu.

Mètode

El present estudi utilitza un disseny quasi-experimental (pre-post test) de tres fases: avaluació inicial, tractament o entrenament i avaluació final. L'efectivitat del programa d'entrenament s'ha valorat a partir de la comparació dels resultats dels exàmens visuals abans i després del tractament i amb l'anàlisi de les puntuacions d'un breu qüestionari consistent en tres escales visuals analògiques (Hiskisson, 1974), dissenyat per aquesta finalitat i completada per cada esportista i el seu entrenador de manera individual. Així, la variable independent va ser el programa d'entrenament perceptivocognitiu dut a terme, i les variables dependents, el rendiment esportiu operativitzat en les valoracions de tres paràmetres (atenció selectiva, velocitat de processament de la informació i visió perifèrica) en forma de l'esmentat qüestionari, els registres obtinguts amb el NT i les habilitats visuals avaluades.

Participants

Un total de 37 esportistes d'elit del Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès (CAR), 23 homes i 14 dones, d'edats compreses entre els 15 i 24 anys (mitjana d'edat: 18,3; desviació estàndard: 3,0), de diferents disciplines van participar en el nostre estudi. Del total d'esportistes: 13 (46 % homes, 54 % dones) eren waterpolistes, 12 (58 % homes, 41 % dones) taekwondistes, i 12 (83 % homes, 17 % dones) tennistes.

Els criteris d'inclusió a la mostra van ser: *a*) ser un esportista d'elit dins de les disciplines esportives escollides, *b*) tenir unes habilitats visuals dins de la normalitat; *c*) no presentar cap patologia ocular, i *d*) ser escollit pel propi entrenador, segons diverses prioritats en funció de les diferents modalitats.

En el cas del waterpolo, es va valorar la posició de joc en l'equip: porters i boies, que són jugadors que requereixen d'una òptima i ràpida visió general del joc,

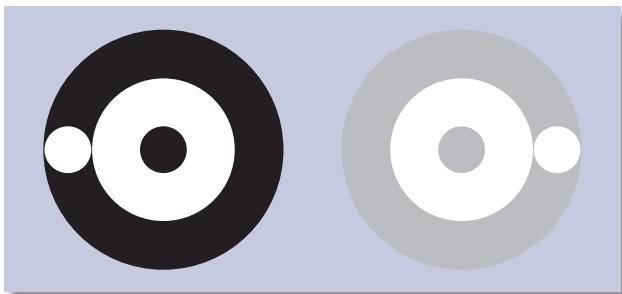


Figura 1. Optotips de Palomar amb contrast alt i contrast baix

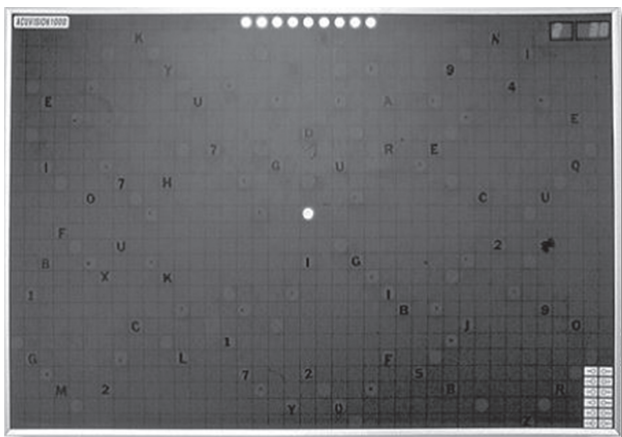


Figura 2. AcuVision 1000

així com jugadors més susceptibles de millorar la concentració, atenció i visió perifèrica. Concretament, en el cas dels porters, es va tenir molt en compte els diversos estudis que defensen la importància de la visió en el seu rendiment (Antúnez, 2003; Quevedo et al., 2002).

Els esportistes de taekwondo escollits van ser aquells que els entrenadors consideraren que havien de desenvolupar més la concentració i atenció durant els combats. Per últim, respecte al tennis, es van seleccionar la totalitat de jugadors residents al CAR, donat que són un nombre reduït.

Material i instal·lacions

En la realització de l'exploració ocular general s'utilitzà el material bàsic propi d'una consulta optomètrica. Destaquem la Carta de Palomar (Palomar, 1991) per valorar l'agudesa visual estàtica, així com el programa informàtic DinVA 3.0. (Quevedo, 2007; Quevedo, Aznar-Casanova, Merindano, Cardona & Solé, 2012), per avaluar l'agudesa visual dinàmica (AVD), determinada en condicions d'alt i baix contrast (fig. 1).

Per altra banda, el programa informàtic Clínic Software FSC (Rodríguez Vallejo, 2010) va ser utilitzat per determinar la Funció de Sensibilitat al Contrast Espacial (FSC). Les Taules de Hart (Revien & Gabor, 1981), per visió propera i llunyana, van ser utilitzades per a la determinació de moviments oculars sacàdics prop-lluny.

L'AcuVision 1000 (International AcuVision Systems Intl.) (fig. 2) va servir per valorar la capacitat de resposta a estímuls perifèrics, involucrant una tasca central de control visual (Quevedo, Cardona, Solé, & Bach, 2001).

Finalment, es van emprar el test de Titmus-Wirt (Bernell Corporation) amb ulleres polaritzades per l'obtenció de l'estereoagudesa a 40 cm i el test d'atenció D2 (Brickenkamp, 1966) per avaluar l'atenció selectiva focalitzada.

La totalitat d'exàmens van ser fets en el Centre de la Visió del CAR per un únic optometrista especialitzat en visió esportiva.

Pel que fa al control del rendiment esportiu, operativitzat en les variables de concentració visual, rapidesa perceptiva i visió perifèrica, es va utilitzar un qüestionari elaborat amb aquesta finalitat, format per escales visuals analògiques (Hiskisson, 1974) i omplert aïlladament per duplicat per l'esportista i l'entrenador.

L'entrenament perceptivocognitiu es va realitzar mitjançant el Neurotracker 3D MOT.

