



**GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

**TREBALL FINAL DE GRAU**

---

**COMPARACIÓ DE LA QUANTITAT I QUALITAT DE LA  
FUSIÓ BINOCULAR EN ESPORTISTES D'ELIT DE DIFERENTS  
DISCIPLINES ESPORTIVES I SEDENTARIS**

**ÒSCAR MOLINS i CALVET**

**LLUÏSA QUEVEDO i JUNYENT  
DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA**

**27 DE JUNY DE 2013**



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

La Sra. Lluïsa Quevedo i Junyent com a directora del treball

CERTIFICA

Que el Sr. Òscar Molins Calvet ha realitzat sota la seva supervisió el treball "Comparació de la quantitat i qualitat de fusió binocular en esportistes d'elit de diferents disciplines esportives i sedentaris", que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo aquest certificat.

Sra. Lluïsa Quevedo i Junyent  
Directora del treball



Terrassa, 27 de juny de 2013



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# COMPARACIÓ DE LA QUANTITAT I QUALITAT DE LA FUSIÓ BINOCULAR EN ESPORTISTES D'ELIT DE DIFERENTS DISCIPLINES ESPORTIVES I SEDENTARIS

### RESUM

L'optometria esportiva ha evolucionat fortament en els últims 25 anys, amb el clar objectiu d'establir, preservar i, fins i tot millorar la funció visual dels esportistes. Dins d'aquest context de visió i esport existeix una gran controvèrsia sobre si les habilitats visuals dels esportistes són superiors a les de la població sedentària. Hi ha nombrosos estudis que s'han dedicat a analitzar les prestacions visuals específiques de diferents disciplines esportives. En el present treball s'ha avaluat la quantitat i qualitat de la fusió binocular d'una mostra de 43 esportistes d'elit de  $17.48 \pm 3.16$  anys, residents al Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat, per comparar-la amb una mostra de 43 estudiants sedentaris del Centre Pedagògic Sant Nicolau de Sabadell de  $16.23 \pm 0.92$  anys. De forma anàloga, s'ha comparat els esportistes segons les característiques de les seves respectives disciplines però, en aquest cas, s'ha valorat la qualitat de fusió per tal d'estudiar la tendència a la percepció d'efecte SILO o SOLI segons aquestes.

Els resultats obtinguts informen que els esportistes manifesten una sensible superioritat quan a quantitat i qualitat de fusió binocular respecte a la població sedentària. Tanmateix, la comparació entre esportistes sembla indicar una lleugera relació entre la percepció d'efecte SILO o SOLI segons els tipus d'esports.

Paraules claus: visió i esport, habilitats visuals, fusió binocular, avaluació, comparació, disciplines esportives.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# COMPARACIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LA FUSIÓN BINOCULAR EN DEPORTISTAS DE ÉLITE DE DIFERENTES DISCIPLINAS DEPORTIVAS Y SEDENTARIOS

### RESUMEN

La optometría deportiva ha evolucionado fuertemente en los últimos 25 años, con el claro objetivo de establecer, preservar e incluso mejorar la función visual de los deportistas. En este contexto de visión y deporte existe una gran controversia sobre si las habilidades visuales de los deportistas son superiores a las de la población sedentaria. Se han llevado a cabo numerosos estudios que han analizado las prestaciones visuales específicas de diferentes disciplinas deportivas. En el presente trabajo se ha evaluado la cantidad y calidad de la fusión binocular de una muestra de 43 deportistas de elite de  $17.48 \pm 3.16$  años, residentes en el Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat, para compararla con una muestra de 43 estudiantes sedentarios del Centro Pedagógico Sant Nicolau de Sabadell de  $16.23 \pm 0.92$  años. De forma análoga, se ha comparado los deportistas según las características de sus respectivas disciplinas pero, en este caso, se ha valorado la calidad de fusión con el fin de estudiar la tendencia a la percepción del efecto SILO o SOLI según éstas.

Los resultados obtenidos informan que los deportistas manifiestan una sensible superioridad en cuanto a cantidad y calidad de fusión binocular respecto a la población sedentaria. Así mismo, la comparación entre deportistas parece indicar una ligera relación entre la percepción del efecto SILO o SOLI según los tipos de deportes.

Palabras clave: visión y deporte, habilidades visuales, fusión binocular, evaluación, comparación, disciplinas deportivas.



**GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

**COMPARISON OF THE QUANTITY AND QUALITY OF  
BINOCULAR FUSION IN ELITE ATHLETES FROM  
DIFFERENT SPORT DISCIPLINES AND SEDENTARY**

**ABSTRACT**

Sports optometry has evolved strongly in the last 25 years, with the clear goal of establishing, preserving and even improving the visual function of the athletes. In this context of vision and sport there is a great controversy about whether athlete's visual skills are superior to the sedentary population. There are a lot of studies that have analysed the specific visual performance of different sports disciplines. In this project it has been evaluated the quantity and quality of the binocular fusion of a sample of 43 elite athletes of  $17.48 \pm 3.16$  years, residents in the High Performance Centre of Sant Cugat, to compare it with a sample of 43 sedentary students of the Sant Nicolau Pedagogical Centre from Sabadell of  $16.23 \pm 0.92$  years. Similarly, athletes has been compared according to the characteristics of their respective disciplines, but in this case, it has been valued the quality of fusion in order to study the tendency to the perception of the SILO or SOLI effect according to these.

The results report that athletes present a noticeable superiority in terms of quantity and quality of fusion over the sedentary population. Likewise, the comparison between athletes seems to indicate a slight relationship between the perception of the effect SILO or SOLI according to different types of sports.

Key words: vision and sport, visual skills, binocular fusion, evaluation, comparison, sport disciplines.

## English summary

### Theoretical background

The interest in the sport has increased enormously. The participation in the sport is widely accepted as a beneficial, convenient and popular way to improve fitness and physical state.

The increase in the practical of sport has also produced a greater implication of the sciences related with performance, such as: medicine, physiology, nutrition, psychology, etc., and, in the optometry there also exist professional specialised in the sport, that have coined the terms "sport vision".

Vision is a tool of enormous importance in sports performance, because is the main channel of information arrival to which will have to answer the athlete. Sport vision is the skilled area of the optometry that offers a group of techniques aimed to establish, preserve and maximize the visual function with the purpose of improve the athletic performance.

Fullerton (1925) was one of the pioneering authors to study the visual function of elite athletes. He evaluated the capacity to process the visual information of the mythical baseball player Babe Ruth with the aim of discover if the excellence of this in sport could be marked for the speed of his visual system.

More recently, Stine, Arterburn and Stern (1982) analysed the hypothesis that sportsmen, in general, have upper visual skills in comparison to the sedentary population, and, in the same way, elite athletes enjoy upper skills to of others of less level. The authors concluded that sportsmen present better perception of depth, visual sharpness, ocular movements and peripheral vision, minor far and near foria and a next near point of convergence.

Another important study in this context was the realised by Christenson and Winkelstein (1988), it compared eleven visual skills related with sport performance in two groups of population clearly differentiated: american football players of the University of Southern California and psychology students with a totally sedentary activity. The results obtained evidenced significant differences in favour of the

sportsmen in flexibility of vergence, saccadic eye movements, peripheral consciousness, visual reaction time and near point of convergence.

Numerous studies have been done in the same context (Ando, Kida & Oda, 2001; Boden, Rosegren, Martin, Scott & Boden, 2009), and they also indicated that athletes visual skills are used to be better than sedentary population ones and, at the same time, tend to show differences between levels of performance, being better the visual function in elite sportsmen (Brown & Couper, 1990; Kluka, Love, Sanet, Hillier, Stroops & Schneider, 1995; Reichow & Coffey, 1986). Additionally, has been found evidence that different sports lead to develop several visual skills depending on their characteristics (De Teresa, 1992; Tidow, Wühst & de Marées, 1984), other words, there is the principle of specialization (Quevedo & Solé, 1994). That is, it will show that, although the athlete can have a genetically superior visual system, he may have been doing a sort of implicit visual training executing thousands of repetitions of a task that involve specific visual skills in particular (Ciuffreda & Wang, 2004). In the same way, there are sports like swimming and athletics, which do not require much visual skills and, in fact, could be successfully performed with a standard visual function, or even below it (Hazel, 1995).

There are numerous sports-related visual skills, such as static visual acuity, contrast sensitivity, dynamic visual acuity, eye movements, accommodation, eye-body coordination and center-periphery awareness.

In this project we focus on binocular fusion and, therefore, we give special emphasis on depth perception, stereopsis and SILO/SOLI effect:

Stereopsis is an important binocular cue to depth perception. It is the perception of depth produced by binocular retinal disparity. Stereopsis cannot occur monocularly and is due to binocular retinal disparity within Panum's fusional space. Therefore, two objects stimulate disparate (non-corresponding) retinal points within Panum's fusional area (that is the region of binocular single vision. Outside Panum's fusional area, physiological diplopia occurs).

Fusion describes the neural process that brings the retinal images in the two eyes to form one single image in retina. It takes place when the objects are the same. When the objects are different, suppression, superimposition or binocular (or retinal) rivalry

may happen. Suppression occurs to eliminate one image to prevent confusion, superimposition results in one image presented on top of the other image and binocular rivalry describes alternating suppression of the two eyes resulting in alternating perception of the two images.

The term SILO is an acronym of Small-In Large-Out. It refers to the fact that when you ask an observer to maintain fusion while demand convergence or divergence, he/she can experience perceptual changes. On one hand, with increasing convergence demand and the patient keeping the fusion, it may seem that the stimulus is smaller and closer to the patient. This phenomenon is the "SI" of the acronym of SILO. On the other hand, with increasing divergence demand and the patient keeping fusion, it may seem that the picture gets bigger and moves away. This phenomenon is the "LO" of the acronym SILO.

## Objectives

The main objectives of this project are:

- Establish and compare the quantity and quality of binocular fusion of an elite athlete's population and a sedentary population.
- Determine and compare the near point of convergence and the stereopsis from an elite athlete's population and a sedentary population.
- Establish and compare the tendency in the perception of SILO and SOLI effect of athletes according to different sports disciplines.

## Participants

Inclusion criteria common to both groups who participated in the study (athletes and sedentary) are:

- Aged between 14 and 25 years.
- Refraction less than 4 diopters.



- Usual static monocular and binocular visual acuity upper or equal to 0.8 with the Palomar Universal's ring-disk (Palomar, 1991).

### Athletes

- Forty-three sportsmen from the High Performance Centre from Sant Cugat del Vallés, 19 women (44.2%) and 24 men (55.8%) of different individual and team sports, aged between 14 and 25 years ( $X_{age}=17.48$   $SD=3.16$ ).

To make the comparison between athletes they have been grouped in different sports disciplines according to their common characteristics and most important distinguishing features, especially with regard to the spatial localization and depth perception.

The first group (group 1) consists of 19 athletes, 5 men (26.3%) and 14 women (73.7%) aged between 14 and 25 years ( $X_{age}=16.58$   $SD=2.69$ ) and refers to sports where the perception of distances is very important. Group 2 consists of 11 athletes, 9 men (81.8%) and 2 women (18.2%) aged between 14 and 25 years ( $X_{age}=18.54$   $SD=4.03$ ) and it refers to the sports where depth perception is not too much important and are more based on key retinal discrimination. There also exist group 0, that consists of 13 athletes who play sports that have not been included in any of the previous groups.

### Sedentary population

- Forty-three students from the Sant Nicolau Pedagogical Centre from Sabadell, 25 women (58.1%) and 18 men (41.9%), aged between 14 and 18 years ( $X_{age}=16.23$   $SD=0.92$ ).

Inclusion criteria characteristic of this group is that subjects must be sedentary, other words, not practice any sport regularly.

## **Material**

The material used to do the study has been ring-disk Universal Palomar, near point

rule (RAF), Random Dot Stereo Acuity Test (Wirt's points) and Clown Vectogram.

## Conclusions

It has been established and compared the quantity and quality of binocular fusion of a population of elite athletes and a sedentary population:

- The results clearly indicate that athletes have more quantity and better quality of binocular fusion than sedentary.
  - The statistical analysis using the t Student test has proved that elite athletes present more binocular fusion quantity (they broke fusion later, they recover fusion before and they perceive changes before).
  - The contingency table has evidenced that elite sportsmen present better binocular fusion quality than sedentary people.

