

# Estudi comparatiu sobre la tècnica del copejament clàssic i pla en hoquei sobre herba

▪ RAÚL LLOBREGAT

▪ DANIEL AYORA

Llicenciats en Educació Física.  
Entrenadors Nacionals d'Hoquei

▪ GABRIEL BRIZUELA

▪ CARLOS PABLOS

▪ VALENTÍN CORTÉS

Llicenciats en Educació Física

Unitat d'Investigació del Rendiment Físic i Esportiu.  
Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport.  
Universitat de València

▪ Paraules clau

Biomecànica, Hoquei sobre herba, Copejaments

## Abstract

*The stationary strike at goal is a very important technical and tactical element in coaching field hockey. There is a version of the traditional drive called the "flat or low drive", in which the stick describes a flatter path as it is brought down. This technique is widely acknowledged in the coaching world and players are trained to master it as technical groundwork of high efficiency (more accurate in direction and greater in speed) in stationary ball situations such as the penalty corner. The studies conducted on the flat or low drive have so far been few and they establish only some of the differences with respect to the traditional drive, focusing on the path and the angles of the stick and of certain body segments. The aim of this study is to make a comparative analysis of both techniques in order to establish the main differences from a biomechanical standpoint and bearing in mind the cinematic variables.*

## Key words

Biomechanics, Field hockey, Drives

## Resum

El llançament estacionari a porteria és un element tècnic i tàctic molt important en l'entrenament de l'hoquei sobre herba. Existeix una variant del copejament tradicional, anomenada "copejament pla o baix", en la qual l'estic defineix una trajectòria més horitzontal durant el descens. Aquesta tècnica gaudeix d'acceptació en l'àmbit pràctic i és entrenada com a fonament tècnic d'alta eficàcia (direcció més precisa i major velocitat) en situacions de bola aturada, com en el cas del penal córner. Ara com ara, els estudis realitzats sobre el copejament pla són escassos i només estableixen algunes diferències respecte del copejament tradicional, atenent a la trajectòria i a les posicions angulars d'alguns segments corporals i de l'estic. El propòsit del nostre treball és analitzar comparativament totes dues tècniques, per establir quines són les principals diferències des d'un punt de vista biomecànic i atenent a variables cinemàtiques.

## Introducció

Els gests tècnics de més velocitat dintre de la tècnica de l'hoquei són els llançaments, i la modalitat de llançament més ràpida la constitueixen els copejaments.

No fa gaire temps que a aquesta modalitat de llançament s'hi ha anat incorporant una nova variant anomenada "copejament pla o baix", caracteritzada per una execució tècnica de trajectòria més plana que la utilitzada en els copejaments tradicionals. Aquesta característica diferenciadora, sembla imprimir a la pilota una direcció més precisa i una major velocitat. A nivell pràctic, la seva efectivitat en situacions de bola aturada (com en el cas del penal córner) és acceptada per alguns entrenadors i tècnics.

Autors com Kanjee, (1991) i la CFHA Coaching Committee, (1983) han argumentat que la trajectòria de l'estic durant la fase de descens hauria de ser baixa. Altres, com Broderick, (1981); Broderick i Van der Merwe, (1982); Read i Walker, (1976) i H. Wein (1979), al contrari, han defensat que el *swing* ha de ser més vertical. Els treballs realitzats per L. Nordmann (1995) i F. Hiledrend i cols., (1995), ens revelen algunes particularitats d'aquesta variant de copejament i reforcen el plantejament de Kanjee i la CFHA.

A diferents treballs dedicats a l'estudi del copejament pla (Werner Wiedersich i Dr. Lutz Nordmann, 1994 i F. Hiledrend i cols., 1995) s'analitzen comparativament, el copejament pla (CP) i el



copejament clàssic (CC), atenent a una descripció de la trajectòria i les posicions angulars d'alguns segments corporals i de l'estic (Il·lustració 1). Entre els estudis que aprofundeixen amb detall sobre la cinemàtica del copejament clàssic, pot destacar-se el de Whalen, (1993).

El propòsit d'aquest estudi és analitzar comparativament totes dues tècniques de copejament per establir quines són les principals diferències des d'un punt de vista biomecànic i atenent a variables cinemàtiques.

## Material i mètodes

### Selecció de la mostra

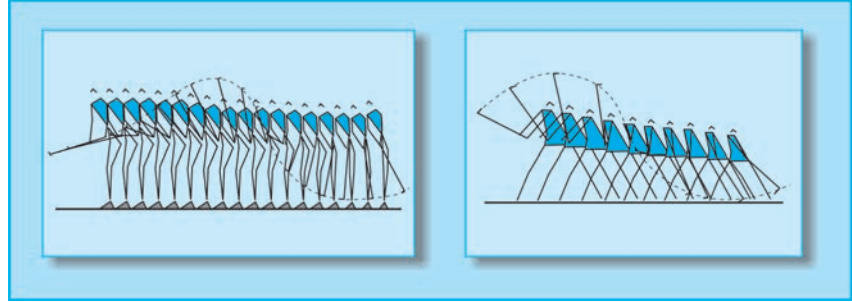
La mostra inicial comptava amb un total de 33 jugadors pertanyents a la selecció Espanyola sub-16 (n = 14) i sub-18 (n = 19). Encara que tots es presenten a l'estudi preliminar, el nostre estudi és portat a terme amb un únic subjecte. El jugador seleccionat presenta un model tècnic d'execució en totes dues modalitats de copejament molt consolidat i diferenciat, tot coincidint a més a més, en les dues tècniques, una velocitat de copejament molt pròxima als valors màxims registrats en tot el grup experimental.

### Desenvolupament de l'experiment

El jugador va ser enregistrat en situació real de copejament estacionari en les dues modalitats de l'estudi, sobre una superfície d'herba artificial, en el moment de copejar la bola (amb el mateix estic) cap a la zona central de la porteria. El punt de llançament de la bola es va situar a la vora interior de l'àrea de porteria, a una distància fixa de 15 metres respecte del marc de la porteria. Es van utilitzar dues càmeres de vídeo S-VHS (Panasonic DCP800) que van registrar simultàniament els cops, des de dos plans diferents. Un cronòmetre activat per micròfons d'alta sensibilitat, és activat en el moment en què l'estic toca la bola i s'atura quan aquesta arriba a la por-

### IL·LUSTRACIÓ 1.

Secuencia de un golpeo clásico (izquierda) y otro con técnica plana (derecha). (Adaptado de Werner Wiedersich y Lutz Nordmann, 1994.)



teria, d'aquesta forma permet una primera valoració del temps emprat en cada tipus de cop. Els procediments de filmació han estat realitzats durant una de les concentracions que va desenvolupar la selecció nacional sub-18 a Alacant durant el mes de juliol del 2000.

### Anàlisi i tractament de les dades

Després de l'enregistrament del copejament, les imatges són tractades al laboratori, convertides a format digital de tipus AVI de 50 fotogrames per segon. Tot seguit, es va portar a terme un procés de digitalització manual i el càlcul de les variables d'interès. Es va utilitzar l'aplicació Kinescan-IBV versió 8.3, seguint un model d'anàlisi que incloua el cos humà, l'estic i la bola (29 punts) i que permet de representar-lo com un conjunt de segments sòlids i rígids.

El càlcul de les coordenades 3D es va portar a terme mitjançant l'algorisme de la DLT (Y. I. Abdel Aziz i H. M. Carara, 1971) i per a suavitzar les dades es va fer servir el mètode CCV de Woltring (1986), basat en funcions *spline* de cinquè ordre.

L'error màxim calculat per al procés de digitalització és de 3,5 mm.

### Variables

L'estructuració temporal dels cops en les seves corresponents fases i algunes variables cinemàtiques clarament dife-

renciadores (fases, trajectòries, posicions, velocitats i angles, obtingudes durant el copejament), són analitzades en aquest estudi a partir dels valors numèrics obtinguts i de la representació gràfica d'aquests.

Per a l'anàlisi comparativa d'aquestes dues tècniques de copejament s'han seleccionat les variables següents:

- Recolzament del peu esquerre respecte de la bola, separació entre els peus, altura dels malucs, velocitat lineal del turmell, genoll, maluc, espatlla, colze i canell, així com la trajectòria de l'estic, la seva velocitat i la de la bola.
- La direcció del peu esquerre respecte a la direcció del llançament, l'angle entre la línia d'espatlles i la de malucs, la inclinació del tronc respecte dels tres eixos, l'angle dels genolls i dels colzes i el format per l'avantbraç dret amb l'estic, amb el tronc i amb l'avantbraç esquerre i, finalment, l'angle format pel segment estic amb cada un dels eixos.

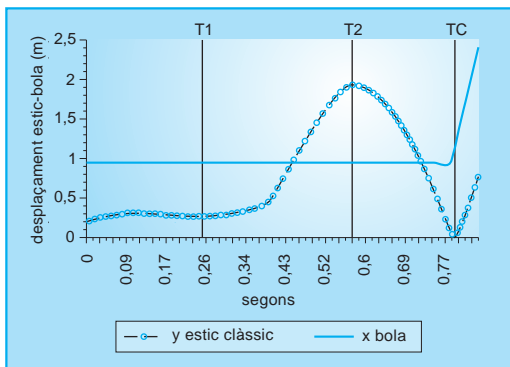
### Definició temporal de les fases

Per a l'estudi i la diferenciació de les tècniques de copejament en les seves respectives fases, s'ha seguit i adaptat la distribució presentada per M. T. Whalen, a "Three dimensional biomechanical analysis of the stationary and penal corner

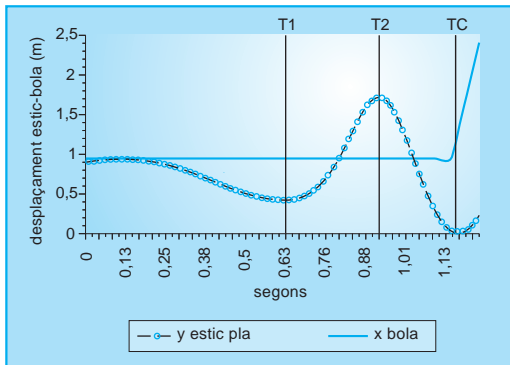
■ Taula 1.

