



**Hezkuntza eta Kirol Zientzien Fakultatea**  
**Gorputz eta Kirol Hezkuntza Saila**

***LEAD* MOTAKO GOI MAILAKO KIROL**  
**ESKALADAREN BEHAKETA ETA**  
**ANALISIA: DENBORA PATROIEN**  
**DETEKZIOA**

**Aitor Arbulu Bernaola**

Gasteiz, 2017



*Aita eta amari,  
eman eta erakutsi didazuen guztiagatik.*



# **DOKTOREGO PROGRAMA**

Jarduera fisikoa eta kirolaren zientziak

## **DOKTOREGO TESIA**

*LEAD* MOTAKO GOI MAILAKO KIROL  
ESKALADAREN BEHAKETA ETA ANALISIA:  
DENBORA PATROIEN DETEKZIOA

## **EGILEA**

Aitor Arbulu Bernaola

## **ZUZENDARIAK**

**Oidui Usabiaga Arruabarrena**

Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

**Julen Castellano Paulis**

Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

## **SAILA**

Gorputz eta Kirol Hezkuntza Saila

## **ESKER ONAK**

Eskalatzaile askoren esaera da: “Gora begira ez dago mugarik”. Horregatik lan honetan bide lagun izan zaituztedan guztioi eskerrak eman nahi dizkizuet bide luze honetan aurkitu ditudan oztopo eta erronkak gainditzen laguntzearren, eta horrela, gora begira mugarik ez dagoela sinetsiz, bide hau kateatzen laguntzeagatik.

Ez nituzke ahaztu nahi behaketa tresnarekin trebatzen eta azterketak egiten ibilitako lagunak, batez ere Mikel eta Egoitz, zuek egindako ordu luzetako lanagatik ez balitz, ezingo nuke lan hau inoiz burutu.

Eskerrik asko ere, nire itaunketa gogorra jasan zenuten goi mailako eskalatzaileei, batez ere Ane, Iñaki, Irati, Patxi, Fernando eta Joxean-i. Zuek egindako ekarpenak oso aberasgarriak izan ziren eta lan honen ezinbesteko oinarri bilakatu dira.

Un agradecimiento especial para nuestro amigo de la universidad de La Rioja. Tus conocimientos sobre patrones temporales y tus contribuciones, nos han abierto las puertas de nuevos caminos y han aportado a este trabajo una categoría especial, mil gracias Daniel.

Hitzez adierazi ezinezko esker ona eta maitasuna hasiera-hasieratik nire gidari, irakasle, lankide eta lagun izan zaituztedan zuzendarioi. Behin ola, esku pilotan pilotaren abiadura kalkulatzeko asmoz behaketa munduan sartu ninduzuen eta begiratu noraino iritsi garen. Hasieratik amaiera-arte nirekin izan duzuen pazientzia eta jarrera ikaragarriak izan dira, eta zuen lana eta konpromisoa eredugarriak, lan honen meritua nire bezain beste da zuena, eskerrik asko Julen eta Oidui.

Eskerrak ere urte hauetan nire ondoan egon zareten familia eta lagunei, era batean edo bestean babes handia izan zaretelako niretzat. Eskerrak gurasoei, beti hor egon zaretelako, eta erakutsi didazuelako gogor lan eginda gauzak irizten direla, horregatik lan hau zuei hezkaitzen dizuet. Eskerrak baita nire alabaren amari, momentu on eta txarretan beti egon zarelako nire ondoan. Eta azkenik, eskerrak zuri Naia, egunero eguna alaitzen didazulako.



# **AURKIBIDEA**









## AURKIBIDEA

<b>1. LEHENENGO KAPITULUA: Aurkezpena.....</b>	<b>27</b>
<b>2. BIGARREN KAPITULUA: Construcción de una herramienta de observación de escalada de élite y la estimación de la calidad del dato.....</b>	<b>37</b>
2.1. Resumen.....	39
2.2. Introducción.....	40
2.3. Método.....	41
2.4. Resultados.....	45
2.5. Discusión.....	46
2.6. Conclusión.....	48
2.7. Referencias.....	49
<b>3. HIRUGARREN KAPITULUA: A time motion analysis of lead climbing in the 2012 men’s and women’s world championship finals.....</b>	<b>53</b>
3.1. Abstract.....	55
3.2. Introduction.....	56
3.3. Methods.....	58
3.4. Results.....	60
3.5. Discussion.....	62
3.6. Practical applications.....	65
3.7. References.....	65
<b>4. LAUGARREN KAPITULUA: Detección y aplicación de <i>T-patterns</i> en la escalada de élite.....</b>	<b>71</b>
4.1. Resumen.....	73
4.2. Introducción.....	74
4.3. Método.....	75
4.4. Resultados.....	78
4.5. Discusión y conclusiones.....	81
4.6. Aplicaciones prácticas.....	83
4.7. Referencias.....	84
<b>5. BOSTGARREN KAPITULUA: Motion behaviour of top female climbers in the 2011 and 2012 world lead climbing championships.....</b>	<b>89</b>
5.1. Abstract.....	91

5.2. Introduction.....	92
5.3. Material and methods.....	93
5.4. Results.....	96
5.5. Discussion.....	100
5.6. Conclusions.....	101
5.7. References.....	102
<b>6. SEIGARREN KAPITULUA: Ondorioak, lanaren mugak, aplikazio praktikoak eta etorkizunerako proposamenak.....</b>	<b>105</b>
6.1. Ondorioak.....	107
6.2. Lanaren mugak.....	108
6.3. Aplikazio praktikoak.....	109
6.4. Etorkizunerako proposamenak.....	110
<b>7. ERANSKINAK.....</b>	<b>113</b>
7.1. SCOT behaketa tresna.....	115
7.2. SCOT-en formazio protokoloa.....	125
7.3. Eskaladan adituentzako elkarriketa gidoia.....	137
7.4. Artikuluak.....	141







# LEHENENGO KAPITULUA

## AURKEZPENA







## 1.1. SARRERA

Kirol eskalada gero eta jarraitzaile gehiago dituen kirol jarduera da, horren erakusle garbia da 2020. urtean, lehen aldiz kirol honen historian, Tokion gauzatuko diren Joko Olinpikoetan izango dela. Tesi honek kirol eskaladako zailtasuneko modalitatean jarri du fokua, *Lead* moduan ezaguna den lehiaketan hain zuzen. Eskala mota honek besaurreko giharren uzkurdua mantendua eta intermitentea eskatzen du, uzkurdua hauek normalean atsedean txikiekin banatuta joaten dira, baina atsedean hauek handiagoak dira magnesioaren erabilera, expressetik soka pasatzean eta atsedean keinuak egitean. Txapelketa hauek bide artifizial batean gora egiten dira eta eskalatzailearen helburua bide horretan ahalik eta goren ailegatzea da, aukera bakarra izaten du horretarako.

Kirol honen arrakasta nabaria bada ere, literatura zientifikoan kirol eskaladari buruz aurki ditzakegun artikulua gehienak alderdi fisiologikoetan zentratzen dira soilik: oxigeno kontsumoan, bihotz maiztasunetan eta laktato kontzentrazioetan gehienbat. Gainera, ikerketa hauek ez dira kirol jardueraren lehiaketa jardunaren benetako testuinguru eta errealitatean ematen, eta era berean, oso gutxi dira goi mailakako txapelketetan eliteko kirolariek egindako ikerketak. Halaber, alderdi fisiologikotik at gehien aztertzen dena eskalatzaileetan ohikoenak diren lesioak dira. Eskaladaren inguruko literatura aztertuta, oso gutxi izan dira behaketa metodologia erabiliz kirol jarduera hau aztertu dutenak<sup>12</sup>. Guzti honengatik, behaketa metodologiak kirol jarduerak bere testuinguru eta dinamiketan aztertzeko eskaintzen digun aukera baliatu nahi izan genuen, goi mailako eskalatzaileen igoerak eta berauetan erabilitako mugimenduak zein iraupenak aztertu asmoz.

Horretarako, behaketa metodologiaren prozesuan jarraitu beharreko pausuak<sup>3</sup> zehaztasunez bete genituen, datuaren kalitatea eginez lehenengo, eta ondoren behaketa eta erregistroen azterketa deskribatzaileak. Gainera, beste lan askotan egin bezala,

---

<sup>1</sup> De Benito, A. M., Sedano, S., Redondo, J. C., y Cuadrado, G. (2013). Análisis cualitativo de las implicaciones musculares de la escalada deportiva de alto nivel en competición. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 32(9), 154-180.

<sup>2</sup> White, D. J. y Olsen, P. D. (2010). A time motion analysis of bouldering style competitive rock climbing. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1356-1360.

<sup>3</sup> Etxeazarra, I., Castellano, J., y Usabiaga, O. (2013). Aplicación de diferentes estrategias para el control de calidad del dato de una herramienta observacional en fútbol formación. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 8(2), 301-316.

azterketa horiek gehiago osatu genituen ikerketa teknika indartsuagoekin, horrela eskalatzaileek izandako portaera egitura erregularrak, bai sekuentzian eta denboran, aztertu genituen *T-patterns*-ak erabilia.

## 1.2. HELBURUAK

Orain artekoa abiapuntutzat hartuta, tesi honen helburu orokorra kirol eskaladan *Lead* modalitatean lehiaketako ezaugarriak zehaztasunez aztertzea izan zen, betiere ikuspuntu estrategikotik. Honekin goi mailako kirol eskalatzaileen entrenamenduak diseinatu eta test desberdinak burutzeko ekarpenak eskaini nahi ziren. Honela, helburu nagusi hau betetzeko asmoz, jorratu genituen lau ikerketen helburu zehatzak honako hauek izan ziren:

1. Goi mailako kirol eskalatzaileen mugimenduak eta hauen iraupenak, aztertzeko eta behatzeko tresna fidagarria sortu. Tresna sortzea beharrezkoa zen ez baitzegoen literaturan eskalatzaileen mugimenduak, maiztasuna eta iraupena kontuan hartuz, aztertzeko behaketa tresnarik.
2. Goi mailako emakumezko zein gizonezko kirol eskalatzaileek egindako mugimenduak deskribatu eta kuantifikatu txapelketa batean, maiztasuna, denbora eta abiadura alderdien arabera alderaketa gauzatu. Behaketa tresnaren bidez eskuratutako erregistroak erabiliz oinarritzko deskribapen bat gauzatu nahi zen. Maiztasunaz gain, aberastasun handiagoa eskuratu asmoz, ekintza horien iraupena eta abiadura aztertu nahi izan zen.
3. 2011 urteko Eskaladako Munduko Txapelketan gizonezkoen *Lead* modalitateko finalean parte hartu zuten eskalatzaile hobereenen portaera patroiak (*T-pattern*-ak) deskribatu. Beste bakarkako kirol batzuetan egin den bezala, denbora patroiak erabili nahi izan ziren lehen aldiz goi mailako kirol eskalada behatzeko.
4. 2011 eta 2012 urteetako Eskaladako Munduko Txapelketetan, emakumezkoen *Lead* modalitateko finalean parte hartu zuten eskalatzaileen portaera patroiak deskribatu, antzekotasunak eta desberdintasunak bilatuz bidearen fase erabakigarrienean, hau da podiumeko azken emaitza erabakitzen den bidearen zatian. Ikerketa sakonagoak egiteko asmoz,

eskaladako bidearen fase horretan eskalatzaileek izandako jarrera taktikoak, T-patterns-en bidez aztertu nahi izan ziren txapelketa desberdinetan.

### 1.3. TESIAREN PLANTEAMENDUA

Tesi honen planteamenduari dagokionez, 1. irudian modu grafikoan ikus daitekeen moduan eta zehaztutako helburuei jarraiki, tesi hau burutzeko lehen jarduera behaketa tresna sortzea izan zen. Horretarako eskalatzaileek eskuekin egindako ekintza guztiak jasoko zituen tresna bat sortu genuen kirol eskaladako hainbat Munduko txapelketa behatu ondoren. Eskuekin egindako ekintzak bakarrik aztertzea erabaki genuen beheko gorputz adarren behaketa baztertuz, erabaki hau hartzeko arrazoi nagusiak bi izan ziren: alde batetik, goi mailako eskalatzaileentzako prestatutako txapelketako bideak egitura desplomatuetan egiten direla, eta ondorioz 90° gorako inklinazioa duten bide hauetan goiko gorputz adarren erabilera oso handia da beheko gorputz adarrekin alderatuta<sup>4</sup>. Aspektu hau oso argi erakutsi zuten Nóe, Quiane eta Martin-ek<sup>5</sup> egindako ikerketetan non ondorioztatu zuten eskaladako bideak bertikaletik 10° desplomatzen dutenean goiko gorputz adarren erabilera %43tik %62ra pasatzen zela. Beste alde batetik, badirudi eskuetako atzen indarra dela eskaladaren osagai nagusietako bat, gainera eskaladako entrenamenduak gehienbat indar honen hobekuntza zentratzen dira<sup>6,7,8,9</sup>. Honela, *ad hoc* sortutako behaketa tresnan gaineratu ziren ekintzak ondorengoak izan ziren: heldulekua hartu, heldulekua askatu, magnesioa hartu, atsedean keinuak egin, soka expresetik pasatu eta soka expresetik pasatzeko ahalegina egin. Bestalde, behaketa tresnaren baliozkotasuna ziurtatzeko, goi mailako zortzi eskalatzailerik behaketa tresna hau eta beronen erabilera erakutsi zitzaizen, eta banakako elkarrizketa sakonen bidez beraien iritzi eta argudioak jaso ziren, betiere tresna hobetzeko asmoarekin.

---

<sup>4</sup> MacLeod, D., Sutherland, D.L., Buntin, L., Whitaker, A., Aithchinson, T., Watt, I., Bradley, J., y Grant, S. (2007). Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *Journal Sports Science*, 25, 477-482.

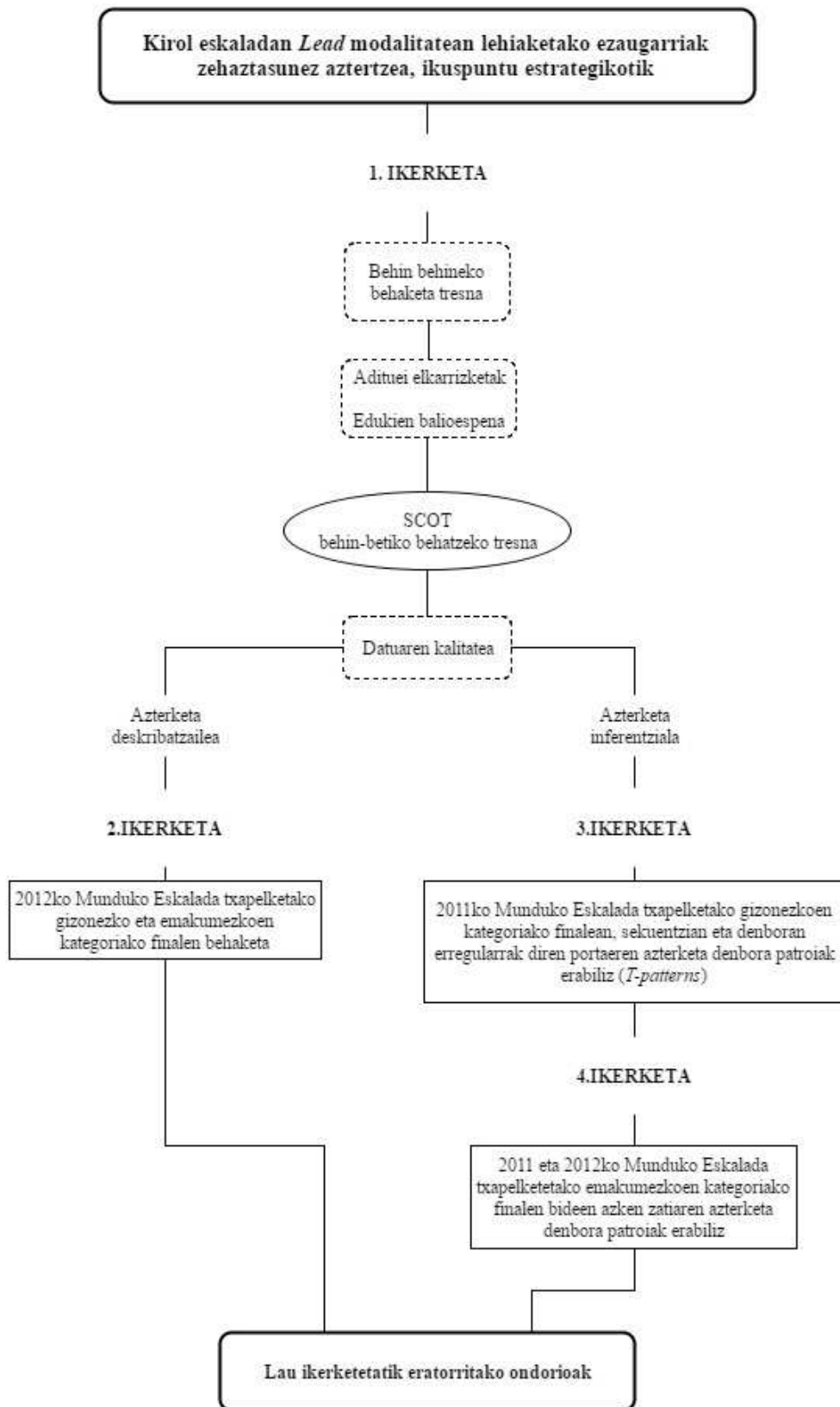
<sup>5</sup> N e, F., Quiane, F., & Martin, L. (2001). Influence of steep gradient supporting walls in rock climbing: Biomechanical analysis. *Gait and Posture*, 13, 86 – 94.