It has been determined and compared the stereopsis and near point of convergence from an elite athlete's population and sedentary population. The results have showed that:

- According to the t student test, athletes present higher stereopsis values than sedentary, becoming evident a considerable superiority.
- Talking about near point of convergence, there is a slight indication of superiority from athletes toward sedentary population.

It has been compared the tendency in the perception of SILO and SOLI effect of athletes according to different sports:

- The results indicate that there is a slightest tendency of group 1 and 2 to perceive effect SILO and SOLI respectively. It would be desirable to carry out further studies to clarify this tendency properly.



## Agraïments

Després d'hores i hores de dedicació, el moment de redactar els agraïments és tota una satisfacció. Aquest instant simbolitza l'esforç i sacrifici que moltes persones han dedicat a aquest treball. Hi ha hagut moments bons, menys bons i, fins i tot, força dolents o estressants, però amb l'ajut d'un bon grapat de persones i entitats he pogut tirar endavant. Així doncs, entre tots els que m'han ajudat desitjo donar les gràcies de manera especial a unes persones en concret:

A la meva directora, Lluïsa Quevedo i Junyent, per a la seva ajuda i suport durant la realització del treball. Gaudirà sempre de la meva gratitud.

Al professor Miquel Ralló Capdevila, per la seva desinteressada ajuda en l'anàlisi estadístic dels resultats.

A tots els esportistes d'elit que han participat en la pressa de dades, així com a la directora i alumnes del Centre Pedagògic Sant Nicolau de Sabadell, per a la seva gran predisposició a participar en aquest projecte.

Al Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat i al Centre Pedagògic Sant Nicolau, per accedir a deixar-me realitzar les proves a les seves instal·lacions.

A la meva parella, la Laia, per ajudar-me moralment en infinitats d'ocasions. Sense la seva ajuda aquest treball potser no hagués fructificat.

A la meva família, per suportar alguns moments de nerviosisme i mal geni durant la realització del treball.

Als meus amics, per entendre la meva absència pràcticament absoluta durant l'últim semestre.

I per últim, però no per això menys importants, als companys de la universitat amb els que he compartit molts moments de treball i "teràpia".

A tots vosaltres, gràcies!



## Índex

1. Introducció.....	13
MARC TEÒRIC	
2. Història de la visió en l'esport.....	14
3. Visió en l'esport.....	15
4. Habilitats visuals relacionades amb l'esport.....	19
4.1. Fusió motora i fusió sensorial. Teories.....	19
4.2. Àrees i espai de Panum.....	21
4.3. Distància visual. Estereopsi.....	22
4.4. Efecte SILO/SOLI.....	24
5. Objectius.....	26
6. Hipòtesis.....	27
APARTAT EXPERIMENTAL	
7. Metodologia.....	28
7.1. Participants.....	28
7.1.1. Esportistes.....	28
7.1.2. Sedentaris.....	29
7.2. Materials.....	30
7.2.1. Anell-disc Universal de Palomar.....	30
7.2.2. Regla de punt pròxim.....	30
7.2.3. Test Random Dot.....	31
7.2.4. Vectograma Clown.....	32



7.3. Procediment i seqüència d'examen.....	33
7.3.1. Agudeses visual.....	33
7.3.2. Punt pròxim de convergència.....	33
7.3.3. Estereopsi.....	34
7.3.4. Determinació efecte SILO/SOLI.....	34
8. Resultats.....	35
8.1. Esportistes en front sedentaris.....	36
8.1.1. PPC.....	37
8.1.2. Estereopsi.....	37
8.1.3. Quantitat de fusió.....	37
8.1.4. Qualitat de fusió.....	38
8.2. Grup 1 en front grup 2.....	40
9. Discussió.....	43
10. Conclusions.....	47
11. Implicacions ètiques, legals i de protecció de dades.....	48
12. Referències bibliogràfiques.....	48
13. Annexos.....	54

## 1. Introducció

L'esport és, per definició, competitiu (Sinclair, 1991). L'incentiu de guanyar pot variar des de la satisfacció personal, l'esperit d'equip o el fervor nacional fins a alts premis monetaris. El factor més significatiu, però, en la fórmula guanyadora, és l'habilitat, la qual és parcialment innata i parcialment adquirida, i podria ser optimitzada per l'entrenament i la formació (Sheridan, 1989).

Els mitjans de comunicació, entre d'altres, estan promovent l'esport d'una forma sense precedents i l'interès en aquest ha augmentat enormement. La participació en l'esport és àmpliament acceptada com una forma beneficiosa, convenient i popular per millorar la forma i l'estat físic. Aquest *boom* de l'esport ha estat catalitzat per un augment de la seva pràctica a les escoles i a tota la comunitat en general i per l'increment del temps lliure i l'esperança de vida sana, fet que significa que la participació en els esports cada vegada s'estén més enllà de la mitjana edat.

Donat aquest augment en la pràctica d'esport, també s'ha produït una major implicació de les ciències relacionades amb el rendiment, com ara: medicina, fisiologia, nutrició, psicologia, etc. Dins de l'optometria o mesura de la funció visual també hi ha professionals especialitzats, que han encunyat els termes "visió en l'esport".

En el present treball es duu a terme una comparació de la quantitat i qualitat de la fusió binocular en esportistes d'elit de diferents disciplines esportives i sedentaris.

Primerament es realitzarà una comparació entre esportistes d'elit i sedentaris i, seguidament, es procedirà a fer la comparació entre esportistes de diferents disciplines esportives. En aquest últim cas es faran dos subgrups, un d'ells englobarà els esports d'equip, tennis, etcètera. En definitiva, esports on la percepció i càlcul de les distàncies són molt importants. Mentre, l'altre grup estarà format per esports on la percepció de la profunditat no és tan important i que es basen més en claus retinianes de discriminació.

## MARC TEÒRIC

### 2. Història de la visió en l'esport

Una de les grans preocupacions dels professionals especialitzats en la visió en l'esport és aconseguir una visió segura i eficient per l'esportista. A continuació s'exposen diversos recursos oculars que s'han utilitzat al llarg de la història:

Els esquimals van ser els primers que van fer ulleres esportives. Les utilitzaven per caçar, cavant dos esclotxes en una màscara de fusta o d'os, evitant d'aquesta manera l'enlluernament produït per la neu, el gel o l'aigua (Daland, 1917). Tanmateix, les primeres evidències d'ulleres de sol en l'esport són atribuïdes a l'emperador romà Neró, que veia les lluites dels gladiadors a través d'una maragda, presumiblement per absorbir o reduir la radiació solar present en l'amfiteatre (MacGregor, 1992).

Sasini (1950) recomanava que les ulleres en l'esport havien de ser "segures i dissenyades amb una mida extensa per obtenir un major camp visual". No obstant, no va ser fins a l'arribada del policarbonat com a material oftàlmic que les ulleres de protecció i les ulleres esportives van causar un impacte en l'esport. Les lesions oculars ocasionades per l'esport eren les principals causes de lesions en els ulls al Regne Unit (MacEwen, 1989).

Les lents de contacte van revolucionar de forma efectiva la participació en l'esport dels jugadors ametròpics. Les primeres lents de de contacte utilitzades en esport, les esclerals, tenien un diàmetre total d'uns 25 mm, per tant, eren relativament grans, el que feia casi impossible la seva pèrdua durant la realització d'esport. Per altra banda, les lents de contacte corneals més petites, les quals floten a una fina capa de llàgrima (Touhy, 1963), proveeixen d'un temps d'ús més llarg però són menys segures i no són recomanables en esports d'aigua o activitats com l'esquaix, on hi ha un alt risc de lesió en l'ull (Loran, 1992).

Les lents de contacte toves van ser introduïdes a Txecoslovàquia en els anys 60, (Wichterle & Lim, 1960). Són confortables, relativament fàcils de posar i segures durant el seu ús. Les lents de contacte obren nous horitzons per els milions de persones que són capaces de participar en esports amb elles, ja que amb ulleres la

participació hagués sigut difícil o, fins i tot, impossible. A més a més, a les lents de contacte, al contrari que les ulleres, no els hi afecta la pluja, la neu o el baf.

Una altra opció per veure-hi clarament, sense ulleres o lents de contacte, és la cirurgia ocular. La queratotomia radial va ser una dels tipus de cirurgia més exitosos, va ser descoberta per accident l'any 1973 per Fyoderov, un oftalmòleg rus. Estava tractant a un pacient miop, que tenia la còrnia malmesa degut a que les seves ulleres l'havien danyat en un accident de bicicleta. Quan li va treure les venes, el pacient podia veure clarament sense ulleres. Una examen subseqüent va revelar que els trossos del vidre trencat van incidir en la còrnia radialment, fet que va causar que la superfície corneal s'aplanés i li neutralitzés la miopia (Rabkins, 1984). Posteriorment, la cirurgia ocular ha avançat molt, fins al punt que molts esportistes opten per operar-se amb la tècnica LASIK, amb la qual poden solucionar els seus defectes refractius en pocs minuts i amb una curta recuperació. Malgrat això, oftalmòlegs experts com Laby (1996) recomanen no operar a l'esportista fins que hagi finalitzat la seva carrera per evitar traumes severes en debilitar la còrnia.

Els esportistes han anat acceptant gradualment la necessitat de tenir cura de la visió i els professionals de la visió són vistos avui en dia, en certs països, com part de l'equip de consulta dels atletes. Els serveis típics dels professionals de la visió en l'esport inclouen l'avaluació de la salut de l'ull, la refracció, l'avaluació i entrenament de les habilitats visuals i la provisió de protectors per l'ull i accessoris òptics.

### 3. Visió en l'esport

La visió és una eina d'enorme importància en el rendiment esportiu, doncs constitueix el principal canal d'arribada de la informació a la qual haurà de respondre l'esportista.

La "visió en l'esport", és l'àrea especialitzada de l'optometria que ofereix un conjunt de tècniques encaminades a preservar i potenciar la funció visual amb la finalitat d'incrementar el rendiment esportiu (Quevedo & Solé, 1994).

Fullerton (1925) va ser un dels autors pioners en treballs sobre l'estudi de la funció visual dels esportistes d'elit. Va avaluar la capacitat de processar la informació visual



del mític jugador de beisbol Babe Ruth amb l'objectiu d'esbrinar si l'excel·lència d'aquest esportista podria venir marcada per la rapidesa del seu sistema visual.

Més recentment, Stine, Arterburn i Stern (1982), van analitzar la hipòtesi que els esportistes, en general, tenen habilitats visuals superiors a les de la població sedentària, i que, de la mateixa manera, els esportistes d'elit gaudeixen d'habilitats superiors a d'altres de menor nivell. Els autors van concloure que els esportistes gaudeixen de millor percepció de la profunditat, agudeses visual, moviments oculars i visió perifèrica, menor fòria en visió llunyana i propera i un punt pròxim de convergència més proper.

Un altre estudi important dins d'aquest context va ser el realitzat per Christenson i Winkelstein (1988), que van comparar onze habilitats visuals relacionades amb el rendiment esportiu en dos grups de població clarament diferenciats: futbolistes de la Universitat de Southern Califòrnia i estudiants de psicologia amb una activitat totalment sedentària. Els resultats obtinguts van evidenciar diferències estadísticament significatives a favor dels esportistes en flexibilitat de vergència, moviments oculars sacàdics, consciència perifèrica, temps de reacció visual i punt pròxim de convergència.

En la mateixa línia, s'han realitzat nombrosos estudis (Ando, Kida & Oda, 2001; Boden, Rosegren, Martin & Boden, 2009), que també han indicat que les habilitats visuals dels esportistes solen ser millors que les de la població sedentària i, alhora, tendeixen a mostrar diferències entre nivells de rendiment, essent millor la funció visual en els esportistes d'elit (Brown & Couper, 1990; Kluka, Love, Sanet, Hillier, Stroops & Schneider, 1995; Reichow & Coffey, 1986). Addicionalment, també s'han trobat evidències que diferents esports comporten el desenvolupament de diverses habilitats visuals en funció de les seves característiques (De Teresa, 1992; Tidow, Wühst & de Marées, 1984), és a dir, es dona el principi de l'especialització que defensen Quevedo i Solé (1994). Per tant, demostrarien que, tot i que l'esportista pugui partir genèticament d'un sistema visual superior, amb el pas dels anys pot haver estat realitzant una mena "d'entrenament visual implícit" en executar milers de repeticions d'alguna tasca específica que comporta unes habilitats visuals en concret (Ciuffreda & Wang, 2004).