FASES	DEFINICIÓ	DURADA DE LES FASES SEGONS EL TIPUS DE COPEJAMENT (s)			
		DES DE	FINS A	CC	CP
Aproximació o fase prèvia	Instants previs a l'elevació de l'estic	$t_0$ (inici)	$t_1$	0,258	0,630
Backswing	Fase d'elevació de l'estic (màxima altura)	$t_1$	$t_2$	0,315	0,273
Downswing	Fase de descens de l'estic	$t_2$	$t_c$	0,201	0,273
Contacte	Contacte amb la bola		$t_c$	0,019	0,021
Follow Trough	Fase d'acompanyament final	$t_c$	fi	0,072	0,063

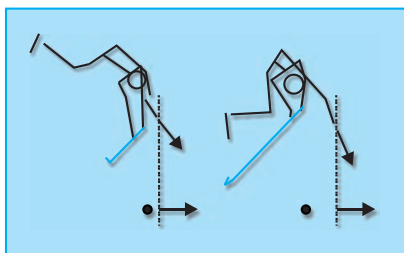
■ GRÀFICA 1.  
Fases del copejament clàssic.



■ GRÀFICA 2.  
Fases del copejament pla.



■ IL·LUSTRACIÓ 2.  
Vista superior de totes dues tècniques, on s'aprecia la col·locació del peu esquerre respecte a la bola.



drives in field hoquei" (1993) i que han estat resumides a la taula 1.

Durant els primers instants del cop, el jugador roman en posició bàsica de doble recolzament, empunya amb fermesa l'estic i el manté a una alçada intermèdia, paral·lela al terra en la direcció de "l'eix z". Des d'aquesta posició ( $t_0$ ), es produeix un petit ascens seguit d'un descens de la pala de l'estic abans d'iniciar-ne definitivament l'elevació ( $t_1$ ). Aquest moviment, que té una major durada en el CP analitzat, va acompanyat d'una lleugera acció de balanceig del pes del cos, tot reforçant el suport sobre el peu dret, alhora que el peu esquerre es prepara per iniciar l'avenç. Aquesta **fase prèvia o aproximació "approach" ( $t_0-t_1$ )** presenta una diferència temporal força clara entre totes dues tècniques, i té més durada en el CP (0,63 s) que no pas en el clàssic (0,258 s). En tots dos copejaments, el jugador únicament realitza un pas d'aproximació cap a la bola, que s'inicia durant la fase d'elevació de l'estic. En l'estudi realitzat per Whalen (1995), la fase d'aproximació i la de *swing* enrera (*backswing*) són mesurades alhora, i tenen una durada mitjana de 0,575 s. El temps equivalent al calculat per Whalen, en el nostre estudi seria molt similar per al CC (0,573 s) i una mica més gran en el CP (0,903 s). (Gràfiques 1 i 2)

**Fase d'elevació de l'estic "backswing" ( $t_1-t_2$ ):** queda definida amb l'instant  $t_1$ , moment en què s'inicia la trajectòria ascendent de l'estic amb un augment progressiu del seu component "vertical" i es prolonga fins a l'instant en què aquest as-

soleix la seva elevació màxima ( $t_2$ ). Comparativament, trobem que la durada d'aquesta fase és més gran en el CC (0,315 s) que no pas en el CP (0,273 s) i que, a més a més, en el primer s'arriba a una alçada de l'estic en  $t_2$  d'1,81 m., superior a l'aconseguida en aquest mateix instant per l'estic en el CP (1,66 m.). En el nostre estudi, el subjecte només realitza un pas d'aproximació, i aquest s'esdevé durant la fase de *backswing* principalment, per això s'han analitzat aquestes fases separatament.

**Fase de descens de l'estic "downswing" ( $t_2-t_c$ ):** des de la posició de màxima elevació de l'estic ( $t_2$ ), el jugador inicia un moviment de descens d'aquest que finalitzarà amb l'instant de contacte amb la bola ( $t_c$ ). La durada calculada per a aquesta fase és similar en tots dos gests, i és de 0,201 s en el CC, valor que s'aproxima als registrats per autors com en Alexander, 1981; Chivers and Elliot, 1987 i Cohen, 1969 (0,15-0,21 s) i lleugerament superior (0,273 s) per a la tècnica de trajectòria més plana. Whalen (1995) estima el valor mitjà d'aquesta fase en 0,221 segons.

**Fase de contacte "contact" ( $t_c$ ):** és definida per l'instant en què l'estic impacta en la bola fins que aquesta deixa d'estar en contacte amb el pal. La durada d'aquesta fase és molt reduïda, podríem parlar més aviat d'un instant que no pas d'una fase en ella mateixa. En el CC el temps de contacte s'aproxima als 0,19 s i als 0,21 s en el CP, cosa que significa que amb prou feines es compta amb un fotograma.



**Fase d'acompanyament "follow trough":** es tracta d'un moviment de continuació del gest en el qual el cos del jugador i l'estic es desaceleren fins a recobrar una posició normal de joc, encara que en la tècnica plana, el jugador acaba el gest en una posició molt baixa i amb gran separació de cames. En els cops analitzats, l'acompanyament ha estat mesurat fins l'instant previ a aquell en què la pilota no es visualitza dins del camp de filmació, i el seu valor és de 0,72 s per al CC, i de 0,67 s per al CP. La durada d'aquesta fase, doncs, queda limitada en el nostre estudi pel nombre de fotogrames digitalitzats i posteriors al contacte, on apareix la bola dintre del camp de totes dues càmeres, encara que, lògicament, pot arribar a ser més gran. La durada màxima estudiada per a aquesta fase per M. T. Whalen, (1995) va oscil·lar entre 0,68 s i 0,136 s. (És a dir, es van analitzar entre quatre i vuit imatges després del contacte).

**Resultats i discussió**

La **posició inicial dels peus** respecte de la bola i el desplaçament del peu esquerre han estat considerats en l'estudi com a aspectes diferenciadors entre els dos copejaments, tot mostrant-nos, en la fase prèvia, una major separació d'aquest en relació amb la bola en el CP (1,749 m); se'n distancia gairebé un metre més que en el CC (0,75 m). També s'observa que la separació entre tots dos peus és més gran en aquest tipus de cop (0,30 m) mentre que estan pràcticament junts en el CP (0,7 m). El peu esquerre (punta del peu) es recolza a l'esquerra de la bola (z) en tots dos copejaments 0,734 m d'aquella en el CC, i en queda una mica més separat en el CP (0,85 m). Però on s'aprecia més separació respecte de la bola, és en l'avenç del suport en la direcció del llançament (x). Així, el peu és situat al davant 0,20 m en el CC, i és recolzat pràcticament a la ma-

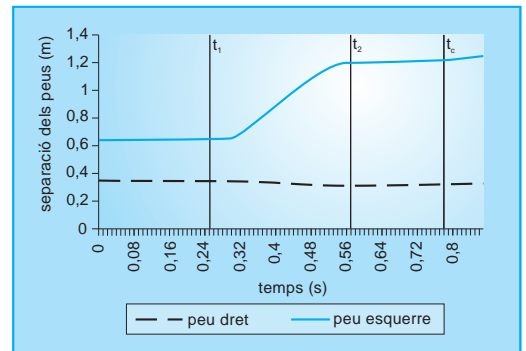
teixa alçada que la bola (5 cm) en el CP. (Il·lustració 2).