<sup>6</sup> Goddard, D., y Neumann, U. (1993). Performance rock climbing. (pp. 33, 39). Leicester, UK: Cordee.

<sup>7</sup> Hurni, M. (2003). Coaching climbing. Guilford, CT: Globe Pequot Press.

<sup>8</sup> Morstad, M. (2000). Training – technique. *On the Edge*, 98, 70– 73.

<sup>9</sup> Sagar, H. R. (2001). Climbing your best. Mechanicsburg, PA: Stackpole Books.



1. irudia. Ikerketa gauatzeko emandako pausuen deskribapen grafikoa.

Ondoren, goi mailako kirol eskaladan duten jakintzagatik (Munduko txapelketetan parte hartu duten eskalatzaileak eta berauen entrenatzaileak) aditu diren zortzi pertsonen egindako gogoetak jaso eta berauen argudioak jarraituz *Sport Climbing Observation Tool* (SCOT) sortu genuen. Jarraian gure bigarren ikerketan behaketa tresnaren datuaren kalitatearen analisia egiteari ekin genion, horretarako adostutako konkordantzia<sup>10</sup> oinarritutako korrelazio indizeak erabili genituen. Era berean, *Cohenen Kappa* indizea erabili zen Gainera, aurrez beste hainbat kirolean egin bezala, ikerketa zorrotzagoak egin genituen aldakortasun eta orokortasunei dagokienez.

Gure bigarren ikerketan, behin SCOT finkatuta eta balioztatuta, 2012an Paris-en burututako Eskaladako Munduko Txapelketa behatu genuen, bertan *Lead* modalitateko, neska eta mutilen finalerako igoerak aztertu genituen. Igoera bakoitzeko eskalatzaileek egindako ekintzen iraupena eta maiztasunak jaso genituen, kirol errendimenduari lotutako datu objektiboak eduki asmoz. Gainera, datu hauek eskuan, emakume eta gizonen arteko alderaketa ere egin genuen, sexuen artean desberdintasunik zegoen ikusteko.

Aurrerago gure hirugarren ikerketan, goi mailako kirol eskaladako jokabide estrategikoetan sakondu asmoz, eta behaketa metodologiak portaeren iraupenak jasotzeko eskaintzen digun aukera baliatuz, joko patroien identifikazioari ekin genion. Horrela, datuak aztertzeko teknika berriagoak erabiliz, sekuentzian eta denboran erregularrak diren portaerak antzeman genituen, betiere denbora patroiak erabiliz (T-patterns). Analisi hauetan, 2011an Arcon (Italian) burututako Eskaladako Munduko Txapelketako gizonen finaleko igoerak aztertu genituen, eta ikerketa horretan eskalatzaile hobereenek txapelketako bidea nola eskalatu zuten deskribatu genuen. Aurreko ikerketaren ildoari jarraiki, eta ikusita posible zela denbora patroien bidez eskalada aztertzea, gure laugarren ikerketan emakumezkoen bi txapelketa erregistratu eta aztertu genituen, eta honek bi txapelketen arteko alderaketa egiteko aukera eskaini zigun. Hirugarren ikerketarekin alderatuz, eskaladako bide osoa hartu beharrean bidearen azken zatian azterketa egin genuen, nabarmenduz zati hori izan zela podiumeko emaitza zehaztu zuena.

---

<sup>10</sup> Anguera, M. T. (1990). Metodología observacional. En J. Arnau, M. T. Anguera y J. Gómez-Benito (Eds.), *Metodología de la investigación en ciencias del comportamiento* (pp. 125-236). Murcia: Universidad de Murcia.

## 1.4. METODOLOGIA

Jarraian lan honetan erabilitako metodologia azalduko da: lanaren diseinua, parte-hartzaileak, behaketa tresna eta jarraitutako prozedurak elkarrekin erlazionatuz.

Lanaren diseinuari dagokionez eta zehaztutako helburuei erantzun asmoz, betiere behaketa metodologiaren barnean<sup>11</sup>, tesiaren pausu ezberdinetan gauzatutako ikerketen diseinuak III. koadrantean kokatzen dira<sup>12</sup>, hots, planteamendu nomotetikoak, puntuala eta multidimentsionala izango da. Hau da, nomotenikoa da eskalatazailer desberdinen igoerak erregistratzen direlako; puntuala, txapelketa zehatz bateko igoerak erregistratzen direlako (edo/eta, bi txapelketak aldi berean aztertuko direlako, jarraipenik aztertu gabe), eta; multidimentsionala, eskalatazailer izandako portaerak dimentsio desberdinetan –behaketa tresnan jasotako irizpideak, fazetak edo makrokategoriak– behatzen, kodifikatzen, erregistratzen, eta aztertzen direlako.

Parte-hartzaileei dagokienez, esan beharra dago jokatu diren azkeneko lau munduko txapelketetan (2011, 2012, 2014 eta 2016 urteak) podiumera igotako nesken % 71ak eta mutilen % 83ak parte hartu zutela ikerketa hauetan. Horrela, pausu bakoitzean burututako ikerketaren arabera lagin ezberdina hautatu zen:

- SCOT behatzeko tresnaren fidagarritasuna eta baliozkotasuna aztertzeko (lehenengo ikerketa) hainbat parte-hartzailearen kolaborazioa izan genuen. Alde batetik, SCOT-en baliozkotasuna aztertzeko bakarkako elkarrizketa egin genien goi mailako zortzi eskalatazailerak. Eta bestetik, fidagarritasuna aztertzeko lau pertsonen osatutako behatzaile taldea, hauek bikoteka Bartzelonan 2011n burututako Munduko Eskalada Kopako Txapelketako emakumeen finaleko igoera baten kodifikazioa egin zuten. Igoera honek 214 eta 218 erregistro izan zituen eta 2.500-2.567 *frame*-ko iraupena.
- Bestetik, goi mailako eskalatazailer mugimenduak deskribatu eta joko patrioiak eskuratzeko (2., 3. eta 4. ikerketak) beste lagin mota bat erabili zen. Honela, 2011n Arko-n (Italia) burututako Eskaladako Munduko

---

<sup>11</sup> Anguera, M. T. (1979). Observational typology. Quality & Quantity. *European-American Journal of Methodology*, 13, 449-484.

<sup>12</sup> Anguera, M. T., Blanco-Villasenor, A., Hernández-Mendo, A., y Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63–76.

Txapelketako finalerako igoerak bai emakume eta gizonen kategorietan, eta 2012an Paris-en (Frantzia) burututako Eskaladako Munduko Txapelketako finaleko igoerak, hemen ere emakumezko eta gizonzko kategorietan erabili ziren. Guztira 32 igoera izan dira, 8.000 erregistrotik gora. Txapelketa hauetan aparte hartu zuten kirolariak goi mailakoak izan ziren, eta mota hauetako txapelketetan esperientzia handidunak.

Beste alde batetik, datuak eskuratzeko instrumentuei dagokienez kasuan-kasu lortu beharreko helburuen arabekoak erabili ziren:

- Baliozkotasuna aztertzeko, adituei egindako elkarrizketa sakonak erabili ziren. Galdeketaren gidoiak bi atal zituen, goi mailako eskaladaren inguruko galderak eta SCOT behaketa tresnaren irizpide eta kategoria-sistemak osatutako zerrenda.
- Gainerako datuak, SCOT behatzeko tresnaren bidez eskuratu ziren. Behaketa tresna taxonomiko hau sei irizpidez eta 74 kategoriaz osatua dago. SCOT-ek ondorengo portaerei buruzko informazioa edukitzea ahalbidetzen digu: heldulekua identifikatzea, erabilitako eskua, heldulekuarekin kontaktua hasiera eta amaiera, txapatzeak, magnesioaren erabilera eta atsedanak, guzti hau portaera bakoitzaren iraupena neurtuz.

Azkenik, ikerlan honetan jarraitutako prozedurak egoera bakoitzean beharrezkoa izan denaren arabera erabili dira. Horrela, behin behineko behaketa tresna sortzeko eskaladako bideo ugari ikusi eta behatu nahi genituen portaerak zehaztu genituen, gainera, frogak egiten hasi ginen igoerako zati desberdinak aztertuz, honela nahi genituen ekintzak detektatzeko eta baita hauen iraupenak kalkulatzeko gai ginela ikusteko. Ondoren, SCOT-en baliozkotasuna ikusteko goi mailako zortzi eskalatzaileri banakako elkarrizketak egin zitzaizkien eta hauek iradokitako gomendioei jarraituz behin-betiko behaketa tresna sortu genuen, SCOT izendatua. Jarraian, behatzaileen formazioari ekin genion SCOT-en fidagarritasun frogak egiteko. Froga hauetan, hiru erregistro egin ziren, talde artekoak eta talde barnekoak, eta ondoren *Pearson* korrelazioa, *Kappa* indizeak eta orokortasun ikerketa ere kalkulatu genituen, lehenengo ikerketa. Behin SCOT-en datuaren kalitatea gaindituta, gure bigarren ikerketan,



azterketa deskribatzailea egin genuen 2011 Arco-n (Italia) eta 2012 Paris (Frantzia) burututako Munduko Eskalada Txapelketen nesken eta mutilen kategoriatako finaleko bideoak aztertuz MOTS<sup>13</sup> *softwarearen* laguntzarekin. Bertan eskalatzailerek eramandako eskalada erritmoa, heldulekuetan indarra egiten pasatako denbora, hartutako atsedeen kopurua eta hauen iraupena bezalako datuak azalerazi ziren, besteak beste. Aurrerago, azterketa inferentzialak egin genituen, honela gure hirugarren ikerketan, Arco (Italian) 2011an burututako Munduko Txapelketako finaleko bidearen erdia baino gehiago eskalatu zuten eskalatzaileren igoerekin, bidearen deskribapena osoa egitea lortu genuen *T-pattern*-ak erabiliz. Horretarako, bidea hiru zati esanguratsuenetan banatu genuen eta bertan deskribatutako patroiek gutxienez eskalatzaileren %75ak eginak izan ziren. Azkenik, gure laugarren ikerketan, T-patterns-ak erabiliz 2011 eta 2012ko Munduko Eskalada Txapelketetako emakumeen finaleko bideen zati erabakigarrienetako denbora patroiak deskribatzea lortu genuen, hau da podiuma erabaki zeneko pasarteetakoak.

---

<sup>13</sup> Castellano, J., Perea, A., Alday, L., y Hernández-Mendo, A. (2008). Measuring and observation tool in sports. *Behavior Research Methods*, 40, 898-903.

# **BIGARREN KAPITULUA**

## **CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE OBSERVACIÓN DE ESCALADA DE ÉLITE Y LA ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DEL DATO**





## 2.1. RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto la estimación de la calidad del dato de una herramienta de observación diseñada *ad hoc* para analizar la escalada deportiva. *Sport Climbing Observational Tool (SCOT)* está configurado por seis criterios y 74 categorías, contemplándose las acciones que realiza el escalador con sus extremidades superiores tanto en frecuencia como en duración. Después de que cuatro observadores realizaran un proceso de formación, se llevó a cabo un registro de una ascensión. A partir de los registros obtenidos mediante *concordancia consensuada* se llevaron a cabo la estimación del índice de correlación de *Pearson*, el coeficiente de *Kappa de Cohen*, así como el estudio de Generalizabilidad, tanto para las frecuencias como para las duraciones. Los resultados fueron óptimos, con una correlación de 0,99, valores de asociación por encima de 0,82 y de precisión en la generalizabilidad próximo a la unidad. Se puede concluir con que la herramienta propuesta es fiable para proceder de manera sistematizada a la codificación y registro de las acciones que se realizan en la escalada de élite. Su aplicación permitirá a los entrenadores y escaladores conocer las estrategias temporales empleadas en la escalada, para así diseñar y optimizar los entrenamientos.

**Palabras clave:** Metodología observacional, Teoría de la Generalizabilidad, escalada deportiva, fiabilidad.

## 2.2. INTRODUCCIÓN

El uso de la metodología observacional (MO) otorga la oportunidad de analizar los deportes en contexto y dinámicas habituales, por lo que ha sido muy utilizado para el estudio de diferentes modalidades deportivas (Anguera y Hernández-Mendo, 2013, 2014 y 2015). Pero para ello esta metodología exige respetar rigurosamente todas las fases del proceso (Etxeazarra, Castellano, y Usabiaga, 2013). Concretamente, previamente a la observación y registro de la muestra seleccionada (el estudio propiamente dicho) se debe realizar el análisis de la calidad de dato de la herramienta observacional (HO) a utilizar (Hernández-Mendo y Pachuelo, 2012; Hernández-Mendo, Montoro, Reina, y Fernández-García, 2012).

En los estudios observacionales del ámbito deportivo existen diferentes formas de estimar la fiabilidad, validez y precisión (Blanco-Villaseñor, 1993). En muchos casos, para estimar la fiabilidad de los observadores, se han utilizado índices de asociación que determinan la calidad del dato respetando el orden del registro y corrigiendo de ese modo el efecto del azar. Para ello, partiendo de la *concordancia consensuada* (Anguera, 1990), se han utilizado análisis de índices de correlaciones e índices de *Kappa de Cohen*. Asimismo, otros trabajos (p. e. Aragón, Lapresa, Arana, Anguera, y Garzón, 2015; Blanco-Villaseñor, Castellano, Hernández-Mendo, Sánchez-López, y Usabiaga, 2014; Etxeazarra et al., 2013; Morillo y Hernández-Mendo, 2015; Iglesias, Rodríguez-Zamora, Chaverri, Rodríguez, Clapés, y Anguera, 2015) han optado por llevar a cabo análisis más exhaustivos incorporando los análisis de variabilidad y generalizabilidad como complemento a los análisis anteriores. A partir de una revisión detallada sobre investigaciones llevadas a cabo sobre la escalada deportiva, se ha observado que son pocos los estudios que han abordado el análisis de los comportamientos de los escaladores en el seno de la metodología observacional (p.e. De Benito, Sedano, Redondo, y Cuadrado, 2013; White y Olsen, 2013). Además, no se tiene constancia por parte de los autores de la existencia de una HO que analice la frecuencia, el orden y la duración de las acciones que se dan en la escalada de élite y, por tanto, este es un aspecto novedoso de este trabajo.

Con todo, el presente trabajo exploratorio tiene por objetivo el análisis de la calidad del dato de una HO diseñada *ad hoc*, empleando para ello las frecuencias y duraciones de las acciones realizadas por los escaladores. Todo ello con un HO aplicada

a la escalada de élite, y donde para estimar la calidad del dato se emplearán tres estrategias diferentes: correlaciones, asociaciones y análisis de la variabilidad. Los resultados de este estudio permitirían conocer si la HO específica para analizar las acciones que realizan estos escaladores en competición es fiable, y en su caso permitirá describir los comportamientos de los escaladores y, en consecuencia, poder implementar estrategias de intervención en la valoración del rendimiento u optimización de su preparación.

## 2.3. MÉTODO

### 2.3.1. Participantes

Cuatro observadores participaron en este estudio y codificaron una ascensión de la Copa Del Mundo de Escalada Deportiva en la *modalidad de Lead* que se celebró en Barcelona en el año 2011. Concretamente fueron el registro de una ascensión de la final de la categoría femenina la que se empleó para estimar la fiabilidad del instrumento de observación, ya que son estas vías las que normalmente determinan el resultado final de esta competición. Esta ascensión supuso entre 214 y 218 registros, obtenidos a partir de los seis criterios principales de los que se compone la HO empleada. El rango de duración de los cuatro registros realizados para codificar el ascenso estuvo entre 2.500-2.567 *frames*.

### 2.3.2. Instrumento de codificación

Para registrar la ocurrencia y duración de las acciones de los escaladores de élite de forma secuencial, se ha creado una HO *ad hoc* combinando diferentes sistemas de categorías y formatos de campo, denominado *SCOT (Sport Climbing Observation Tool)*. La herramienta taxonómica está constituida por seis criterios y 74 categorías (Tabla 1). Este instrumento observacional permite analizar los siguientes comportamientos en de la escalada *Lead* de élite: la identificación de la presa, la mano empleada para cada agarre, el inicio y final de los contactos, el *chapaje* o paso de la cuerda, el uso de magnesio y los descansos, así como las duraciones de cada comportamiento (tiempo empleado en cada presa y entre presas, los descansos, los chapajes y el uso del magnesio), teniendo siempre en cuenta la lateralidad. En la presente investigación se utilizan datos secuenciales de multievento con tiempo

(Bakeman y Quera, 1996), anotando la mano empleada tanto cuando agarra una presa como cuando la suelta y los *chapajes*, el uso de magnesio y los gestos descansos cuando ocurren.