Dins del marc de l'especialització, la Dra. De Teresa (1992) de la Universidad Complutense de Madrid, va comparar en la seva tesi doctoral les habilitats visuals dels esportistes que practiquen disciplines individuals amb les dels que juguen en equip. Els resultats van mostrar que hi ha habilitats, com la visió perifèrica, més desenvolupada en els esportistes d'esports d'equip, i d'altres, com la flexibilitat acomodativa, superior en els tiradors de precisió.

Hi ha esports que requereixen el seguiment d'objectes en moviment (futbol, bàsquet, tennis, etc.), mentre que en altres l'objectiu és estàtic (tir amb arc, tir olímpic, etc.). Tanmateix, algunes modalitats necessiten màxima visió central, mentre per d'altres és més important la visió perifèrica. Algunes impliquen el control d'objectius que es mouen molt ràpid en distàncies curtes, i d'altres, objectes més grans desplaçant-se en distàncies majors. Així doncs, les habilitats visuals requerides serien diferents, perquè en el context esportiu, necessitats visuals específiques, que varien segons cada modalitat, i inclús en funció de la posició ocupada pels jugadors en un mateix esport, afavoririen el desenvolupament d'habilitats visuals específiques. D'aquesta manera, segons Roncagli (1990), les disciplines d'equip serien màxims exponents d'un entorn obert i dinàmic on els jugadors han de percebre, analitzar, prendre decisions i actuar en un espai de joc en continu canvi. Per tant, aquests esports comportarien un major desenvolupament de la visió perifèrica (De Teresa, 1992; Zwiwko, 2007), de l'agudesa visual dinàmica (Quevedo, 2007) o temps de reacció visual (Montés-Micó, Bueno, Candel & Pons, 2000). D'altra banda, els esports denominats d'entorn tancat es caracteritzen per un context més estable, d'estimulació visual poc variable i més monòtona. Dins d'aquest grup es podria destacar disciplines com el tir de precisió que comportarien major desenvolupament d'habilitats visuals com l'agudesa visual estàtica o flexibilitat acomodativa (De Teresa, 1992; Quevedo & Solé, 1995).

De la mateixa manera, existeixen esports com ara la natació o l'atletisme, anomenats de "prestació física", que no requereixen de gaires habilitats visuals, i que, de fet, podrien ser practicats exitosament amb una funció visual estàndard o, fins i tot, per sota de la norma (Hazel, 1995).

És per tots aquests motius que els especialistes en optometria esportiva han dedicat els seus esforços a analitzar les necessitats visuals en els diferents esports. Aquests autors, com ara Gardner i Sherman (1995), coincideixen a afirmar que és

imprescindible conèixer les característiques de les tasques visuals requerides en cada esport per realitzar els exàmens visual idonis i planificar programes d'entrenament visual òptims.

Tot i les evidències científiques que defensen la superioritat del sistema visual dels esportistes respecte les persones sedentàries, és necessari tenir present una altra perspectiva que es sosté per les dades obtingudes per altres investigadors que, formats principalment en el camp de la psicologia i de les ciències de l'esport (Abernethy, 1986; Ferreira, 2002; Garland & Barry, 1990), s'han centrat en l'estudi de la importància de la visió en l'esport determinant les diferències entre esportistes d'alt nivell i novells, i encunyant els termes "software" i "hardware". Així doncs, Williams, Davids, Burwitz i Williams (1992) denominen *hardware* visual a les habilitats visuals bàsiques que poc tenen a veure amb les característiques de la disciplina esportiva en qüestió. Entre elles es trobarien l'agudesesa visual estàtica, l'acomodació, la fusió binocular i la percepció de la profunditat. El *software* (anàlisi, selecció, codificació, recuperació i processament general de la informació visual), inclou àrees com la percepció, memòria i atenció visual, estratègia de cerca visual, anticipació, temps de reacció visual i visualització. En resum, podem destacar que aquests autors, si bé admeten que les deficiències del *hardware* poden limitar el rendiment esportiu, també proposen que, en esportistes amb un sistema visual estàndard, és el *software* el que distingeix els més brillants dels mediocres, qüestionant obertament tota la bibliografia que evidencia una funció visual superior (Ludeke & Ferreira, 2003).

D'altra banda, és ben sabut que la formulació dels objectius esdevé una de les fases més importants en el procés de la planificació i l'entrenament esportiu (Solé, 2006). Per poder definir aquests objectius de forma concreta, l'entrenador utilitza valors de referència, els quals venen donats pels registres obtinguts pels millors esportistes de les diferents disciplines. Aquests valors constitueixen un model amb el qual l'entrenador compara els resultats dels seus esportistes i es coneix com el principi de la modelació (Quevedo & Solé, 1994). En l'actualitat, podem trobar perfils de les qualitats físiques, tècniques, tàctiques i psicològiques dels millors esportistes que practiquen les diferents disciplines esportives.

## 4. Habilitats visuals relacionades amb l'esport

Hi ha nombroses habilitats visuals relacionades amb l'esport, com l'agudesesa visual estàtica, sensibilitat al contrast, agudesesa visual dinàmica, moviments oculars, acomodació, coordinació ull-cos o la consciència centre-perifèria.

Per les especials necessitats de cada esport és lògic admetre que algunes modalitats requereixen d'habilitats diferents, així doncs, a l'annex s'adjunta una taula (taula 7) on es poden observar els perfils teòrics de les habilitats visuals relacionades amb la visió involucrades en un ample ventall d'esports.

En aquest treball ens centrem en la fusió i, per tant, donem especial èmfasi en la percepció de la profunditat o estereopsi i l'efecte SILO/SOLI.

### 4.1 Fusió motora i fusió sensorial. Teories

El problema de la fusió binocular és ben conegut des de l'època dels grecs, quan ja era sabut que les imatges d'ambdós ulls eren lleugerament diferents. No obstant, el principal problema de la fusió binocular és comprendre com a partir d'aquestes dues imatges s'aconsegueix una única visió cíclopica, és a dir, una sola imatge.

Les primeres teories que es van plantejar sostenien que la fusió es duia a terme únicament mitjançant moviments fusionals que aconseguien fer coincidir les imatges retinianes, aquesta és la teoria de la fusió motora de Rubin i Walls (citada per Pons & Martínez, 2004). No obstant, aquesta teoria presenta un important inconvenient, molt probablement les imatges no coincideixin exactament degut a micromoviments, aniseiconies, etc. És necessari que existeixin processos més complexos que compensin aquestes diferències a partir d'aspectes sensorials. La primera teoria que planteja la fusió des d'un punt de vista sensorial és la de la alternança. Segons aquesta teoria, la informació que obtenim del nostre entorn prové alternativament de cada un dels ulls. Aquesta teoria va ser refusada, doncs es va comprovar que no existien processos biològics suficientment ràpids com per que es produís aquesta alternança, ja que es va demostrar que existia percepció estereoscòpica en temps molt petits, molt per sota del temps de commutació fisiològica de Walls (Pons & Martínez, 2004).

Posteriorment s'ha comprovat que existeix una base fisiològica per a la fusió, ja que les experiències de potencials evocats demostren que quan dos estímuls coincideixen en forma, posició i mida en ambdues retines es produeix un potencial evocat, essent aquest més gran quan major és la coincidència. D'altra banda, la dificultat d'estudiar aquests processos fa realment difícil seguir endavant amb una teoria fisiològica de la fusió (Montés-Micó, 2011).

En l'actualitat, les dues principals teories existents, la teoria de la fusió i la teoria de la supressió, es basen en conceptes contradictoris entre si. La primera estableix que imatges que cauen en punts corresponents de la retina accedeixen simultàniament al procés superior del sistema visual i formen una impressió visual única. En la teoria de la supressió, les dues imatges entren en un procés de supressió alternant (Montés-Micó, 2011).

En la teoria de la fusió s'ha de suposar que les imatges que es presenten en els dos ulls són processades simultàniament però, tot i suposant això, queda el dubte d'on es produeix la fusió i, sobre tot, quina regla de combinació es dona entre les dues imatges. Els treballs de Hubel i Wiesel (1965) evidencien l'existència d'aquests tipus de processos al còrtex visual primari.

Segons la teoria de la supressió, les imatges dels dos ulls sempre estan rivalitzant per inhibició mútua, de manera que en qualsevol lloc del camp visual només es veu una de les dues imatges en un moment concret.

En qualsevol cas, les dues teories coincideixen a afirmar que quan les imatges són molt diferents, tendeixen a rivalitzar entre elles, competint entre si de manera que al final del procés existeix una dominància d'una d'aquestes sobre l'altra en els processos superiors. Aquest fenomen es coneix com rivalitat binocular.

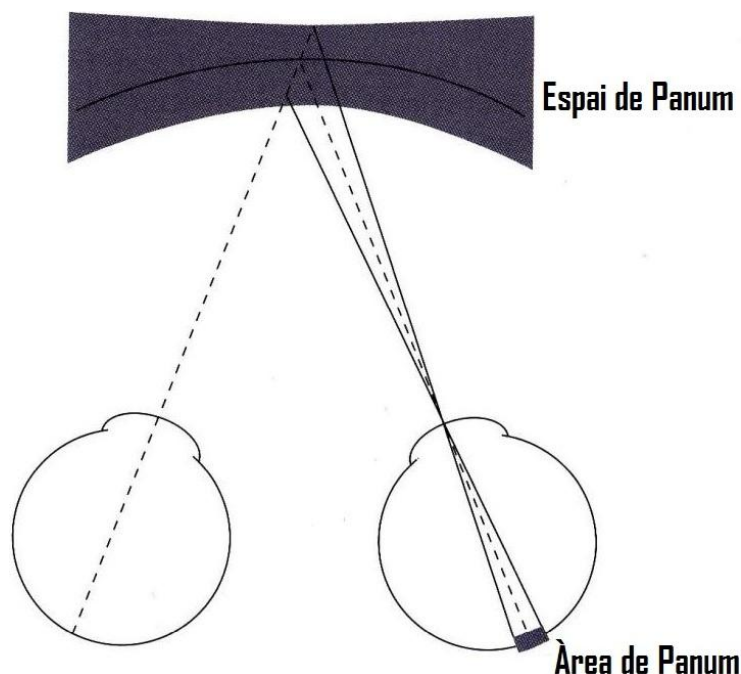
La rivalitat binocular és explicada bàsicament per les dues teories, però la teoria de la supressió falla al considerar que existeix rivalitat inclús quan les imatges són iguals. Les experiències amb estímuls de curta durada indiquen que el processat d'imatges iguals i diferents comença de la mateixa manera, però agafa camins diferents. Així doncs, quan dues imatges amb zones coincidents i no coincidents arriben a la retina el seu procés inicial és el mateix, però les zones coincidents es segreguen i són processades de forma simultània, mentre que les diferents es processen de manera

seqüencial (Montés-Micó, 2011). En l'actualitat, es tendeix a buscar una teoria que conjugui la teoria de la fusió amb la de la supressió.

#### 4.2 Àrees i espai de Panum

En teoria, qualsevol punt que cau fora de l'horòpter s'hauria de veure amb diplopia. No obstant, observem que al voltant de la corba existeix un cert interval espacial en el que tenim visió simple. Podem comprovar de forma molt senzilla que quan fixem un punt, en el seu entorn (abans d'arribar als punts de diplopia homònima i heterònima) seguim tenint visió haplòpica. Aquesta característica s'explica de forma simple si la correspondència retiniana no és punt a punt, sinó punt a àrea. Així doncs, a partir d'un punt de fixació P no és estrictament necessari que la imatge de P caigui sobre el punt corresponent de l'altra retina, sinó que estigui dins de l'àrea corresponent. Aquestes àrees són denominades àrees de Panum i suposen l'existència d'una tolerància en els mecanismes fusionals que afavoreixen la fusió quan no existeix coincidència total de les imatges retinianes (Pons & Martínez, 2004).

Evidentment, la mida de l'àrea de Panum es correspon amb la zona de l'espai al voltant del horòpter on es té haplopia. Aquesta zona, projecció en l'espai de l'àrea de Panum es coneix com a espai de Panum (figura 1).