Respecte al moment en què el peu deixa el terra en el CP, per aproximar-se cap a la bola, aquest té lloc exactament en  $t_1$ , el seu recolzament a terra després del vol es produeix abans del contacte de l'estic amb la bola ( $t = 0,992$  s) i els peus queden separats entre ells 1,8 m. En el CC el peu abandona el terra una mica més tard ( $t = 0,329$  s), ja iniciada la fase de *backswing*, la seva arribada al terra es produeix molt a prop de  $t_2$ , i assoleix una separació màxima de 0,85 m. (Gràfiques 3 i 4)

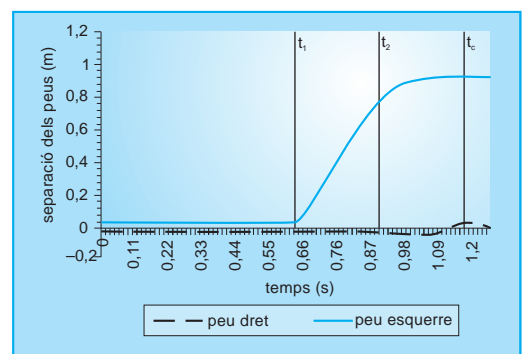
La direcció del **suport del peu esquerre** (segment taló-punta del peu) ha estat també analitzada. L'angle d'aquest segment respecte de la direcció del llançament (eix x), manté un valor mitjà de  $65^\circ$  en el CC i de  $70^\circ$  en el CP. Quan el peu se separa de terra ja a la fase de *backswing*, aquest angle augmenta fins als  $83,5^\circ$  ( $t = 0,355$  s) en el CC, després baixa als  $75^\circ$  tan bon punt arriba a terra i proper a  $t_2$  i es manté en aquesta direcció durant la resta del copejament. Aquesta oscil·lació en graus, és produïda per l'elevació del peu en el seu desplaçament. La col·locació del peu esquerre en el CP adopta una orientació més estable durant les dues primeres fases, amb un valor mitjà de  $70^\circ$  i s'obre (disminueix l'angle) en la direcció del copejament durant el *downswing* fins als  $53^\circ$ ; aquesta orientació es mantindrà durant el contacte. (Gràfiques 5 i 6)

El **membre inferior esquerre** (el turmell, el genoll i el maluc) experimenta, en conjunt, un increment de la seva velocitat lineal en totes dues modalitats de copejament, a causa del seu desplaçament cap endavant durant la fase de *backswing*, i els valors d'aquestes articulacions són molt similars durant la fase prèvia. Totes les articulacions de la cama esquerra assoleixen majors velocitats en el CP perquè el desplaçament es realitza amb més amplitud en un període de temps que és molt similar ( $t_2-t_C = 0,273$  s) en el CC. Després del contacte, el membre inferior esquerre

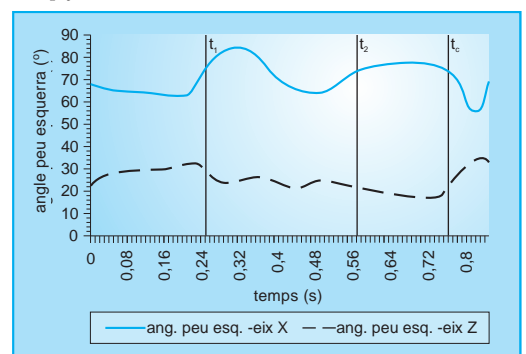
■ GRÀFICA 3. Copejament clàssic.



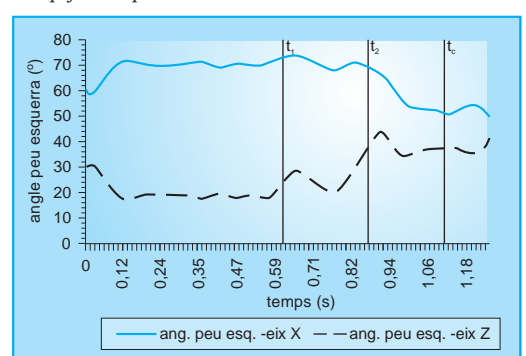
■ GRÀFICA 4. Copejament pla.



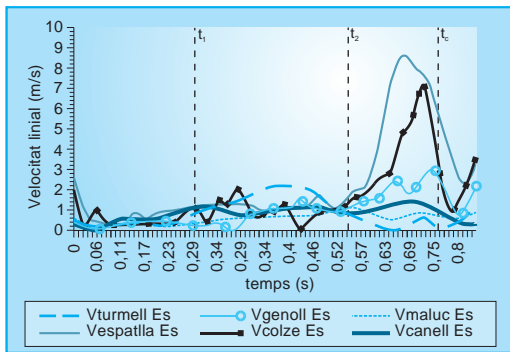
■ GRÀFICA 5. Copejament clàssic.



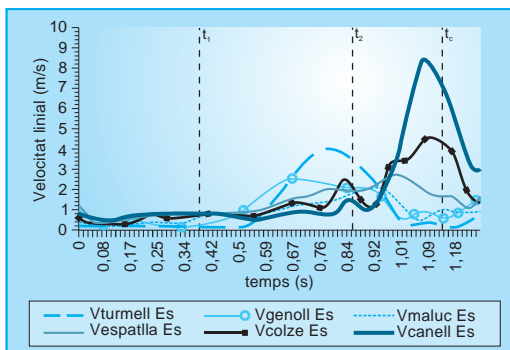
■ GRÀFICA 6. Copejament pla.



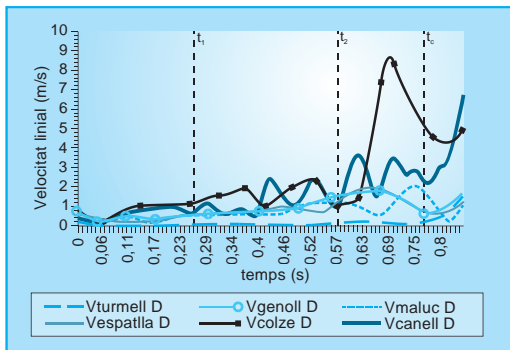
■ **GRÀFICA 7.**  
Membre inferior i superior esquerre (clàssic).



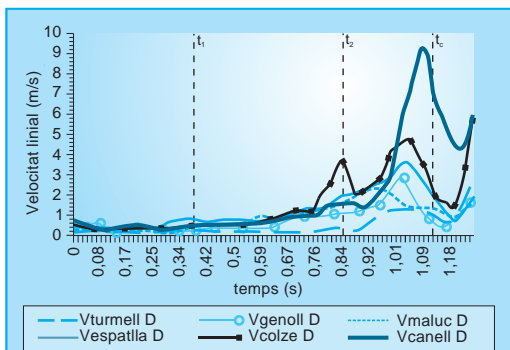
■ **GRÀFICA 8.**  
Membre inferior i superior esquerre (pla).



■ **GRÀFICA 9.**  
Membre inferior i superior dret (clàssic).



■ **GRÀFICA 10.**  
Membre inferior i superior dret (pla).



disminueix la velocitat per la seva acció de frenada. (Gràfiques 7 i 8)

Malgrat tot, apareixen diferències importants pel que fa als valors d'aquestes velocitats, segons la tècnica emprada. Així per exemple, el turmell esquerre aconsegueix una velocitat màxima de 2,27 m/s en el CC i gairebé duplica el seu valor en el CP (4,20 m/s). Una cosa similar s'esdevé amb el genoll esquerre, la velocitat del qual en el CP (2,64 m/s) és superior als 1,48 m/s que aquest assolix en el CC però més tard, durant la fase *downswing*. El maluc, finalment, aconseguirà en ambdues tècniques el seu valor màxim de velocitat just en iniciar-se la fase *downswing*, com a conseqüència de la translació soferta per tota la cama esquerra.

Respecte a la participació del **membre inferior dret**, no s'observen diferències importants entre les velocitats articulars, i en totes dues tècniques s'aprecia un increment progressiu de velocitat a mesura que s'aproxima la fase de descens de l'estic, que serà més accentuat a la meitat final de  $t_2-t_c$ . El maluc, el genoll i el turmell dret tenen velocitats màximes que també són superiors en el CP. (Gràfiques 9 i 10).

En els **membres superiors**, vam trobar algunes particularitats en realitzar l'estudi comparatiu. En tots dos copejaments apareix una clara diferència en la velocitat que aconsegueixen les articulacions més distals (canell i mà, properes a l'estic) respecte de les pròximes (colze i espàtlla, més allunyades de l'estic) i que en els instants pròxims a l'impacte presenten una conducta similar a la del membre inferior, però arribant a les seves velocitats màximes amb un retard respecte a aquest (a la meitat final de  $t_2-t_c$ ), conseqüència de l'encadenament del moviment des del segment inferior al superior. Els valors màxims són similars en tots dos copejaments, tant en canells com en espàtlls, i la velocitat de tots dos colzes és similar en  $t_1-t_2$ , però en la fase de descens de l'estic  $t_2-t_c$ , el colze esquerre presenta una velocitat màxima de 7,16 m/s que és superior en el CC a l'assolida en el

CP (valor que se situa en 4,766 m/s). En ambdues tècniques, aquest increment es produeix just al final de  $t_2-t_c$  tal com mostren els gràfics anteriors. Tanmateix, això no passa en el colze. Així doncs, el moviment realitzat en el CC pel colze dret adquireix una major velocitat durant la fase de descens de l'estic que el mateix moviment en el CP.

L'**angle del genoll** ha estat definit des dels segments cuixes (genoll-maluc) i cama (genoll-turmell) de cada costat, respectivament. El seu estudi ens indica que el genoll esquerre roman pràcticament estès fins a l'inici de  $t_2-t_c$  en tots dos copejaments; a partir d'aquest moment i coincidint amb el suport del peu esquerre a terra, inicia la flexió fins als  $117^\circ$  en el CC i continua flexionant-se fins als  $97^\circ$  al final del llançament en el CP, tot provocant el corresponent descens dels malucs en aquesta fase final i marcant una gran diferència entre tots dos tipus de tècnica. El moviment del genoll dret és diferent, atès que parteix d'una petita flexió en tots dos copejaments,  $148,8^\circ$  en CC i  $138,8^\circ$  en CP. A partir d'aquí la conducta és diferent per a cada tècnica, en el CC la flexió augmenta fins a la primera meitat del *backswing*, i adopta un valor mitjà de  $130^\circ$  fins a la meitat de la fase següent, per estendre's lleument fins als  $136^\circ$  en  $t_c$  i aconseguir-ne gairebé l'extensió ( $176^\circ$ ) al final del llançament. Tanmateix, en el CP el genoll dret passa de la posició en lleugera flexió, a una extensió completa, que paral·lelament, serà prèvia a una flexió de gairebé  $70^\circ$ , i que s'estendrà a  $113^\circ$  a l'inici de  $t_1-t_2$ . En el moment d'iniciar-se el *downswing*, el genoll s'ha estès lleugerament ( $141^\circ$ ) i acompanyarà en flexió el genoll esquerre fins a igualar-ne l'angle ( $127^\circ$ ) en  $t = 1,1$  s. Aquest mateix instant té lloc en el CC una mica abans, ( $t = 0,64$  s) coincidint amb un angle molt similar ( $130^\circ$ ) de tots dos genolls. (Gràfiques 11 i 12).