Tabla 1

*Criterios configuradores de la herramienta observacional SCOT.*

<b>Criterio</b>	<b>Descripción y categorías</b>
Hold	Agarre o presa (62 niveles): esta categoría hace referencia a la presa que está utilizando el escalador. Se toman en cuenta una o dos presas para el comienzo de la escalada (STA1 y STA2) y las demás categorías van de número 1 al 60.
Hand	Mano (2 niveles): Indica la mano con la que el escalador ejerce fuerza sobre la presa, izquierda (LEFT) y derecha (RIGH).
Hand Contact Time	Duración del contacto de la mano (2 niveles): nos marca el momento exacto donde se establece que la mano del escalador contacta con la presa y por consiguiente empieza a hacer fuerza sobre ella (CSTA), y por otra parte el momento exacto donde la mano pierde contacto con la presa y deja de ejercer fuerza sobre la presa (CEND).
Quickdrawing	El <i>chapaje</i> de la cinta <i>expres</i> (4 niveles) determina el momento en el que el escalador pasa la cuerda por el <i>expres</i> y con qué mano lo realiza (QLEF y QRIG). Por otra parte, esta categoría también establece si se da un intento de <i>chapaje</i> pero que no culmina en <i>chapaje</i> y con qué mano se realiza (QTLE y QTRI)
Chalk	El uso del magnesio (2 niveles) nos indica cuando el escalador mete la mano en la bolsa de magnesio para coger magnesio y con qué mano realiza este gesto (MLEF y MRIG).
Rest	Descanso (2 niveles) representa los gestos de descanso que realiza el escalador durante la ascensión de la vía y con qué mano se realizan (RLEF y RRIG)

### 2.3.3. Instrumentos de registro y análisis

Para el registro de los datos se ha empleado la aplicación informática *MOTS* (Castellano, Perea, Alday, y Hernández-Mendo, 2008). En la siguiente Figura 1 se puede observar como en la aplicación se definen los criterios y categorías de la herramienta *SCOT*, junto con el video, para llevar a cabo la observación, codificación y registro de los comportamientos de los escaladores.

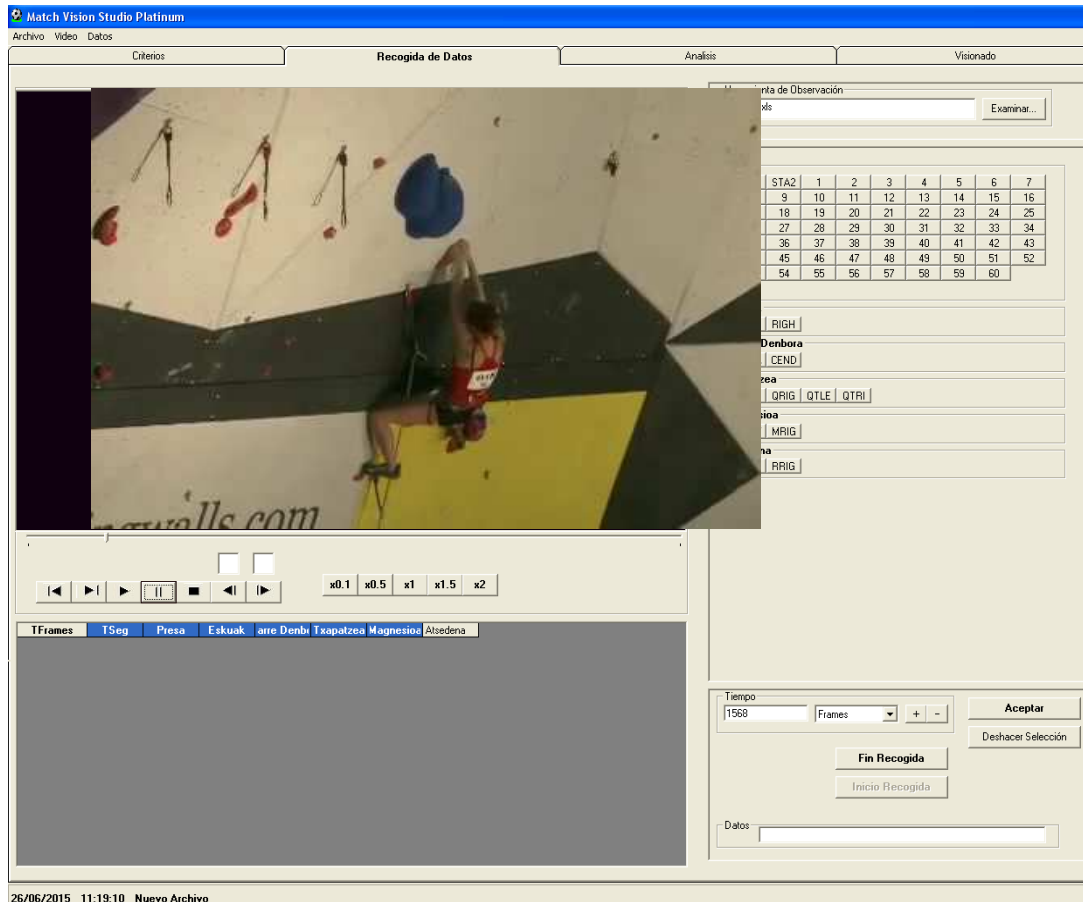


Figura 1  
 Interface del MOTS (Castellano et al., 2008) donde se ha configurado la herramienta SCOT, a partir de la cual se codificaron las ascensiones.

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico *SPSS para Windows versión 20.0* y la hoja de cálculo *Excel*. También se empleó el programa *SAGT v1.0* (Ramos, Hernández-Mendo, Pastrana, y Blanco-Villaseñor, 2012) para el análisis de la generalizabilidad.

### 2.3.4. Procedimiento

El proceso de formación, entrenamiento y mantenimiento de los observadores es una parte muy importante en la metodología observacional, puesto que esto ayuda a incrementar la eficiencia de los resultados (Losada y Manolov, 2015). Es por ello, que antes de realizar el registro definitivo para estimar la calidad del dato, los observadores recibieron cinco sesiones de formación, de dos horas de duración cada una. Para estas sesiones se siguió un protocolo de formación expresamente diseñado para ello, donde se les explicó: las fases de la formación y la prueba final, el esquema básico de la



herramienta taxonómica y vídeos con ejemplos gráficos. En estas sesiones realizaron prácticas añadiendo los diferentes criterios de *SCOT* progresivamente, hasta conseguir dominar por completo la herramienta. Una vez formados, se procedió a realizar la prueba de fiabilidad. Para tal fin dos grupos de dos observadores realizaron la codificación y registro de la misma ascensión de escalada. Se optó por que los observadores trabajaran por parejas, para garantizar la *concordancia consensuada* previa al registro (Anguera, 1990).

Con todo, los datos que se obtuvieron fueron entre grupos de observadores e intragrupal. Para ello el primer grupo (A1) realizó el registro de la ascensión una vez, pero el segundo grupo (B) realizó dos codificaciones de la ascensión: un primer registro (B1), una posterior codificación 10 días más tarde (B2). En total se obtuvieron tres observaciones de una misma ascensión.

Tal y como se ha configurado *SCOT*, no es necesario que se seleccione una categoría de cada uno de los criterios, en algunos casos la constelación de categorías que coocurren no abarcan todos los criterios. En el caso de que el escalador agarre o suelte una presa solo se tienen que codificar los tres primeros criterios (*hold*, *hand* y *hand contac time*), bastando dichos criterios para calcular el tiempo empleado en cada presa. Por el contrario, si el escalador realiza otras acciones como coger magnesio, pasar la cuerda por el *quickdraw* o hacer un gesto de descanso, sólo se tienen que registrar la categoría del criterio realizado (Figura 1).

Para estimar la fiabilidad de los observadores, por una parte, se utilizó el índice de correlación de *Pearson*, como en anteriores estudios (Usabiaga, Castellano, Blanco-Villaseñor, y Casamichana, 2013), el cual mide la relación lineal entre dos parámetros cuantitativos y aleatorios. Por otra parte, el cálculo del coeficiente *Kappa de Cohen* (Cohen, 1960) fue implementado para cada uno de los criterios que configuran *SCOT* así como para la sesión completa. Asimismo, y como complemento a lo anterior, se realizó un estudio de generalizabilidad (Blanco-Villaseñor, et al., 2014), tanto con las frecuencias como con las duraciones registradas de cada conducta, para lo cual se configuró un diseño de dos facetas *observador* y *conducta*.

## 2.4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos sobre la concordancia global de los tres registros mediante el coeficiente de *Pearson* fueron de 0,99 en todos los casos. En relación al coeficiente de *Kappa de Cohen* (Cohen, 1960), primeramente se compararon los registros dos a dos y se obtuvieron los valores para las frecuencias de cada criterio, los cuales se situaron en un rango entre 0,93 y 1 (Tabla 2).

Tabla 2  
*Coeficiente de Kappa de Cohen para las frecuencias de cada conducta para los dos pares de observadores.*

	Concordancias		
	inter	inter	intra
	A1-B1	A1-B2	B1-B2
Hold	0,94	0,94	0,98
Hand	0,98	1	0,98
Hand contact time	1	1	1
Quickdrawing	1	1	1
Chalk	1	1	1
Rest	0,93	0,87	0,93

Nota: A1 es registro primer grupo; B1 es el primer registro del segundo grupo; B2 es segundo registro del segundo grupo.

En segundo lugar, también se calcularon los valores considerando las duraciones de las acciones, los cuales se situaron en un rango de entre 0,82 y 0,99 (Tabla 3). Todos los datos obtenidos en relación a la concordancia inter e intra observadores se situaron en el máximo rango óptimo (Fleiss, 1971), lo que supone un nivel de concordancia alto.

Tabla 3  
*Coeficiente de Kappa de Cohen para las duraciones de cada acción para los dos pares de observadores.*

	Concordancias		
	inter	inter	intra
	A1-B1	A1-B2	B1-B2
Hold+ Hand+ Hand contact time	0,98	0,98	0,98
Chalk	0,92	0,89	0,89
Quickdrawing	0,95	0,96	0,92
Rest	0,85	0,85	0,82

Nota: A1 es registro primer grupo; B1 es el primer registro del segundo grupo; B2 es segundo registro del segundo grupo.

Finalmente, se procedió a la realización de un estudio de generalización a partir del modelo de dos facetas: *observador* y *conducta*. El plan de medida fue C/O, es decir, se colocó como faceta de diferenciación [*conducta*] y en la faceta de instrumentación [*observador*]. Además, se estimó el porcentaje de variabilidad de cada una de las facetas y sus interacciones, así como los coeficientes absolutos y relativos de generalizabilidad, tanto para las frecuencias como para las duraciones de las categorías (Tabla 4).

Tabla 4  
Análisis de los componentes de varianza y de los coeficientes de generalización en el diseño de dos facetas C/O [Conducta/Observador] para frecuencias y duraciones.

<b>Con frecuencias</b>				
Facetas	gl	SC (Tipo III)	Pr > F	%
Observador [O]	3	0,5	0,9949	0
Conducta [C]	5	35150,6	<,0001	99,3
O*C	12	1,7	1,000	1
C/O		$\zeta p^2_{(\delta)} = 1,000$ y $\zeta p^2_{(\Delta)} = 1,000$		
$R^2 = 0,996$		Pr > F para el modelo <,0001		
<b>Con duraciones</b>				
Facetas	gl	SC (Tipo III)	Pr > F	%
Observador [O]	3	5189,3	0,9911	0
Conducta [C]	5	371310600,9	<,0001	99,3
O*C	12	32327,1	1,000	1
C/O		$\zeta p^2_{(\delta)} = 1,000$ y $\zeta p^2_{(\Delta)} = 1,000$		
$R^2 = 0,997$		Pr > F para el modelo <,0001		

Nota: En la tabla figuran el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), los grados de libertad (gl), la suma de cuadrados para los datos tipo III (SC tipo III), el % de variabilidad de cada una de las facetas y de sus interacciones así como los coeficientes absolutos y relativos de generalizabilidad ( $\zeta p^2_{(\delta)}$  y  $\zeta p^2_{(\Delta)}$ ) para el diseño C/O .

El cálculo de las fuentes de varianza dio como resultado que casi toda la variabilidad (99%) estuvo asociada a la faceta *conducta* [C], mientras que la faceta *observador* [O] presentó una variabilidad prácticamente nula. El análisis global de los coeficientes de generalizabilidad, aproximándose a la unidad, fue excelente.

## 2.5. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue estimar la calidad del dato de una HO elaborada *ad hoc*, SCOT, comprobando así su fiabilidad. El presente trabajo ha sido novedoso por

incluir el registro de las duraciones en el estudio de la calidad del dato. Además de los análisis convencionales con las frecuencias, se han llevado a cabo también análisis de coeficiente de *Kappa de Cohen* y de generalizabilidad, utilizando las duraciones en *frames* de los registros. A partir de una formación previa realizada con los observadores, los resultados obtenidos indicaron que *SCOT* superó el control de la calidad del dato, tal y como reflejan los diferentes indicadores que fueron implementados en su valoración. Los resultados permiten decir que la herramienta taxonómica *SCOT* podría ser empleada en la descripción del comportamiento de los escaladores de élite y en consecuencia poder desarrollar investigación en al ámbito observacional, pudiéndose aplicar innovadoras técnicas analíticas como son los patrones temporales o *T-Patterns* (Anguera y Hernández-Mendo, 2015).

Los datos obtenidos en relación a los índices de la correlación de *Pearson* fueron óptimos, tanto para los datos inter observadores como para los intra observadores, similares a los encontrados en otros trabajos como Morillo y Hernández-Mendo (2015) en el ámbito del balonmano playa. Por otra parte, los resultados conseguidos en el coeficiente de *Kappa de Cohen* para cada pareja de observadores, fueron también excelentes, por encima del 0,87 en el caso de las frecuencias y del 0,82 cuando se consideraron las duraciones. Estos resultados, en el caso de las frecuencias, son parecidos a los encontrados en trabajos de escalada (p.e. De Benito et al., 2013) y también en otros trabajos donde realizan análisis de la calidad de dato de HO, existen numerosos estudios observacionales de deportes individuales que alcanzan un nivel de calidad de dato parecido (p.e. Aragón et al., 2015; Iglesias et al., 2015).

Además, los valores estimados sobre el porcentaje de variabilidad aportada por cada faceta a partir del análisis de los componentes de variancia y los valores de los coeficientes relativo y absoluto de generalizabilidad, se ajustaron al requerido en esta fase de la investigación, asemejándose los conseguidos por otros autores en otras disciplinas deportivas, por ejemplo, Aragón et al. (2015) en atletismo y Etxezarra et al. (2013) en fútbol de etapa formativa. El coeficiente de estimación de la precisión de la generalizabilidad fue muy alto (próximo a 1) para el diseño C/O, tanto para la frecuencias como para las duraciones. La variabilidad del modelo viene recogida en la faceta *categorías* o *acciones*, lo que representaría una alta heterogeneidad. Sin embargo, la faceta *observadores* apenas aglutina variabilidad, lo que representaría una alta

homogeneidad en la codificación y registro realizada por los observadores que participaron en el estudio. A partir de estos indicadores de fiabilidad inter e intra observadores podemos asumir que a partir de esta HO y con una formación adecuada se podría pasar a la fase activa o sistematizada de la investigación (Anguera, 1990), tal y como lo establece la metodología observacional (Anguera y Hernández-Mendo, 2013).

Por último, en la línea de lo que propusieron White y Olsen (2010) en su trabajo sobre la escalada de modalidad de *Boulder*, *SCOT* brinda la oportunidad de hacer análisis cuantitativos y temporales en la escalada deportiva en la *modalidad de Lead*. Además posibilita seguir un paso más adelante aplicando *SCOT* en futuras investigaciones en la detección de patrones temporales o *T-Patterns*, pudiendo implementar *SCOT* para ampliar conocimiento sobre la escala deportiva, tal y como se ha hecho en otras disciplinas deportivas (p.e. Aragón et al., 2015; Iglesias et al., 2015; Lapresa, Camerino, Cabedo, Anguera, Jonsson, y Arana, 2015), incluyendo de manera novedosa el registro del tiempo y, por tanto, ampliando las posibilidades de incluir aspectos temporales en el diseño de tareas en el proceso de entrenamiento o valoración de ritmos en el análisis del rendimiento.

## 2.6. CONCLUSIÓN

Este trabajo presenta el estudio de la calidad del dato de la herramienta taxonómica *SCOT*, que permite describir los comportamientos de la escalada deportiva de alto nivel. *SCOT* permite la codificación de la frecuencia, orden y duración de las acciones que se dan en la escalada de rendimiento. *SCOT* podría ser utilizado en futuras investigaciones para valorar el rendimiento, para diseñar estrategias de intervención o para preparar test específicos, con el objetivo de conocer y mejorar el rendimiento en la escalada deportiva de alto nivel.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte de la investigación *Observación de la interacción en deporte y actividad física: Avances técnicos y metodológicos en registros automatizados cualitativos-cuantitativos*, que ha sido subvencionado por la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad [DEP2012-32124], durante el trienio 2012-2015.