En la figura 3 es descriuen les diferents tasques dutes a terme en una sessió d'entrenament amb el NT amb el programa CORE, d'entrenament bàsic i/o general: 1a) presentació del conjunt de les esferes distribuïdes aleatòriament en un espai virtual; 1b) un grup de 4 esferes

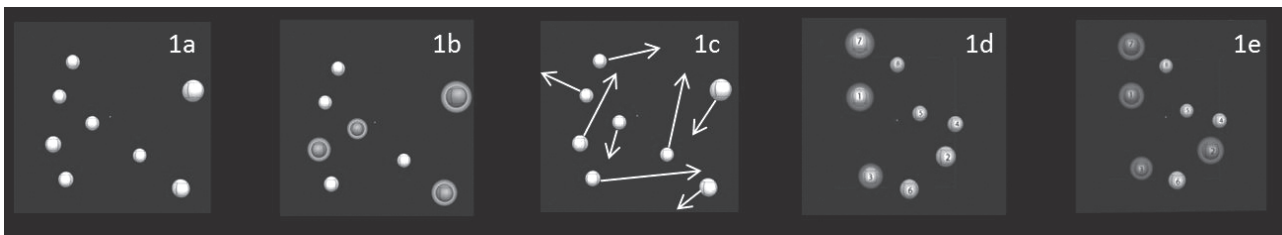


Figura 3. Resum gràfic de les aplicacions del NT

canvia de color durant un reduït període de temps (2 segons), indicant que s'han de seguir durant el procés; 1c) les esferes tornen al color inicial i comencen a produir-se els moviments i interaccions dinàmiques entre les esferes, que poden xocar entre elles i, conseqüentment, canviar de trajectòria; 1d) finalment, les esferes deixen de moure's i, després d'un temps predeterminat, l'observador ha d'identificar les esferes inicialment marcades, formant-se una aurèola al voltant; 1e) presentació de les respostes correctes amb retroacció, canviant altre cop de color.

Procediment

Un dia abans de l'inici del programa d'entrenament es va informar cada esportista sobre les característiques de les proves i entrenaments que durien a terme i es va obtenir un document de consentiment informat. Totes les proves es van fer en les condicions visuals habituals (usuari d'ulleres o lents de contacte) de la pràctica esportiva

Durant el pretest, per determinar l'AVE, l'esportista se situava a 5 m, i s'observava fins a quina línia era capaç de distingir la situació del punt blanc de l'Anell de Palomar. En la mesura de l'agudesia visual dinàmica s'utilitzà un paradigma de detecció forçada entre 8 alternatives, indicant l'obertura de l'estímul amb el símbol corresponent del teclat numèric. Es va fer la mesura en condicions de màxim i mínim contrast. La distància d'observació del test va ser de 2 m (Quevedo, 2007; Quevedo et al, 2012).

Per a la valoració dels moviments oculars sacàdics binoculars amb les Taules de Hart, la taula de lluny estava situada a 5 m, mentre la propera a 40 cm, i el participant havia de fer el màxim de cicles (llegir la lletra de lluny i la propera) durant un minut.

L'avaluació de la sensibilitat als contrastes es va fer a una distància de 2 m, a través de la identificació amb l'elecció obligada entre 3 alternatives (per senyalitzar l'orientació de les franges sinusoidals), mitjançant les teclats centrals del teclat numèric del PC.

Per analitzar la velocitat de resposta a estímuls perifèrics amb l'AcuVision 1000 el participant es col·locava a una distància de 65 cm del centre de l'instrument i havia de reaccionar, sempre fixant el punt central, a les diferents llums del panell, tocant-les, si el punt central estava il·luminat i evitant fer-ho, si no ho estava. L'aparell quantifica el nombre de respostes correctes i penalitza les respostes incorrectes dins de l'interval temporal, així com les respostes tardanes.

A continuació es mesurava l'estereòpsia i l'atenció selectiva focalitzada. Aquesta darrera tasca consistia en revisar un total de 14 línies amb 47 caràcters (lletres "d" o "p", acompanyades d'1, 2, 3 o 4 ratlles), entre els quals s'havien de marcar únicament les que contenien 2 ratlletes, que podien estar a dalt o a baix de la lletra.

El qüestionari amb 3 escales visuals analògiques (Hiskisson, 1974), corresponents a les 3 variables (concentració visual, rapidesa perceptiva i visió perifèrica) amb què es van operativitzar certs aspectes del rendiment esportiu, consisteix en 3 línies verticals de 10 centímetres cadascuna, en els extrems de les quals es troben les expressions límits (absència en l'inferior i màxima en el superior) de cada habilitat. Es va demanar als esportistes i entrenadors que marquessin en la línia el punt que indicava el nivell de rendiment que consideraven que s'assolia en el moment d'omplir el qüestionari (en acabar les sessions següents: 0, 5, 10, 12, 15, 17, 20, 23 i 26), i es registrava el valor en mil·límetres. Sota cada línia a marcar tenien una definició de la variable a avaluar.

Per a l'entrenament perceptivocognitiu cada participant se situava dins d'una sala (cub d'immersió) de 3×3 m, a les fosques i amb ulleres estereoscòpiques. Es presentaven un grup de 8 esferes en un espai en 3D. La tasca de l'esportista consistia a controlar-les visualment mentre focalitzava la visió en un punt verd central. Les esferes es creuaven a l'atzar en els eixos x, y i z, i xocaven ocasionant canvis en la seva trajectòria. La velocitat d'aquestes esferes variava segons el nivell. Si l'observador identificava les 4 esferes correctament, es repetia el procés a major velocitat. En el cas que s'equivoqués, es repetia l'exercici a una velocitat inferior, fins a determinar el llindar de l'observador.

L'entrenament amb el NT es va dividir en les tres fases que descriu el protocol CORE (bàsic), consistent en:

- Entrenament general (14 sessions): CORE assegut.
- Entrenament més específic (6 sessions): CORE dempeus.
- Entrenament integrat involucrant algun aspecte propi de l'esport (6 sessions): CORE + acció específica.

És important esmentar que la progressió de l'entrenament general a l'específic va coincidir amb una setmana de parada del programa per causa de l'anomenada Setmana Blanca (aturada acadèmica durant la qual molts esportistes no estan al CAR).

En l'entrenament visual integrat es van afegir diferents elements o accions amb la finalitat d'aconseguir que la millora del rendiment visual tingués transferència real en el rendiment esportiu. Així, els jugadors de waterpolo duren a terme aquesta fase asseguts sobre una pilota *fit ball*, amb la qual s'intentava simular la inestabilitat pròpia del medi aquàtic. En el cas dels esportistes de taekwondo, l'exercici visual es feia mentre l'esportista duia a terme salts (*steps*) sobre si mateix. Es tracta d'una posició bàsica en aquest esport, tant mentre el lluitador està en actitud defensiva com quan es prepara per atacar. Finalment, la situació dels tennistes també es va relacionar amb l'equilibri, executaven la rutina fent el moviment propi de cames d'aquest esport. Cada setmana es feien entre 2 i 4 sessions de 6 a 8 minuts de durada, i el programa complet va durar 3 mesos. Cada sessió se subdividia en 15 presentacions continuades de 30 segons.

