

Efectes de l'exercici en la fisiologia ocular

MANUEL SILLERO QUINTANA*

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

Correspondència amb autor

* manuel.sillero@upm.es

Resum

Tota activitat física extrema implica variacions dels paràmetres fisiològics de l'esportista. Aquest article fa un repàs dels canvis sistèmics que es produeixen en l'organisme durant la pràctica esportiva i que, des d'un punt de vista racional, podrien influir en el funcionament del sistema visual, com ara els canvis en el sistema cardiovascular, respiratori, o neuroendocrí. Posteriorment, i prenent com a base una revisió bibliogràfica, realitza una anàlisi de la influència directa de la practica d'activitat física sobre el sistema visual, tant en les habilitats visuals (agudes visual o acomodació, per exemple), com en paràmetres anatòmics i fisiològics, com ara l'angle iridocorneal, els diàmetres pupil·lars, la pressió intraocular, el flux coroïdal, la perfusió ocular o el diàmetre dels vasos sanguinis oculars. L'article finalitza esbossant algunes línies d'investigació d'interès dintre de l'àmbit de la fisiologia ocular durant la pràctica d'activitat física, i alguns suggeriments per als investigadors que treballen en l'àrea de la visió esportiva.

Paraules clau

Visió esportiva, Fisiologia ocular, Efectes de l'exercici.

Abstract

Effects of exercise on ocular physiology

Every extreme physical activity implies variations in the athlete's physiological parameters. This article reviews the systemic changes produced in the body during the sport practice that could have a certain incidence, from a rational point of view, on the visual system function, as changes in the cardiovascular, respiratory, or neuro-endocrine systems. Afterwards, based on a bibliographic review, an analysis of the direct relationship of the physical activity practice on the visual system will be performed. This analysis will be focused both on visual abilities changes (i.e. visual acuity o accommodation) and on anatomical and physiological parameters as irido-corneal angle, pupil diameters, intraocular pressure, choroidal blood flow, ocular perfusion, or ocular vessels diameter. The work ends by pointing out some interesting research lines in the field of ocular physiology during physical activity practice, and some suggestions for researches that work on the sports vision area.

Key words

Sports vision, Ocular physiology, Exercise effects.

Introducció

Des del punt de vista fisiològic, la pràctica esportiva altera l'equilibri de la major part dels sistemes i òrgans de l'individu. Només alguns d'aquests canvis afecten directament la visió, però n'hi ha d'altres que ho poden fer indirectament; tanmateix, val la pena de tenir-los en compte, perquè afegits a altres factors, poden repercutir negativament en la visió de l'esportista.

M'agradaria apuntar que, des del meu punt de vista, el fet de practicar una activitat física els caps de setmana no és fer esport: és simplement jugar: "entretenir-se, divertir-se prenent part en un dels jocs sotmesos a regles, hi intervingui o no interès" (RALE, 2001). La pràctica esportiva implica un entrenament amb la finalitat d'aconseguir un objectiu físic (un tro-

feu o una quantitat econòmica) o una meta personal. Això obliga a fer que les càrregues i intensitats d'entrenament s'incrementin de forma proporcional a la importància o dificultat de la meta a assolir. Per tant, les adaptacions i efectes que genera la pràctica d'activitat lúdica esporàdica i d'intensitat moderada sobre l'organisme són diferents i inferiors a les originades per la pràctica d'una activitat esportiva regular i extenuant.

Canvis aguts en l'organisme durant la pràctica de l'exercici

S'han descrit una gran varietat d'efectes aguts de l'exercici sobre l'organisme (Wilmore i Costill, 1999).

Començarem resumint alguns dels més importants, perquè ens ajudin a entendre millor els efectes directes de l'exercici sobre la fisiologia ocular. Segons que vagin apareixent punts interessants s'aniran plantejant qüestions que podrien afectar el funcionament del sistema visual durant la pràctica de l'exercici. Alguns d'aquests aspectes seran contestats en el següent punt de l'article.