## 2.7. REFERENCIAS

- Anguera, M. T. (1990). Metodología observacional. En J. Arnau, M. T. Anguera y J. Gómez-Benito (Eds.), *Metodología de la investigación en ciencias del comportamiento* (pp. 125-236). Murcia: Universidad de Murcia.
- Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2013). La metodología observacional en el ámbito del deporte. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 9(3), 135-160.
- Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 103-109.
- Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2015). Técnicas de análisis en estudios observacionales en ciencias del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 13-30.
- Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M. T., y Garzón, B. (2015). Tactical behaviour of winning athletes in major championship 1500-m and 5000-m track finals. *European Journal of Sport Science*, DOI:10.1080/17461391.2015.1009494
- Bakeman, R. y Quera, V. (1996). *Análisis de la interacción*. Madrid: RAMA.
- Blanco-Villaseñor, A. (1993). Fiabilidad, precisión, validez y generalización de los diseños observacionales. En M. T. Anguera (Ed.), *Metodología Observacional en la investigación psicológica* (Vol. II, pp.149-274). Barcelona: PPU.
- Blanco-Villaseñor, A., Castellano, J., Hernández-Mendo, A., Sánchez-López, C. R., y Usabiaga, O. (2014). Application of the generalizability theory in sport to study the validity, reliability and estimation of samples. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 131-137.
- Castellano, J., Perea, A., Alday, L., y Hernández-Mendo, A. (2008). Measuring and observation tool in sports. *Behavior Research Methods*, 40, 898-903.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 687-699.
- De Benito, A. M., Sedano, S., Redondo, J. C., y Cuadrado, G. (2013). Análisis cualitativo de las implicaciones musculares de la escalada deportiva de alto nivel en competición. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 32(9), 154- 180.

- Etxeazarra, I., Castellano, J., y Usabiaga, O. (2013). Aplicación de diferentes estrategias para el control de calidad del dato de una herramienta observacional en fútbol formación. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 8(2), 301-316.
- Fleiss, J. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychological Bulletin*, 76(5), 378-382.
- Hernández-Mendo, A. y Pachuelo, L. (2012). Una herramienta observacional para la evaluación del desarrollo moral en las clases de educación física en primaria. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 7(2), 287-306.
- Hernández-Mendo, A., Montoro, J., Reina, A., y Fernández-García, J. C. (2012). Desarrollo y optimización de una herramienta observacional para el bloqueo en voleibol. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 7(1), 15-31.
- Iglesias, X., Rodríguez-Zamora, L., Chaverri, D., Rodríguez, F. A., Clapés, P., y Anguera, M.T. (2015). Diversificación de patrones en natación sincronizada de alto nivel. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 89-98.
- Lapresa, D., Camerino, O., Cabedo, J., Anguera, M. T., Jonsson, G., y Arana, J. (2015). Degradación de T-patterns en estudios observacionales: Un estudio sobre la eficacia en el ataque de fútbol sala. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 71-82.
- Losada, L. J. y Manolov, R. (2015). The process of basic training, applied training, maintaining the performance of an observer. *Quality and Quantity*, 49, 339-347. DOI:10.1007/s11135-014-9989-7
- Morillo, J. P. y Hernández-Mendo, A. (2015). Análisis de la calidad del dato de un instrumento para la observación del ataque en balonmano playa. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 10(1), 15-22. DOI:10.5232/ricyde
- Ramos, F. J., Hernández-Mendo, A., Pastrana, J. L., y Blanco-Villaseñor, A. (2012). *SAGT: Software para la Aplicación de la Teoría de la Generalizabilidad*. Proyecto fin de carrera para la titulación: Ingeniería Técnica en Informática de Gestión de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad de Málaga, España.

- Usabiaga, O., Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A., y Casamichana, D. (2013). La Teoría de la Generalizabilidad en las primeras fases del método observacional aplicado en el ámbito de la iniciación deportiva: calidad del dato y estimación de la muestra. *Revista de Psicología del Deporte*, 22(1), 103-109.
- White, D. J. y Olsen, P. D. (2010). A time motion analysis of bouldering style competitive rock climbing. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1356-60. [DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181cf75bd](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cf75bd)





# **HIRUGARREN KAPITULUA**

## **A TIME MOTION ANALYSIS OF LEAD CLIMBING IN THE 2012 MEN'S AND WOMEN'S WORLD CHAMPIONSHIP FINALS**





### **3.1. ABSTRACT**

The dearth of research in lead rock climbing means that much remains to be learnt about the external and internal demands of this sport and about the suitability of current training protocols and techniques. The aim of this study was to perform a time motion analysis of movements made by elite lead climbers and to compare results between men and women. Video recordings of the men's and women's lead finals in the 2012 Sport Climbing World Championships were analyzed. Sixteen ascents (8 by men and 8 by women) were coded using the purpose-designed Sport Climbing Observational Tool (SCOT), with recording of climbing speed and frequency and duration of use of handholds, successful and failed quickdraw clipping actions, chalk use, and rest gestures. The mean  $\pm$  SD time needed to complete the climbing route was  $220 \pm 81.7$  s for men and  $355.9 \pm 92.8$  s for women. Significant differences were also found for the frequency and duration of holds, chalk use, and rest gestures, which were all greater in women. The findings of this study demonstrate how results from time motion analysis of competitive rock climbing, combined with evaluation of responses during intermittent isometric exercise, could be used to design targeted training exercises and tests for lead climbers.

**Key Words:** rock climbing, pace, competition, sex.

### 3.2. INTRODUCTION

Rock climbing, a sport derived from alpine mountaineering, has evolved considerably thanks to advances in safety, training, and technique that have enabled climbers to overcome increasing difficulties on natural rock walls and artificial structures (Watts *et al.*, 2000). From a physiological perspective, climbing is a sport that requires sustained and intermittent isometric contractions of the forearm muscles to push oneself upwards (Sheel *et al.*, 2003).

In elite competitive sport climbing, climbers must scale an artificial structure or wall measuring at least 15 m within 6 to 8 minutes, depending on the length of the route. The International Federation of Sport Climbing (IFSC) World Championships are held every two years. The competition consists of a qualification round in which climbers have to climb two routes of similar difficulty, a semi-final, and a final (each consisting of one route). The semi-finals and final are generally held on separate days, but when they take place on the same day, a rest period of at least 2 hours is left between stages. Competitors have only one attempt to complete the assigned route and their scores, calculated according to the IFSC regulations ([www.ifsc-climbing.org/index.php/world-competition/event-regulation](http://www.ifsc-climbing.org/index.php/world-competition/event-regulation) accessed 4<sup>th</sup> November 2013), will determine the final ranking.

With respect to the physiological demands of climbing, maximal oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) values of approximately 55 mL/kg/min have been observed in non-specific tests (Billat *et al.*, 1995; Wilkins *et al.*, 1996; Watts and Drobish, 1998; Sheel *et al.*, 2003). Oxygen uptake in rock climbing is therefore similar to that seen in team sports and gymnastics, and corresponds to what can be considered excellent aerobic capacity. Studies analyzing oxygen consumption during climbing have reported mean  $VO_{2max}$  values of 20-28 mL/kg/min, with peak consumption rates of over 30 mL/kg/min (Billat *et al.*, 1995; Wilkins *et al.*, 1996; Watts and Drobish, 1998; Watts *et al.*, 2000; Rodio *et al.*, 2008). In addition, several studies have found that oxygen uptake stabilizes after the first 2 minutes of climbing (Booth *et al.*, 1999; Watts *et al.*, 2000). Blood lactate levels in rock climbers can reach levels of 3-7 mmol/L during climbing (Billat *et al.*, 1995; Watts *et al.*, 1996; Mermier *et al.*, 1997; Watts and Drobish, 1998; Watts *et al.*, 2000) and of up to 11 mmol/L immediately afterwards (Sherk *et al.*, 2011). In addition to studying blood lactate levels, Sherk *et al.* (2011) also compared

testosterone, growth hormone, and cortisol responses before and immediately after a rock climbing exercise, and found significant increases in both testosterone and growth hormone levels. The greater use of muscle groups of the trunk and arms in rock climbing would explain why oxygen consumption and blood lactate levels are lower than in whole-body sports, such as running or cycling (Watts and Drobish, 1998). Both oxygen consumption and heart rate increase during climbing, indicating the importance of aerobic capacity in this sport (Sheel *et al.*, 2003; Bertuzzi *et al.*, 2007; Rodio *et al.*, 2008). There are, however, also reports that more challenging climbs place greater demands on the anaerobic pathway, as blood lactate concentrations and heart rate increase considerably in relation to oxygen uptake (Billat *et al.*, 1995; Watts and Drobish, 1998; Watts *et al.*, 2000; Giles *et al.*, 2006); these climbs require the use of the anaerobic alactic system (Bertuzzi *et al.*, 2007). Isometric strength and finger and forearm strength have been identified as key performance factors in climbing (Watts *et al.*, 1993; Billat *et al.*, 1995; Watts, 2004; Vigoroux and Quaine, 2006; MacLeod *et al.*, 2007), and particular importance has also been attributed to the ratio between body mass and handgrip strength (Watts *et al.*, 1993). The study thus of “working times” by climbers, such as rest actions or speed of ascent, can provide useful information to more accurately describe the physiological and neuromuscular requirements in climbing.

There also appear to be both anatomic and physiological differences between men and women that result in specific, sex-related neuromuscular performance and fatigability (Hunter, 2004). Compared with men, women have been observed to experience less fatigability for similar isometric exercises and intermittent contractions involving, for example, the elbow or finger flexor muscles (Maughan *et al.*, 1986; Hunter *et al.*, 2002; Hunter *et al.*, 2006).

In our review of the literature, we found just one study (White and Olsen, 2010) that conducted a time motion analysis of elite bouldering-style rock climbing with the aim of providing objective data on competition performance (Appleby and Dawson, 2002) and external demands. Time motion analysis, or notational analysis as it is also known, has been successfully used in many sports, with most studies linking descriptive results to physiological needs. The method, for example, has been used to analyze behaviors and patterns related to players, ball movement, and spatio-temporal positions in team sports (Lapresa *et al.*, 2013; Virr *et al.*, 2013), combat sports (Gutiérrez-

Santiago *et al.*, 2012; Thomson *et al.*, 2013), and racquet sports such as tennis (Gillet *et al.*, 2009) and Basque pelota (Usabiaga and Castellano, 2014). Although time motion analysis is increasingly being used in other activities that take place in natural settings, such as BMX (supercross bicycle motocross)(Cowell *et al.*, 2012), much remains to be investigated in terms of the systematic analysis of movements in elite sport climbing, in particular in relation to internal demands in lead climbing, a rock climbing technique that, unlike the bouldering technique, involves the use of a rope that must be periodically clipped into assigned protection points.

The aim of the current study was twofold: 1) to describe and quantify the movements made by elite lead climbers in terms of frequency, duration, and speed and 2) to compare the results between men and women climbers. Climbing economy appears to be one of the main determinants of performance in indoor rock climbing (Bertuzzi *et al.*, 2007), and using the findings of the current study and complementary information on the internal demands of this sport, both trainers and climbers could design specific test protocols and targeted training exercises.

### **3.3. METHODS**

#### **3.3.1. Experimental Approach to the Problem**

To describe and compare route ascents made by climbers in the men's and women's finals of the IFSC World Climbing Championships in Paris 2012, we employed a nomothetic, point, multidimensional observational design situated within quadrant III of the observational design models proposed by Anguera *et al.* (2011). The study hypothesis was that the duration of each movement executed would vary according to the type of movement, the speed of the ascent, and the sex of the climber.

#### **3.3.2. Subjects**

The study participants were the 8 men finalists and 8 women finalists in the lead discipline finals at the 2012 IFSC World Championships. The climbers were of 10 different nationalities and had a mean  $\pm$  SD age of  $25 \pm 6$  years. They were all highly skilled rock climbers with extensive experience in international lead climbing championships.

### 3.3.3. Observation tool

An *ad hoc* observation tool—the Sport Climbing Observational Tool (SCOT)—was built to code and record the movements executed by climbers during route attempts. The tool comprised six criteria—holds, hand use (right vs. left), hand contact time, quickdraw clipping (successful and failed attempts), chalking use (left vs. right hand), and rest gesture. These criteria were in turn composed of 74 categories (Table 1). SCOT was used to record the frequency and duration of each hand movement during the 16 ascents analyzed.

Table 1. Structure of the SCOT observation instrument.

No	Criterion	Categories
1	Hold	Starting hold (STA1), second hold (STA2), and subsequent holds (1-60)
2	Hand	Left hand (LEFT) and right hand (RIGH)
3	Hand contact time	Start of hand contact (CSTA) and end of hand contact (CEND)
4	Quickdraw clipping	Quickdraw clipping with left hand (QLEF), quickdraw clipping with right hand (QRIG), quickdraw clipping attempt with left hand (QTLE) and quickdraw clipping attempt with right hand (QTRI)
5	Chalk	Chalk with left hand (CLEF) and chalk with right hand (CRIG)
6	Rest	Rest gesture with left hand (RLEF) and rest gesture with right hand (RRIG)

### 3.3.4. Procedures

The 16 finalists had a single attempt to climb a pre-set route with a difficulty grading of 8c/8c+ for men and 8b/b+ for women (French grading system) within a maximum of 8 minutes. The competition was broadcast live online via IFSC.tv and all the recordings are freely available through YouTube. For the purpose of the study, the video recordings of the finals were downloaded in MP4 with a frame speed of 25 frames per second.



The data corresponding to the different study criteria and categories were recorded using MOTS (Measuring and Observation Tool in Sports) (Castellano *et al.*, 2008), which was programmed with the observation tool SCOT. Prior to the definitive collection of data, the quality of the data was tested using a special protocol in which two pairs of observers were trained in the use of the tool for 10 hours. Each set of observers produced two sets of data 10 days apart and the results were used to calculate inter- and intraobserver reliability. One of the groups repeated the exercise after a year to evaluate the stability of the observation tool. The reliability of the coded events was assessed using the point-by-point agreement method (kappa statistic) for each pair of observers (Cohen, 1960). The results were within the range of 0.84 to 0.98 for all the criteria coded, confirming the reliability of the data in terms of both intra- and interobserver agreement. A generalizability study (Blanco-Villaseñor *et al.*, 2014) was also performed using a three-facet model consisting of observers, hold, and behavior. The absolute and relative generalizability coefficients were close to 1, which corresponds to optimal generalizability.

### **3.3.5. Statistical Analyses**

The data are presented as means $\pm$ SD. No parametric statistic (the Mann–Whitney U test) was applied whenever a significant difference was found. Standard error, expressed as a coefficient of variation, and the effect size (ES) were also calculated. All the statistical analyses were performed using SPSS 20.0 for Windows, with significance being set at  $p<0.05$ .

## **3.4. RESULTS**

The mean duration of route attempts was  $220.0 \pm 81.7$  s for men and  $355.9 \pm 92.8$  s for women. Table 2 shows the mean frequencies and durations for holds, successful and failed quickdraw clipping attempts, chalk use, and rest gestures for men and women. Significant differences ( $p<0.05$ ) were observed for the frequency and duration of holds, chalk use, and rest gestures (all greater in women); the ES was moderate (0.5-0.7). Contact with handholds according to the use of the right or left hand

varied by 2% in women climbers and 3% in men climbers. The mean hand contact time was  $7.0 \pm 1.3$  s for men and  $8.5 \pm 1$  s for women ( $p=0.002$ ;  $ES=0.54$ ).

Mean quickdraw clipping time was  $3.7 \pm 0.6$  s for men and  $4.1 \pm 0.8$  s for women. There was only one failed clipping attempt in each of the men's and women's finals. In the first case, the attempt was made with the left hand and lasted 1.8 s, and in the second case, it was made with the right hand and lasted 3.4 s. Both women and men chalked their left hands more frequently than their right hands (59% vs. 41% and 51% vs. 49%, respectively) (Figure 1). Mean chalking time was  $2.5 \pm 1.0$  s for men and  $2.0 \pm 0.3$  s for women.

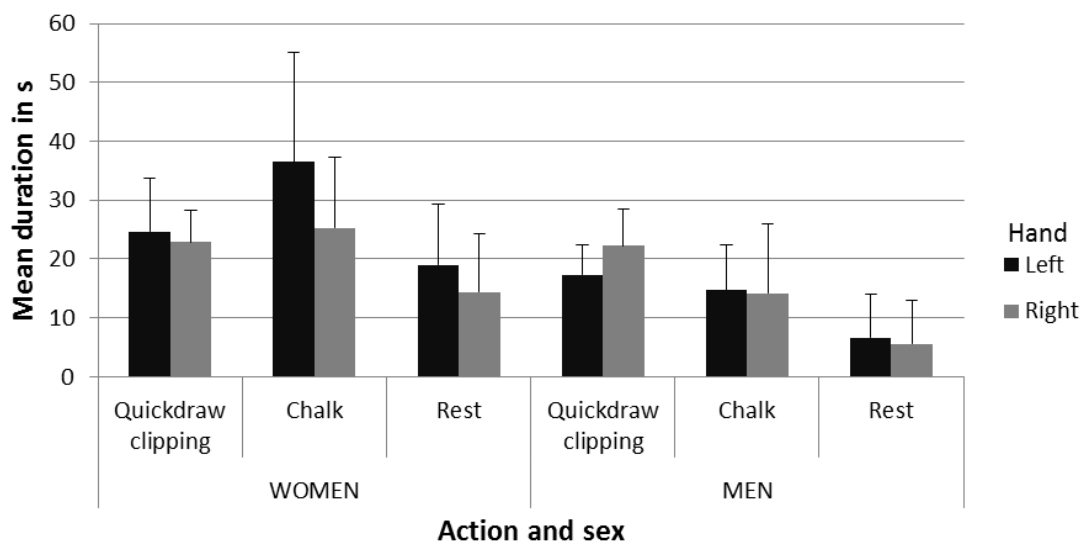


Figure 1. Mean duration in s for quickdraw clipping, chalk use, and rest gestures. Comparison of use of left and right hand by sex.