Per acabar, es va repetir tota la sèrie d'exàmens duts a terme durant el pretest i en les mateixes condicions. És a dir, en el mateix ordre i sense descansos ja que són proves ràpides que difícilment ocasionen fatiga perceptiva.

Resultats

Dels 37 esportistes que van prendre part en l'estudi només 20 van completar estrictament el protocol de la investigació. Les proves posttest van ser completades per la totalitat dels participants, tot i que només es van tenir en compte per a l'estudi les dades dels esportistes que havien seguit tot el programa d'entrenament.

Tot seguit, presentem els resultats obtinguts en tres seccions d'acord amb els objectius plantejats: habilitats visuals i atencionals, valoració del rendiment esportiu i resultats obtinguts en les sessions d'entrenament amb NT. En tots els casos les dades han estat analitzades mitjançant el programa estadístic SPSS v19, comprovant inicialment la normalitat de les distribucions amb el test de Kolmogorov-Smirnov per tal de decidir l'aplicació d'estadística paramètrica (test de *t* d'Student de mostres aparellades) o no paramètrica (test de Wilcoxon de mos-

tres aparellades) per avaluar les diferències pre-post en les diverses variables.

1. Habilitats visuals i atencionals: la prova de Wilcoxon evidencia com a estadísticament significatives les millores assolides en AVE ($p < 0,01$), estereòpsia ($p < 0,01$), FSC 6 cicles/grau ($p < 0,05$) i FSC 12 cicles/grau ($p < 0,01$). Per la resta de variables la prova estadística *t* de Student de mesures repetides resulta en $p < 0,001$, tant pels moviments sacàdics com l'atenció selectiva focalitzada, constatant la significança estadística de les diferències abans-després del tractament.
2. Valoració del rendiment esportiu (concentració visual, velocitat perceptiva i visió perifèrica).

Les figures 4a, 4b, 4c, 4d i 4e mostren l'evolució d'aquestes variables, mesurades a partir dels qüestionaris de l'entrenador i esportista abans de començar el programa (pretest), durant el període d'entrenament (sessions 5, 10, 12, 15, 17, 20, 23), i en finalitzar-lo (posttest).

S'obtenen diferències estadísticament significatives abans-després en Concentració visual valorada pels esportistes [$t(18) = -2,72; (p = 0,014)$] i entrenadors [$t(18) = -3,85; (p = 0,001)$], i en Velocitat perceptiva pels esportistes [$t(18) = -3,85; (p = 0,001)$]. Quant a les variables no paramètriques, la prova de Wilcoxon evidencia que totes les variables de rendiment milloren de forma estadísticament significativa. Així, trobem una $p < 0,001$ entre abans i després de l'entrenament en la variable Velocitat perceptiva i Visió perifèrica valorada pels entrenadors, i en la Visió perifèrica pre-post test valorada per l'esportista ($p = 0,001$).

Adicionalment, per determinar la relació entre les valoracions referents a les tres variables definides, tant del pretest com del posttest, entre esportistes i entrenadors, hem calculat el coeficient de Spearman (ρ), resultant la major part de les correlacions entre moderades i altes i estadísticament significatives en tots els casos (taula 1).

Comparació parells	ρ	p	Comparació parells	ρ	p
CVO _{esportista} -CVO _{entrenador}	0,514	0,002	CV26 _{esportista} -CV26 _{entrenador}	0,811	<0,001
RPO _{esportista} -RPO _{entrenador}	0,607	<0,001	RP26 _{esportista} -RP26 _{entrenador}	0,73	<0,001
VPO _{esportista} -VRP _{entrenador}	0,627	<0,001	VP26 _{esportista} -VP26 _{entrenador}	0,74	<0,001

CV: concentració visual; RP: velocitat perceptiva; VP: visió perifèrica; O: sessió 0; 26: sessió 26.

Taula 1. Càlcul del coeficient de correlació de Person, en relació amb les 3 variables, en el pre i posttest, entre esportistes i entrenadors