Per a l'estudi de la **posició angular del colze** se n'ha definit l'angle com el format pels segments corresponents a l'avantbraç (canell-colze) i el braç (col-



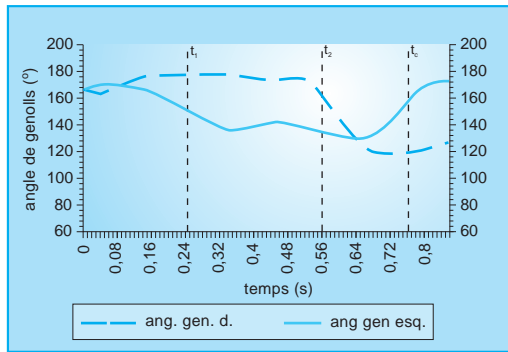
ze-espatlla) de cada costat, respectivament. Tal com es pot apreciar en els gràfics següents, les corbes de desplaçament angular del colze en ambdues tècniques tenen una aparença similar, encara que queda ben diferenciada la flexió del colze dret respecte de l'esquerra en cada un dels casos. Així doncs, aquest últim a penes modifica el seu angle durant els copejaments, i té una oscil·lació màxima en CC de 40° (entre 136° en  $t = 0,33$  s i 176° en  $t = 0,83$  s). I fins i tot més petit (34°) en el CP (entre 138° en  $t_2$  i 172° en  $t = 1,1$  s). Mentre que el colze dret experimenta una flexió gairebé contínua des de l'inici del gest fins a la meitat del *downswing*, i

té una major flexió (54,7°) en el CC que no pas en el CP (63,4°). Des d'aquest instant, el colze es va estenent en totes dues tècniques, durant la resta de la fase  $t_2-t_c$  (fent baixar l'estic), el contacte i l'acompanyament fins gairebé l'extensió completa (170°). (Gràfiques 13 i 14)

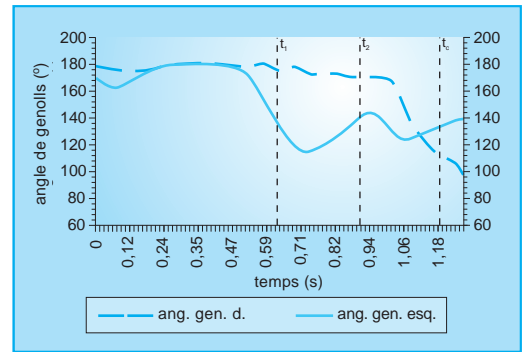
Una altra variable angular que pot resultar d'interès per a la diferenciació entre totes dues tècniques és l'angle interior comprès entre els dos avantbraços (aproximació dels colzes respecte al punt fix del canell) i definit com el format entre aquests segments (canell-colze); podem observar una clara diferència en els valors que adopta

aquesta variable entre ambdues tècniques. En el CP els colzes s'aproximen molt ràpidament durant la segona meitat del *backswing* i els primers instants del *downswing*, tot produint un angle molt petit (12°). Si observem el gràfic anterior corresponent a aquesta tècnica, podem comprovar que l'aproximació de colzes a què ens referim coincideix amb la màxima flexió del colze dret, i la seva extensió en  $t_2-t_c$  és corresposta amb una petita separació d'aquests (probablement per deixar l'estic en un pla més horitzontal en el seu descens) i que ràpidament tornen a ajuntar-se (19,8°) per a l'impacte. (Gràfiques 15 i 16).

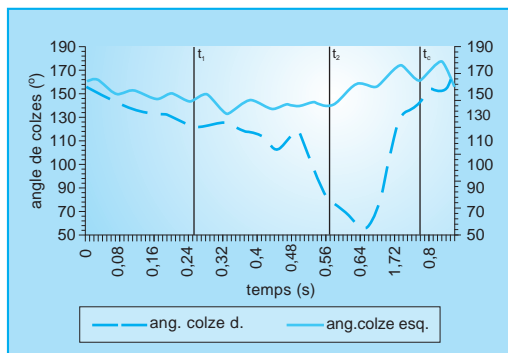
■ GRÀFICA 11.  
Copejament clàssic.



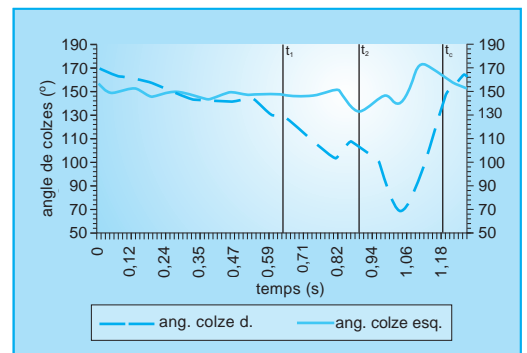
■ GRÀFICA 12.  
Copejament pla.



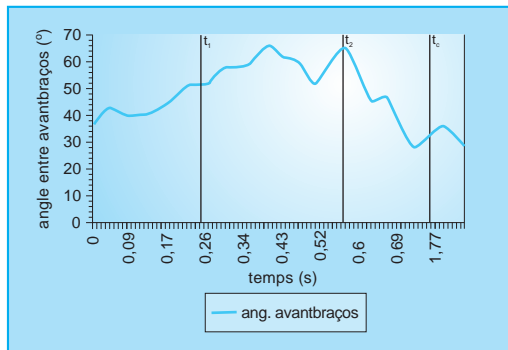
■ GRÀFICA 13.  
Copejament clàssic.



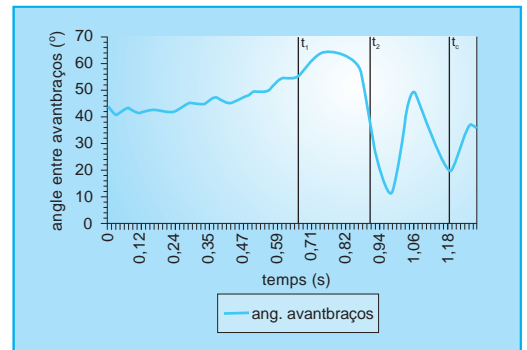
■ GRÀFICA 14.  
Copejament pla.



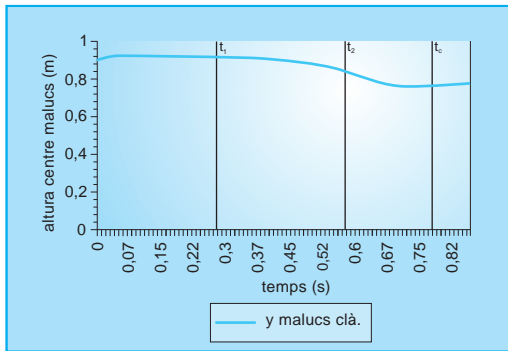
■ GRÀFICA 15.  
Copejament clàssic.



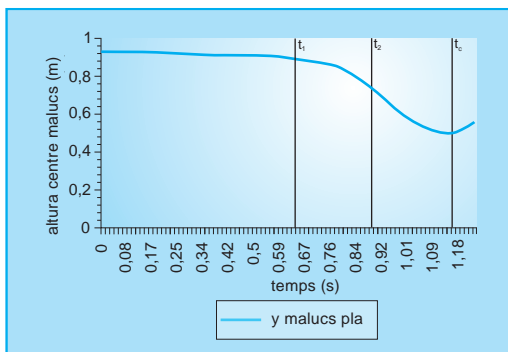
■ GRÀFICA 16.  
Copejament pla.



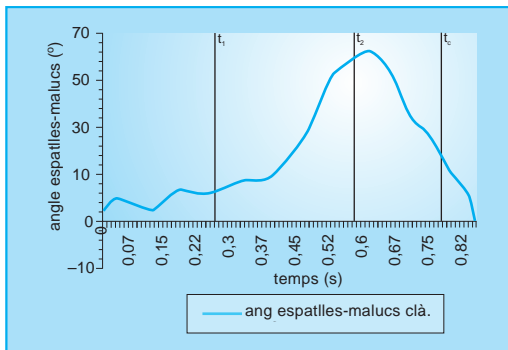
■ GRÀFICA 17.  
Copejament clàssic.



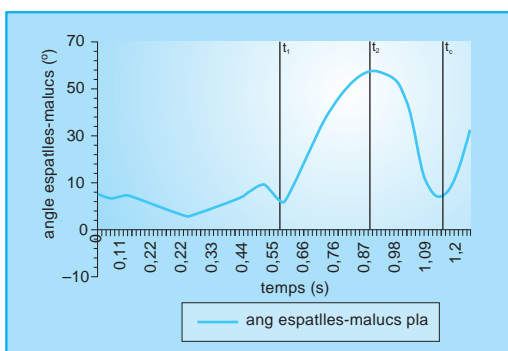
■ GRÀFICA 18.  
Copejament pla.