Efectes de l'exercici sobre el sistema cardiovascular

La pràctica de l'exercici comporta un increment de la freqüència cardíaca, i també de la despesa cardíaca i genera una redistribució del flux sanguini. D'altra banda, el cabal sanguini perifèric augmenta, sobretot a nivell muscular, per la qual cosa no hi ha prou cabal de tornada al cor. Això origina que la freqüència cardíaca màxima no s'adquireixi amb la màxima intensitat d'exercici. Aquí es plantegen els primers dubtes: es veu l'ull afectat per la redistribució del flux sanguini? Existeix una variació del cabal de sang que arriba a l'ull durant la pràctica de l'exercici?

La pressió arterial sistòlica augmenta segons que s'incrementa la intensitat de l'exercici, mentre que la diastòlica es manté, i fins i tot en alguns casos minva lleument. Cal tenir en compte que la pràctica d'exercicis isomètrics suposa un bloqueig del flux sanguini a nivell dels capil·lars. El mateix pot passar en activitats que es realitzin en apnea. En aquestes situacions, el funcionament del sistema cardiovascular pot estar condicionat a causa d'una disminució brusca de la tornada venosa, que pot alterar la resposta ventricular normal, i d'un gran increment de la pressió sistòlica. En aquest aspecte, les repercussions que podria tenir la modificació aguda de la pressió intraocular són transcendents, perquè podrien derivar en desprendiments de retina que afectessin de manera irreversible l'ull.

Respecte a la sang, l'exercici genera un augment de la diferència artero-venosa d'oxigen en sang, a causa de l'increment del consum d'oxigen per part dels músculs i la hemoconcentració, sobretot si es produeix una sudoració excessiva. Afecten aquestes modificacions la fisiologia ocular?

Efectes de l'exercici sobre el sistema respiratori

La pràctica d'exercici físic origina un increment de la ventilació. En aquest punt cal indicar alguns detalls

interessants: en alguns esports (ex. Halterofília) la glotis es tanca durant l'execució de l'esforç, impedeix l'entrada d'aire als pulmons i origina una forta tensió de la paret abdominal, el diafragma i els músculs de la caixa toràcica (maniobra de Valsalva), que genera, alhora, una gran pressió intrapulmonar que pot tenir efectes negatius.

L'augment d'activitat muscular incrementa el consum d'oxigen, per la qual cosa la perfusió d'O₂ en els alvèols pulmonars s'ha d'incrementar per tal de suplir les necessitats dels músculs (dispnea); d'altra banda, a més augmenta la pressió parcial de CO₂ a l'interior dels vasos, per la qual cosa ha d'ésser alliberat a través dels pulmons (hiperventilació).

Aquest punt genera una nova pregunta: afecta la variació de pressió parcial d'O₂ i CO₂ en sang el funcionament de l'ull?

Efectes sobre el sistema neuroendocrí

La major part dels esports necessiten l'activació del sistema nerviós simpàtic per tal d'activar moltes funcions orgàniques; per exemple, en el cor, el sistema simpàtic incrementa la freqüència cardíaca i la força contràctil del ventricle. L'activació del Sistema Simpàtic també ajuda a incrementar els nivells de força, la secreció d'hormones, etc.; tanmateix, produeix una inhibició del sistema parasimpàtic. D'altra banda, en esports de precisió es requereix una concentració i una relaxació que s'aconsegueix mitjançant l'activació del sistema parasimpàtic o la inhibició del simpàtic; en aquests esports es produeix una gran fatiga neural.

A la *taula 1* (pàg. 38) es poden veure alguns efectes de l'activació del sistema nerviós (SNV) simpàtic i el parasimpàtic sobre l'organisme:

L'exercici físic produeix una gran quantitat de canvis hormonaals; se'n poden veure alguns de resumits a la *taula 2* (pàg. 39).

Durant l'exercici, el nombre d'ordres enviades des del sistema nerviós central (SNC) augmenta molt significativament. Això podria dur a un increment del lliandar d'excitació de la membrana, per la qual cosa la intensitat dels estímuls eferents hauria de ser més gran perquè se'n produís l'efecte, i també generaria una fatiga neural, a causa, possiblement, de l'“esgotament” de neurotransmissors, com l'acetilcolina, que veuria disminuïda la seva alliberació i síntesi en la placa motora durant l'exercici extenuant.