**Figura 1.** Àrea de Panum i espai de Panum (Extret de Pons & Martínez, 2004).

### 4.3 Distància visual. Estereopsi

Les experiències sobre la percepció de distàncies indiquen l'existència de dos tipus de tasques a l'hora d'avaluar la distància: una relativa, en la que es jutja les distàncies respecte el punt de fixació i una altra absoluta, en la qual s'agafa una referència egocèntrica per a la seva determinació (Foley, 1980). Els estudis d'aquest autor indiquen que, en general, la percepció de les distàncies fins als 3 metres sol ser lleugerament sobreestimada pels observadors (perceben la distància una mica més gran del que realment és), mentre que a partir d'aquests 3 metres els judicis canvien de tendència i la distància es sol infravalorar (els observadors la perceben menor del que realment és), essent les diferències molt importants (Pons & Martínez, 2004). La percepció de la profunditat pot ser duta a terme a través de claus binoculars o claus monoculars (Myers, 2005):

#### Claus Binoculars

- Disparitat retiniana: consisteix en la diferència en l'angle en que una imatge es projecta a la retina de cada ull. Així doncs, cada ull percebrà una imatge lleugerament diferent a la de l'altre. Aquesta diferència és utilitzada pel cervell per detectar i estimar profunditat.
- Convergència: clau binocular proporcionada per la tensió del múscul recte nasal de cada ull segons s'apropa l'objecte enfocat.

#### Claus monoculars

És evident que no és necessària la informació estereoscòpica per a que un observador determini la distància a la que està situat un objecte respecte d'ell mateix. La imatge que arriba a l'observador proporciona una gran quantitat d'informació (a part de la de disparitat retiniana i la convergència) que el cervell ha après a interpretar per a avaluar distàncies de manera monocular. Aquesta informació és coneguda com a pistes monoculars, que fan ús de informació aïllada. Les principals pistes monoculars són:

- Mida relativa: la menor imatge retiniana associada a un objecte llunyà.
- Interposició: si un objecte tapa un altre, està més proper.
- Claredat relativa: objectes llunyans més borrosos.

- Gradient de textura: amb la distància de rugós a fi.
- Altura relativa: més alt, més llunyà.
- Moviment relatiu: d'objectes estàtics quan ens movem.
- Perspectiva lineal: línies paral·leles convergeixen en la distància.
- Llums i ombres: objectes propers reflexen més llum.

Coffey i Reichow (1990) van suggerir que els judicis de profunditat i distància són demandes visuals per a molts esports els quals presenten un objecte o un moviment competitiu. Suggereix que en 2 de cada 3 dels esports la percepció de la profunditat és important per a un rendiment a nivell professional. En aquestes situacions, l'atleta no només necessita jutjar la distància dels objectes, sinó també ser capaç de fer-ho ràpidament i sota un estrès dinàmic i competitiu.

Esportistes amb un sol ull poden tenir la percepció de profunditat que es deriva de diverses pistes monoculars, així doncs, aquests esportistes no tenen desavantatges en algunes disciplines com curses o natació. No obstant això, els esportistes amb visió binocular diuen que després de perdre la visió d'un ull noten serioses desavantatges a l'hora de practicar moltes disciplines que requereixen precisió i estereopsi ràpida. A continuació trobem uns quants exemples presents a la taula 7 (annex 13.3) d'esports amb:

Alta demanda de percepció de profunditat o estereopsi: els colpejadors de criquet o de beisbol, i els defenses o porters de hoquei representen els esportistes amb més demanda de percepció de profunditat, ja que han de captar exactament l'espai on es troba l'objecte per fer la millor jugada o estratègia.

Demanda mitja de percepció de profunditat o estereopsi: en el salt de trampolí i el bàsquet, el jugador ha de completar la tasca en una determinada posició en l'espai, a més a més, és una activitat que es porta a terme a una velocitat molt elevada.

Baixa demanda de percepció de profunditat o estereopsi: la lluita lliure i aixecament de peses són esports que depenen poc o gens de la visió binocular i de la percepció de la profunditat.



#### 4.4 Efecte SILO/SOLI

El terme SILO és un acrònim de *Small-In, Large-Out* (Petit-Propert, Gran-Llunyà). Es refereix al fet de que quan es demana a un observador que mantingui la fusió mentre es varia la demanda de convergència o divergència, ell/a pot experimentar canvis perceptuals (Scheiman & Wick, 1996). Específicament, quan s'incrementa la demanda de convergència i el pacient manté la fusió, pot semblar que l'estímul es fa més petit i s'apropa al pacient. Aquest fenomen és el "SI" de l'acrònim SILO. D'altra banda, quan s'incrementa la demanda de divergència i el pacient manté la fusió, pot semblar que el dibuix es fa més gran i s'allunya. Aquest fenomen és el "LO" de l'acrònim SILO.

La base del fenomen SILO és la constància de mides. Leibowitz, Moore, China i Hennessy (1966 i 1972) van estudiar el paper de l'acomodació i la convergència en el fenomen SILO. Van observar que quan la nostra mirada passa d'observar d'una distància llunyana a una de propera, s'han de produir canvis en l'acomodació i la convergència per a que l'individu mantingui una visió clara i simple. L'inici d'aquests moviments d'acomodació i convergència va associat a una suposició de que aquesta acció anirà acompanyada per una alteració en la mida de la imatge retiniana. Anticipant-se a aquest canvi, el pacient el corregeix i, per tant, manté la mida constant.

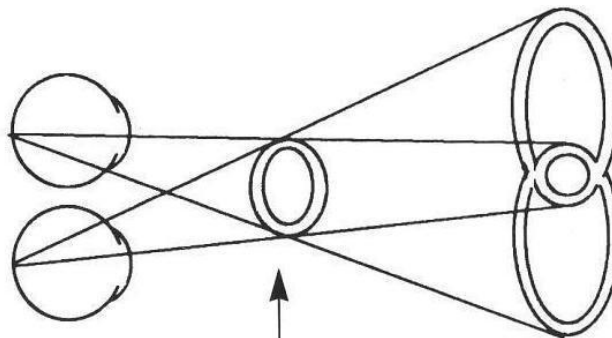
D'acord amb aquesta teoria, quan un individu acomoda i convergeix quan se li apropa un objecte, la mida de la imatge retiniana augmenta. El sistema perceptual, per tant, ha de fer una correcció per a mantenir la constància de mides i disminueix la mida de la imatge. Quan l'objecte s'allunya, la mida de la imatge retiniana disminueix i el sistema perceptual ha d'expandir la imatge. Per tant, l'ajustament en disminució del sistema perceptual de constància de mida associat amb l'acomodació i la convergència porta a la percepció de que un objecte es fa més petit. De forma similar, l'ajustament d'expansió associat amb la relaxació de l'acomodació porta a la percepció de que l'objecte es fa més gran amb la divergència. A més a més, el canvi de mida percebut està directament relacionat amb els canvis en l'acomodació i la vergència (Scheiman & Wick, 1996).

Pel que fa als canvis aparents de posició, els subjectes donen diferents respostes. Alguns diuen que l'objecte es fa més petit i s'apropa (SILO), mentre que d'altres diuen que es fa més petit i s'allunya (SOLI). Aquestes diferències en la resposta quan a posició es pot explicar assumint que els individus utilitzen diferents claus per percebre

les distàncies. La primera possibilitat és que una persona utilitzi la vergència i percebi que l'objecte s'apropa perquè està convergint i "sap" per experiències anteriors que quan convergeix significa que mira a un objecte proper. Per altra banda, quan divergeix "sap" que l'objecte s'allunya. La segona possibilitat són els individus que utilitzen la mida aparent com a clau. Aquestes persones experimentaran, previsiblement, efecte SOLI. Per exemple, quan el pacient convergeix utilitzant un vectograma percebrà que el dibuix es fa més petit, basant-se en l'estudi de Leibowitz (1972). Com el dibuix s'ha fet més petit, percebrà que s'allunya. Aquests pacients ho interpreten d'aquesta manera perquè en la seva experiència prèvia quan un objecte es fa petit, generalment significa que s'està allunyant d'ells.

També hi ha una explicació geomètrica per al fenomen SILO (Scheiman & Wick, 1996). Les figures 2 i 3 il·lustren la resposta esperada per a una determinada demanda de vergència. En la figura 2, l'ull dret està veient la targeta de l'esquerre i l'ull esquerre la de la dreta. Els eixos visuals es creuen entre els ulls del pacient i les targetes, representant la localització en l'espai on el pacient percep el dibuix fusionat. Semblarà que el dibuix s'apropa i es fa més petit en relació a la mida original.

O.I.

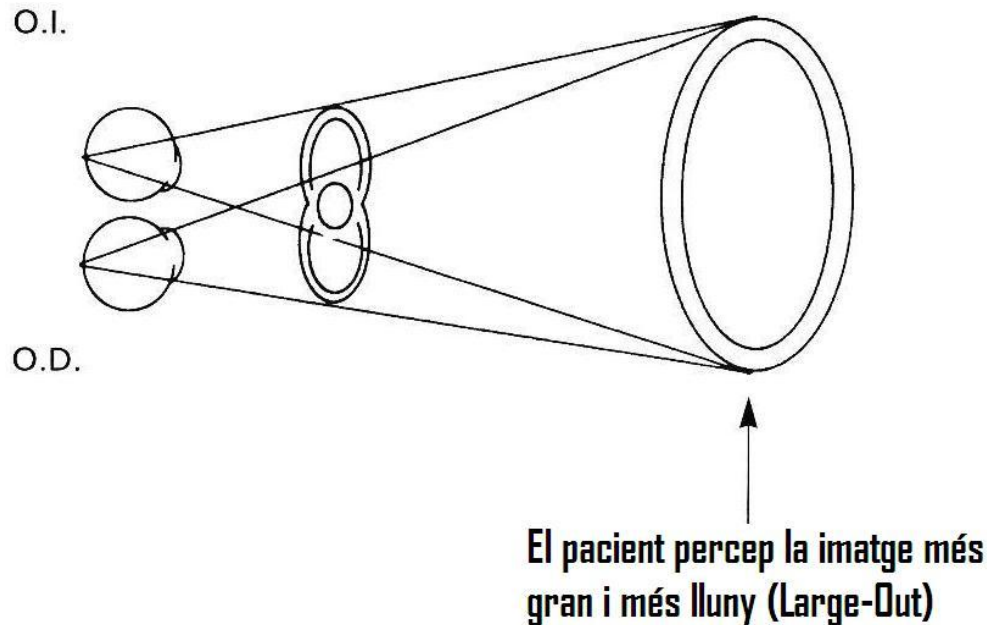


O.D.

**El pacient percep la imatge més  
petita i més a prop (Small-In)**

**Figura 2.** Explicació geomètrica del fenomen SILO (Extret de Scheiman & Wick, 1996).

La figura 3 és una explicació geomètrica d'un pacient que amb l'ull dret veu la targeta de la dreta i amb l'ull esquerre veu la de l'esquerra. La imatge fusionada es percep on es creuen els eixos visuals, és a dir, més enllà del pla de les targetes. Per tant, el dibuix fusionat es percep més llunyà i, com il·lustra la figura 3, més gran.



**Figura 3.** Explicació geomètrica del fenomen SILO (Extret de Scheiman & Wick, 1996).

## 5. Objectius

- Establir i comparar la quantitat i qualitat de fusió binocular d'una població d'esportistes d'elit i d'una població sedentària.
- Determinar i comparar l'estereoagudesesa i el PPC d'una població d'esportistes d'elit i d'una població sedentària.
- Establir i comparar la tendència a la percepció d'efecte SILO o SOLI dels esportistes segons les diferents disciplines esportives.

## 6. Hipòtesis

A partir de l'anàlisi de la bibliografia especialitzada proposem les següents hipòtesis:

- Els esportistes presentaran, en general, més quantitat i major qualitat de fusió binocular en comparació als sedentaris (Stine, Arterburn & Stern 1982; Coffey & Reichow, 1990; Boden, Rosegren, Martin & Boden, 2009).
- Els esportistes de disciplines on és més important la percepció de la profunditat\* tindran més tendència a percebre l'efecte SILO, mentre que els esports on s'ha de mirar a un lloc pla dominarà més la percepció de l'efecte SOLI\*\* (Loran & MacEwen, 1995).

\*: esports com els d'equip o tennis, que tenen exigències d'una localització precisa dels objectes que estan a diferents distàncies de l'atleta. L'habilitat de l'atleta per jutjar on està la pilota en espai i del seu ritme d'acostament influirà a qualsevol esport que requereixi agafar o golpear una pilota o objecte a l'aire.