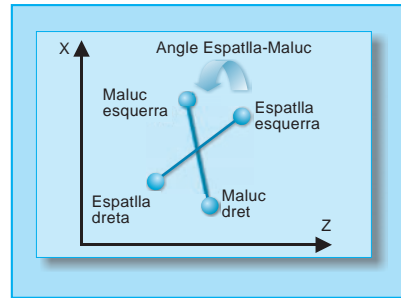
■ GRÀFICA 19.  
Copejament clàssic.



■ GRÀFICA 20.  
Copejament pla.



■ IL·LUSTRACIÓ 3.

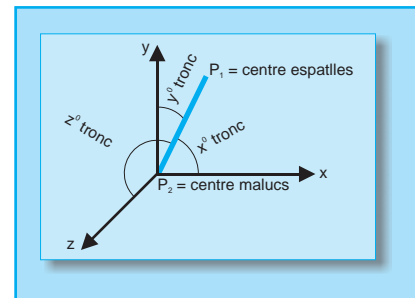


Continuant amb l'estudi de la **posició del centre de malucs** (punt mitjà entre tots dos) en el CC, aquest es manté durant tota la fase prèvia a una altura mitjana de 0,92 m sobre el terra i baixa molt lentament fins a  $t_2$  (0,85 m), després continua baixant de forma més pronunciada durant la fase següent ( $t_2-t_c$ ) i arriba al seu punt de menor altura (0,77 m) en  $t = 0,68$  s (just abans del contacte entre l'estic i la bola) tot mantenint el seu valor fins a finalitzar el copejament. En el CP passa una cosa molt similar, però amb una diferència d'altura molt més pronunciada. En  $t_2$  ja es troba a 0,729 m i continua baixant durant  $t_2-t_c$  fins arribar a la seva altura mínima (0,487 m) en  $t = 1,16$  s, just abans de  $t_c$ , després del contacte s'incrementa lleugerament, i el jugador queda en una posició molt baixa. (Gràfiques 17 i 18).

Per a l'estudi de l'orientació entre la línia d'espattes i la de malucs, s'ha calculat l'angle menor format per aquests dos segments per a cada instant de temps, tal com es mostra a la Il·lustració 3, tot projectant-lo sobre el pla XZ. (Il·lustració 3).

En tots dos copejaments s'observa una contraposició de la **línia d'espattes respecte a la de malucs**; inicialment formen un angle molt petit, perquè ambdues línies es troben gairebé alineades ( $2^\circ-14^\circ$ ) i orientades en el sentit del llançament (eix x). La línia d'espattes augmentarà l'angle respecte a la de malucs de forma progressiva durant  $t_1-t_2$ , i assolirà la màxima contraposició en els instants previs a l'inici del *downswing*, tot orientant l'espalla es-

■ IL·LUSTRACIÓ 4.



querra en direcció z, i formant un angle màxim d'uns  $60^\circ$  en totes dues tècniques. (Gràfiques 19 i 20)

Per a l'estudi de la posició angular del **tronc** respecte a cada un dels tres eixos de moviment, s'han definit els angles formats pel segment  $P_2P_1$  = (centre/malucs centre/espattes), amb cada un dels eixos. Per fer-ho, s'ha traslladant el punt  $P_2$  a l'origen del sistema de referència i s'ha mesurat l'angle que forma aquest vector respecte a cada un dels tres eixos. (Il·lustració 4).

Així doncs, el **tronc** es manté inclinat formant un angle d'uns  $45^\circ$  respecte a la vertical i respecte a l'eix z en el CC, mentre que en el CP la posició inicial és més vertical (solament  $36^\circ$  respecte a  $t_1$  i en  $t_1$ ) i, alhora, es va inclinant cap a z mentre s'aproxima a aquest mateix instant. En ambdues tècniques el tronc finalitza amb una inclinació cap a la bola (cap a la dreta) i arriba a aconseguir aproximadament els  $60^\circ$  en totes dues tècniques just al final d'aquesta fase. Però la diferència clara apareix en el CP, ja que l'angle del tronc respecte a la vertical és de  $61^\circ$ , (és a dir,  $29^\circ$  respecte del terra en  $t_c$ ), davant dels  $38^\circ$  que té en el CC. Aquesta diferència s'incrementarà fins al final del llançament. (Gràfiques 21 i 22).

En relació a l'**estic i la bola**, trobem que la velocitat de l'extrem de l'estic augmenta progressivament des de l'inici, fins arribar a un valor màxim de 32,7 m/s en el CC i de 31,7 m/s en el CP just en  $t_c$ , valors similars als màxims obtinguts per Cohen (1969) i Hendrick (1983). És en aquest mateix instant, quan la bola comença a guanyar veloci-

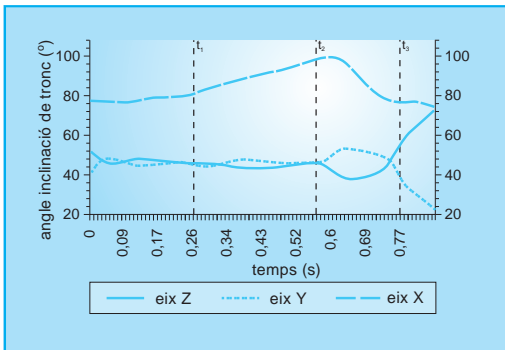


tat, i aconsegueix en el CC el seu valor màxim (22,16 m/s) als 0,036 segons després de l'impacte. Però en el CP se supera aquesta velocitat màxima (23,8 m/s) als 0,25 s després de l'impacte. El valor mitjà de velocitat de la bola en el copejament estacionari calculat per Whalen (1993) va ser de 26,44 m/s en jugadors de més edat. Coincidint

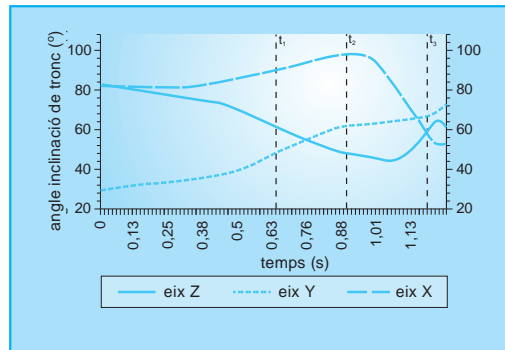
amb el moment de velocitat màxima de la bola, es produeix un descens de la velocitat de l'extrem de l'estic que arriba fins als 18,35 m/seg en el CC i disminueix una mica menys en el CP. Aquest efecte és produït pel xoc amb la bola. Tot seguit l'estic augmenta la velocitat fins al final del llançament, alhora que la bola redueix la seva. (Gràfiques 23 i 24)

L'anàlisi de la posició angular de l'estic respecte a cada un dels tres eixos presenta una gran similitud en ambdues tècniques, encara que amb una diferència clara dels valors de la trajectòria angular de l'estic al CP respecte a l'eix Z, tal com apareix als gràfics següents, arribant a variar uns 270° durant la fase  $t_2-t_c$ . (Il·lustracions 5 i 6) i (Gràfiques 25 i 26).

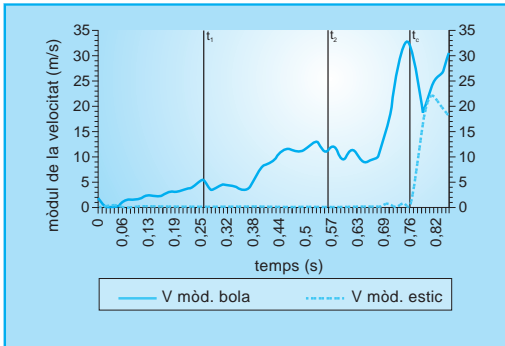
■ GRÀFICA 21.  
Copejament clàssic.



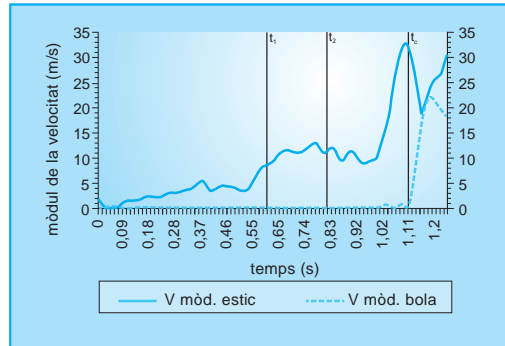
■ GRÀFICA 22.  
Copejament pla.



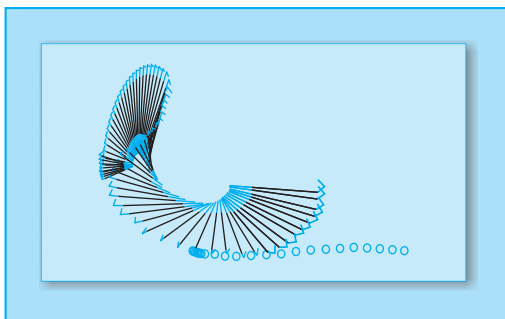
■ GRÀFICA 23.  
Copejament clàssic.



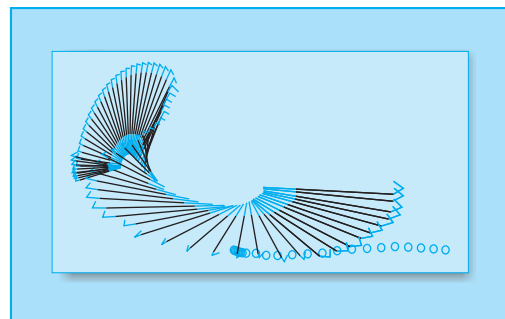
■ GRÀFICA 24.  
Copejament pla.