	Efectes del SNV Simpàtic	Efectes del SNV Parasimpàtic
Múscul Cardíac	↑ el ritme i la força de contracció	↓ el ritme de contracció
Vasos Coronaris	Vasodilatació	Produeix Vasoconstricció
Pulmons	Broncodilatació Contreu lleument els vasos sanguinis	Produeix Broncoconstricció
Vasos Sanguinis	↑ la pressió Arterial Vasoconstricció vísceres i pell. Vasodilatació en els músculs esquelètics i cor durant l'exercici	Poc o cap efecte
Fetge	↑ l'alliberament de glucosa	Cap efecte
Metabolisme cel·lular	↑ el ritme metabòlic	Cap efecte
Teixit adipós	↑ la lipòlisi	Cap efecte
Glàndules sudorípares	↑ la sudoració	Cap efecte
Medul·la adrenal	↑ la secreció d'adrenalina i noradrenalina	Cap efecte
Aparell digestiu	↓ l'activitat de les glàndules i dels músculs; contreure els esfínters	↑ la peristalsi i la secreció glandular. Relaxa els esfínters.
Ronyons	Vasoconstricció ↓ la formació d'orina	Cap efecte

Taula 1

Efectes del sistema nerviós simpàtic i parasimpàtic sobre diverses estructures, òrgans i sistemes (Adaptat de Wilmore i Costill, 1999).

Altres efectes de l'exercici físic

La pràctica d'activitat física intensa sobre l'organisme produeix molts més efectes sobre diferents sistemes i òrgans. Entre uns altres, podem destacar els següents:

- Increment de la temperatura corporal.
- Es produeix, de forma fisiològica, una inflamació aguda durant l'exercici que afavoreix el rendiment.
- Alliberament de productes de rebuig (àcid làctic, urea, CO₂...).
- Disminució del pH, a causa de l'àcid làctic i els radicals lliures.
- "Sobreesforç" dels sistemes de control de l'equilibri (a causa del moviment excessiu).
- Pèrdua d'electròlits a través de la suor.
- Augmenta la deshidratació per la respiració i la pell (conducció, convecció, radiació i evaporació) i, com a contraprestació, disminueix la producció d'orina.

Efectes fisiològics de la pràctica esportiva sobre el sistema visual

En la majoria de les investigacions de visió esportiva, se sol estudiar l'efecte de la pràctica esportiva en una determinada habilitat o capacitat visual (o un grup d'aquestes); tanmateix, sempre cal tenir en compte que, de la mateixa manera que l'organisme del subjecte "aprèn a adaptar-se" a qualsevol desequilibri fisiològic produït per l'esforç físic mitjançant l'entrenament, el seu sistema visual també aprèn a adaptar-se a les situacions de dèficit puntual durant la pràctica esportiva per tal de treure el màxim rendiment a les habilitats visuals de què disposa.

Els efectes fisiològics de la pràctica esportiva sobre el sistema visual aniran lligats als efectes generals de la pràctica esportiva sobre l'organisme.

S'ha demostrat que l'activitat física no modifica l'agudesesa visual, l'amplitud d'acomodació o la profunditat de focus (Woods i Thomson, 1995), que és el rang de distàncies en què els objectes romanen enfocats sense necessitat d'acomodar-los amb el cristal·lí. Tampoc

Hormona	Resposta a l'exercici	Relacions especials	Conseqüències Probables
Catecolamines	↑	Major ↑ amb exercici intens.	↑ la glucosa en sang
GH (Hormona creixement)	↑	↑ més en les persones que no estan en forma ↓ més de pressa en les persones que estan en forma	Desconegudes
Cortisol-HCTH	↑	Més ↑ amb l'exercici intens ↑ menys amb entrenament submàxim.	Més gluconeogènesi al fetge
Tirosina-TSH	↑	↑ la producció de tiroxina en l'entrenament (sense efectes)	Desconegudes
LH	Sense canvis	Cap	Cap
Testosterona	↑	Cap	Desconegudes
Estradiol-progesterona	↑	↑ durant la fase luteínica del cicle	Desconegudes
Insulina	↓	↓ menys després de l'entrenament	↓ l'estímul necessari per a a utilitzar la glucosa de la sang
Glucagó	↑	↑ menys després de l'entrenament	↑ els nivells de glucosa en sang per glucogènesi i gluconeogènesi
Renina-angiotensina-aldosterona	↑	Mateix ↑ després de l'entrenament	Retenció del sodi per a mantenir el volum del plasma
ADH	↑ previst	Cap	Retenció d'aigua per a mantenir el volum del plasma
Calcitonina-PTH	Desconeguda	Cap	Necessària per a un desenvolupament apropiat dels ossos
Eritropoetina	Desconeguda	Cap	↑ l'eritropoesi
Prosta-glandines	Pot ↑	↑ en contraccions isomètriques. Pot necessitar tensió isquèmica	Poden ser vasodilatadores locals