Resting time also varied significantly between sexes ( $p=0.01$ ;  $ES=0.44$ ). The mean time spent on rest gestures was  $1.4 \pm 0.7$  s for men and  $2.1 \pm 0.7$  s for women. Finally, the mean contact time with each climbing hold, calculated for each segment of the route—start of climb to first quickdraw, first quickdraw to second quickdraw, and so

on until the last quickdraw or the end of the climb (top of the route or fall)—was  $6.9 \pm 2.6$  s for men and  $8.5 \pm 2.6$  s for women ( $p < 0.05$ ;  $ES = 0.29$ ).

Table 2. Mean  $\pm$  SD frequency and duration of movements.

Sex	Holds	Successful	Quickdraw	Chalk	Rest
		Quickdraw	Clipping		
Women (n=8)					
Frequency	$64.0 \pm 11.2^*$	$11.6 \pm 1.0$	$0.1 \pm 0.3$	$29.1 \pm 10.7^*$	$15.1 \pm 6.5^*$
Duration (s)	$274.2 \pm 64.6^*$	$23.7 \pm 7.3$	$0.2 \pm 0.8$	$30.9 \pm 16.1^*$	$16.7 \pm 10^*$
Men (n=8)					
Frequency	$47.7 \pm 12.0^*$	$10.6 \pm 1.5$	$0.1 \pm 0.3$	$11.3 \pm 5.0^*$	$7.1 \pm 7.3^*$
Duration (s)	$171.3 \pm 63.1^*$	$19.7 \pm 6.0$	$0.1 \pm 0.4$	$14.4 \pm 9.6^*$	$6.0 \pm 7.1^*$

\*Indicates significant differences ( $p < 0.05$ ) between sexes (female > male).

### 3.5. DISCUSSION

The aim of this study was to describe and compare the behavior of men and women climbers who took part in the lead discipline finals of the IFSC World Climbing Championships in Paris, 2012. Our findings show that ascents consist of several interspersed actions performed at varying speeds and that the strategies employed by men and women climbers differ.

Men climbers had shorter hand contact times than women climbers, and consequently, moved faster from one hold to the next. This would also explain they completed the route faster. Women used more holds than men (on average, 16 more) and spent 103 s more than men on holds overall. Because the climbing routes were of maximum difficulty in both the men's and women's finals, it can be assumed that the relative difficulty was similar for both sexes. Route difficulty (grade) appears to be a valid means of assessing the skill of a climber (Draper *et al.*, 2011).

Based on our findings, thus, women would appear to be capable of climbing for longer than men on a route of similar relative difficulty, supporting Hunter's assertion that women are usually less fatigable than men with respect to isometric intermittent contractions (Hunter, 2014). Climbing speed does not appear to be central to victory in lead climbing, but it is an aspect to bear in mind. The winners of both the men's and women's finals maintained a strong pace throughout the ascent, whereas their opponents slowed down as they approached the top. This is illustrated in Figure 2, which shows the mean climbing hold contact time for each section of the route analyzed for the three top-ranking climbers in the men's and women's finals. The reduction in pace is evident in the fifth and twelfth segments of the route in the case of men and in the eighth and ninth segments in the case of women, supporting the idea that lead climbers have lower maximal muscle strength (maximal voluntary contraction force) but greater endurance than boulder climbers, as was recently demonstrated by Fanchini *et al.* (2013).

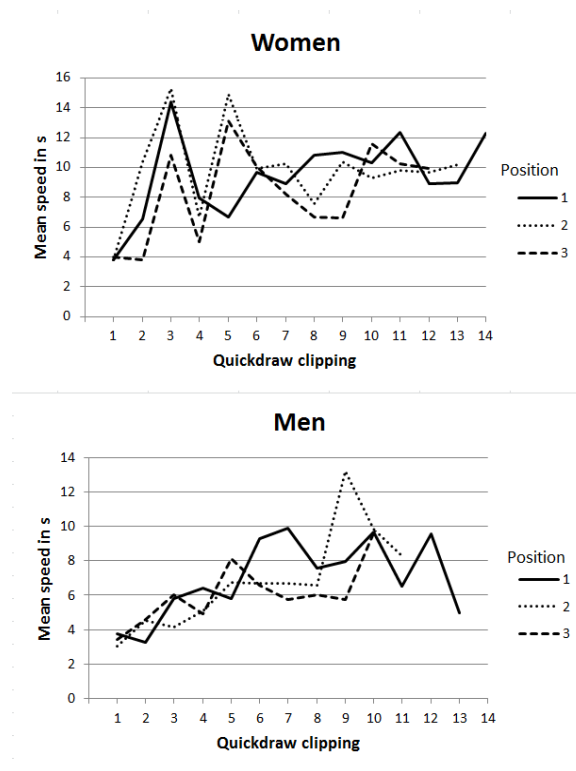


Figure 2. Mean hold contact time for the different sections of the route divided by quickdraw clipping actions for the three top-ranking men and women finalists.

*Note: The segments of the route were calculated for start of climb to first quickdraw, first quickdraw to second quickdraw, and so on until the last quickdraw or the end of the climb (top of the route or fall).*

The main metabolic pathways used in climbing are the aerobic and alactic anaerobic pathways (Bertuzzi *et al.*, 2007). The mean durations of ascents in the finals observed in our study indicate that women climbers use aerobic pathways more than men, as they spend longer climbing. Nonetheless, it has been suggested that improved climbing economy has a greater impact on climbing performance than improved energy metabolism (Bertuzzi *et al.*, 2007). Our results suggest that women are more economy climbers than men, as they take longer to complete a route of similar length and difficulty.

With respect to climbing techniques, no significant differences were found between the duration of chalk use and quickdraw clipping, although women used chalk almost three times as often as men during the ascent. The longer hand contact observed in women might be explained by this increased use of chalk. However, it is also possible that women had more opportunities to use chalk due to their slower pace and greater use of aerobic pathways. Chalk enhances the friction coefficient between climbers' fingers and handholds (Amca *et al.*, 2012). Chalk use thus may be very important in climbing, as by increasing this coefficient, it would also reduce the strength needed to grip a hold or move onto the next hold.

Quickdraw clipping is another important aspect of climbing performance, as failure to clip the rope into the quickdraw results in lost time. Failed clipping attempts, however, are rare in elite climbing competitions. In the 2012 IFSC World Championship Finals, for example, there was only one failed attempt in each of the men's and women's finals. Although uncommon, failure to clip the rope into a quickdraw would clearly have a negative impact on outcome, as the action takes between 2 and 3 s, time that could be used on other more effective actions, such as chalk use or rest.

Our findings also show that women take more rests (almost twice as many) than men, and also spend more time on each rest. The fact that women climb the route at a slower pace than men could explain why they take more rests. By contrast, the fact that men scale the route faster than women would mean that their forearm muscles have

fewer opportunities to reoxygenate; this is probably related to different levels of fatigability reported for men and women (Hunter, 2014). Nevertheless, the frequency of rest actions during a climb does not appear to be a determinant of success, even though recovery of muscle oxygenation during rest can be used to evaluate endurance performance (MacLeod *et al.*, 2007).

No statistically significant differences were observed in the use of the left hand versus the right hand in men or women. All climbers gripped a similar proportion of holds with each hand and held their grip for similar lengths of time. Quickdraw clipping was also performed indistinctly with the left and the right hand, with no differences observed in duration. Women chalked their left hand more often—and for longer durations—than men, and also rested this hand more (Figure 1). Finally, women climbers used their right hand more often to grip onto a handhold, which would be logical considering that they used their left hand more frequently to use the chalk and clip the rope into the quickdraw. Men, by contrast, used their right and left hands with equal frequency to use the chalk and rest.

### **3.6. PRACTICAL APPLICATIONS**

Notational or time motion analysis has shown that rock climbing is a sport that requires sustained and intermittent contractions of the forearm muscles; the contractions are frequently interspersed with very short rest periods, although these are longer in the case of chalk use, quickdraw clipping, and rest gestures. Men lead climbers climb faster than women, and use chalk and rest gestures less frequently. These findings could be used to design training routes comprising between 36 and 60 movements, with a mean hand contact time of 6.9 s, for men, and routes comprising between 53 and 75 movements, with a mean contact time of 8.5 s, for women. The time motion patterns revealed by our study could be used by elite climbers and trainers to design specific training tasks and tests.

### **3.7. REFERENCES**

Amca, A.M., Vigouroux, L., Aritan, S. and Derton, E. (2012), The effect of chalk on the finger-hold friction coefficient in rock climbing. **Sports Biomechanist**, 11: 473-479.

- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A. and Losada, J.L. (2011), Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. **Cuadernos de Psicología del Deporte** 11: 63-76.
- Appleby, B. and Dawson, B. (2002), Video analysis of selected game activities in Australian rules football. **Journal Science Medicine Sport** 5, 129-142.
- Bertuzzi, R.C., Franchini, E., Kokunbun, E. and Kiss, M.A. (2007), Energy system contributions in indoor rock climbing. **European Journal Applied Physiology**, 101: 293-300.
- Billat, V., Palleja, P., Charlaix, T., Rizzardo, P. and Janel, N. (1995), Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. **Journal Sports Medicine Physiology Fitness**, 35: 20-24.
- Blanco-Villaseñor, A., Castellano, J., Hernández-Mendo, A., Sánchez-López, C.R. and Usabiaga, O. (2014), Application of the generalizability theory in sport to study the validity, reliability and estimation of samples. **Revista de Psicología del Deporte**, 23: 131-137.
- Booth, J., Marino, F., Hill, C. and Gwinn, T. (1999), Energy cost of sport rock climbing in elite performers. **British Journal Sports Medicine**, 33: 14-18.
- Castellano, J., Perea, A., Alday, L. and Hernández-Mendo, A. (2008), Measuring and Observation Tool in Sports. **Behavior Research Methods**, 40(3): 898-903.
- Cohen, J. (1960), A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational Psychological Measurements**, 41: 687-699.
- Cowell, J.F., McGuigan, M.R. and Cronin, J.B. (2012), Movement and skill analysis of supercross bicycle motocross. **Journal Strength Conditioning Research** 26: 1688-1694.
- Draper, N., Dickson, T., Blackwell, G., Fryer, S., Priestley, S., Winter, D. and Ellis, G. (2011), Self-reported ability assessment in rock climbing. **Journal Sports Science**, 29: 851-858.
- Fanchini, M., Violette, F., Impellizzeri, F.M. and Maffiuletti, N.A. (2013), Differences in climbing-specific strength between boulder and lead rock climbers. **Journal Strength Conditioning Research**, 27: 310-314.
- Giles, L.V., Rhodes, E.C. and Taunton, J.E. (2006), The physiology of rock climbing. **Sports Medicine**, 36: 529-545.

- Gillet, E., Leroy, D., Thouvarecq, R. and Stein, J.F. (2009), A notational analysis of elite tennis serve and serve-return strategies on slow surface. **Journal Strength Conditioning Research**, 23: 532-539.
- Gutiérrez-Santiago, A., Prieto, I., Camerino, O. and Anguera, M.T. (2012), Sequences of errors in the Judo throw Morote Seo iNage and their relationship to the learning process. **Journal Sports Engineering and Technology**, 227: 57-63.
- Hunter, S.K. (2014), Sex differences in human fatigability: mechanisms and insight to physiological responses. **Acta Physiologica**, 210: 768-89.
- Hunter, S.K., Ryan, D.L., Ortega, J.D. and Enoka, R.M. (2002), Task differences with the same load torque alter the endurance time of submaximal fatiguing contractions in humans. **Journal Neurophysiology**, 88:3087-96.
- Hunter, S.K., Schletty, J.M., Schlachter, K.M., Griffith, E.E., Polichnowski, A.J. and Ng, A.V. (2006), Active hyperemia and vascular conductance differ between men and women for an isometric fatiguing contraction. **Journal Applied Physiology**, 101:140-50.
- Lapresa, D., Alvarez, L., Arana, J., Garzón, B. and Caballero, V. (2013), Observational analysis of the offensive sequences that ended in a shot by the winning team of the 2010 Futsal Championship. **Journal Sports Science**, 31: 1731-1739.
- MacLeod, D., Sutherland, D.L., Buntin, L., Whitaker, A., Aithchinson, T., Watt, I., Bradley, J. and Grant, S. (2007), Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. **Journal Sports Science**, 25: 477-482.
- Maughan, R.J., Harmon, M., Leiper, J.B., Sale, D. and Delman, A. (1986), Endurance capacity of untrained males and females in isometric and dynamic muscular contractions. **European Journal Applied Physiology**, 55:395-400.
- Mermier, C.M., Robergs, R.A., McMinn, S.M. and Heyward, V.H. (1997), Energy Expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. **British Journal Sports Medicine**, 31: 224-228.
- Rodio, A., Fattorini, L., Rosponi, A., Quattrini, F.M. and Marchetti, M. (2008), Physiological adaptation in non-competitive rock climbers: good for aerobic fitness?. **Journal Strength Conditioning Research**, 22: 359-364.



- Sheel, W.A., Seddon, N., Knight, A., McKenzie, D.C. and Warburton, D.E. (2003), Physiological response to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. **Medicine Science Sports Exercise**, 35: 1225-1231.
- Sherk, V.D., Sherk, K.A., Kim, S., Young, K.C. and Bemben, D.A. (2011), Hormone responses to a continuous bout of rock climbing in men. **European Journal Applied Physiology**, 111: 687-693.
- Thomson, E., Lamb, K. and Nicholas, C. (2013), The development of a reliable amateur boxing performance analysis template. **Journal Sports Science**, 31: 516-528.
- Usabiaga, O. and Castellano, J. (2014), Strategic use of space in Basque pelota training categories. **International Journal Sport Science**, 36: 109-122.
- Vigouroux, L. and Quaine, F. (2006), Fingertip force and electromyography of finger flexor muscle during a prolonged intermitten exercise in elite climbers and sedentary individuals. **Journal Sports Science**, 24: 181-186.
- Virr, J.L., Game, A., Bell, G.J. and Syrotuik, D. (2013), Physiological demands of women's rugby union: time-motion analysis and heart rate response. **Journal Sports Science**, 32: 239-47.
- Watts, P.B. (2004), Physiology of difficult rock climbing. **European Journal Applied Physiology**, 91: 361-372.
- Watts, P.B. and Drobish, K.M. (1998), Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. **Medicine Science Sports Exercise**, 30: 1118-1122.
- Watts, P.B., Daggett, M., Gallagner, P. and Wilkins, B. (2000), Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. **International Journal Sports Medicine**, 21: 185-190.
- Watts, P.B., Martin, D.T. and Durtschi, S. (1993), Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. **Journal Sports Science**, 11: 113-117.
- Watts, P.B., Newbury, V. and Sulentic, J. (1996), Acute changes in hangrip strength, endurance and blood lactate with sustained sport rock climbing. **Journal Sports Medicine Physical Fitness**, 36: 255-260.
- White, J.D. and Olsen, P.D. (2010), A time motion analysis of bouldering style competitive rock climbing. **Journal Strength Conditioning Research**, 24: 1356-1360.

Wilkins, B., Watts, P.B., and Wilcox, A. (1996), Metabolic responses during rock climbing in experts sport rock climbers (abstract). **Medicine Science Sports Exercise**, 28: S159.



# LAUGARREN KAPITULUA

## DETECCIÓN Y APLICACIÓN DE *T-PATTERNS* EN LA ESCALADA DE ÉLITE





#### 4.1. RESUMEN

El presente trabajo constituye un ejemplo de la potencia informativa de los *T-patterns* -estructuras regulares y temporales de conductas obtenidas mediante el software *Theme*, versión 6.0- y de su aplicación, por primera vez, al conocimiento estratégico-táctico de un deporte que ha sido residualmente estudiado como es la escalada deportiva. En el seno de la metodología observacional se ha construido *ad hoc* el instrumento de observación *Sport Climbing Observation Tool* (SCOT) que ha permitido detectar *T-patterns* que reflejan el comportamiento desarrollado en la ascensión de la vía –presa, mano de agarre, inicio y final de contacto, chapaje, uso de magnesio y descansos– por los mejores escaladores –modalidad *Lead*– que participaron en el Campeonato del Mundo de 2011, celebrado en Arco (Italia). Mediante la información contenida en los *T-patterns* detectados se ha caracterizado la ascensión en tramos (inicial, medio y final), describiéndose operativamente la manera en la que los mejores escaladores del mundo cumplimentan la ascensión de la vía.