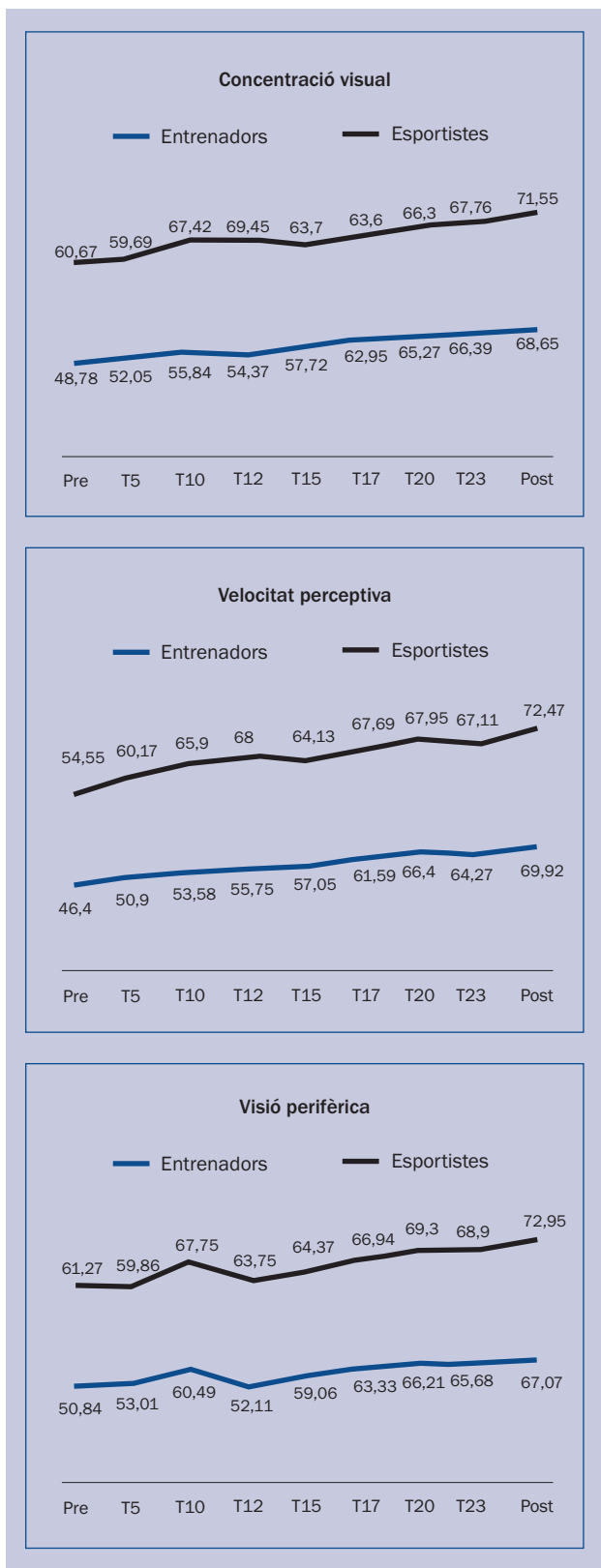


Figura 4a. Evolució de les variables a nivell global

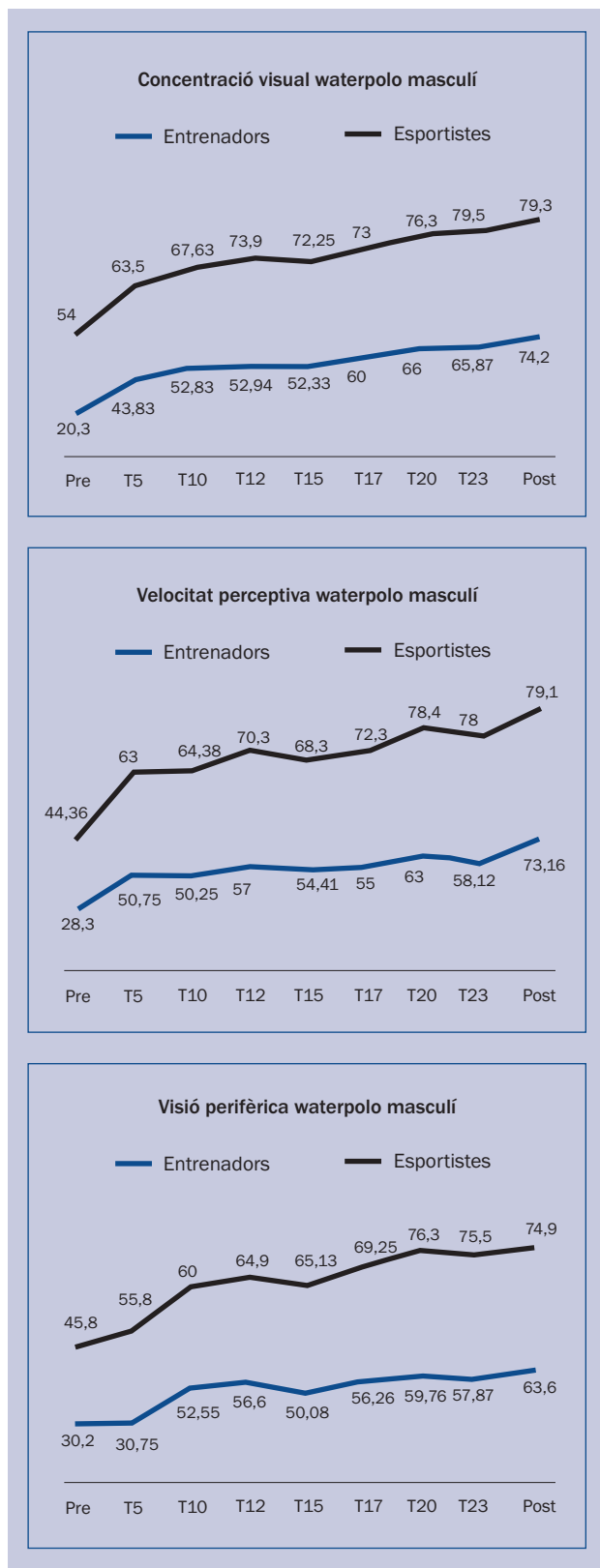


Figura 4b. Evolució de les variables en el waterpolo masculí (n=6)

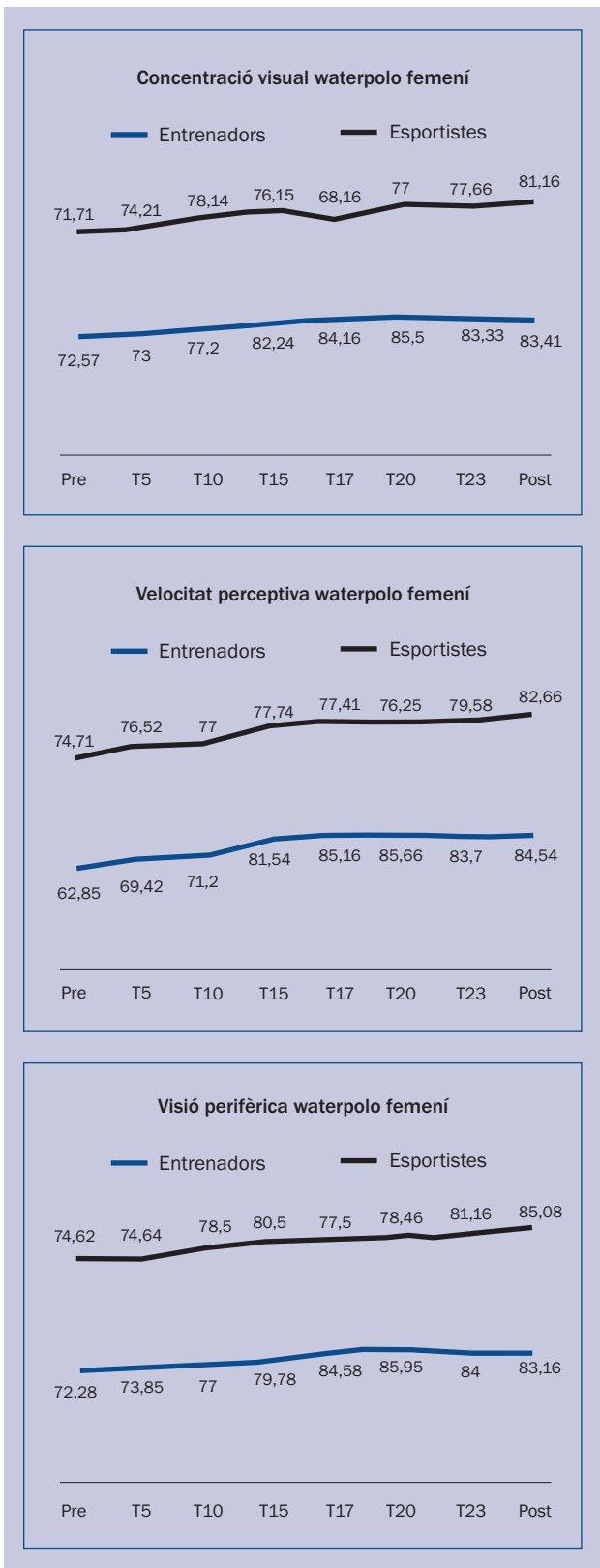


Figura 4c. Evolució de les variables en el waterpolo femení (n=6)