■ IL·LUSTRACIÓ 5.  
Trajectòria de l'estic durant el copejament clàssic.

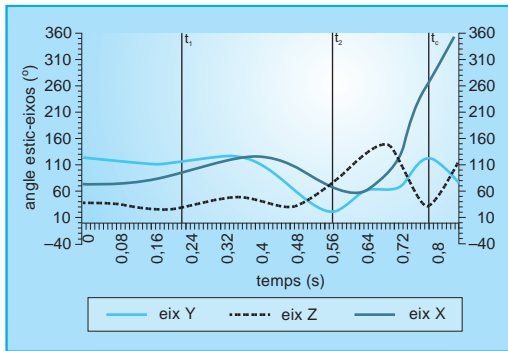


■ IL·LUSTRACIÓ 6.  
Trajectòria de l'estic durant el copejament pla.

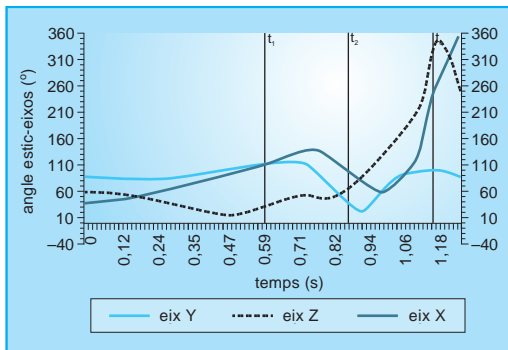




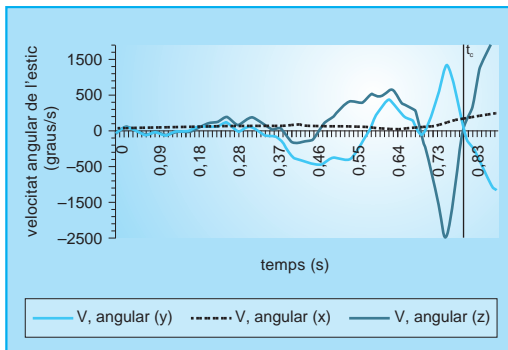
■ GRÀFICA 25.  
Copejament clàssic.



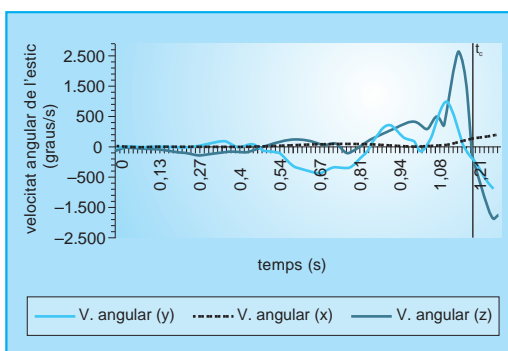
■ GRÀFICA 26.  
Copejament pla.



■ GRÀFICA 27.  
Copejament clàssic.



■ GRÀFICA 28.  
Copejament pla.



Aquesta alta variació de l'angle en el CP, es tradueix també en una alta velocitat angular de l'estic en els instants previs al cop, tot arribant a un valor màxim de 2.766,6 graus/s que equivalen a 48,3 radians/s, xifra molt similar a l'obtinguda per Alexander (1981) durant aquesta fase de *downswing* (45 radians/seg o 2.578,3 graus/s). Respecte al moment de l'impacte, observem que la variació de l'angle de l'estic respecte a aquest eix és nul·la en tots dos copejaments per tornar a incrementar-se molt durant la fase de l'acompanyament, però en aquest cas la velocitat adopta valors contraris als de  $t_1$ - $t_2$  (canvia la direcció del gir de l'estic). (Gràfiques 27 i 28).

Finalment, s'ha analitzat l'angle dels canells, per a la qual cosa es defineix aquest com el format pel segment estic (extrem-mànc) i per l'avantbraç (canell-colze). Els gràfics següents ens mostren la conducta de l'angle descrit durant les fases del copejament. En tots dos cops, els valors de l'angle de canell són molt similars entre l'esquerra i la dreta, apareix una diferenciació durant la meitat final de  $t_1$ - $t_2$  i la inicial de  $t_2$ - $t_c$ , i és el canell dret el que menor angle presenta ( $37,8^\circ$  en el CC i  $53,5^\circ$  en el CP) respecte a l'estic, tot produint-se una aproximació major entre l'avantbraç i l'estic en el CC analitzat, durant el descens. (Gràfiques 29 i 30)

### Conclusions

Com a conclusions es poden resumir les diferències tècniques trobades entre les dues tècniques de copejament analitzades, i que són més rellevants, tot centrant la nostra atenció en les característiques diferenciadores del copejament pla:

- És un gest en el qual els peus estan inicialment més junts entre ells (7cm de separació) i més allunyats (gairebé un metre més) en relació a la bola. A més a més, en aquest copejament el jugador recorre, des de la posició inicial i amb un sol pas d'aproximació, una més gran distància cap a la bola, perquè després del suport els peus li queden més separats que no pas en el CC.
- El jugador situa el peu esquerre en línia amb la bola, a diferència del que succeeix en el CC on el peu és recolzat 20 cm al davant d'aquesta. A més a més, la situació del peu a l'esquerra de la bola és més gran també en el copejament pla, cosa que provoca una necessària inclinació del tronc per poder copejar-la. Així doncs, aquesta major "distància d'atac" a la bola és traduïda en un augment de la inclinació del tronc cap a aquesta (z) i cap a la direcció del llançament (x) en els instants finals del cop, i això obliga el jugador a quedar en una posició molt baixa, cosa que pot condicionar una immediata continuïtat en el joc. D'altra banda, l'orientació del peu una vegada recolzat a terra és més "oberta" cap a la direcció del llançament que no pas en el CC, on el peu s'orienta més perpendicular a aquesta direcció.
- Aquest desplaçament del peu esquerre provoca una diferència important en l'augment de les velocitats lineals dels punts articulars del membre inferior esquerre, i també (encara que en més petita mesura) d'altres articulacions del membre superior esquerre, a excepció del colze esquerre, la velocitat lineal del qual serà inferior en aquest tipus de copejament. Respecte a les velocitats del membre inferior i superior dret, també són superiors els valors màxims assolits en el CP, encara que amb l'excepció, novament, de la velocitat lineal màxima del colze dret, que és menor.
- L'àmplia separació entre els suports i l'avenç del pes del cos cap a la cama avançada obliguen a la flexió del genoll dret, que assoleix una flexió molt accen-

tuada de  $97^\circ$  al final del llançament, en el CP. Es produeix així, el descens dels malucs, que arriben a la seva altura mínima respecte al terra en els instants finals del llançament.

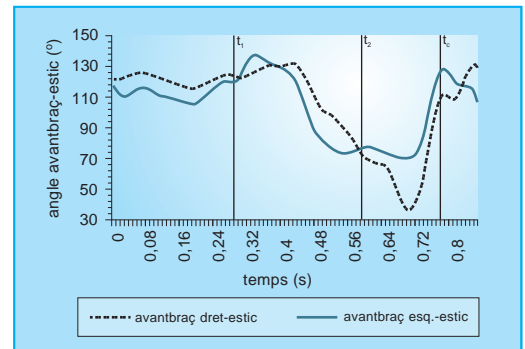
- La trajectòria de l'estic presenta un major component en el pla horitzontal, encara que es realitza en els tres plans de moviment. A més a més, és en aquest pla on experimenta més variació angular, tot adquirint un ampli recorregut durant la fase de *downswing*. Amb això es contraresta la diferència d'altura que assoleix l'extrem de l'estic en el CP, produïda pel descens dels malucs. Per possibilitar l'increment de recorregut angular de l'estic, els canells redueixen el seu angle (aproximant l'avantbraç a l'estic) durant la meitat final de  $t_1-t_2$  i la inicial de  $t_2-t_c$ , al mateix temps que els colzes s'aproximen entre si, i disminueix també l'angle de separació entre els avantbraços. Tot plegat es produeix ara que es provoca una adequada contraposició de l'eix espatlles-malucs. El resultat final és que l'estic adquireix una major velocitat angular, propera als 50 radian/s en aquest tipus de llançament.
- La velocitat màxima de l'extrem de l'estic és inferior a l'obtinguda en el CC, tanmateix, s'aconsegueix a una velocitat lineal màxima de la bola superior, que és assolida en menys temps (0,25 s) des del moment de l'impacte, aspecte que interessaria d'aprofundir en noves investigacions.
- En el moment de l'impacte amb la bola, l'estic es troba paral·lel a terra (només un grau respecte d'aquest), enfront dels  $57^\circ$  d'inclinació que presenta en el CC. Podem afirmar que es tracta d'un copejament de trajectòria veritablement plana en el moment de l'impacte.

- Futurs estudis portats a terme amb major nombre de subjectes, podrien establir si existeixen diferències estadísticament significatives entre algunes d'aquestes variables i d'altres, com ara l'angle entre el tronc i l'avantbraç dret, amb la velocitat de sortida de la bola.