**Palabras claves:** Metodología observacional, escalada, *T-patterns*, *Theme*.

## 4.2. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Anguera y Hernández-Mendo (2014), la utilización de la metodología observacional se ha consolidado, a partir del crecimiento constante y sostenido experimentado en la última década, fruto de la solidez de su planteamiento metodológico. Los análisis descriptivos utilizados inicialmente en observación se han complementado –por la capacidad de la metodología observacional para capturar conductas desplegadas en el tiempo–, con técnicas de análisis más robustas, que permiten la detección de estructuras regulares –secuenciales y temporales– de conducta. Entre estas técnicas destacan dos: el análisis secuencial de retardos –fundamentalmente a partir del software SDIS-GSEQ (Bakeman y Quera, 1996)– que, de acuerdo con Anguera y Hernández-Mendo (2015), en los últimos años se está viendo rebasado por la detección de *T-patterns*, mediante el *software Theme* (Magnusson, 1996 y 2000).

La potencia informativa de los *T-patterns* está siendo aprovechada, fundamentalmente, en el análisis del juego en deportes de equipo (Jonsson, Anguera, Blanco-Villaseñor, Losada, Hernández-Mendo, Ardá, Camerino, y Castellano, 2006; Fernández, Camerino, Anguera, y Jonsson, 2009; Lapresa, Anguera, Alsasua, Arana, y Garzón, 2013; Lapresa, Álvarez, Arana, Garzón, y Caballero, 2013; Zurloni, Cavallera, Diana, Elia, y Jonsson, 2014; Lapresa, Camerino, Cabedo, Anguera, Jonsson, y Arana, 2015); pero también, y cada vez más, se está aprovechando su potencial para profundizar en el desempeño técnico-táctico en deportes de adversario como judo (Gutiérrez-Santiago, Prieto, Camerino y Anguera, 2011; Camerino, Prieto, Lapresa, Gutiérrez-Santiago e Hileno, 2014), karate (Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón, y Amatria, 2011) y esgrima (Tarragó, Iglesias, Michavila, Chaverri, Ruiz, y Anguera, 2015), o disciplinas individuales como carreras atléticas en pista de fondo y medio fondo (Aragón, Lapresa, Arana, Anguera, y Garzón, 2015).

En la escalada deportiva la mayoría de los estudios que se encuentran en la literatura científica se centran en aspectos fisiológicos (Deyhle, Hsu, Fairfield, Cadez-Schmidt, Gurney, y Mermier, 2015; Baláš, Panáčková, Strejcová, Martin, Cochrane, Kaláb, Kodejška, y Draper, 2014), otros en lesiones (Kaloostian, Kim, Calabresi, Bydon, y Witham, 2013; Bayer, Schöffl, Lenhart, y Herold, 2013), pero muy pocos en aspectos notacionales. En un estudio reciente, White y Olsen (2010), describen la actividad que realizan los escaladores de élite en la modalidad *Boulder* mediante análisis cuantitativos y temporales de diferentes acciones (número de intentos por cada problema de *Boulder*, duración de los intentos, tiempo

empleado en los agarres, duración entre agarres y tiempos de recuperación entre intentos). Por otra parte, De Benito, Sedano, Redondo, y Cuadrado (2013) analizan las implicaciones musculares que se dan en la escalada de alto nivel analizando diferentes variables (acción, posición corporal, extremidad ejecutora, tiempo empleado, zona temporal, inicio de movimiento, final de movimiento y movimiento).

No se tiene constancia de ningún estudio que haya pretendido detectar patrones de conducta –secuenciales y temporales– en escalada. De esta forma el objetivo del presente trabajo es el de, a partir de un instrumento de observación *ad hoc*, detectar patrones temporales (*T-patterns*) que reflejen el comportamiento –presa, mano de agarre, inicio y final de contacto, chapaje (o paso de cuerda), uso de magnesio y descansos– de los mejores deportistas de Escalada Deportiva en la modalidad de *Lead* que participaron en el Campeonato del Mundo de 2011, celebrado en Arco (Italia).

## 4.3. MÉTODO

### 4.3.1. Diseño observacional

En el marco de la metodología observacional (Anguera, 1979), el diseño en el que se sitúa el presente trabajo queda ubicado en el cuadrante III (Anguera, Blanco-Villaseñor, Hernández-Mendo, y Losada, 2011), siendo: a) nomotético, debido a que se registró la ascensión de varios escaladores; b) puntual, ya que se registraron las ascensiones en un único mundial, aunque si bien es cierto que el seguimiento intra-sesional fue intensivo, porque se registró la conducta a lo largo de toda la ascensión de la vía de los cinco mejores escaladores del campeonato mundial de escalada; y, c) multidimensional, porque se analizaron diferentes dimensiones –los criterios constitutivos del instrumento de observación– en el comportamiento de los escaladores.

### 4.3.2. Participantes

Los participantes de este estudio fueron los escaladores de élite que llegaron a la final masculina en el Campeonato del Mundo de Escalada de Dificultad, que se celebró en la localidad de Arco (Italia) en el año 2011. Únicamente se escogieron a los escaladores que ascendieron más de la mitad de la longitud de la vía. Este criterio fue satisfecho por cinco de los ocho escaladores participantes en la final, siendo éstos de diferente nacionalidad, con una



edad media de  $22,2 \pm 2,7$  años y los cuales poseían gran experiencia en campeonatos nacionales e internacionales.

### 4.3.3. Herramienta observacional

Para capturar la conducta desarrollada por los escaladores de élite en la cumplimentación de una vía se creó una herramienta observacional *ad hoc* combinando sistemas de categorías y formatos de campo (Anguera, Magnusson, y Jonson, 2007), denominada *Sport Climbing Observation Tool* (SCOT). La herramienta taxonómica está constituida por seis criterios y 74 categorías (Tabla 1). Este instrumento observacional permite codificar comportamientos de los escaladores de *Lead* de élite, tales como: el número de presa, la mano empleada para cada agarre, inicio y final de contacto, el chapaje o paso de la cuerda, el uso de magnesio y los descansos. Todos los comportamientos fueron codificados considerándose las duraciones de los mismos. En la presente investigación se utilizaron datos secuenciales de multievento con tiempo (Bakeman y Quera, 1996).

**Tabla 1.** Criterios configuradores de la herramienta observacional SCOT.

Criterio	Descripción y categorías
Hold	Agarre o presa (62 niveles): esta categoría hace referencia a la presa que está utilizando el escalador. Se toman en cuenta una o dos presas para el comienzo de la escalada (STA1 y STA2) y las demás categorías (presas) dependerán del número de presas empleado para las características del campeonato. En este caso del 1 al 52.
Hand	Mano (dos niveles): indica la mano con la que el escalador ejerce fuerza sobre la presa, izquierda (LEFT) y derecha (RIGH).
Hand Contact Time	Duración del contacto de la mano (dos niveles): marca el momento exacto en el que la mano del escalador contacta con la presa y empieza a hacer fuerza sobre ella (CSTA); y el momento exacto en que la mano pierde contacto con la presa y deja de ejercer fuerza sobre ella (CEND).
Quickdrawing	El chapaje de la cinta <i>expres</i> (cuatro niveles) determina el momento en el que el escalador pasa la cuerda por el <i>expres</i> y con qué mano lo realiza (QLEF y QRIG). Por otra parte, esta categoría también establece si se da un intento de chapaje pero que no culmina en chapaje y con qué mano se realiza (QTLE y QTRI).
Chalk	El uso del magnesio (dos niveles) se corresponde con la acción del escalador de meter la mano en la bolsa de magnesio para coger magnesio y con qué mano realiza este gesto (MLEF y MRIG).
Rest	Descanso (dos niveles) representa los gestos de descanso que realiza el escalador durante la ascensión de la vía y con qué mano se realizan (RLEF y RRIIG).

### 4.3.4. Procedimiento

Para la codificación y registro de los comportamientos de los escaladores, a partir de filmaciones, se utilizó el software MOTS (Castellano, Perea, Alday, y Hernández-Mendo, 2008). En dicha aplicación se configuró la herramienta SCOT (Tabla 1). Seguidamente se

procedió a la formación de los observadores, que tuvo una duración de 10 horas, a partir de un protocolo de observación configurado expresamente para ello.

Una vez formados los observadores se pasó a realizar la prueba de la calidad del dato. Dos grupos de dos observadores realizaron dos registros de una ascensión (20% del total de la muestra utilizada) del campeonato del mundo con un periodo de separación de 10 días entre registros. Para medir la fiabilidad se calculó la concordancia punto por punto para cada par de observaciones a partir del estadístico Kappa de Cohen (Cohen, 1960). Los valores obtenidos, considerándose tanto las ocurrencias como las duraciones, para todos los criterios de SCOT se situaron en un rango de 0,82-0,98 puntos (Arbulu, Usabiaga y Castellano, 2015), lo cual supone un nivel óptimo de fiabilidad intra e inter observadores. En segundo lugar, se realizó un estudio de generalizabilidad (Blanco-Villaseñor, Castellano, Hernández-Mendo, Sánchez-López, y Usabiaga, 2014) a partir de un modelo de dos facetas (Observadores [O] y Conducta [C]) con el plan de medida C/O. Los coeficientes de generalizabilidad absolutos y relativos fueron cercanos a la unidad, lo que reveló una precisión de generalización óptima.

#### 4.3.5. Análisis de los datos (detección de T-patterns)

Para la detección de patrones temporales de conducta se ha recurrido al *software Theme*, versión 6.0. Un *T-pattern* es esencialmente una combinación de eventos – multieventos, de acuerdo con Bakeman y Quera (1996)–, que ocurren en el mismo orden con distancias temporales entre sí (intervalo crítico) que se mantienen relativamente invariantes en relación a la hipótesis nula de que cada componente es independiente y está distribuido aleatoriamente en el tiempo (Magnusson, 1996 y 2000). De esta forma, cuando *Theme* encuentra que una ocurrencia de A es seguida por una de B, dentro de un intervalo crítico, se genera el *T-pattern* [AB]. *Theme* repite el procedimiento de detección por niveles de relación (de uno hasta n), de forma que los *T-patterns* van creciendo en complejidad (niveles y número de eventos constitutivos).

En concreto, para satisfacer el objetivo del presente trabajo, se han fijado los siguientes parámetros de búsqueda (Pattern-Vision Ltd & Noldus Information Technology by, 2004): a) Se ha utilizado un nivel de significación de 0,005, por lo que el porcentaje de aceptar un intervalo crítico debido al azar es de un 0,5%. b) Se ha activado el *fast requirement* en todos los niveles; al fijarse el límite temporal inferior del intervalo crítico en cero, los

eventos constitutivos del intervalo crítico tienden a ocurrir con mayor proximidad temporal que en los *free-T-patterns*. c) Se ha fijado una frecuencia mínima de ocurrencia igual o mayor de tres. d) El requisito anterior se conjuga con el requerimiento añadido de que el *T-pattern* detectado se encuentre presente en, al menos, el 75% de los paquetes de datos (en este caso, participante-ascensión). De esta forma, con los dos últimos parámetros de búsqueda, se garantiza que la estructura temporal de conducta reflejada en el *T-pattern* haya sido protagonizada por, al menos, tres de los cinco escaladores. Además, mediante la herramienta de aleatorización –*shuffling and rotation*– que aporta *Theme*, se han aleatorizado los datos en 10 ocasiones, garantizándose que la probabilidad de que los patrones temporales seleccionados se deban al azar sea igual a cero.

#### 4.4. RESULTADOS

Del conjunto de los *T-patterns* detectados con los parámetros de búsqueda prefijados se han seleccionado tres *T-patterns* que han permitido abarcar con precisión la conducta desempeñada por los mejores escaladores internacionales en la prueba Campeonato del Mundo de Escalada de Dificultad celebrado en la localidad de Arco en el año 2011. Estos tres *T-patterns* permiten caracterizar el conjunto de la ascensión en tres tramos relevantes:

- Un primer tramo, el inicial, satisfecho por todos los escaladores que constituyen el muestreo observacional, que permite comprobar las pautas conductuales comunes en la ascensión de la vía (en este caso, el *T-pattern* ha sido protagonizado por los escaladores A, B, C y D). El presente patrón temporal comienza con el evento-tipo -*event-type* según terminología *Theme*- (Sta1,left,csta) coger con la mano izquierda la presa de inicio y abarca hasta el evento-tipo (p42,left,cend) que refleja la acción soltar la mano izquierda de la presa 42. Este punto es donde fracasa en la ascensión (cae) el primero del conjunto de escaladores analizados (participante E).
- Un segundo tramo, correspondiente a la parte en la que fracasan en la ascensión dos de los cinco escaladores (participantes D y E). En concreto, el patrón temporal (constituido por la conducta de los escaladores A, B y C) inicia con el evento-tipo (p40,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 40, y abarca hasta el evento-tipo (p47,left,cend) soltar mano izquierda de la presa 47. Es en esta acción en la que fracasa en la ascensión el participante D.

- Y por último, el análisis de la parte de la ascensión que otorgó el pódium de la competición. El patrón temporal detectado en el seno de las conductas desplegadas por los tres primeros clasificados (participantes A, B y C), que abarca desde el evento-tipo (p44,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 44, hasta el evento-tipo (p51,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 51. En este último punto se cayeron dos de los tres finalistas (participantes B y C).

**Tabla 2.** T-patterns seleccionados que caracterizan el conjunto de la ascensión en tres tramos relevantes.

**T-pattern-primer tramo: ocurrencias= 4 (escaladores A, B, C y D); número de eventos constitutivos= 76; duración en frames= 26445**

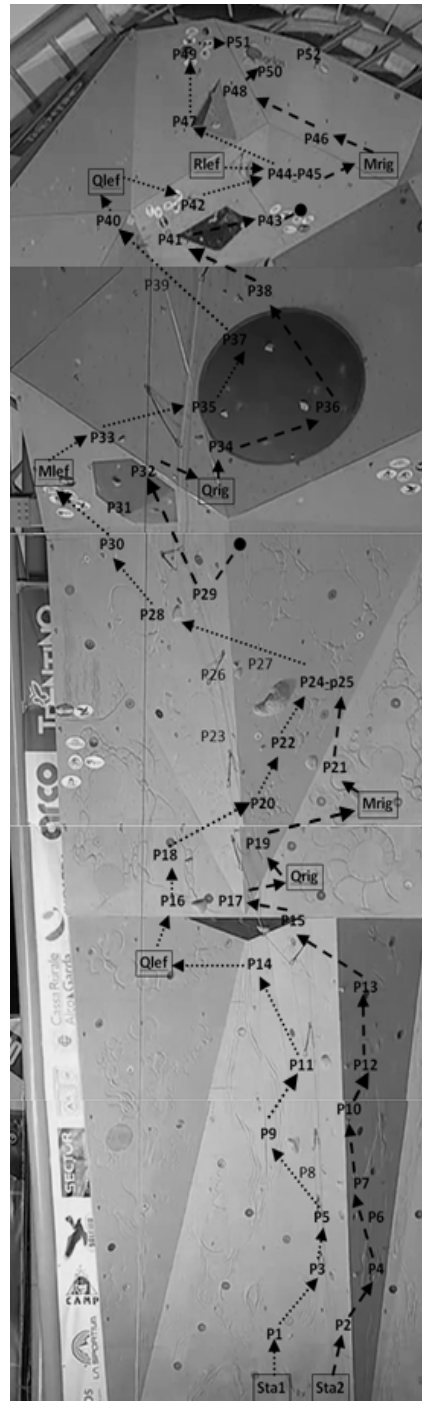
((((( sta1,left,cend (( p1,left,csta sta2,righ,cend )( p2,righ,csta p1,left,cend )))( p3,left,csta ( p2,righ,cend p4,righ,csta )))( p3,left,cend p5,left,csta )( p4,righ,cend p7,righ,csta )))(( p5,left,cend ( p9,left,csta p7,righ,cend ))( p10,righ,csta p9,left,cend ) p11,left,csta ))((( p10,righ,cend p12,righ,csta )( p12,righ,cend ( p13,righ,csta p11,left,cend )))(( p14,left,csta p13,righ,cend ) p15,righ,csta ))(( p14,left,cend qllef )( p16,left,csta p15,righ,cend ))( p17,righ,csta p16,left,cend )( p18,left,csta p17,righ,cend ))))((( qrig ( p19,righ,csta p18,left,cend ) p20,left,csta )( p19,righ,cend mrig )( p21,righ,csta p20,left,cend ))( p22,left,csta ( p22,left,cend p24,left,csta )))(( p21,righ,cend ( p25,righ,csta p24,left,cend ))( p28,left,csta ( p29,righ,csta p28,left,cend )))(( p30,left,csta p29,righ,cend )( p32,righ,csta p30,left,cend ))( mlef p33,left,csta )( p32,righ,cend qrig )))(( p34,righ,csta p33,left,cend ) p35,left,csta )( p34,righ,cend p36,righ,csta ))))((( p35,left,cend ( p37,left,csta p36,righ,cend ) p38,righ,csta ))( p37,left,cend p40,left,csta )( p38,righ,cend p41,righ,csta ) p40,left,cend )( p42,left,csta ( p41,righ,cend p42,left,cend )))))))

**T-pattern-segundo tramo: ocurrencias= 3 (escaladores A, B y C); número de eventos constitutivos= 16; duración en frames= 6141**

((((( p40,left,cend qllef ))((( p42,left,csta p42,left,cend ) p44,left,csta ) p43,righ,cend ))( rlef p44,left,csta )( p45,righ,cend mrig ))))(( p46,righ,csta ( p44,left,cend ( p47,left,csta p46,righ,cend ))))(( p48,righ,csta p47,left,cend ))

**T-pattern-tercer tramo: ocurrencias= 3 (escaladores A, B y C); número de eventos constitutivos= 8; duración en frames= 1325**

(( ( p47,left,cend p49,left,csta ))( p48,righ,cend ( p50,righ,csta p49,left,cend ))( p51,left,csta ( p50,righ,cend p51,left,cend ))))



**Figura 1.** Representación gráfica de la información contenida en los *T-patterns* seleccionados, siendo: mano izquierda (.....▶); mano derecha (—▶); P en color gris (presas no reflejadas en *T-pattern*); interrupción en la continuidad del *T-pattern* (---● y —●); presas de inicio de la ascensión (Sta1 y Sta2); acciones de coger magnesio (Mlef y Mrig); acciones para pasar la cuerda por el expres (Qlef y Qrig); gesto de descanso (Rlef).