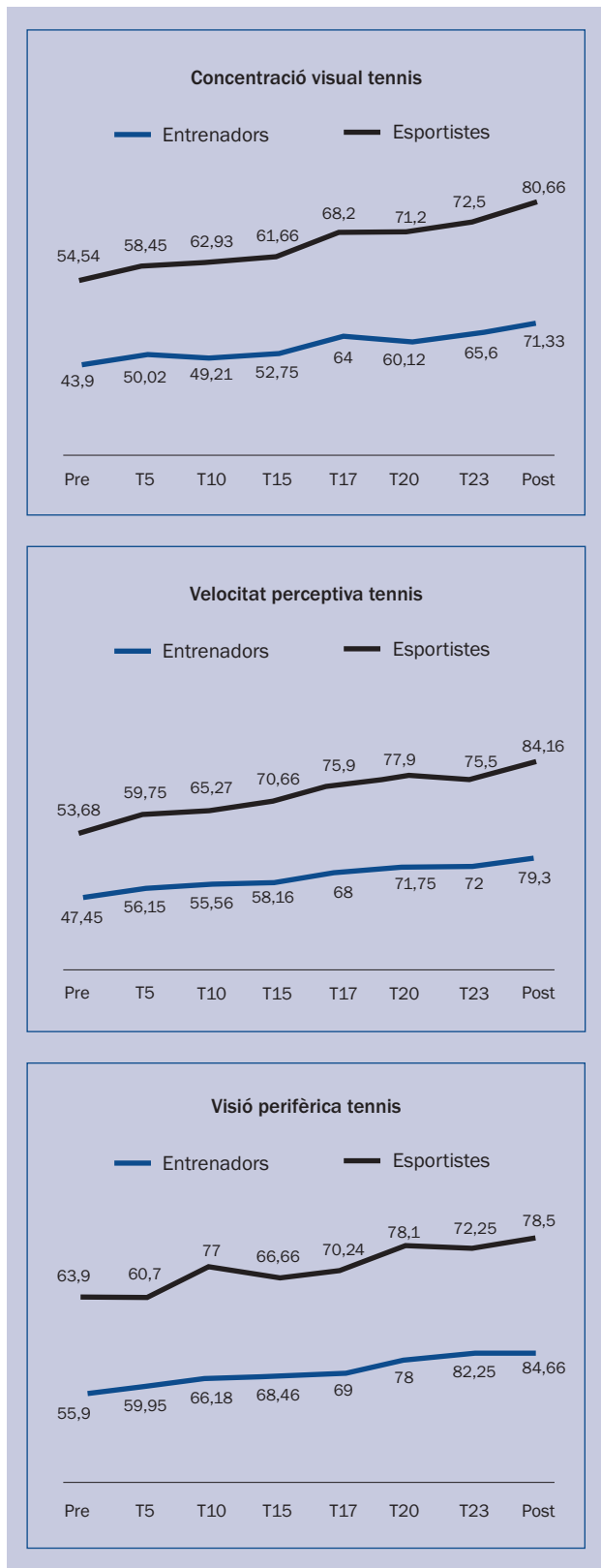


Figura 4d. Evolució de les variables en el tennis (n=3)

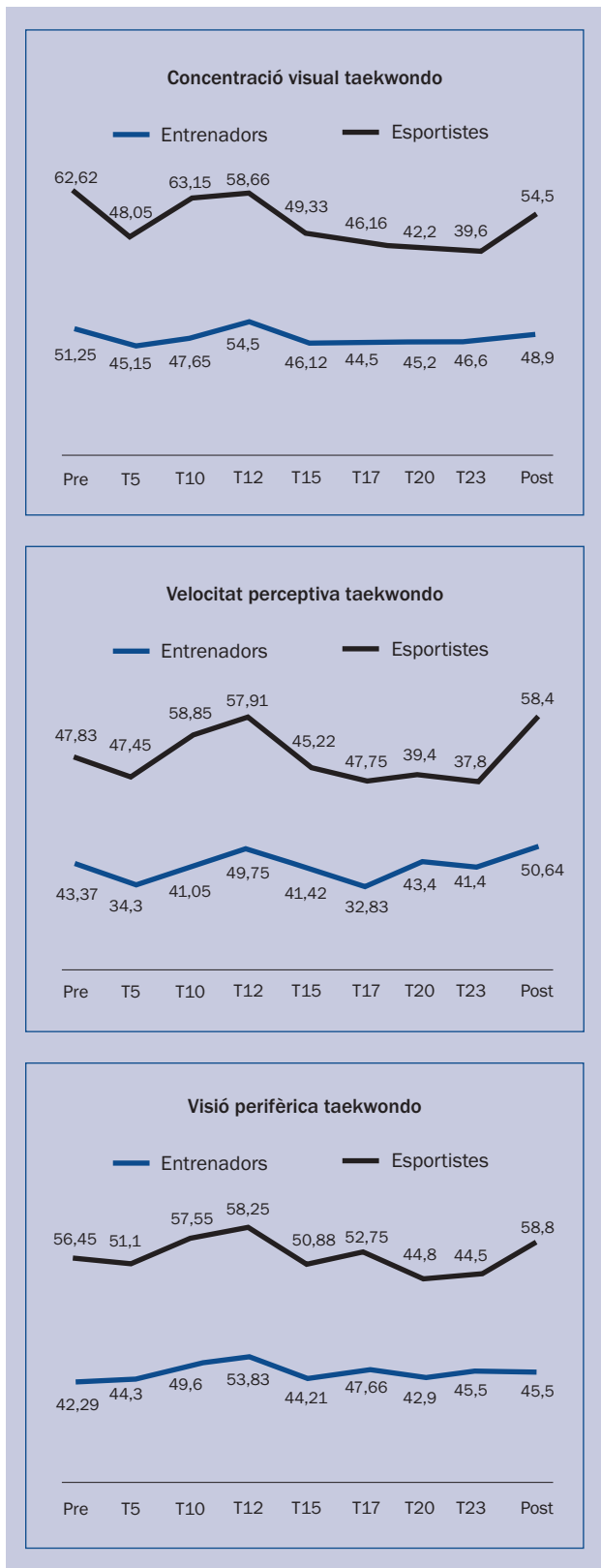


Figura 4e. Evolució de les variables en el taekwondo (n=5)