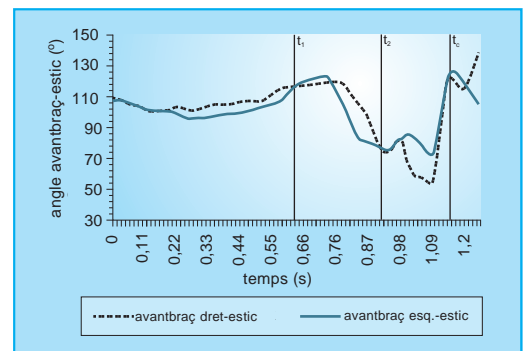
## Bibliografia

- Adrian, M.; Hulac, G.; Klinger, A. i Epperson, S. (1976). Biomechanical and sociological parameters of female athletes. *A Proceedings International Congress on Physical Activity Sciences*. Juliol. 11 16, volum 9. Quebec City, ps. 121-131 (Refs:22).
- Alexander, M. J. L. (1983). The kinematics, movement phasing and timing of a field hockey drive in response to varying conditions of uncertainty. *Counter attack* 3(2), desembre, 7 12 (Refs:5).
- Buzzell, N. L. i Holt, L. E. (1978). Cinema computer analysis of selected field hockey strokes. *Science in sports*. Del Mar, California: Academic Publishers, ps. 61-69.
- Gelinas, M. (1988). Kinematic characteristics of opposite field hitting. A, Kreighbaum, E. i McNeil, A. (eds.). *Biomechanics in sports VI: proceedings of the 6th International Symposium on Biomechanics in Sports*. Bozeman, Mont.: International Society of Biomechanics in Sports, ps. 519-530.
- Hendrick, J. L. (1983). *Biomechanical analysis of selected parameters in the field hockey drive*. Tesi (M.S.) Indiana University, 1981.
- Klatt, L. A. (1977). *Kinematic and temporal characteristics of a successful penalty corner in women's field hockey*. Tesi no publicada. Indiana University.
- Kushuhara, K. (1993). Kinematical analysis of field hockey stroke. *A Abstracts of the International Society of Biomechanics, XIVth Congress*, 4-8 juliol, vol. I, Paris: France, ps. 734-735 (Refs:1).
- Nakazawa, K i Yamamoto, H. (1987). Mechanical efficiency of dribbling in field hockey. *Biomechanics in sports III & IV: proceedings of ISBS*, Del Mar, California: Academic Publishers, ps. 79-81 (Refs:5) *International Sym-*

■ GRÀFICA 29.  
Copejament clàssic.



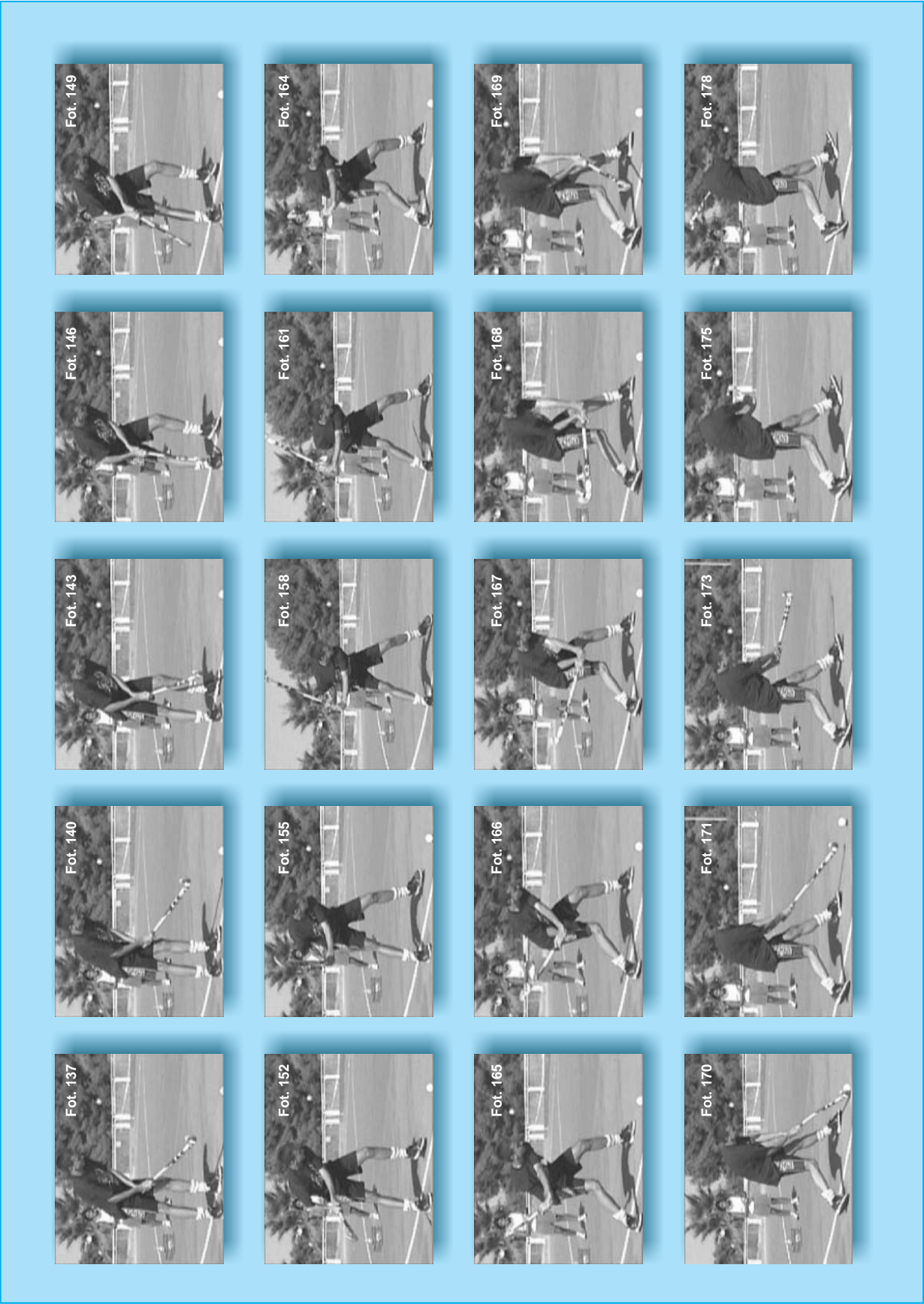
■ GRÀFICA 30.  
Copejament pla.



*posium of Biomechanics in Sports* (4th. Halifax, N.S.)

- Weicker, D. L. (1985). *The kinematics, movement phasing and timing of a field hockey drive in response to varying conditions of uncertainty*. Ottawa: National Library of Canada.
- Whalen, Michael T. (1992). *Three Dimensional Biomechanical Analysis of the Stationary and Penalty Corner Drives in Field Hockey*. Tesi. Vol 32/02 of Masters Abstracts. Canadà: University of Manitoba.
- Woltring, Herman J. (1986). *A fortran package for generalized, cross-validatory spline smoothing and differentiation*. Adv. Eng. Software, vol.8, n.º 2. Holanda: University of Nijmegen.

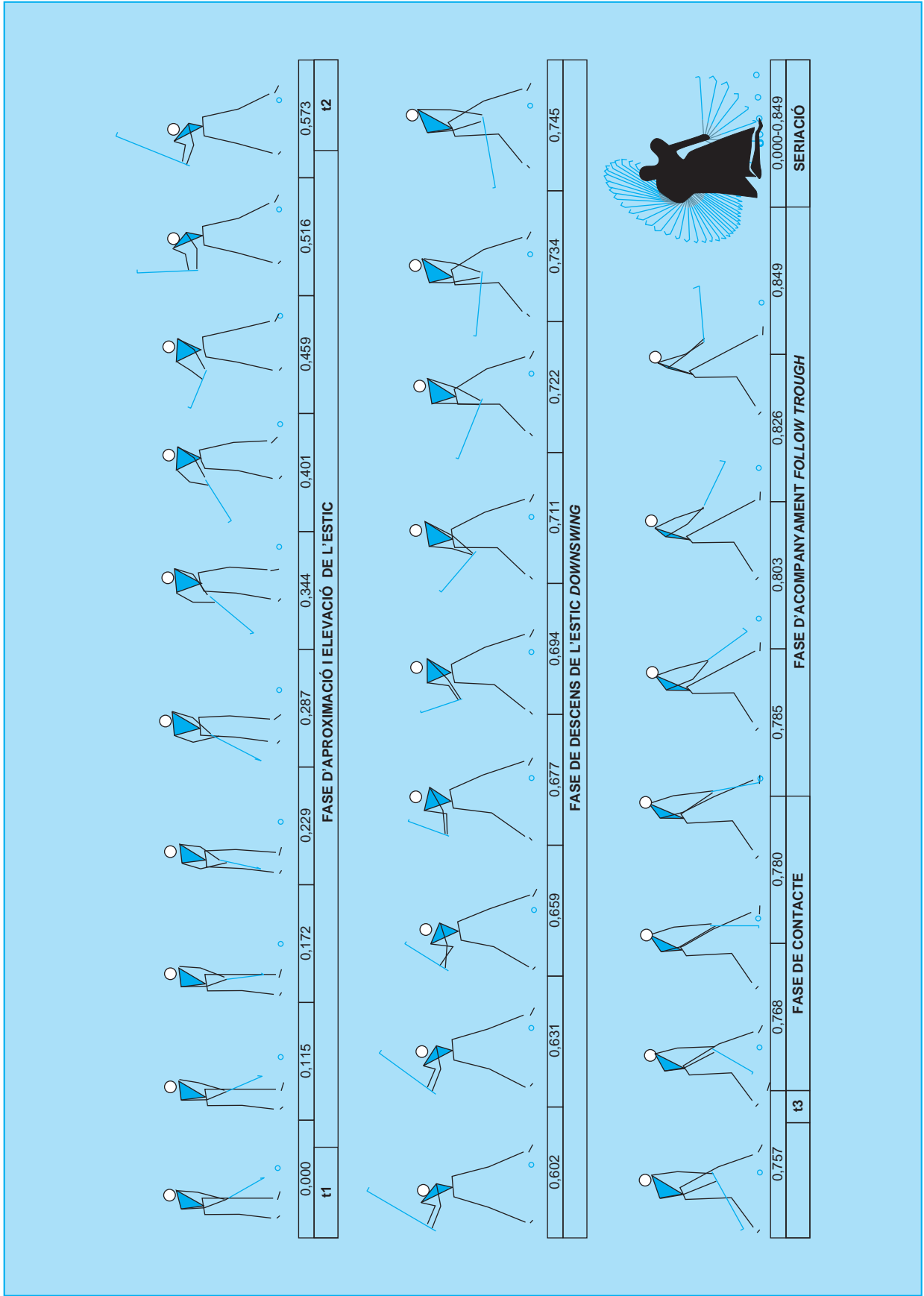
**ANNEXOS** Annex 1. Seqüència del copejament clàssic (càmera esquerra). Subjecte 6