En el conjunto de la información contenida en los *T-patterns* recogidos en la Tabla 2 y presentados gráficamente en la Figura 1, quedan reflejados 45 movimientos (el movimiento consta de dos acciones, soltar una presa y coger otra). Tan solo dos de estas acciones no se ven reflejadas íntegramente en los *T-patterns* seleccionados, al no verse incluidos en los *T-*

*patterns* seleccionados el evento-tipo inicial o final que delimita el movimiento completo, (p29,righ,csta) coger con mano derecha la presa 29 y (p29,righ,csta) soltar la mano izquierda de la presa 41.

Durante la ascensión los escaladores fueron alternando, sucesivamente, los movimientos de mano (derecha, izquierda...), excepto en cinco ocasiones, donde realizaron el movimiento siguiente con la misma mano que utilizaron en el movimiento anterior (acción técnica conocida como rebote), en tres momentos de la ascensión con la mano derecha y en dos con la izquierda. Además, y siguiendo con la información contenida en los *T-patterns* seleccionados, durante la ascensión los escaladores realizaron la acción de pasar la cuerda por el *expres* dos veces con cada mano, cogieron magnesio en dos ocasiones con la mano derecha y una con la mano izquierda, y realizaron un único gesto de descanso (con la mano izquierda).

Especialmente importante, para la comprensión de la eficacia de la conducta desplegada en escalada, resulta la aportación de los *T-patterns* que reflejan la parte final de la ascensión, y que otorga el pódium. Así, desde el evento-tipo (p40,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 40 (p40,left,cend) hasta el multievento-tipo (p51,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 51, los escaladores que consiguieron las tres primeras posiciones (escaladores A, B y C) realizaron 10 movimientos, ocho de ellos con alternancia de manos y otros dos mediante rebotes. Las acciones técnicas que realizaron en esta recta final de la vía fueron un chapaje, un gesto de descanso con la mano izquierda y un uso de magnesio con la mano derecha.

#### 4.5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente artículo pretende constituirse como un primer trabajo exploratorio sobre la aportación que supone la aplicación del análisis de *T-patterns* (a través del *software Theme*®) a un deporte individual como es la escalada de dificultad. A conocimiento de los autores éste es el primer trabajo que propone la implementación de técnicas analíticas para la estimación de patrones temporales en el ámbito de la escalada, lo cual ha limitado la discusión en términos observacionales. Además, los patrones temporales detectados constituyen un ejemplo de la operatividad de la herramienta observacional (SCOT) diseñada. Los patrones temporales detectados se ajustan a la realidad de la escalada de dificultad, y permiten capturar de modo secuencial y temporal la conducta desplegada durante la ascensión de la final del Campeonato del Mundo de Escalada de Dificultad celebrada en Arco en el año 2011.

En concreto, a partir de tres patrones temporales (véase Tabla 2 y Figura 1) se ha caracterizado la ascensión en tres tramos relevantes (parte común, satisfecha por los cinco escaladores que han constituido el muestreo; parte media, en la que caen dos de estos cinco escaladores; y parte final, en la que se dirime el pódium).

De la información contenida en los *T-patterns* seleccionados se desprende que la vía de escalada tuvo mucho “ritmo”, ya que tan solo se han reflejado cuatro acciones para coger magnesio o realizar acciones de descanso. La primera parada para coger magnesio sucedió en la presa 20, la segunda en la presa 32, la tercera en la 43 y el único gesto de descanso realizado se corresponde con la presa 44. De esta forma, se observó una fase inicial donde la sucesión de los movimientos fue continua, solo interrumpida por las acciones obligatorias de pasar la cuerda por el *express* y de acciones voluntarias de coger magnesio (presas 20 y 32). Todo esto pudo ser debido a que los escaladores intentaron escalar la parte inicial de la vía, y en teoría la que menos dificultad conlleva, con mucha rapidez para fatigarse lo menos posible. Esta fase inicial se terminó en las presas 43 y 44, donde el *T-pattern* estimado describe que los escaladores se detuvieron para realizar acciones de coger magnesio y de descanso. Debido a que en la escalada deportiva la aportación de las vías aeróbicas es muy alta (Bertuzzi, Franchini, Kokunbun, y Kiss, 2007; Rodio, Fattorini, Rosponi, Quattrini, y Marchetti, 2008; Sheel, Seddon, Knight, McKenzie, y Warburton, 2003), con acciones de coger magnesio y de descanso, los escaladores pudieron re-oxigenar su metabolismo y reducir la fatiga para afrontar la fase final de la ascensión en las mejores condiciones posibles.

Después de esta “fase de descanso” llegó la fase final de la ascensión, otra vez con mucho ritmo. Ya que pese a la gran aportación de las vías aeróbicas en la escalada deportiva, cuando va aumentando la dificultad de la vía se observa una dependencia mayor de las vías anaeróbicas (Billat, Palleja, Charlaix, Rizzardo, y Janel, 1995; Giles, Rhodes, y Taunton, 2006; Watts, Daggett, Gallager, y Wilkins, 2000; Watts y Drobish, 1998), llegando en algunos casos a la aportación aláctica (Bertuzzi, Franchini, Kokunbun, y Kiss, 2007).

Especialmente relevante se considera la aportación de los *T-patterns* que reflejan la fase más determinante de la ascensión y que describe el modo en el que los mejores escaladores del mundo desempeñan con éxito la parte final y más complicada de la vía –tanto por la dificultad técnica de los movimientos como por la fatiga acumulada– y que otorga el pódium. En esta fase, los escaladores no realizaron ninguna acción para coger magnesio o para descansar. De lo anterior se desprende que en la fase final los escaladores optan por

abreviar el tiempo restante de ascensión puesto que la fatiga acumulada es determinante. Esta afirmación está en sintonía con los resultados obtenidos por White y Olsen (2010) para quienes, en las fases más críticas de las ascensiones en la modalidad de *Boulder* (en desplomes de más de 45° con presas pequeñas), los escaladores intentan pasar el menor tiempo en la presas para ahorrar energía. En este sentido, la literatura científica sugiere (Billat 1995; Vigouroux, 2006; Watts, 2004) que la fuerza isométrica y el ratio de fuerza desarrollado en los dedos y en los antebrazos es uno de los aspectos importantes en el rendimiento en escalada deportiva.

En la vertiente estratégica-táctica, del presente trabajo se desprende –los tres primeros escaladores clasificados en la competición comparten el modo (el reflejado en los *T-patterns*) de ascender la vía desde su inicio hasta la presa 51– la influencia que, en el resultado final de la prueba, supone la elección de la ruta a seguir en la ascensión de la vía. Este aspecto sobre las decisiones que deben adoptar los escaladores ya fue destacado por Goddard y Neumann (1993), quienes concluyeron de sus investigaciones que los escaladores más exitosos son más eficaces al seleccionar la ruta más apropiada que los menos exitosos.

#### **4.6. APLICACIONES PRÁCTICAS**

En el presente artículo confluyen dos aportaciones fundamentales: una metodológica y otra deportiva (escalada de élite). En lo metodológico, el presente trabajo constituye un ejemplo de la potencia informativa que aportan las estructuras regulares de conducta, secuenciales y temporales, que constituyen los *T-patterns*. En lo deportivo, especialmente relevante se considera la capacidad que brindan los *T-patterns* detectados para reflejar las conductas desplegadas por los mejores escaladores del mundo (modalidad *Lead*) en la ascensión de una vía: la ruta y el modo en el que se concreta el recorrido (presa, mano de agarre, “chapaje” o paso de cuerda, uso de magnesio y descansos). De este modo toda esta información puede ser muy valiosa a la hora de diseñar entrenamientos y test específicos de escalada deportiva.

#### **Agradecimientos**

Los autores quieren agradecer la ayuda del Gobierno Español al proyecto I+D+i *Observación de la interacción en deporte y actividad física: Avances técnicos y metodológicos en registros automatizados cualitativos-cuantitativos* (Secretaría de Estado de



Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad) durante el período 2012–2015 [DEP2012-32124].

#### 4.7. REFERENCIAS

- Anguera, M. T. (1979). Observational typology. Quality & Quantity. *European-American Journal of Methodology*, 13, 449-484.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A., y Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63–76.
- Anguera, M. T., Magnusson, M. S., y Jonsson, G. K. (2007). Instrumentos no estándar. *Avances en medición*, 5(1), 63–82.
- Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 103-109.
- Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2015). Técnicas de análisis en estudios observacionales en ciencias del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 13-30.
- Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M. T., y Garzón, B. (2015). Tactical behaviour of winning athletes in major championship 1500-m and 5000-m track finals. *European Journal of Sport Science*, DOI:10.1080/17461391.2015.1009494
- Arbulu, A., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2016). Construcción de una herramienta de observación de escalada de élite y la estimación de la calidad del dato. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 91-96.
- Bakeman, R. y Quera, V. (1996). *Análisis de la interacción*. Madrid: RAMA.
- Bakeman, R. y Quera, V. (2001). Using GSEQ with SPSS. *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, 3, 195–214.
- Baláš, J., Panáčková, M., Strejcová, B., Martin, A. J., Cochrane, D. J., Kaláb, M., Kodejška, J., y Draper, N. (2014). The relationship between climbing ability and physiological responses to rock climbing. *Scientific World Journal*, 678387.
- Bayer, T., Schöffl, V. R., Lenhart, M., y Herold, T. (2013). Epiphyseal stress fractures of finger phalanges in adolescent climbing athletes: a 3.0-Tesla magnetic resonance imaging evaluation. *Skeletal Radiology*, 42(11), 1521-5.

- Bertuzzi, R. C., Franchini, E., Kokunbun, E., y Kiss, M. A. (2007). Energy system contributions in indoor rock climbing. *European Journal Applied Physiology*, *101*, 293-300.
- Billat, V., Palleja, P., Charlaix, T., Rizzardo, P., y Janel, N. (1995). Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *Journal Sports Medicine Physiology Fitness*, *35*, 20-24.
- Blanco-Villaseñor, A., Castellano, J., Hernández-Mendo, A., Sánchez-López, C. R., y Usabiaga, O. (2014). Aplicación de la TG en el deporte para el estudio de la fiabilidad, validez y estimación de la muestra. *Revista de Psicología del Deporte*, *23*, 131-137.
- Camerino, O., Prieto, I., Lapresa, D., Gutiérrez-Santiago, A., e Hileno, R. (2014). Detección de T-patterns en la observación de deportes de combate. *Revista de Psicología del Deporte*, *23*(1), 147-155.
- Castellano, J., Perea, A., Alday, L., y Hernández-Mendo, A. (2008). Measuring and observation tool in sports. *Behavior Research Methods*, *40*, 898-903.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, *41*, 687-699.
- De Benito, A. M., Sedano, S., Redondo, J. C., y Cuadrado, G. (2013). Análisis cualitativo de las implicaciones musculares de la escalada deportiva de alto nivel en competición. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, *32*(9), 154- 180.
- Deyhle, M. R., Hsu, H. S., Fairfield, T. J., Cadez-Schmidt, T. L., Gurney, B. A., y Mermier, C. M. (2015). The relative importance of four muscle groups for indoor rock climbing performance. *Journal of Strength Condition Research*, [DOI:10.1519/JSC.0000000000000823](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000823).
- Giles, L. V., Rhodes, E. C., y Taunton, J. E. (2006). The physiology of rock climbing. *Sports Medicine*, *36*, 529-545.
- Goddard, D. y Neumann, U. (1993). *Performance rock Climbing*. Mechanicsburg, PA: Stackpole Books.
- Gutiérrez-Santiago, A., Prieto, I., Camerino, O., y Anguera, M. T. (2011). The temporal structure of judo bouts in visually impaired men and women. *Journal of Sports Sciences*, *29*(13), 1443-1451.
- Jonsson, G. K., Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., Hernández-Mendo, A., Ardá, T., Camerino, O., y Castellano, J. (2006). Hidden patterns of play interaction in

- soccer using SOF-CODER. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 38(3), 372-381.
- Kaloostian, P. E., Kim, J. E., Calabresi, P. A., Bydon, A., y Witham, T. (2013). Clay-shoveler's fracture during indoor rock climbing. *Orthopedics*, 36(3), 381-3.
- Lapresa, D., Álvarez, L., Arana, J., Garzón, B., y Caballero, V. (2013). Observational analysis of the offensive sequences that ended in a shot by the winning team of the 2010 UEFA Futsal Championship. *Journal of Sport Sciences*, 31(15), 1731-1739.
- Lapresa, D., Anguera, M. T., Alsasua, R., Arana, J., y Garzón, B. (2013). Comparative analysis of T-patterns using real time data and simulated data by assignment of conventional durations: the construction of efficacy in children's basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 321-339.
- Lapresa, D., Camerino, O., Cabedo, J., Anguera, M. T., Jonsson, G. K. y Arana, J. (2015). Degradación de T-patterns en estudios observacionales: Un estudio sobre la eficacia en el ataque de fútbol sala. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 71-82.
- Lapresa, D., Ibáñez, R., Arana, J., Garzón, B. y Amatria, M. (2011). Spatial and temporal analysis of karate kumite moves: comparative study of the senior and 12-13 year old groups. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(1), 57-70.
- Magnusson, M. S. (1996). Hidden real-time patterns in intra- and inter-individual behavior. *European Journal of Psychological Assessment*, 12(2), 112-123.
- Magnusson, M. S. (2000). Discovering hidden time patterns in behavior: T-patterns and their detection. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 32(1), 93-110.
- PatternVision Ltd y Noldus Information Technology bv (2004). *Theme, powerful tool for detection and analysis of hidden patterns in behaviour. Reference manual, version 5.0.* Wageningen: The Netherlands: Noldus Information Technology bv.
- Rodio, A., Fattorini, L., Rosponi, A., Quattrini, F. M., y Marchetti, M. (2008). Physiological adaptation in noncompetitive rock climbers: good for aerobic fitness?. *Journal Strength Conditioning Research*, 22: 359-364.
- Sheel, W. A., Seddon, N., Knight, A., McKenzie, D. C., y Warburton, D. E. (2003). Physiological response to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Medicine Science Sports Exercise*, 35, 1225-1231.

- Tarragó, R., Iglesias, X., Michavila, J., Chaverri, D., Ruiz, L., y Anguera, M. T. (2015). Análisis de patrones en asaltos de espada de alto nivel. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 151-160.
- Vigouroux, L. y Quaine, F. (2006). Fingertip forcé and electromyography of finger flexor muscle during a prolonged intermitten exercise in elite climbers and sedentary individuals. *Journal Sports Science*, 24, 181-186.
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal Applied Physiology*, 91, 361-372.
- Watts, P. B. y Drobish, K. M. (1998). Physiological responses to simulates rock climbing at different angles. *Medicine Science Sports Exercise*, 30, 1118-1122.
- Watts, P. B., Daggett, M., Gallagner, P., y Wilkins, B. (2000). Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *International Journal Sports Medicine*, 21, 185-190.
- White, D. J. y Olsen, P. D. (2010). A time motion analysis of bouldering stile competitive rock climbing. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1356-60.
- Zurloni, V., Cavalera, C., Diana, B., Elia, M., y Jonsson, G. K. (2014). Detecting regularities in soccer dynamics: A T-pattern approach. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 157-164.



# **BOSTGARREN KAPITULUA**

## **MOTION BEHAVIOUR OF TOP FEMALE CLIMBERS IN THE 2011 AND 2012 WORLD LEAD CLIMBING CHAMPIONSHIPS**





## **5.1. ABSTRACT**

Analysis of motion behaviour in competition situations is key to improving athlete performance. We analyzed the tactics employed by the lead climbers in the women's finals of the 2011 and 2012 International Federation of Sport Climbing World Climbing Championships. Using the *ad hoc* Sport Climbing Observational Tool (SCOT), we coded the ascents of the top four finishers in both competitions and analyzed the results in Theme (6.0) to detect temporal patterns (T-patterns) underlying motion behaviour. Our results show that the climbers employed similar strategies in the final stretch of the ascent and also revealed how the winner of each competition employed a different tactic to the runners-up in the very final stretch. The detection of similar and differential behaviours by top climbers in critical phases of ascents suggests that performance in elite competitive climbing could be improved by designing specific training exercises focused on these critical stages.