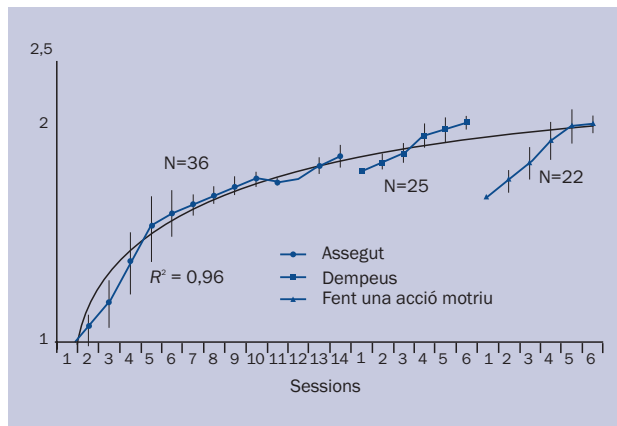


Figura 5. Valors de llindar de velocitat (en segons) registrats pel NT

3. Registres NT: a continuació es mostra la progressió de l'entrenament, amb valors de llindars de velocitat, en segons, i sessions dutes a terme. Observem l'ajust a la corba logarítmica dels valors ($R^2 = 0,96$) (fig. 5).

Discussió i conclusions

Tot i que hi ha força bibliografia especialitzada (Adolphe et al., 1997; Singer et al., 1994) on s'avaluen i comparen les diferents habilitats perceptivocognitives, encara trobem pocs treballs on s'investiguin els efectes d'aquests tipus d'entrenament en el rendiment esportiu (Antúnez, 2003; Farrow & Abernethy, 2002). A més a més, s'estudien capacitats i mètodes molt diversos que fan gairebé impossible contextualitzar i establir relacions amb els resultats del nostre treball. Per aquest motiu, la discussió se centra, bàsicament, en les dades obtingudes en aquesta investigació.

1. Habilitats visual i atencional

Segons els resultats del nostre estudi, observem que quasi totes les habilitats han millorat, i específicament, de forma estadísticament significativa l'AVE, l'estereòpsia, la sensibilitat als contrastos i els moviments oculars sacàdics. Aquest fet donaria suport a les aportacions dels autors anteriorment esmentats (Antúnez, 2003; Fradua, 1993; Quevedo & Solé, 1995; Vivas & Hellín, 2007; Wilson & Falkel, 2004), que defensen que les habilitats visuals milloren amb l'entrenament, fins i tot amb exercicis que, més enllà del context purament optomètric,

integren elements i accions pròpies de l'esport, com és en el nostre cas. De fet, l'entrenament portat a terme en aquest treball radica en el nivell del programari i també obtenim una millora en el maquinari visual, és a dir, en les habilitats visuals avaluades.

Concretament, en el cas de l'AVE, constatem que millora amb l'entrenament, tal com defensen diversos autors (Lasky & Lasky, 1990; McKee & Westheimer, 1978; Quevedo & Solé, 1995). L'estereòpsia o percepció de la profunditat també s'ha vist potenciada de forma estadísticament significativa en la línia dels resultats de Saladin i Rick (1982) que van demostrar que aquesta habilitat podia millorar amb diverses tècniques d'entrenament. Tot i així, en aquest punt, hem de reconèixer que el test utilitzat no permet determinar valors millors que 40" arc, la qual cosa pot haver provocat un efecte sostre que hauria limitat l'avaluació de la millora en els casos en què els valors base ja eren prou bons. Possiblement, la utilització d'un test més sensible seria més indicat en cas de replicar aquest estudi. Pel que fa a la sensibilitat als contrastes, observem una millora significativa justament en algunes freqüències, donant suport parcialment a les aportacions de Kluka et al. (1995).

En el cas dels moviments oculars sacàdics, els resultats obtinguts aporten evidències en la línia de treballs previs que informen que, a major experiència en una activitat esportiva, menor és el nombre i el temps de les fixacions necessàries per explorar l'entorn i les accions del joc (Bard & Fleury, 1976; Knudson & Kluka, 1997).

Investigacions prèvies constaten millores tant de l'AVD (Long & Riggs, 1991), com de la visió perifèrica (Fradua, 1993; Quevedo et al, 2002) després de seguir un programa d'entrenament visual sistemàtic. Per això, resulta sorprenent que l'AVD i la resposta a estímuls perifèrics, que són habilitats implicades en la tasca principal de l'entrenament fet i comunament relacionades amb el rendiment esportiu (Erickson, 2007), no han millorat de forma estadísticament significativa, encara que si que ho fan clínicament. En el cas de l'AVD, un constructe que engloba agudesesa visual i moviments oculars, una possible explicació radicaria en el fet que la tasca duta a terme en l'entrenament requereix de moviments oculars per al control del desplaçament de les esferes però no de la visió nítida d'aquestes. Això explicaria els increments significatius assolits en el nombre de fixacions sacàdiques i l'absència de significació estadística per a la millora de l'AVD.

Amb referència a la resposta manual a estímuls visuals perifèrics, la manca de millores estadísticament significatives pot ser deguda a la inespecificitat de la mesura, en el sentit que la tasca amb l'Acuvision 1000 requereix de coordinació ull-mà fina, aspecte no treballat en el present programa d'entrenament. De qualsevol manera, davant els resultats, els autors es plantegen la idoneïtat de controlar la visió perifèrica amb instruments més objectius i fiables, com ara els campímetres computaritzats.

Pel que fa a l'atenció, habilitat cognitiva bàsica, corroborem que ha millorat de forma estadísticament significativa amb el present entrenament, en el qual hi havia una important demanda d'atenció selectiva focalitzada i dividida. L'entrenament i millora de les variables atencionals en l'esport ja s'ha fet palesa per altres autors com ara Hagemann, Strauss i Cañal-Bruland (2006). Segons Mann, Williams, Wall & Janelle (2007) aquesta habilitat és crucial per a l'èxit en el desenvolupament de l'activitat esportiva.

2. Rendiment esportiu valorat mitjançant les variables concentració visual, velocitat perceptiva i consciència perifèrica:

El qüestionari d'escala visual analògica que valorava les tres variables esmentades va ser administrat de forma independent a esportistes i entrenadors en 9 ocasions diferents, incloent pre i post-test.