\*\* : les respostes perceptives SOLI són convenientes en esports com qualsevol modalitat de tir que tenen, predominantment, distàncies de l'objectiu estàtiques i exigències per a una avaluació cuidadosa de la informació de la imatge retinal.

## APARTAT EXPERIMENTAL

### 7. Metodologia

#### 7.1 Participants

Els criteris d'inclusió comuns a ambdós grups que han participat a l'estudi (esportistes i sedentaris) són els següents:

- Edats entre 14 i 25 anys.
- Refracció inferior a  $\pm 4$  diòptries.
- Agudeses visual estàtica habitual monocular superior o igual a 0.8 determinada amb l'Anell-Disc Universal de Palomar (Palomar, 1991).
- Varen ser exclosos els participants amb evidents problemes de fusió.

##### 7.1.1 Esportistes

Quaranta-tres esportistes del Centre d'Alt Rendiment (CAR) de Sant Cugat del Vallès, 19 dones (44.2%) i 24 homes (55.8%) de diferents modalitats esportives individuals i d'equip, amb edats compreses entre 14 i 25 anys ( $X_{\text{edat}}=17.48$  DS=3.16).

Per a realitzar la comparació entre esportistes s'han agrupat en diverses disciplines segons les seves característiques comuns i trets diferencials més destacables, especialment pel que fa referència a la localització espacial i la percepció de la profunditat.

El grup 1 estava format per 19 esportistes, 5 homes (26.3%) i 14 dones (73.7%) amb edats compreses entre 14 i 25 anys ( $X_{\text{edat}}=16.58$  DS=2.69), i fa referència als esports on la percepció de les distàncies és molt important. El grup 2 estava compost per 11 esportistes, 9 homes (81.8%) i 2 dones (18.2%) amb edats compreses entre 14 i 25 anys ( $X_{\text{edat}}=18.54$  DS=4.03), fa referència als esports on la percepció de la profunditat no és tan important i es basen més en claus retinianes de discriminació. Per últim, el

grup 0 estava format per 13 esportistes que practiquen esports que no s'han pogut incloure en cap dels dos grups anteriors (Taula 1).

	Esport	Participants	
Grup 1	Equip (handbol i waterpolo)	3 (7.0%)	19 (44.2%)
	Pentatló (combinat d'esgrima, tir, natació, cros i equitació)	1 (2.3%)	
	Raqueta (tennis i tennis-taula)	5 (11.6%)	
	Acrobàtics (gimnàstica artística i sincronitzada)	10 (23.3%)	
Grup 2	Motor (automobilisme i motociclisme)	4 (9.3%)	11 (25.6%)
	Patinatge	2 (4.7%)	
	Precisió (golf i tir)	2 (4.7%)	
	Prestació física 1 (atletisme velocitat i halterofília)	3 (7.0%)	
Grup 0	Combat (taekwondo, boxa i esgrima)	7 (16.3%)	13 (30.2%)
	Prestació física 2 (altres atletisme)	6 (11.6%)	
	TOTAL	43	

Taula 1. Grups d'esportistes.

### 7.1.2 Sedentaris

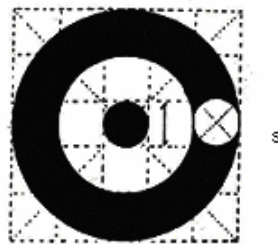
Quaranta-tres estudiants del Centre Pedagògic Sant Nicolau de Sabadell, 25 dones (58.1%) i 18 homes (41.9%), amb edats compreses entre 14 i 18 anys ( $X_{\text{edat}} = 16.23$  DS=0.92).

El criteri d'inclusió propi d'aquest grup és que els subjectes han de ser sedentaris, és a dir, no practicar cap tipus d'esport regularment.

## 7.2 Materials

### 7.2.1 Anell-Disc Universal de Palomar

Entre els diversos optotips utilitzats per a la determinació clínica de l'agudesa visual estàtica (AVE) s'ha escollit l'Optotip Universal Anell-disc Palomar (Figura 4), que és vist sota el mateix angle en tots els diàmetres i on la separació entre traços és sempre la mateixa (Palomar, 1991), la qual cosa permet una mesura més exacta de l'AVE (figura 4).

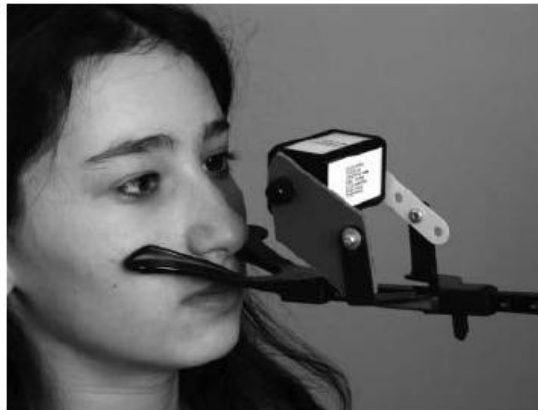


**Figura 4.** Anell-disc universal de Palomar per a la mesura de l'agudesa visual (Extret de Palomar, 1991).

### 7.2.2 Regla de punt pròxim (RAF)

Suport de 50 cm. de llargada amb petit tambor rotatori de quatre costats (amb diferents tests a la part externa (imatge 2):

- Test Snellen per visió propera.
- Quatre línies de Lletres Times Roman de diferents mides.
- Fotografia de directori telefònic.
- Línia vertical i punt central per la fixació durant la convergència .



Imatge 1. RAF (Extret d'Adler, 2004).

### 7.2.3 Test Random Dot

L'estereopsi va ser mesurada amb els punts de Wirt del test Random Dot, amb els quals es pot arribar a detectar una estereopsi màxima de 12.5" d'arc.



Imatge 2. Punts de Wirt del test d'estereopsi Random Dot (Extret de <http://eu.doctorshop.it/SchedaProdotto.aspx?IDP=105148>).



### 7.2.4 Vectograma *Clown*

Els vectogrames de potència prismàtica variable són dues làmines amb diferents polaritzacions que s'observen a través d'unes ulleres polaritzades. Si les dues làmines es superposen l'efecte prismàtic és nul, però quan aquestes es van separant horitzontalment es crea un efecte prismàtic de base temporal o nasal en funció del sentit cap a on es realitzi el moviment. Les làmines presenten controls d'antisupressió per a saber en tot moment si l'avaluació de la fusió binocular s'està realitzant de forma adient. (Borràs, Gispets, Ondategui, Pacheco, Sánchez & Varón, 1997). Són una tècnica de gran utilitat per demostrar, detectar i/o avaluar l'efecte SILO/SOLI.

En aquest estudi, per a determinar l'efecte SILO/SOLI que presentaven els pacients es va utilitzar el vectograma *Clown* i un porta-vectogrames retroil·luminat.



**Imatge 3.** Vectograma *Clown* (Extret de <http://www.bernell.com/product/2700/583>)

## 7.3 Procediment i seqüència d'examen

### 7.3.1 Agudesa visual

L'agudesa visual estàtica constitueix una mesura per a detectar, reconèixer o resoldre detalls espacials en un test estàtic, d'alt contrast i amb bona il·luminació, amb el subjecte avaluat també en condicions de repòs (Artigas, Capilla, Felipe & Pujol, 1995).

- Es col·locava l'observador a 5 metres.
- S'explorava (monocular i binocularment) fins quina línia era capaç de distingir en tots els seus elements la situació respectiva del punt blanc que correspon al mínim visible.
- Si no arribava a 1 s'anotava el valor d'agudesa visual i demanàvem al participant que s'anés aproximant en passos de 0.5 metres, mentre se li preguntava si veia tots els optotips de la línia següent.
- L'agudesa visual en centèsimes és sempre el doble de la distància en metres. Així, per exemple, si el subjecte avaluat veia a 5 metres fins la línia corresponent a agudesa visual 0.9 i per a distingir la línia de la unitat tenia que apropar-se fins 3.5 metres, donat que l'agudesa visual centesimal és el doble de la distància (és a dir, 7), la puntuació d'aquesta persona era de 0.97 (Palomar, 1991).

### 7.3.2 Punt pròxim de convergència (PPC)

Màxima capacitat de convergència de l'observador, mantenint l'alineació dels eixos visuals sobre un objecte d'interès. No sembla una habilitat d'especial rellevància en l'àmbit de l'optometria esportiva però, com s'ha comentat anteriorment, ha estat inclosa en estudis com el de Christenson i Winkelstein (1988) manifestant-se com a superior en els esportistes.

- S'apropava el test fins que el subjecte indicava visió doble (R: ruptura).
- Tot seguit s'allunyava fins que tornava a veure'l simple (r: recuperació).  
En alguns casos no es donava ruptura i s'anotava el valor com "fins el

nas". En aquests casos no es podia determinar el valor de la recuperació.

- Ocasionalment, no existia diplopia, però l'optometrista observava que un dels ulls es desviava. En aquest cas es tractava d'un PPC objectiu i s'anotava la distància on s'havia produït la desviació.
- S'anotava la mitjana dels resultats obtinguts al realitzar el test tres cops consecutius.

### 7.3.3 Estereopsi (ST)

És la capacitat d'utilitzar els dos ulls simultàniament, per tal d'apreciar l'espai tridimensional, les relacions espacials i calcular la profunditat i les distàncies (Griffin & Grishman, 2002). És important que un esportista sigui capaç de jutjar-les amb rapidesa i eficàcia (Erickson, 2007).

Coffey i Reichow (1990) o Boden, Rosegren, Martin i Boden (2009) van trobar que aquesta habilitat és superior en esportistes que en sedentaris.

Segons Lee i Koo (2005), els valors normals d'estereopsi amb els punts de Wirt del test Randot Dot per a aquest rang d'edats és de 30 segons d'arc.

- La prova es va realitzar a 40 cm i amb una il·luminació elevada.
- Els subjectes, amb ulleres polaritzades, havien de triar el punt que podien veure amb relleu en cada un dels 12 grups de 3 punts.
- S'anotaven les respostes de l'observador traduïdes a agudeses estereoscòpica (segons d'arc).

### 7.3.4 Determinació efecte SILO/SOLI

- Es col·locava el vectograma en el porta-vectogrames a una distància de 40 cm dels pacients.
- Es comunicava als pacients els possibles canvis que podien referir a la imatge: s'apropa, s'allunya, es fa gran o es fa petita. També se'ls avisava de la possibilitat de diplopia i de no veure cap canvi.

- Per a realitzar una demanda de divergència, es movia la transparència de tal manera que apareguessin les lletres en la banda de mesura (base nasal) i, per a convergència, els números (base temporal). Aquest moviment es realitzava fins que el pacient percebia diplopia, moment en el qual es procedia a moure la transparència en sentit contrari fins que el subjecte tornava a veure una sola imatge.
- S'anotaven els valors de base temporal i nasal en els quals el pacient era capaç de percebre algun canvi de mida o situació en la imatge (Small, In, Large i/o Out).
- Tanmateix, es registrava el valor prismàtic màxim on podia mantenir i recobrar la fusió (Ruptura i recuperació).

## 8. Resultats

### Esportistes i sedentaris

Per a establir la quantitat i qualitat de fusió binocular d'una població d'esportistes d'elit i d'una població sedentària, i analitzar els resultats obtinguts en la comparació entre ambdós grups, s'ha realitzat un estudi estadístic amb els programes Excel, Minitab i Statgraphics, amb els qual s'ha determinat:

- Mitjanes aritmètiques de: ruptura i recuperació del PPC, estereopsi, ruptura i recuperació de les reserves en base temporal (BT), canvi en BT, ruptura i recuperació de les reserves en base nasal (BN) i canvi en BN.
- Prova *t d'Student* per a determinar l'existència o no de diferències estadísticament significatives entre les mitjanes aritmètiques anteriorment calculades de PPC, estereopsi i fusió (un valor de  $p < 0.05$  mostra que les diferències són estadísticament significatives).
- Realització d'una taula de contingència per a posar de manifest o no la relació entre grups i qualitat de fusió (un valor de  $p < 0.05$  indica la relació estadísticament significativa de les variables).