Taula 2

Resum de canvis hormonal durant l'exercici (Adaptat de Wilmore i Costill, 1999).

no es produeixen canvis en la conjuntiva (Albrechtsen i Norm, 1992) perquè es posi vermella o s'inflami; no obstant això, la pràctica moderada d'esports aeròbics, com el ciclisme i la cursa contínua, millora la sensibilitat al contrast (Woods i Thomson, 1995).

També ha estat comprovat que l'angle de la càmera anterior de l'iris augmenta després de 10 minuts d'exercici físic moderat (Haargaard i cols., 2001; i Jensen i cols., 1995), la qual cosa podria tenir-se en compte a l'hora de prescriure exercici aeròbic a pacients que tenen una pressió intraocular alta, normalment a causa d'un estrenyiment de l'angle iridocorneal que impossibilita el drenatge de l'humor aquós de la càmera anterior de l'ull.

La pràctica d'exercici, tant de forma habitual com esporàdica, redueix l'amplitud dels potencials evocats visuals (Ozmerdivenli i cols., 2005), independentment de factors com ara la temperatura (Ozkaya i cols., 2003) o altres paràmetres fisiològics que es modifiquen per la pràctica de l'exercici. Les alteracions tornen als valors normals després de 24 hores de repòs (Ozkaya i cols., *ob. cit.*) i la seva variació es troba relacionada directament amb el nivell de pràctica de l'esportista (Ozmerdivenli i cols., *ob. cit.*) D'altra banda, pel que fa a la retina, es va demostrar que la pràctica d'exercici generava variacions en els registres de l'electroretinògraf, encara que no es podia confirmar si eren deguts a una variació del flux sanguini o a un altre factor (Kergoat i Forcier,

1996). En un estudi posterior, Kergoat i Tinjust (2004) van demostrar mitjançant electroretinografia i potencials oscil·latoris que el sistema visual era força resistent a les variacions de CO₂ i O₂, sobretot en condicions d'il·luminació elevada.

Tanmateix, no tots els estudis són concloents respecte als efectes de l'exercici sobre la fisiologia ocular. Hi ha treballs en què s'ha demostrat que l'exercici físic no varia el diàmetre pupil·lar (Woods i Thomson, 1995) i en uns altres, s'ha obtingut que l'àrea de la pupil·la augmenta (Haargaard i cols., 2001; i Jensen i cols., 1995). Això podria ésser degut al fet que les intensitats i els tipus d'esforços requerits als subjectes d'aquests estudis podrien ser de diferent naturalesa (durada, nivell de dinamisme, intensitat...).

Els resultats dels estudis poden variar en funció del tipus d'esforç realitzat. Per tal d'aprofundir més en els efectes fisiològics de l'activitat física cal diferenciar entre dos grans tipus d'esforços:

- Els esforços isomètrics: en aquesta mena d'exercicis es produeix una contracció contínua del múscul (normalment màxima) i sense moviment articular (posicions estàtiques). En els esforços isomètrics es produeix un bloqueig del flux sanguini en els capil·lars perifèrics del múscul, fet que augmenta a causa de la maniobra de Valsalva (Dickerman i cols., 1999).
- Els esforços "dinàmics": serien la resta d'esforços en els quals les fases de contracció muscular s'alternen amb les de relaxació. En aquests no es bloqueja el pas de la sang al fus muscular i se'n facilita el retorn venós.

Molts d'aquests estudis utilitzen les tècniques més avançades, com el Doppler, per mesurar el flux de sang a la coroide (Fuchsjar-Mayrl i cols., 2003; Lovadik i cols., 2003; Michelson i cols., 1994; i Pourmaras i Riva, 2001) o la vídeoangiografia amb fluoresceïna (Harris i cols., 1996).