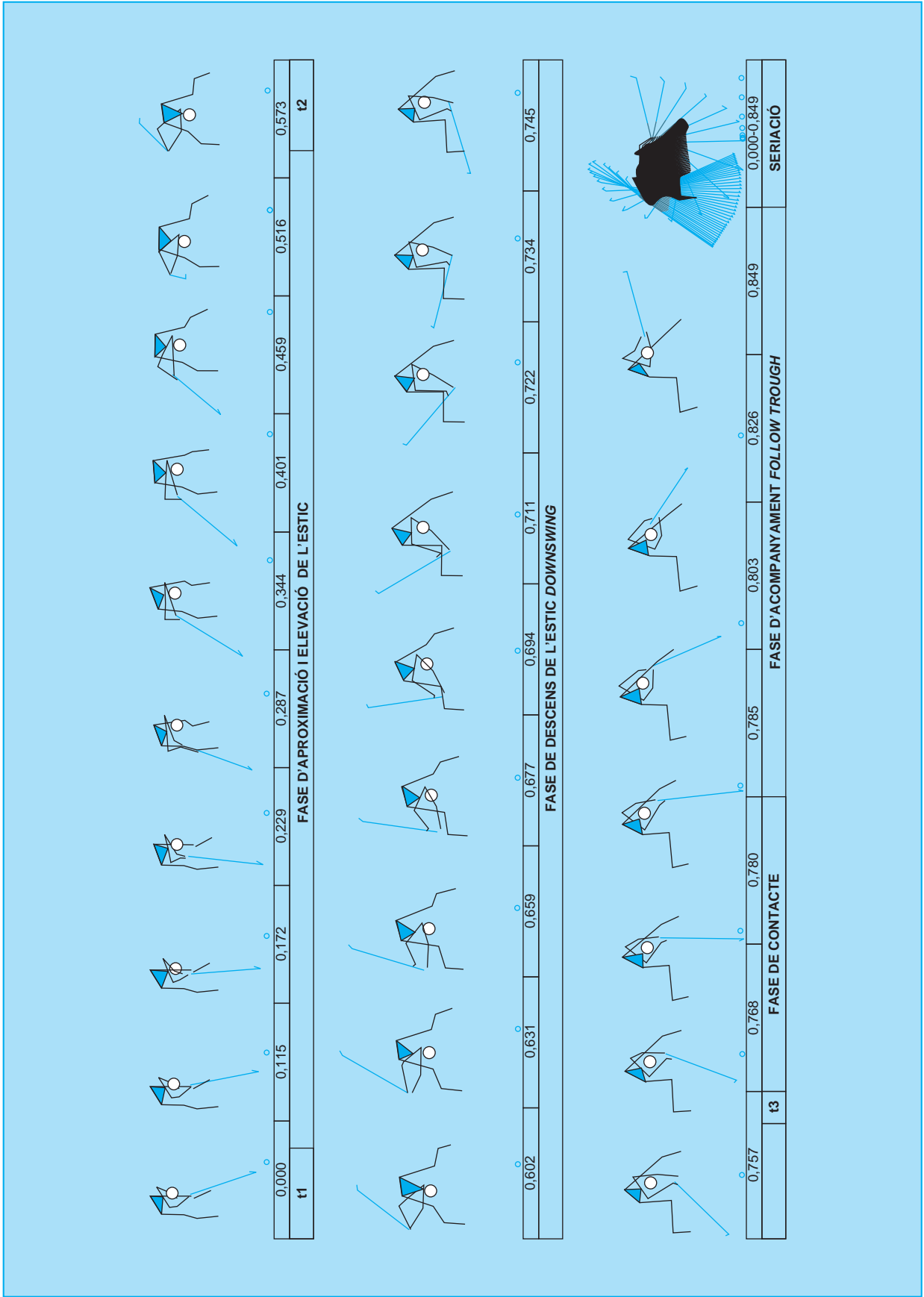
**Annex 2. Seqüència del copejament pla (càmera esquerra). Subjecte 6**



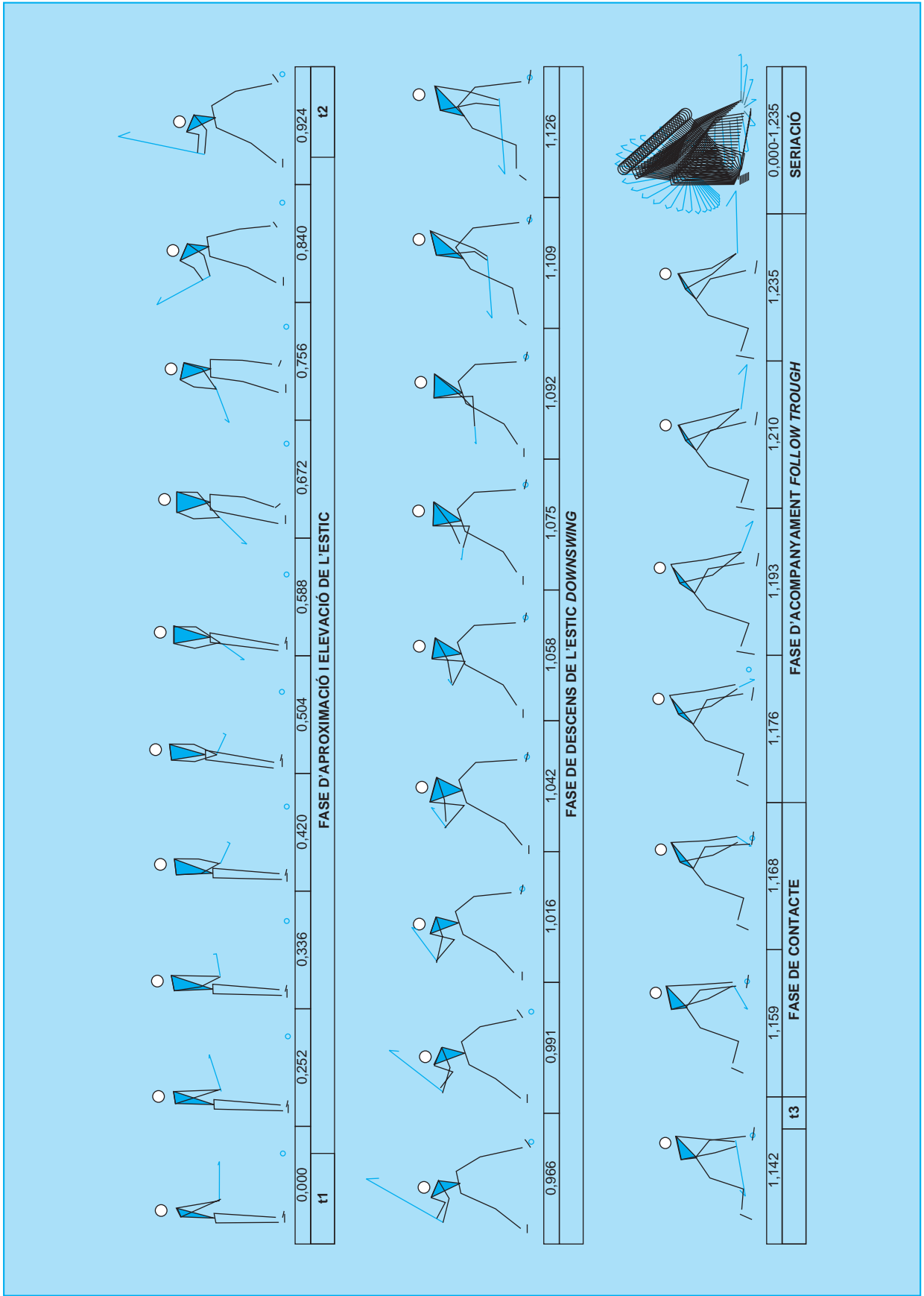
Annex 3. Sequència del fitxer copejament clàssic. Vista lateral



Annex 4. Seqüència del fitxer copejament clàssic. Vista superior



Annex 5. Seqüència del fitxer copejament pla. Vista lateral



Annex 6. Seqüència del fitxer copejament pla. Vista superior