En les figures 4a, 4b, 4c, 4d i 4e es fa palesa una millora progressiva en les tres variables que avaluen el rendiment esportiu de tota la mostra d'esportistes i per grups de modalitats que han participat a l'estudi. Cal comentar que cap a la sessió 14 s'observa una lleugera davallada dels registres de totes les habilitats, que es fa més manifest en el cas de la visió perifèrica. Pensem que aquest fet podria explicar-se, almenys en part, per la coincidència amb l'esmentada aturada (Setmana Blanca), que va trencar la continuïtat del programa d'entrenament. Addicionalment, també podem considerar la disminució momentània de motivació i la frustració que podia provocar l'empitjorament en l'evolució de puntuació amb el NT, patida en canviar el protocol i passar de fer l'entrenament d'asseguts a dempeus.

El fet que l'aturada del programa hagi implicat una disminució de la millora ens fa pensar que, per una banda l'entrenament hauria de tenir una durada mínima per garantir les millores després de la retirada d'aquest, i per altra banda, caldria dur a terme sessions esporàdiques de reforç per mantenir els nivells de rendiment òptims. Tot

plegat, reafirmaria les conclusions d'Antúnez (2003) o Quevedo i Solé (1995), amb jugadors d'handbol i tiradors experts, respectivament.

És interessant esmentar, així mateix, que la correlació entre les valoracions d'esportistes i entrenadors augmenta en la valoració post-test, evidenciant un considerable increment del consens entre ambdós col·lectius, possiblement indicatiu de resultats més fiables. Posteriorment, hem constatat que els avenços que s'observen visualment en els gràfics queden establerts amb millores significatives en totes les variables, tant les quantificades per l'esportista com per l'entrenador.

Centrant-nos en l'anàlisi dels resultats obtinguts per cada esport per separat, veiem que la *figura 4b*, corresponent al waterpolo masculí, mostra els increments de rendiment més importants, especialment en la concentració visual i la velocitat perceptiva. Aquestes dades són les esperades si tenim en compte que els jugadors d'aquesta modalitat esportiva són els que han complert de manera més rigorosa amb el programa d'entrenament perceptivocognitiu. Addicionalment, la *figura 4c*, de les jugadores de waterpolo mostra una progressió més discreta però uniforme.

Pel que fa als jugadors de tennis (*fig. 4d*), també veiem una millora important en les tres habilitats, sobretot en la concentració visual.

Per últim, les valoracions de les respostes dels esportistes i l'entrenador de taekwondo evidencien una major irregularitat. Les freqüents absències a les sessions d'entrenament han ocasionat que els valors dels líndars de velocitat també empijoressin i, consegüentment, també el rendiment esportiu.

Amb tot, podem concloure que el programa d'entrenament perceptivocognitiu dut a terme amb el NT millora la major part d'habilitats estudiades (AVE, moviments oculars sacàdics, estereòpsia i sensibilitat als contrastos de forma estadísticament significativa i, visió perifèrica i agudesa visual dinàmica a nivell clínic). Addicionalment, la millora de l'atenció selectiva, avaluada amb el test D2 també assoleix significació estadística. Per altra banda, a nivell global, es constata que el programa d'entrenament dut a terme ha potenciat el rendiment esportiu operativitzat en les variables concentració visual, velocitat perceptiva i consciència perifèrica en el joc.

Finalment, i sempre amb la deguda prudència, podríem generalitzar que l'entrenament de les habilitats perceptivocognitives amb aquest instrument o similars podria potenciar el rendiment esportiu en altres disci-

plines, com ara en els esports d'equip, de raqueta o lluita, així com en altres àmbits que impliquin situacions on es requereixen reaccions ràpides en entorns canviants com, per exemple, la conducció. Addicionalment, penssem que aquest tipus d'entrenament pot resultar molt útil per als esportistes que estan lesionats, amb l'objectiu de mantenir-los psicològicament actius i motivats, tenint en compte que un entrenament sempre comporta un repte de millora continu, necessari en la rutina de l'esportista d'elit.

Agraïments

Agraïm al Dr. Jocelyn Faubert la cessió del Neurotracker 3D-MOT, així com la col·laboració d'Iñaki Claverie. Per últim, valorem l'entusiasme i el suport tècnic dels entrenadors de les diferents disciplines esportives: Ferran Planes, Jordi Valls, Gabriel Esparza i Walter Navarro, sense els quals aquesta investigació no hagués estat possible.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

Referències

- Abernethy, B. (1986). Enhancing sports performance through clinical and experimental optometry. *Clinical and Experimental Optometry*, 5(69), 189-196. doi:10.1111/j.1444-0938.1986.tb04589.x
- Adolphe, R., Vickers, J., & Laplante, G. (1997). The effects of training visual attention on gaze behaviour and accuracy: A pilot study. *International Journal of Sports Vision*, 4(1), 8-33.
- Antúnez, A. (2003). *La interpretación en la portera de balonmano. Efectos de un programa de entrenamiento perceptivo-motriz* (Tesi doctoral). Universidad de Murcia, Múrcia.
- Bard, C., & Fleury, M. (1976). Analysis of Visual Search Activity during Sport Problem Situations. *Journal of Human Movements Studies* (3), 214-222.
- Brickenkamp, R. (1966). *Le test d2 d'attention concentrée*. París: Editest.
- Cavanagh, P., & Álvarez, G. A. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends Cognitive Science*, 9(7), 349-354. doi:10.1016/j.tics.2005.05.009
- Coffey, B., & Reichow, A. (1995). Visual performance enhancement in sports optometry. A D. Loran & Mc Ewen (Eds.). *Sports Vision*. Boston: Butterworth-Heinemann.
- Erickson, G. B. (2007). *Sport Vision. Vision care for the enhancement of sports performance*. Filadelfia: Butterworth & Heinemann.
- Farrow, D., & Abernethy, B. (2002). Can anticipatory skills be learned through implicit video-based perceptual training? *Journal of Sports Sciences*, 20(6), 471-485. doi:10.1080/02640410252925143
- Faubert, J. (2002). Visual perception and aging. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56(3), 164-176. doi:10.1037/h0087394