Efectes fisiològics en esforços isomètrics

El valor mitjà de la pressió arterial general augmenta amb l'exercici isomètric (Blum i cols., 2000; Fuchsjar-Mayrl i cols., 2003; Vieira i cols., 2006; i Wimpissinger i cols., 1999). Kiss i els seus col·laboradors (2001) van mesurar increments de pressió arterial superiors al 56 % després d'un esforç isomètric màxim.

Gairebé tots els estudis analitzats mostren un increment de la pressió intraocular durant la realització d'esforços isomètrics (Dickerman i cols., 1999; Kiss i cols., 2001; i Movaffaghy i cols., 1998) Només en un estudi es mantenia (Wimpissinger i cols., 2003) i en un altre disminueix lleugerament (Avunduk i cols., 1999); tanmateix, en aquests dos últims estudis no es coneix la intensitat i la durada de l'exercici.

El flux coroïdal també augmenta amb la pràctica d'exercicis isomètrics (Movaffaghy i cols., 1998; Riva i cols., 2001; i Wimpissinger i cols., 1999), encara que per a Kiss i col·laboradors (2001) només ho fa amb esforços isomètrics d'intensitat molt elevada.

Per tant, encara que l'exercici isomètric produeix una vasoconstricció de fins a un 10 % de les arterioles oculars (Blum i cols., 2000), curiosament la perfusió ocular (volum de sang/temps) augmenta amb l'exercici isomètric (Fuchsjar-Mayrl i cols., 2003; Movaffaghy i cols., 1998; Polska i cols., 2003; Riva i cols., 1997; i Wimpissinger i cols., 1999).

La concentració en sang d'algunes substàncies, com l'òxid nítric i l'òxid potàssic, juguen un paper fonamental per a regular el flux sanguini de l'ull durant l'exercici isomètric (Luksch i cols., 2003; i Pourmaras i Riva, 2001); tanmateix, unes altres, com l'anhídrid carbònic, més tradicionalment lligades a l'esforç físic, no influeixen en el cabal de sang que arriba a la coroide (Kiss i cols., 2001).

A l'hora de prescriure exercici a pacients diabètics cal tenir en compte que la regulació del flux ocular durant l'exercici isomètric sol fallar en aquests pacients, probablement, per causes metabòliques (Movaffaghy i cols., 2002).

Efectes fisiològics en esforços dinàmics

Encara que no en la mateixa mesura que en l'exercici isomètric, la pressió arterial general (la sistòlica principalment) augmenta amb l'exercici dinàmic (Harris i cols., 1996). No obstant això, al contrari que en el cas d'exercicis isomètrics, la pressió intraocular baixa amb la pràctica d'exercicis dinàmics (Harris i cols., 1996), i torna a valors de repòs després de 30 minuts aproximadament (Price i cols., 2003), per la qual cosa la pràctica d'activitat física aeròbica moderada pot ser molt recomanable per a pacients amb glaucoma (Avunduk i cols., 1999).

Malgrat que la pressió intraocular baixa amb la pràctica d'exercicis dinàmics, la perfusió ocular augmenta

amb l'exercici dinàmic (Lovasik i cols., 2003; Lovasik i cols., 2004) i el flux sanguini retinal s'incrementa (Lovasik i cols., 2004) per compensar la reducció del diàmetre de les artèries coroidals (Harris i cols., 1996; i Kergoat i Lovanski, 1995) i de les branques principals de l'artèria oftàlmica (Michelson i cols., 1994) i mantenir, d'aquesta forma, la funció visual quan la sang es distribueix principalment als grans grups musculars implicats en la realització de l'exercici. Igual que en l'exercici isomètric, l'increment de concentració d'òxid nítric (NO) podria jugar un paper regulador del flux sanguini en la retina i la coroida, mentre que la pressió parcial de CO₂ no sembla que es vegi afectada durant la pràctica d'exercicis dinàmics (Okuno i cols., 2006).

Michelson i els seus col·laboradors (1994) suggereixen que es tracta d'un mecanisme simpàtic per tal de protegir l'ull d'un increment excessiu de la pressió intraocular mitjançant la vasoconstricció de les artèries. D'altra banda, hi ha estudis on s'ha aconseguit disminuir la freqüència cardíaca mitjançant la inducció d'una pressió intraocular alta pressionant el pol anterior de l'ull (Arnold i cols., 1991). Això podria significar que la pressió intraocular elevada podria controlar la freqüència cardíaca tot impedit al subjecte de realitzar un increment de la intensitat de l'exercici que podria ocasionar danys greus a l'ull.