## Esportistes de grup 1 i grup 2

Per a analitzar els resultats obtinguts en la comparació entre els 2 grups d'esportistes s'ha realitzat un estudi estadístic amb els programes Minitab i Statgraphics en el qual s'ha determinat:

- Càlcul del coeficient de contingència (fórmula 1) per determinar la intensitat de la relació entre grup i tendència a percebre SILO o SOLI.
- Realització d'una taula de contingència per a posar de manifest o no la relació entre grup 1 i grup 2 amb la tendència a percebre SILO i SOLI respectivament (un valor de  $p < 0.05$  posa de manifest la relació estadísticament significativa de les variables).

### 8.1 Esportistes i sedentaris

A continuació, a la taula 2, es poden observar les mitjanes aritmètiques de: ruptura i recuperació del PPC, estereopsi, ruptura, recuperació i canvi en BT, ruptura, recuperació i canvi en BN i els valors obtinguts en la prova *t d'Student*.

	Esportistes	Sedentaris	p (prova t d'student)
PPC R	2,77 (DS=2,54)	3,16 (DS=2,65)	0,2435
PPC r	4,34 (DS=3,80)	4,36 (DS=3,65)	0,4886
ST	25,04 (DS=8,29)	42,24 (DS=27,98)	0,0002
R BT	25,40 (DS=9,87)	18,22 (DS=12,02)	0,0019
r BT	14,15 (DS=7,50)	5,13 (DS=4,93)	0,0002·10 <sup>-3</sup>
Canvi BT	6,00 (DS=4,59)	8,00 (DS=4,01)	0,0217
R BN	12,91 (DS=4,00)	8,53 (DS=4,47)	0,0038·10 <sup>-3</sup>
r BN	6,58 (DS=3,39)	3,28 (DS=2,05)	0,0056·10 <sup>-3</sup>
Canvi BN	5,21 (DS=3,44)	8,97 (DS=3,04)	0,0015·10 <sup>-3</sup>

Taula 2. Mitjanes aritmètiques i desviacions estàndards de PPC, ST i fusió.

### 8.1.1 PPC

Pel que fa a les diferències de PPC, la comparació de mitjanes aritmètiques, segons la prova *t d'Student*, va posar de manifest la no existència de diferències estadísticament significatives entre esportistes i sedentaris, tot i que s'observa una tendència d'una lleugera superioritat del PPC dels esportistes respecte el dels sedentaris a nivell de ruptura, ja que trenquen la fusió a distàncies més properes ( $X=2.77$ ;  $DS=2.54$  en front  $X=3.16$ ;  $DS=2.65$ ) (Taula 2).

### 8.1.2 Estereopsi

En el cas de les diferències d'estereopsi, la comparació de mitjanes aritmètiques d'esportistes i sedentaris, segons la prova *t d'Student*, va manifestar l'existència de diferències estadísticament significatives entre ambdós grups, ja que els esportistes aconseguen valors més baixos de segons d'arc ( $X=25.04$ ;  $DS=8.29$  en front  $X=42.24$ ;  $DS=27.98$ ) (Taula 2).

### 8.1.3 Quantitat de fusió

#### Base Temporal

Ruptura (R): la comparació de mitjanes aritmètiques en el cas de la ruptura en BT, segons la prova *t d'Student*, va mostrar l'existència de diferències estadísticament significatives entre ambdós grups, ja que els atletes trencaven la fusió més tard ( $X=25.40$ ;  $DS=9.87$  en front  $X=18.22$ ;  $DS=12.02$ ) (Taula 2).

Recuperació (r): pel que fa a les diferències en les recuperacions en BT, la comparació de mitjanes aritmètiques, segons la prova *t d'Student*, va posar de manifest l'existència de diferències estadísticament significatives entre esportistes i sedentaris, ja que els primers recuperen la fusió abans ( $X=14.15$ ;  $DS=7.50$  en front  $X=5.13$ ;  $DS=4.93$ ) (Taula 2).

## Base Nasal

Ruptura (R): la comparació de mitjanes aritmètiques de les ruptures en BN, segons la prova *t d'Student*, va evidenciar l'existència de diferències estadísticament significatives entre esportistes i sedentaris, ja que els atletes trenquen la fusió més tard ( $X=12.91$ ;  $DS=4.00$  en front  $X=8.53$ ;  $DS=4.47$ ) (Taula 2).

Recuperació (r): pel que fa a les diferències en les recuperacions en BN, la comparació de mitjanes aritmètiques, segons la prova *t*, va posar de relleu l'existència de diferències estadísticament significatives entre esportistes i sedentaris, ja que els atletes recuperen la fusió abans ( $X=6.58$ ;  $DS=3.39$  en front  $X=3.28$ ;  $DS=2.05$ ) (Taula 2).

### 8.1.4 Qualitat de fusió

#### Base Temporal

Canvi: en el cas del moment en el que es percep algun canvi, segons la prova *t d'Student*, la comparació de mitjanes aritmètiques manifestà l'existència de diferències estadísticament significatives a favor dels esportistes, ja que percebien canvi/s en BT abans que els sedentaris ( $X=6.00$ ;  $DS=4.59$  en front  $X=8.00$ ;  $DS=4.01$ ) (Taula 2).

#### Base Nasal

Canvi: en el cas del moment en el que esportistes i sedentaris perceben algun canvi en BN, la comparació de mitjanes aritmètiques, segons la prova *t d'Student*, va evidenciar l'existència de diferències estadísticament significatives a favor dels primers, ja que percebien canvi/s abans que els sedentaris ( $X=5.21$ ;  $DS=3.44$  en front  $X=8.97$ ;  $DS=3.04$ ) (Taula 2).

Global

A continuació es pot observar una taula (taula 3) amb la distribució d'esportistes i sedentaris segons la seva percepció de l'efecte SILO/SOLI amb el vectograma *Clown*:

	<b>Esportistes</b>	<b>Sedentaris</b>
<b>SILO</b>	16 (37,21%)	7 (16,28%)
<b>SOLI</b>	0 (0,00%)	1 (2,33%)
<b>SI</b>	13 (30,23%)	9 (20,93%)
<b>LO</b>	1 (2,33%)	1 (2,33%)
<b>SO</b>	2 (4,65%)	4 (9,30%)
<b>LI</b>	1 (2,33%)	0 (0,00%)
<b>Altres</b>	5 (11,63%)	13 (30,23%)
<b>RES</b>	5 (11,63%)	8 (18,60%)

**Taula 3.** Distribució d'esportistes i sedentaris segons la seva percepció SILO/SOLI.

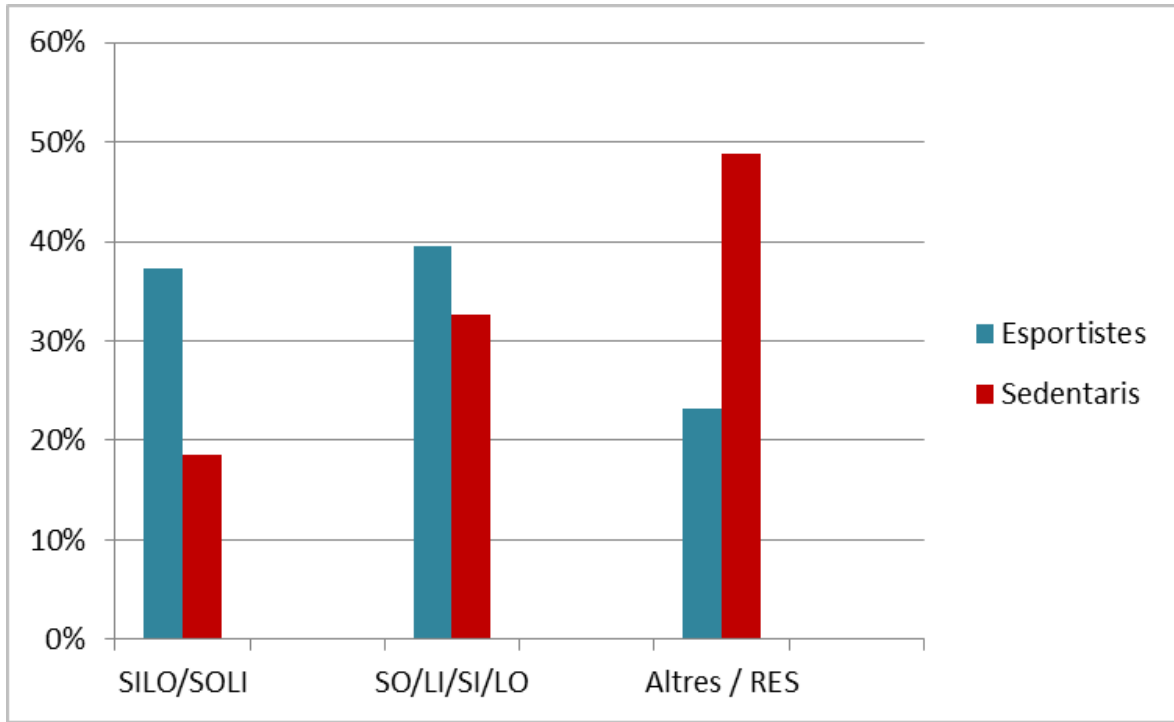
La qualitat de fusió, en aquest cas, ve marcada per la percepció o no de l'efecte SILO/SOLI. Per tant, s'ha optat per agrupar files en la següent taula de contingència (taula 4):

		<b>Esportistes</b>	<b>Sedentaris</b>	<b>TOTAL</b>
<b>SILO/SOLI</b>	Recompte	16	8	24
	%	37,21%	18,60%	
<b>SO/LI/SI/LO</b>	Recompte	17	14	31
	%	39,53%	32,56%	
<b>Altres/RES</b>	Recompte	10	21	31
	%	23,26%	48,84%	
<b>TOTAL</b>	Recompte	43	43	86

**Taula 4.** Taula de contingència esportistes-sedentaris.



La taula de contingència (taula 4) mostra la relació entre el tipus de participant estudiat (esportista o sedentari) envers la percepció o la no percepció de l'efecte SILO/SOLI ( $\chi^2=6.860$ ;  $p=0.032$ ).



**Gràfic 1.** Distribució d'esportistes i sedentaris segons la seva percepció SILO/SOLI.

## 8.2 Grup 1 i grup 2

Com s'ha comentat anteriorment, el grup 1 és el que fa referència als esports on la percepció de les distàncies és molt important, mentre que el grup 2 fa referència als esports on la percepció de la profunditat no és tan important i es basen més en claus retinianes de discriminació. A la taula 5 es mostra la distribució de grups d'esportistes segons la seva percepció SILO/SOLI.

	Grup 1	Grup 2
<b>SILO</b>	10 (52,63%)	4 (36,36%)
<b>SOLI</b>	0 (0,00%)	2 (18,18%)
<b>SI</b>	5 (26,32%)	4 (36,36%)
<b>LO</b>	1 (5,26%)	0 (0,00%)
<b>SO</b>	1 (5,26%)	0 (0,00%)
<b>LI</b>	0 (0,00%)	0 (0,00%)
<b>Altres</b>	2 (10,53%)	1 (9,10%)
<b>RES</b>	0 (0,00%)	0 (0,00%)

**Taula 5.** Distribució de grups d'esportistes segons la seva percepció SILO/SOLI.

Davant la dificultat per aconseguir resultats mitjançant la prova *khi quadrat* en la taula 5 (degut a que hi ha recomptes molt baixos, fins i tot de valor zero), s'ha optat per calcular el coeficient de contingència, que és una mesura de la intensitat de la relació entre les variables de la taula (essent 0 indicatiu de cap relació i 1 d'una relació total).

$$CC = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + n}}$$

**Fórmula 1.** Coeficient de contingència (Sachs, 1984).

On  $n$  és el nombre total de la mostra i  $\chi^2$  és el coeficient *khi quadrat*.