- Ferreira, J. T. (julio 2002). Sports Vision as a Hardware and Software system. *Eyesite* (pàg. 40).
- Fougnie, D., & Marois, R. (2006). Distinct capacity limits for attention and working memory: Evidence from attentive tracking and visual working memory paradigms. *Psychol Science*, 17(6), 526-534. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01739.x
- Fradua, J. L. (1993). *Efectos del entrenamiento de la visión periférica en el rendimiento del futbolista* (Tesi doctoral). Universidad de Granada, Granada.
- Garland, D. J., & Barry, J. R. (1990). Sports expertise: The cognitive advantage. *Perceptual Motor Skills*, 70(3), 1299-1314. doi:10.2466/PMS.70.3.1299-1314
- Hagemann, N., Strauss, B., & Cañal-Bruland, R. (2006). Training Perceptual Skill by Orienting Visual Attention. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 28(2), 200-210.
- Hiskisson, E. C. (1974). Measurement of pain. *Lancet*, 2, 1127-1131. doi:10.1016/S0140-6736(74)90884-8
- Kirscher, D. W. (1993). Sports Vision Training Procedures. *Optometry Clinics: The Official Publication of the Prentice Society*, 3(1), 171-182.
- Kluka, D. A., Love, P., Sanet, R. B., Hillier, C., Stroops, S., & Schneider, H. (1995) Contrast Sensivity function profiling: By sport and sport ability level. *International Journal of Sports Vision*, 1(2), 5-16.
- Knudson, D., & Kluka, D.A. (1997). The impact of vision and vision training in sport performance. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 68(4), 17-24. doi:10.1080/07303084.1997.10604922
- Lasky, D. I., & Lasky, A.M. (1990). Stereoscopic eye exercises and visual acuity. *Perceptual and Motor Skills*, 71(3), 1055-1058. doi:10.2466/pms.1990.71.3.1055
- Long, G. M., & Riggs, C. A. (1991). Training effects on dynamic visual acuity with free-head viewing. *Perception*, 20(3), 363-371. doi:10.1068/p200363
- Ludeke, A., & Ferreira, J. T. (2003). The difference in visual skills between professional versus non-professional rugby players. *The South African Optometrist*, 62(4), 150-158.
- McKee, S., & Westheimer, G. (1978). Improvement in vernier acuity with practice. *Perception and Psychophysics*, 24(3), 258-262. doi:10.3758/BF03206097
- Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology* (29), 457-458.
- Nagano, T., Kato, T., & Fukuda, T. (2006). Visual behaviors of Soccer players while kicking with the inside of the foot. *Perceptual and Motor Skills*, 102(1), 147-156. doi:10.2466/pms.102.1.147-156
- Obstfeld, H. (2003). Improving Sporting Performance. An Introduction to sports vision. *Optometry Today* (15), 18-33.
- Palomar, F. J. (1991). Anillo-Disco Palomar: Optotipo Universal para determinar la agudeza visual. *Ver y Oír* (61), 29-35.
- Pylyshyn, Z. W., & Storm, R.W. (1988). Tracking multiple independent targets: evidence for a parallel tracking mechanism. *Spat Vis*, 3(3), 179-197. doi:10.1163/156856888X00122
- Quevedo, Ll. (2007). Evaluación de la agudeza visual dinámica: Una aplicación al contexto deportivo (Tesi doctoral). UPC Terrassa, Terrassa.
- Quevedo, Ll., Cardona, G., Solé, J., & Bach, E. (2001). Perfil Visual y auditivo de los árbitros de Primera división de la Liga Española de Fútbol. *Ver y Oír*, 156, 367-376.
- Quevedo, Ll., & Solé, J. (1995). Visual training programme applied to precision shooting. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 15(5), 519-523. doi:10.1016/0275-5408(95)00068-O
- Quevedo, Ll., Solé, J., & Palomar, F. J. (2002). Programa de entrenamiento visual específico para potenciar el rendimiento de un portero de waterpolo de la División de Honor de la liga española. *Ver y Oír*, 19(169), 282-285.
- Quevedo, Ll., & Solé, J. (2007). Visió perifèrica: proposta d'entrenament. *Apunts. Educació Física i Esports* (88), 75-80.
- Quevedo, Ll., Aznar-Casanova, J. A., Merindano, D., Cardona, G., & Solé, J. (2012). A novel computer software for the evaluation of dynamic visual acuity. *Journal of Optometry*, 5, 131-138. doi:10.1016/j.optom.2012.05.003
- Revien, L. & Gabor, M. (1981). *Revien's Eye Exercise. Program for Athletes: Sport-Vision*. New York: Workman Publishing.
- Rodríguez Vallejo, M. (2010). Evaluación de la Curva de Sensibilidad al Contraste Espacial mediante el software Clinic FSC. *International Congress of Optometry, Contactology and Ophthalmic Optics*. Madrid: Colegio Nacional de Ópticos-Optometristas.
- Saladin, J., & Rick J. (1982). Effect of orthoptic procedures on stereoscopic acuities. *Am J Optom Physiol Opt*, 59(9), 718-25. Recuperado de http://www.visionhelp.com/vh_resources_03_ref.html#ixzz36U-hxNha9
- Singer, R. N., Cauraugh, J. H., Chen, D., Steinberg, G. M., Frellich, S. G., & Wang, L. (1994). Training mental quickness in beginning/intermediate tennis player. *The Sports Psychologist* (8), 305-318.
- Solé, J., Quevedo, L., & Massafred, M. (1999). Visió i esport: cap a una metodologia integradora. Un exemple en el bàsquet. *Apunts. Educació Física i Esports* (55), 85-89.
- Sun, Y., Fisher, R., Wang, F., & Martins Gomez, H. (2008). A computer vision model for visual-object-based attention and eye movements. *Computer Vision and Image Understanding*, 112(2), 126-142. doi:10.1016/j.cviu.2008.01.005
- Tinjust, D., Allard, R., & Faubert, J. (2008). Impact of stereoscopic vision and 3D representation of visual space on multiple object tracking performance [Abstract]. *Journal of Vision*, 8(6), 509. doi:10.1167/8.6.509
- Vivas, X., & Hellín, A. (2007). Intervenció optomètrica en l'hoquei sobre patins. *Apunts. Educació Física i Esports* (88), 54-59.
- Voss, M., Kramer, A. F., Prakash, R. S., Roberts, B., & Basak, C. (2009) Are expert athletes "expert" in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 812-26. doi:10.1002/acp.1588
- Wilson, T. A., & Falkel, J. (2004). *Sports Vision: Training for better performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Williams, A. M., Davids, K., & Williams, J. G. (1999). *Visual perception and action in sport*. New York: Routledge.
- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J. G. (1992). Perception and Action in Sport. *Journal of Human Movement Studies* (22), 147-204.
- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J. G. (1994). Visual search strategies of experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Sport and Exercise*, 65(2), 127-135. doi:10.1080/02701367.1994.10607607
- Williams, A. M., & Grant, A. (1999). Training perceptual skill in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 30(2), 194-220.