Segons el que acabem d'exposar, la *taula 3* resumeix els efectes dels esforços isomètrics i dinàmics sobre l'ull.

Encara que hi hagi força investigacions pel que fa als efectes de l'exercici sobre la fisiologia del sistema visual, encara resten moltes preguntes per respondre sobre els efectes de la pràctica d'activitat física sobre la funció ocular. Vegem-ne algunes a continuació:

- El descens del pH produït per l'exercici anaeròbic, altera la funció del SNC i, per tant, de la funció vi-

sual? Produeix fallades en la contracció i el control dels músculs oculars?

- L'increment de l'activació simpàtica produïda per l'exercici, modifica el to, el funcionament i/o la sensibilitat dels músculs oculars i, doncs, el mecanisme d'acomodació-convergència?
- La fatiga neural produïda per l'exercici, disminueix l'efectivitat de la transmissió de l'estímul visual? Augmenta el lllindar d'activació dels fotoreceptors?
- La modificació dels nivells de glucosa en sang durant l'exercici, disminueix l'aportació de nutrients al sistema visual? En aquest cas, és de suposar que si el SNC es veu protegit de la reducció de glucosa i oxigen, també ho hauria d'estar, per proximitat i per la rellevància de les seves funcions, el sistema visual; tanmateix, aquest punt encara no està gens clar.

Consells per a la investigació dels efectes fisiològics de la pràctica esportiva sobre el sistema visual

Els protocols experimentals clàssics en visió esportiva es poden incloure en tres grans grups:

- D'una banda hi ha els estudis que posen el subjecte en una situació més o menys semblant a la realitat esportiva (ex.: cinta de córrer), però els esforços no són gairebé mai de caràcter màxim. Calen estudis bàsics en els quals es requereixin al subjecte **esforços màxims**, sobretot amb esforços anaeròbics làctics, molt freqüents en els moments clau de la competició i que poden afectar significativament al sistema visual. Els esforços aeròbics no suposen un estrès significatiu per a l'esportista, tret que siguin de molt llarga durada.

	Exercici isomètric	Exercici dinàmic
Pressió arterial general	Augmenta	Augmenta
Pressió intraocular	Augmenta (molt)	Baixa
Flux coroidal	Aumenta	Augmenta
Vasoconstricció	Sí (poca)	Sí (molta)
Perfusió ocular (flux/temps)	Augmenta	Augmenta

◀ **Taula 3**

Efectes dels exercicis isomètrics i dinàmics en diferents paràmetres circulatoris.

- Un altre grup d'estudis realitzen proves abans i després de la competició. Cal tenir en compte que una competició no és igual d'estressadora per a l'individu que guanya que per al que perd, ni per a algú que s'està jugant un títol mundial o una gran quantitat de diners si el comparem amb el que està jugant un trofeu de barri. No obstant això, en la majoria dels estudis se solen barrejar els subjectes guanyadors i els perdedors. Això pot portar a errors en els resultats i a reduir-ne la significativitat.
- També existeixen gran quantitat de treballs en els quals es comparen els valors d'habilitats o capacitats visuals de subjectes esportistes amb els de la població sedentària. És un error incloure en un estudi de visió dintre del grup d'"actius" un esportista professional i un d'afecionat, o incloure en la mateixa mostra d'"esportistes d'elit" un campió del món de tir olímpic amb un d'atletisme. També cal tenir en compte que la població sedentària pot haver fet esport amb anterioritat i haver desenvolupat en el passat les seves capacitats visuals fins a un nivell excepcional; aquest fet alteraria les característiques visuals de la mostra de sedentaris.