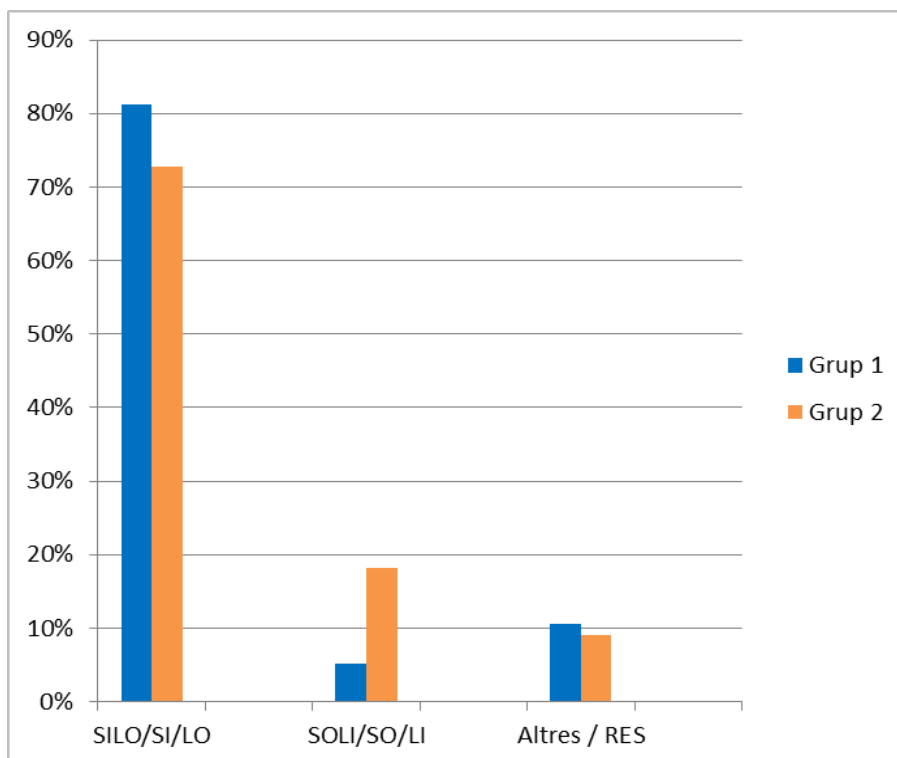
En aquest cas el coeficient *khi quadrat* és igual a 5.256 i  $n$  és 30. Així doncs, el resultat obtingut del coeficient de contingència és de 0.1491. Aquest valor indica un lleuger indicatiu del fet que els esportistes del grup 1 presentin més tendència a la percepció de SILO i els del grup 2 a la percepció de SOLI.

Per acabar de corroborar aquesta tendència, s'ha optat per agrupar files en una taula de contingència (taula 6) on el resultat sí que és fiable, donat que no hi ha cap recompte amb valor 0:

		Grup 1	Grup 2	TOTAL
<b>SILO/SI/LO</b>	Recompte	16	8	26
	%	84,21%	72,73%	
<b>SOLI/SO/LI</b>	Recompte	1	2	1
	%	5,26%	18,18%	
<b>Altres / RES</b>	Recompte	2	1	3
	%	10,53%	9,09%	
<b>TOTAL</b>	Recompte	19	11	30

**Taula 6.** Taula de contingència grup 1-grup 2.

Aquesta taula de contingència mostra que la relació entre els dos grups estudiats envers la tendència a la percepció de l'efecte SILO o SOLI no és estadísticament significativa ( $\chi^2=1,292$ ;  $p=0,524$ ).



**Gràfic 2.** Distribució de grup 1 i grup 2 segons la seva percepció SILO/SOLI.

## 9. Discussió

A continuació s'analitzen i contextualitzen els resultats obtinguts en cada habilitat per separat, tot comparant-los amb la bibliografia ja existent anteriorment:

### Esportistes i sedentaris

- **PPC**

Tot i que el PPC no mostra especialment les necessitats visuals de la majoria d'esports, és un procediment dinàmic que requereix de la simultaneïtat dels moviments oculars i les vergències, constituint una forma més completa d'avaluar la fusió binocular (Erikson, 2007).

Respecte a les diferències de PPC entre esportistes i sedentaris, la comparació de mitjanes aritmètiques segons la prova *t d'Student*, va mostrar la no existència de diferències estadísticament significatives entre esportistes i sedentaris, tot i que s'observava una lleugera tendència de superioritat dels esportistes a nivell de ruptura, ja que trenquen la fusió a distàncies més properes ( $X=2.77$ ;  $DS=2.54$  en front  $X=3.16$ ;  $DS=2.65$ ). Quan a la recuperació els valors d'atletes i sedentaris són pràcticament idèntics ( $X=4.34$ ;  $DS=3.80$  en front  $X=4.36$ ;  $DS=3.65$ ).

Altres estudis anteriors, com el de Stine, Arterburn i Stern (1982) o el de Christenson i Winkelstein (1988) expressaven que el punt pròxim de convergència dels esportistes era una habilitat superior en els esportistes. En el present treball no podem afirmar que les diferències siguin estadísticament significatives, doncs el resultat de la prova *t d'Student* ha sigut 0,2435 (molt per sobre de 0.05).

- **Estereopsi**

En el cas de les diferències d'estereopsi, la comparació de mitjanes aritmètiques d'esportistes i sedentaris, segons la prova *t d'Student*, va posar de relleu l'existència de diferències estadísticament significatives entre ambdós

grups, essent els esportistes els que assoleixen millors resultats ( $X=25.04$ ;  $DS=8.29$  en front  $X=42.24$ ;  $DS=27.98$ ).

Aquest valors corroboren que els esportistes presenten una millor agudesa estereoscòpica que la població sedentària tal i com van assegurar Stine, Arterburn i Stern (1982).

Tanmateix, els esportistes presenten valors per sota dels 30 segons d'arc proposats per Lee i Koo (2005) com a valors de normalitat. Contràriament, els valors d'agudesa estereoscòpica dels sedentaris estan sensiblement per sobre d'aquest valor.

- **Quantitat de fusió**

- Base Temporal

- Ruptura (R): la comparació de mitjanes aritmètiques de ruptura en BT, segons la prova *t d'Student*, va manifestar l'existència de diferències estadísticament significatives entre esportistes i sedentaris, ja que els primers trenquen la fusió més tard ( $X=25.40$ ;  $DS=9.87$  en front  $X=18.22$ ;  $DS=12.02$ ). La diferència és notable, així doncs, es pot suggerir que els atletes d'elit tenen un rang de fusió en base temporal força superior al dels sedentaris.

- Recuperació (r): pel que fa a les diferències en les recuperacions en BT, la comparació de mitjanes aritmètiques, segons la prova *t d'Student*, va posar de relleu l'existència de diferències estadísticament significatives entre esportistes i sedentaris, ja que els primers recuperen la fusió abans ( $X=14.15$ ;  $DS=7.50$  en front  $X=5.13$ ;  $DS=4.93$ ). D'aquesta manera, s'evidencia un cop més la superioritat dels esportistes sobre els sedentaris pel que fa a quantitat de fusió en base temporal.

### Base Nasal

Ruptura (R): la comparació de mitjanes aritmètiques de les ruptures en BN, segons la prova *t d'Student*, va posar de manifest l'existència de diferències estadísticament significatives entre esportistes i sedentaris, ja que els atletes trenquen la fusió més tard ( $X=12.91$ ;  $DS=4.00$  en front  $X=8.53$ ;  $DS=4.47$ ). La diferència és molt considerable i, per tant, es pot afirmar que els atletes d'elit tenen un rang de fusió en base nasal superior al dels sedentaris.

Recuperació (r): pel que fa a les diferències en les recuperacions en BN, la comparació de mitjanes aritmètiques, segons la prova *t*, va evidenciar l'existència de diferències estadísticament significatives entre esportistes i sedentaris, ja que els atletes recuperen la fusió abans ( $X=6.58$ ;  $DS=3.39$  en front  $X=3.28$ ;  $DS=2.05$ ).

Així doncs, els esportistes d'elit presenten un rang fusional sensiblement més extens que el dels sedentaris i, a més a més, recuperen abans la fusió al disminuir la demanda de convergència i divergència.

- **Qualitat de fusió**

#### Base Temporal

Canvi: en el cas d'analitzar el moment en el qual els pacients perceben algun canvi, la comparació de mitjanes aritmètiques, segons la prova *t d'Student*, va mostrar l'existència de diferències estadísticament significatives a favor dels esportistes, ja que percebien canvi/s en BT abans que els sedentaris ( $X=6.00$ ;  $DS=4.59$  en front  $X=8.00$ ;  $DS=4.01$ ).

#### Base Nasal

Canvi: en el cas del moment en el que esportistes i sedentaris perceben algun canvi en BN, la comparació de mitjanes aritmètiques, segons la

prova *t d'Student*, va posar de mostrar l'existència de diferències estadísticament significatives a favor dels primers, ja que percebien canvi/s abans que els sedentaris ( $X=5.21$ ;  $DS=3.44$  en front  $X=8.97$ ;  $DS=3.04$ ).

Aquests valors en base temporal i nasal mostren una apreciable diferència entre la qualitat de fusió d'esportistes i sedentaris, essent millor la dels primers.

### Global

La taula de contingència (taula 4) realitzada a l'apartat de resultats, suggereix la relació entre el tipus de participant estudiat (esportista o sedentari) envers la percepció o no de l'efecte SILO/SOLI ( $\chi^2=6,860$ ;  $p=0,032$ ).

Com es pot observar a la taula anteriorment comentada i al gràfic 1 (veure apartat de resultats), un 37.21% dels esportistes d'elit avaluats presenten efecte SILO o SOLI, per només un 18.60% dels sedentaris. En canvi, un 48.84% dels sedentaris no perceben res o només una de les quatre parts de l'acrònim SILO, mentre que en el cas dels esportistes només un 23.26% presenta aquesta condició.

Així doncs, segons les proves realitzades a 86 pacients es pot assegurar amb certes garanties que els esportistes d'elit gaudeixen de millor qualitat de fusió binocular que la població sedentària.

### **Grup 1 en front grup 2**

#### ○ **Qualitat de fusió**

En el cas dels grups 1 i 2 s'ha avaluat i comparat la qualitat de fusió binocular.

La taula de contingència de l'apartat de resultats (taula 6) mostra que la relació entre els dos grups estudiats respecte a la tendència a la percepció de l'efecte SILO o SOLI no és estadísticament significativa ( $\chi^2=1,292$ ;  $p=0,524$ ).

Probablement el resultat de la taula de contingència és negatiu donat que la mostra no és prou concreta, és a dir, hagués estat convenient disposar de més

esportistes d'elit i, sobre tot, que fossin de disciplines concretes com les explicades a l'apartat d'hipòtesis.

Tot i així, com es pot observar a la taula 6 i al gràfic 2 (veure apartat de resultats), hi ha un lleuger indicatiu de la major tendència del grup 1 a percebre efecte SILO respecte el grup 2 (un 84.21% per un 72.73% respectivament). Tanmateix, els integrants del grup 2 perceben efecte SOLI en un percentatge més elevat que els del grup 1 (un 18.18% per un 5.26%).

Donat que els resultats obtinguts no permeten corroborar la hipòtesi plantejada, pensem que resultaria adient la realització de més estudis al voltant d'aquesta.

## 10. Conclusions

- S'han establert i comparat la quantitat i qualitat de fusió binocular d'una població d'esportistes d'elit i d'una sedentària. Els resultats obtinguts indiquen que els esportistes presenten més quantitat i millor qualitat de fusió que els sedentaris.
- Tanmateix, s'han determinat i comparat l'estereoagudesesa i el PPC d'una població d'esportistes d'elit i d'una població sedentària. Els resultats obtinguts han demostrat que:
  - Els esportistes presenten valors d'estereoagudesesa més elevats que els sedentaris, fent-se evident una sensible superioritat a favor dels primers.
  - Pel que fa al PPC, hi ha un lleuger indicatiu de superioritat dels esportistes envers els sedentaris.
- S'ha comparat la tendència a la percepció d'efecte SILO o SOLI dels esportistes segons les diferents disciplines esportives. Els resultats obtinguts, indiquen que hi ha un lleugeríssim indicatiu de la major tendència del grup 1 i 2 a percebre efecte SILO i SOLI respectivament.



## 11. Implicacions ètiques, legals i de protecció de dades

Durant la realització d'aquest treball s'ha seguit la "Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal". (<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1999-23750>)

També s'han complert totes les implicacions ètiques i socials lligades a la competència transversal "compromís ètic i social".

## 12. Referències bibliogràfiques

### A

Abernethy, B. (1986) Enhancing sports performance through clinical and experimental optometry. *Clinical Experimental Optometry*, 69(5), 186-196.

Adler, P. (2004). RAF Near Point Rule modification. *Ophthal. Physiol. Opt*, 24, 469-470.

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.

Arpenter, R.H.S. (1988) *Movements of the Eyes*, Plon, London, 313-315.

Artigas, J.M., Capilla, P., Felipe, A., Pujol, J. (1995) *Optica Fisiológica. Psicofísica de la Visión*. Madrid: McGraw-Hill. InterAmericana

### B

Boden, L.M., Rosengren, K.J., Martin, D.F., & Boden, S.D. (2009) A comparison of static near stereo acuity in youth baseball/softball players and non-ball players. *Optometry*, 80(3), 121-125.

Borràs, M.R., Gispets, J., Ondategui, J.C., Pacheco, M., Sánchez, E., Varón, C. (1997) *Visión Binocular*. Barcelona: Edicions UPC.



Brown, S. & Couper, T. (1990) Visual and ocular motility performance of one hundred cricketers. *Aust. Orthoptic J*, 26, 32-36.

## C

Ciuffreda, KJ., Wang B. (2004) *Vision training and sports*. In: Hung GK, Pallis J M, eds Biomedical Engineering Principles in Sports. New York: Kluwer Academic/ Plenum Publishers.

Christenson, G.N., Winkelstein. (1988) Visual skill of athletes versus nonathletes development of a sports vision testing battery. *J.Am Optom Assoc*, 59, 666-675.

Coffey, B., Reichow, A.W. (1990) Optometric evaluation of the elite athlete: the Pacific Sports Visual Profile. *Problems in Optometry*, 1, 32-58.

## D

Daland, J. (1917) Eskimo snow blindness and goggles, *Optometric Journal and Review of Optometry*, 39, 1334-1338.

De Teresa, T. (1992) *Visión y práctica deportiva: entrenamiento de biofeedback en deporte de alto rendimiento*. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Psicología.

## E

Erickson, G.B. (2007) *Visual performance evaluation*. In: *In sports vision: Vision care for the enhancement of sports performance*. Ed: Erickson, G.B. Oxford: Butterworth-Heinemann. 45-83.

## F

Ferreira, J.T. (2002) Sports vision as a hardware and software system. *Eyesight*, 40.

Foley, J.M. (1980) Binocular distance perception. *Psychological Review* 87, 411-434.

Fullerton C. (1925) Eye, ear, brain and muscle test on Babe Ruth. *Western Opt. World*.



## G

Gardner, J.J., Sherman, A. (1995) Vision requirements in sport. Ed: Loran D & McEwen Sports Vision.

Garland, D.J., Barry, J.R. (1990) Sports expertise: the cognitive advantage. *Percept Mot Skills*, 70(3), 1299-1314.

Griffin, J.R., & Grishman, J. D. (2002). *Binocular anomalies. Diagnosis and Vision Therapy*. New York, NY: Butterworth-Heineman.

## H

Hazel, Ch. A. (1995) The efficacy of sports vision practice and its role in clinical optometry. *Clin Exp Optom*, 78(3), 98-105.

Hubel, D.H., Wiesel, T.N. (1965) Binocular interactions in the striate cortex of kittens reared with artificial squint. *Journal of Neurophysiology* 28, 1041-1059.

## K

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.

## L

Laby, D.M., Rosenbaum, A.L., Kirschen, D.G, Davidson, J.L., Rosenbaum, L.J., Strasser, C., & Mellman, M. (1996). The visual function of professional baseball players. *Am J Ophthalmol*, 122(4), 476-85.

Lee, S.Y., & Koo, N.K. (2005). Change of stereoacuity with aging in normal eyes. *Korean journal of ophthalmology : KJO*, 19(2), 136-9.

Leibowitz, H.W., Moore, D. (1966) Role of changes in accommodation and convergence in the perception of size. *J Opt Soc Am*, 8, 1120-1123.

Leibowitz, H.W., China, K., Hennessy, R.T. (1972) Oculomotor adjustments and size constancy. *Perception and Psychophysics*, 12, 497-500.

Loran, D.F.C (1992) *Eye injuries in squash*. *The Optician*, 5344, 18-26.

Loran, D.F.C., MacEwen C. J. (1995) *Sports Vision*, Butterworth - Heinemann.

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.

## M

MacEwen, C.J. (1989) A prospective study of 5.671 cases. *British Journal of Ophthalmology*, 73, 888-894.

MacGregor, R.J.S. (1992) Collecting ophthalmic antiques. *Ophthalmic Antiques Collection Club*, Saltcoats, 32.

Montés-Micó, R., Bueno, I., Candel, J., & Pons, A. (2000) Eye-hand and eye- foot visual reaction times of young soccer players. *Optometry*, 12(71), 1-12.

Montés-Micó, R. (2011) *Optometría*. Barcelona: Elsevier.

Myers, D.G. (2005) *Psicología*. Buenos Aires; Madrid: Editorial Médica Panamericana.

## P

Palomar, F.J. (1991) Anillo-Disco Palomar: Optotipo Universal para determinar la agudeza visual. *Ver y Oír*, 61, 29-35.

Pons, A.M., Martínez, F.M. (2004) *Fundamentos de visión binocular*. València: Publicacions de la Universitat de València.

## Q

Quevedo, Ll., Solé J. (1994) Metodología del entrenamiento visual aplicada al deporte. *Gaceta Óptica*, 281, 12-16.

Quevedo, Ll., Solé, J. (1995) Visual training programme applied to precision shooting. *Ophthal Physiol Opt*, (15) 5, 519-523.

Quevedo, Ll. (2007) *Evaluación de la agudeza visual dinámica: una aplicación al contexto deportivo*. Tesis Doctoral. Terrassa: Universitat Politècnica de Catalunya.

## R

Rabkins, S. (1984) Recent advances in sports vision: the pros and cons of radial keratotomy. Lecture delivered to Sports Vision, 84 West.

Reichow, A.W., Coffey, B.A. (1986) A comparison of contrast sensitivity in elite athletes versus a normal population (abstract). *Am J Optom Physiol Opt*, 63(10), 82.

Roncagli, V. (1990) *Sports Vision*. Bologna: Calderini.

Rouse, M.W., DeLand, P., Christian, R., Hawley, J. (1988) A comparison study of dynamic visual acuity between athletes and nonathletes. *J Am Optom Ass*, 12 (59), 946-950.

## S

Sachs, L. (1984) *Applied Statistics: A Handbook of Techniques*. New York: Springer-Verlag.

Sasini, L.S. (1950) *Spectacle Fitting and Optical Dispensing*. Hamond and Hamond, London.

Scheiman, M., Wick, B. (1996) *Tratamiento clínico de la visión binocular*. Madrid: Ciagami.

Sheridan, M.D. (1989) *Spontaneous Play in Early Childhood*, Nfeb - Nelson Publishing Group, Windsor, 9-19.

Sherman, A. (1990) Sports vision testing and enhancement: implications for winter sports. In *Winter Sports Medicine* (eds M. Casey, C. Foster i E. Hixson), F.A. Davis, Philadelphia, 74-84.

Sinclair, J.M. (1991) *Collins English Dictionary*, 3<sup>rd</sup> edn, Harper Collins, Glasgow.

Solé, J. (2006) *Planificación del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Sicropat Sports.

Stine, C.D., Arterburn, M., Stern, N.S. (1982) Vision and Sports: A review of the literature. *J Am Optom Ass*, 53, 627-633.

## T

Tidow, G., Wühst, K.D., de Marées H. (1984) Dynamic Visual Acuity as a Performance-influencing factor in sport. *Int J Sports Med*, 5 (Abstracts).

Touhy, K.M. (1963) The birth of an idea. *Optometric World*, 50, 14-20.

## W

Wichterle, O., Lim, D. (1960) Hydrophilic gels for biological uses. *Nature* 185, 117.

Williams, A.M., Davids, K., Burwitz, L., Williams, J.G. (1992) Perception and Action in Sport. *Journal of Human Movement Studies*, 22, 147-204.

## Z

Zwierko, T. (2007) Differences in Peripheral Perception between Athletes and Nonathletes. *Journal of Human Kinetics* 19, 53-62.

## 13. Annexos

### 13.1 Projecte de TFG

Es va realitzar un projecte de TFG durant el quadrimestre de primavera de l'any 2012 on es van dur a terme les següents accions:

- Escollir el tema: “Comparació de la quantitat i qualitat de fusió binocular en esportistes d'elit de diferents disciplines i sedentaris.”
- Trobar director per al TFG: Lluïsa Quevedo i Junyent.
- Determinar els objectius a assolir.
- Establir les bases del marc teòric.
- Fer un pla de treball pel TFG i un cronograma:
  1. Cerca bibliogràfica exhaustiva (Quadrimestre de primavera 2012).
  2. Realització del projecte de final de grau (Quadrimestre de primavera 2012).
  3. Presa de dades (Quadrimestre de tardor 2012/primavera 2013).
  4. Anàlisi estadístic de les dades (Quadrimestre de primavera 2013).
  5. Redacció de la memòria (Quadrimestre de primavera 2013).
  6. Defensa (Quadrimestre de primavera 2013).
- Fer recerca de referències i bibliografia.
- Seleccionar el model de presentació i defensa del TFG: defensa pública oral amb suport multimèdia.
- Iniciar les primeres etapes del TFG: realització de les fitxes i cerca bibliogràfica.

## 13.2 Fitxa pacient

Edat:

Medicació:

Malaltia sistèmica, ocular i/o antecedents:

Al·lèrgies:

Última revisió visual:

Esport:

Ús d'algun tipus de correcció?

Valoració subjectiva del pacient sobre la seva qualitat de visió (1-10):

Alguna queixa del pacient sobre la seva visió?

Altres observacions:

### 1. Agudesa visual (Palomar)

AV<sub>UD</sub>:

AV<sub>BINO</sub>:

AV<sub>UE</sub>:

\*\*Nota: AV<sub>HABITUAL</sub> i descartar ambliopia.\*\*

### 2. Estereopsi (Punts de Wirt): 12,5"arc

### 3. PPC (RAF):

### 4. Determinació efecte SILO/SOLI (Vectograma *Clown*):

#### 4.1. Base Temporal:

Ruptura: recuperació:

Canvi:

#### 4.2. Base Nasal:

Ruptura: recuperació:

Canvi:



### 13.3 Perfil teòric de les habilitats visuals involucrades en un ample ventall d'esports.

	Agudesa visual	Agudesa visual dinàmica	Habilitats oculo-motores	Coordinació ull-mà	Percepció de la profunditat	Acomodació	Consciència de la visió central i perifèrica	Temps de reacció visual
<b>Aixecament de peses</b>	1	1	1	2	1	1	1	1
<b>Atletisme</b>	1	1	2	1	1	1	4	3
<b>Automobilisme</b>	5	5	5	4	5	2	5	5
<b>Bàsquet</b>	3	3	4	5	5	3	5	5
<b>Beisbol (colpejador)</b>	4	5	5	5	5	5	5	5
<b>Beisbol (llançador)</b>	3	2	3	4	3	3	5	1
<b>Boxa</b>	2	2	5	5	3	3	5	5
<b>Ciclisme</b>	5	5	5	4	5	2	5	5
<b>Criquet (jugador de camp)</b>	4	5	5	5	5	5	5	5
<b>Criquet (llançador)</b>	3	2	3	4	3	5	5	1
<b>Dards</b>	4	1	3	5	3	3	5	1
<b>Esquí</b>	5	5	5	5	5	3	5	5
<b>Futbol</b>	3	4	5	5*	5	3	5	5
<b>Futbol (porter)</b>	4	5	5	5	5	5	5	5
<b>Gimnàstica</b>	1	3	3	5	5	3	5	5
<b>Golf</b>	3	1	4	5	5	3	5	1
<b>Handbol</b>	4	5	5	5	5	3	5	5
<b>Hoquei</b>	4	5	5	5	5	5	5	5
<b>Natació</b>	1	1	1	1	1	1	4	3
<b>Salt d'alçada</b>	3	3	4	3	5	3	5	4
<b>Salt de perxa</b>	1	3	3	4	4	3	3	4
<b>Tennis i tennis taula</b>	4	5	5	5	5	5	5	5
<b>Tir amb arc</b>	4	1	3	5	2	3	5	1
<b>Voleibol</b>	4	5	5	5	5	3	5	5

**Taula 7.** Perfil teòric de les habilitats visuals involucrades en un ample ventall d'esports (Loran & MacEwen, 1995).

\*Ulls-cos-peu en lloc de ulls-mà.