Des del nostre punt de vista, en el futur, els protocols experimentals haurien de tenir en compte els punts següents:

- Els estudis han de combinar les proves de laboratori objectives (per mesurar capacitats visuals) amb tests més pròxims a la situació real de joc (per mesurar habilitats visuals, tot considerant aquestes com la rendibilitat funcional que extreu el subjecte a les seves capacitats visuals en situacions determinades). Per exemple, un subjecte pot tenir una gran amplitud d'acomodació (capacitat visual), però pot necessitar molt de temps per a realitzar-la i integrar-la amb la capacitat de convergència, per la qual cosa la relació acomodació-convergència (habilitat visual) serà molt dolenta. Un altre exemple seria un subjecte que, amb molt bona agudesesa visual estàtica (capacitat visual), tingués una agudesesa visual dinàmica (habilitat visual) molt dolenta, en no ser capaç de controlar els precisos moviments oculars que permetin la fixació de l'objecte en moviment.
- Caldria tenir en compte el tipus d'esforç que es realitza en competició per a la confecció dels grups de

subjectes esportistes. Per exemple, no s'haurien de barrejar en un mateix grup atletes de resistència i corredors de 400 metres, perquè els nivells d'àcid làctic amb què solen treballar són completament diferents. Un altre error seria incloure en un estudi d'efectes de l'esforç esportiu sobre el temps de reacció visual, esportistes de tir amb jugadors de bàsquet. Mentre en el tir es treballa sota l'activació del sistema parasimpàtic, en el bàsquet predomina l'activació del sistema simpàtic, cosa que té efectes fonamentals en la resposta davant de l'estímul visual.

- Finalment, caldria definir els efectes de l'exercici en les diferents capacitats visuals en funció de les diferents intensitats d'esforç. Una bona idea seria relacionar el nivell d'àcid làctic assolit durant un esforç amb l'eficiència en una capacitat, per exemple, el llinard de sensibilitat de contrast.

Bibliografia

- Albrechtsen, H. H. i Norn, M. S. (1992). Conjunctivo-cytologic changes in response to intense physical activity (Abstract). *Acta Ophthalmologica* 70(3):413-5.
- Arnold, R. W.; Dyer, J. A.; Gould, A. B.; Hohberger, G. G. i Low, P. A. (1991). Sensitivity to vasovagal maneuvers in normal children and adults (Abstract). *Mayo Clinic proceedings* 66(8):797-804.
- Avunduk, A. M.; Yilmaz, B.; Sahin, N.; Kapicioglu, Z. i Dayanir, V. (1999). The comparison of intraocular pressure reductions after isometric and isokinetic exercises in normal individuals. *Ophthalmologica* 213(5):290-4.
- Blum, M.; Bachmann, K. i Strobel, J. (2000). Age correlation of blood pressure induced myogenic autoregulation of human retinal arterioles in 40 volunteers (Abstract). *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 217(4):225-230.
- Dickerman, R. D.; Smith, G. H.; Langham-Roof, L.; McConalby, W. J.; East, J. W. i Smith, A. B. (1999). Intra-ocular pressure changes during maximal isometric contraction: does this reflect intracranial pressure or retinal venous pressure? *Neurological research* 21(3):243-246.
- Fuchsjaeger-Mayrl, G.; Luksch, A.; Malec, M.; Polska, E.; Wolzt, M. i Schmetterer, L. (2003). Role of endothelin-1 in choroidal blood flow regulation during isometric exercise in healthy humans. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 44:728-733.
- Haargaard, B.; Jensen, P. K.; Kessing, S. V. i Nissen, O. I. (2001). Exercise and iris concavity in healthy eyes. *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 79(3):277-282.
- Harris, A.; Arend, O.; Bohnke, K.; Kroepfl, E.; Danis, R. i Martin, B. (1996). Retinal blood flow during dynamic exercise (Abstract). *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology*. 234(7):440-444.
- Jensen, P. K.; Nissen, O. i Kessing, S. V. (1995). Exercise and reversed papillary block in pigmentary glaucoma. *American Journal of Ophthalmology* 120(1):110-112.
- Kergoat, H. i Forcier, P. (1996). Correlation of an exercise-induced increase in systemic circulation with neural retinal function in humans. *Documenta ophthalmologica* 92(3):145-157.

- Kergoat, H. i Lovanski, J. V. (1995). Response of parapapillary retinal vessels to exercise. *Optometry and vision science* 72(4):249-257.
- Kergoat, H. i Tinjust, D. (2004). Neuroretinal function during systemic hyperoxia and hypercapnia in humans. *Optometry and vision science* 81(3):214-220.
- Kiss, B.; Dallinger, S.; Polak, K.; Findl, O.; Eichler, H. G. i Schmettenner, L. (2001) Ocular hemodynamics during isometric exercise (Abstract). *Microvascular Research* 61(1):1-13.
- Lovasiak, J. V. i Kergoat, H. (2004). Consequences of an increase in the ocular perfusion pressure on the pulsatile ocular blood flow. *Optometry and vision science* 81(8):692-698.
- Lovasiak, J. V.; Kergoat, H.; Riva, C. E.; Petrig, B. L. i Geisar, M. (2003). Choroidal blood flow during exercise-induced changes in the ocular perfusion pressure. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 44(5):2126-2132.
- Luksch, A.; Polska, E.; Inhof, A.; Schering, J.; Fuchsjager-Mayrl, G.; Wolzt, M. i Schmetterer, L. (2003). Role of NO in choroidal blood flow regulation during exercise in healthy humans. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 44(2):734-739.
- Michelson, G.; Groh, M. i Grundler, A. (1994). Regulation of ocular blood flow during increases of arterial blood pressure. *British Journal of Ophthalmology* 78(6):461-465.
- Movaffaghy, A.; Chamot, S. R.; Dosso, A.; Pourmaras, C. J.; Sommerhalder, J. R. i Riva, C. E. (2002). Effect of isometric exercise on choroidal blood flow during type I diabetic patients (Abstract) *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 219(4):299-301.
- Movaffaghy, A.; Chamot, S. R.; Petrig, B. L. i Riva, C. E. (1998). Blood flow in the human optic nerve head during isometric exercise. *Experimental eye research* 67(5):561-568.
- Okuno, T.; Sugiyama, T.; Kohyama, M.; Kojima, S.; Oku, H. i Ikeda, T. (2006). *Eye* 20:796-800.
- Ozkaya, Y. G.; Agar, A.; Hacıoglu, G.; Yargicoglu, P.; Abidin, I. i Senturk, U. K. (2003). Training induced alterations of visual evoked potentials are not related to body temperature. *International Journal of Sports Medicine* 24(5):359-362.
- Ozmerdivenli, R.; Bulut, S.; Bayar, H.; Karacabey, K.; Ciloglu, F.; Peker, I. i Tan, U. (2005). Effects of exercise on visual evoked potentials. *The International journal of neuroscience* 115(7):1043-50.
- Polska, E.; Luksch, A.; Schering, J.; Frank, B.; Imhof, A.; Fuchsjager-Mayrl, G.; Wolzt, M. i Schmetterer, L. (2003). Propranolol and atropine do not alter choroidal blood flow regulation during isometric exercise in healthy humans. *Microvascular Research* 65(1):39-44.
- Pourmaras, C. J. i Riva, C. E. (2001). Studies of the hemodynamics of the optic head nerve using laser Doppler flowmetry. *Journal Français d'Ophthalmologie* 24(2):199-205.
- Price, E. L.; Gray, L. S.; Humpries, L.; Zweig, C. i Button, N. F. (2003). Effect of exercise on intraocular pressure and pulsatile ocular blood flow in a young normal population. *Optometry and vision science* 80(6):460-466.
- RALE. *Diccionario de la Lengua Española*. Pozuelo de Alarcon: Espasa-Calpe, 2001.
- Riva, C. E.; Titze, P.; Hero, M.; Movaffaghy, A. i Petrig, B.L. (1997). Choroidal blood flow during isometric exercises. *Investigative ophthalmology and visual science* 38(11):2338-2343.
- Vieira, G. M.; Oliveira, H. B.; Tavares de Andrade, D.; Bottaro, M. i Ritch, R. (2006). Intraocular pressure variation during Weight Lifting. *Archives of Ophthalmology* 124:1251-1254.
- Wilmore, J. H. i Costill, D.L. (1999). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (2a edición). Barcelona: Paidotribo.
- Wimpissinger, B.; Resch, H.; Berisha, F.; Weigert, G.; Polak, K. i Schmetterer, L. (2003). Effects of isometric exercise on subfoveal choroidal blood flow in smokers and non-smokers *Investigative ophthalmology and visual science* 44(11):4859-4863.
- Woods R. L. i Thomson W. D. (1995). Effects of exercise on aspects of visual function. *Ophthalmic and physiological optics* 15(1):5-12.