**Key Words:** Tactics, behaviour, performance, climbing, T-patterns



## **5.2. INTRODUCTION**

While motion aspects of play have been studied for some time in team sports (Barreira, Garganta, Castellano, Prudente, & Anguera, 2014; Castellano, Álvarez, Figueira, Coutinho, & Sampaio, 2013), the number of studies analyzing tactics in individual sports is increasing (Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón & Amatria, 2011; Tarragó, Iglesias, Michavila, Chaverri, Ruiz-Sanchis, & Anguera, 2015), and there is increasing recognition that a greater understanding of tactical behaviour can help to enhance performance in competition situations (Aragón, Lapresa, Arana, Anguera, & Garzón, 2015).

Competitive climbing has been analyzed from numerous perspectives, but the majority of studies have focused on physiological aspects (e.g., Donath & Wolf, 2015; Laffaye, Levernier, & Collin, 2015; Medernach, Kleinöder, & Lötzerich, 2015; Tonja, Philippe, Burkhardt, & Andreas, 2015) or injuries (e.g., Lion, Van der Zwaard, Remillieux, Perrin, & Buatois, 2015; Woollings, McKay, & Emery, 2015), with very few analyzing behaviour and tactics (White & Olsen, 2010; Arbulu, Usabiaga, & Castellano, 2015).

Successful rock climbers appear to be better at choosing the most effective route to the top (Goddard & Neumann, 1993). White and Olsen (2010), for example, on studying the actions of elite bouldering climbers concluded that motion behaviour was linked to success, as the best climbers completed the pre-set route in just one or two attempts, while the less successful ones needed several attempts to execute similar movements. A more recent study by our group found that the three top-placed climbers in the men's finals of the 2011 World Lead Climbing Championship behaved similarly in different sections of the route, and also detected differences with respect to those who did not reach the podium. Observation and analysis of tactics employed by climbers would therefore appear to offer the possibility of identifying aspects linked to performance.

Observational methodology offers numerous techniques for capturing behaviours over time and for detecting sequential and temporal patterns that might otherwise go undetected (Lapresa, Arana, Anguera, & Garzon, 2013). The use of these techniques combined with powerful software programs, such as GSEQ (Bakeman & Quera, 1996) and Theme (Magnusson, 1996 & 2000), can offer insights that are not

possible using traditional statistical analyses applied in notational studies. One example is T-pattern detection, which is a powerful technique that reveals the temporal structure of strings of behaviour. This technique has been used in numerous sports (Borrie, Jonsson & Magnusson, 2002; Gutiérrez, Prieto, Camerino & Anguera, 2011; Camerino, Prieto, Lapresa, Gutiérrez-Santiago & Hilenó, 2014; Aragón et al., 2015), and has proven to be particularly valuable in detecting sequential and temporal patterns in competitive climbing (Arbulu, Lapresa, Usabiaga, & Castellano, 2016).

The aim of this study was to contribute to the understanding of motion aspects of lead climbing by analyzing the behaviours of the finalists in two world championships to detect similarities (revealed through T-patterns) *and* differences in the actions of the top four finishers during a critical section of the route. Our hypothesis was that these patterns would identify winning tactics, thereby helping to improve the performance of competitive climbers and offering guidance for specific training exercises between competitions.

### **5.3. MATERIAL AND METHODS**

#### **5.3.1. Observational design**

We used a nomothetic, point, multidimensional design, which is situated in quadrant III of the observational methodology models described by Anguera, Blanco-Villaseñor, Hernández-Mendo, and Losada (2011). It is *nomothetic* because we analyzed the ascents made by several climbers during the final stages of two competitions, *point* because we recorded and coded all moves made by each climber on each climb, and *multidimensional* because we analyzed different variables, or levels of response, for each climber.

#### **5.3.2. Participants**

The participants were elite climbers who had reached the women's finals of the International Federation of Sport Climbing (IFSC) World Championships in Arco, Italy in 2011 (Arco'11) and Paris, France in 2012 (Paris'12) in the lead climbing discipline. The pre-set routes for the finals had a difficulty grading of 8b/b+ according to the French grading system. We recorded and coded all moves made by the top four finishers in each competition. In total, we analyzed five different climbers, as some

finished in the top position in both competitions. They were of different nationalities and all had extensive experience in national and international competitions.

### 5.3.3. Observation instrument

To record the climbers' behaviour along each route, we used an ad-hoc observational instrument combining category systems and field formats (Anguera, Magnusson, & Jonsson, 2007). The instrument, known as the Sport Climbing Observational Tool (SCOT) (Arbulu, Usabiaga, & Castellano, 2016) consists of six criteria—use of holds, hand use (right vs left), hand contact time, quickdraw clipping, use of chalk, and rests—broken down into 74 categories (Table 1). The frequency and duration of each behaviours was recorded. The data analyzed can thus be classified as sequential multievent time-based data according to the criteria of Bakeman and Quera (1996).

**Table 1**

No	Criterion	Categories
1	Hold	Starting hold (STA1), second hold (STA2), and subsequent holds (number of levels open)
2	Hand	Left hand (LEFT) and right hand (RIGH)
3	Hand contact time	Start of hand contact (CSTA) and end of hand contact (CEND)
4	Quickdraw clipping	Quickdraw clipping with left hand (QLEF), quickdraw clipping with right hand (QRIG), quickdraw clipping attempt with left hand (QTLE) and quickdraw clipping attempt with right hand (QTRI)
5	Chalk	Chalk with left hand (CLEF) and chalk with right hand (CRIG)
6	Rest	Rest gesture with left hand (RLEF) and rest gesture with right hand (RRIG)

*Structure of the SCOT observation instrument.*

### 5.3.4. Procedures

The climbers' behaviour was recorded and coded using the SCOT observational tool loaded in the MOTS software program (Castellano, Perea, Alday, & Hernández-

Mendo, 2008). Prior to coding, the observers were trained in the use of the tool for 10 hours using a purpose-designed training protocol (Arbulu, Usabiaga, & Castellano, 2016).

The reliability of the data was also checked before the full coding procedure. To do this, two pairs of observers prepared two data sets for one of the final ascents (20% of total sample), 10 days apart. Intra- and interobserver reliability was then checked using Cohen's point-by-point agreement method ( $\kappa$ ) (Cohen, 1960). The  $\kappa$  values for all six criteria were higher than 0.80 for both frequency and duration of movements, indicating optimal intra- and interobserver reliability. We also performed a generalizability study (Blanco-Villaseñor, Castellano, Hernández-Mendo, Sánchez-López, & Usabiaga, 2014) using a two-facet model for observer (O) and behaviour (B) with the design [B/O]. Both the absolute and relative generalizability coefficients were close to 1 ( $\zeta p^2_{(\delta)} = 1.000$  and  $\zeta p^2_{(\Delta)} = 1.00$ , respectively), indicating high reliability (generalizability).

### 5.3.5. Data analysis

We used the Theme software package (version 6.0) to search for T-patterns that might reveal common patterns in the tactics employed by some of the world's best female lead climbers. The wealth of information that can be revealed by T-patterns has led to a dramatic increase in the use of T-pattern detection in studies of behaviour in sport (Anguera & Hernández-Mendo, 2015). A T-pattern is essentially a combination of events, or *multievents* to use the term employed by Bakeman and Quera (1996), that recur in the same order and with significantly similar distances in time (critical interval). This time distance remains invariant relative to the null hypothesis that each event (or component of a T-pattern) is independently and randomly distributed over time (Magnusson, 1996 and 2000). For example, when Theme detects an occurrence of A followed by an occurrence of B within a critical interval, it generates a simple T-pattern: AB. The software then repeats this procedure for different critical interval relations (from 1 to n) to create increasingly complex T-patterns in terms of levels and numbers of events.

For the purpose of our study, we set the following search parameters in Theme:  
a) a significance level of 0.005 for each critical interval relationship (we also used the

shuffle and rotation feature to randomize the data 10 times to ensure that none of the t-patterns detected were the result of chance); b) fast-type T-pattern, which sets the lower time limit of the critical interval to zero, thereby influencing the temporal proximity of the events that make up each pattern; and c) occurrence of each T-pattern detected in at least 75% of the data sets analyzed (participant/ascent), thus ensuring that all patterns corresponded to the behaviour of at least three of the four climbers in each competition. (For more information on Theme settings, see PatternVision Ltd & Noldus Information Technology bv, 2004.)

## 5.4. RESULTS

Of all the T-patterns detected using the pre-set search parameters, we selected, for each championship—Arco'11 and Paris'12—the pattern that best described the climbers' behaviour during the critical part of the route, i.e., the point at which the outcome of the competition was determined. These two patterns (see Table 2 and Figures 1 and 2) provided detailed insight into the tactics employed during the final stretch of the ascent by the top four finishers in each competition.

**Table 2**

---

**Arco'11 T-pattern: occurrences= 3 (climbers A, C, and D); number of events = 29; duration in frames = 7172; % duration= 57%**

((((( p34,left,csta p33,right,cend ) p35,right,csta ) p34,left,cend )((( p36,left,csta ( p35,right,cend ( p37,right,csta p36,left,cend ))(( p38,left,csta ( p37,right,cend p39,right,csta ))( p38,left,cend p40,left,csta ))(( p39,right,cend ( qrig mrig ))( p42,right,csta p40,left,cend ))((( mlef p43,left,csta )( p43,left,cend p44,left,csta ))( p42,right,cend p45,right,csta ))( p44,left,cend (( p46,left,csta p46,left,cend )( p47,left,csta p45,right,cend ))))))

---

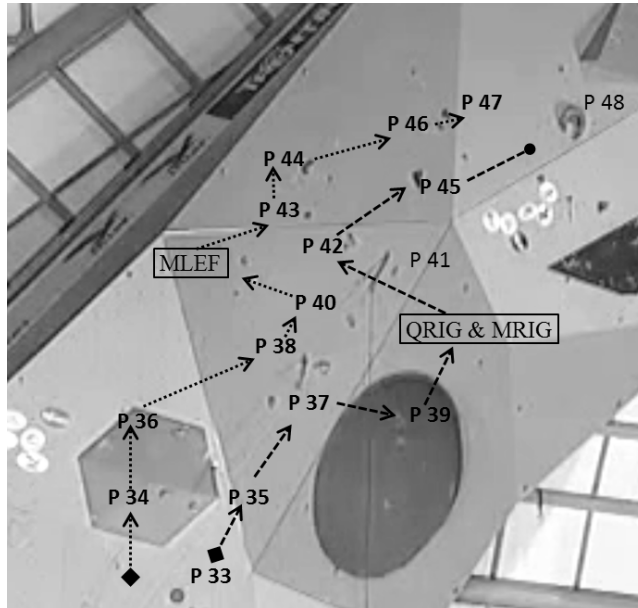
**Paris'12 T-pattern: occurrences= 3 (climbers A, B, and C); number of events = 31; duration in frames = 13966; % duration= 72%**

(( p34,right,csta ((((( p33,left,cend ( mlef rlef )) p33,left,csta ) p35,left,csta )( p34,right,cend ( rrig mrig ))((( p36,right,csta p35,left,cend )( p37,left,csta p36,right,cend ))( p38,right,csta p37,left,cend ))( mlef rlef ))))(( p39,left,csta ( p38,right,cend p40,right,csta ))((( p40,right,cend p42,right,csta ) qllef ) p42,right,cend ))( p44,right,csta (

p45,left,csta p44,rig,cend ))( p46,rig,csta ( p45,left,cend p47,left,csta )))  
 p46,rig,cend ))))

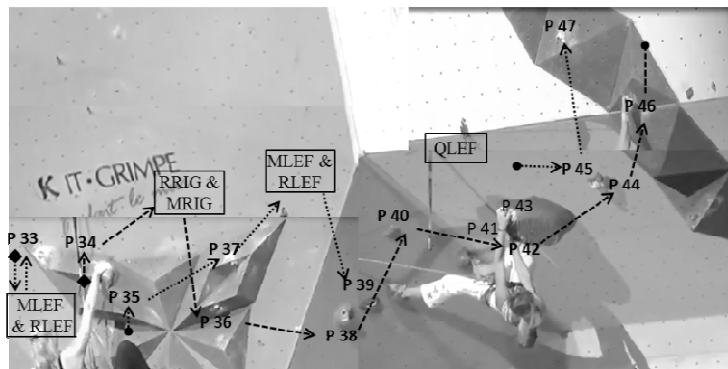
*T-patterns describing with the greatest detail the critical phase of the ascent in the women's finals of the Arco'11 and Paris'12 world lead climbing championship.*

**Figure 1**



*T-patterns selected for Arco 2011. Left hand (.....➤); right hand (- - ➤); P holds reflected in T-pattern (P holds not reflected in T-pattern); interruption in T-pattern (- ●); first events in T-pattern (◆➤ and ◆➤); chalking (MLEF and MRIG); quickdraw clipping (ORIG).*

**Figure 2**



*T-patterns selected for Paris 2012. Left hand (.....➤); right hand (- - ➤); P holds reflected in T-pattern (P holds not reflected in T-pattern); interruption in T-pattern*

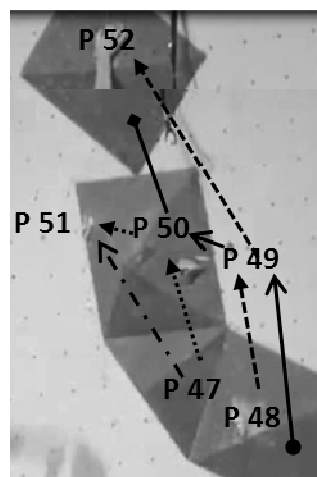
( $\cdots\bullet$  and  $-\bullet$ ); first events in T-pattern ( $\blacklozenge\rightarrow$  and  $\blacklozenge\rightarrow$ ); chalking (MRIG and MLEF); quickdraw clipping (QLEF); rest (RLEF and RRIG).

The T-pattern selected for Arco'11 describes the behaviours of climber A (gold medallist), climber C (bronze medallist), and climber D (fourth place). The three climbers completed the part of the ascent reflected in the T-pattern in a mean $\pm$ SD time of 109.78 $\pm$ 31.13 seconds. This critical phase started with the climbers gripping hold 34 with their left hand (p34,left,csta), which is point at which all the climbers paused to make a rest gesture and/or to chalk up before tackling the final stretch. The last event in the critical phase (or T-pattern) corresponded to the climbers releasing their right hand from hold 45 (p45,right,cend). It was here that climbers C and D (in addition to climber B) fell on trying to grip hold 48 with their right hand (p48,righ,csta). The data for the gold medallist, i.e. the climber who did not fall, shows that she employed a different strategy at this point. Specifically, she performed two additional moves between releasing her right hand from hold 45 and attempting to grip hold 48: she first gripped hold 46 with her right hand (p46,righ,csta) and then released it (p46,righ,cend). The T-pattern selected for Arco'11 consists of 12 moves. Each move consists of two actions: release of one hold and gripping of another. It is also possible, however, that the climbers performed additional actions before attempting to grip a new hold, such as resting, quickdraw clipping, or chalking. The information contained within the T-pattern shows that the climbers alternated their hands (right-left or left-right) on all occasions but two, when they used their left hand twice in a row. The pattern then shows that all the climbers clipped the rope into the quickdraw once with their right hand and then chalked up with their left hand and then their right.

The T-pattern that best describes the critical phase of the ascent in Paris'12 corresponds to behaviours by the top three finishers (climbers A, B, and D). The mean duration of this part of the ascent was 170.26 $\pm$ 11.03 seconds. The T-pattern started with the climbers gripping hold 34 with their right hand (p34,righ,csta), at which point they all paused to rest and apply chalk to both hands in preparation for the final ascent. The pattern ended when they released their right hand from hold 46 (p46,righ,cend), which is the point at which two of the four climbers studied (D and E) fell. The information

recorded for the two climbers who made it past this point shows that climber B (silver medallist) fell on releasing her left hand from hold 50 (p50,riqh,cend) and attempting to grip hold 52 with the other hand (p52,riqh,csta). The winner (climber A) successfully gripped hold 52 with her right hand (p52,riqh,csta), which she released from hold 49 (p49,riqh,cend) while keeping her left hand on hold 51 (see Figure 3). The events in the T-pattern selected reflect 10 moves. Just three actions performed in this critical part of the ascent are not reflected in the T-pattern. These are grip hold 35 with left hand (p35,left,csta), grip hold 45 with the left hand (p45,left,csta), and clip rope into quickdraw with left hand (glf). The first two are missing the first event, while the third one is missing the first and last event. This is because climber A clipped onto the quickdraw from hold 42, while climbers B and D clipped on from hold 41. The T-pattern also shows that the three climbers alternated their right and left hands during this stretch of the route on all but two occasions thy used the same hand, once with their left hand and once with their right hand. Finally, the T-pattern shows that all three climbers clipped once with their left hand, chalked their left hand twice and their right hand once, and made three rest gestures, two with their left hand and one with their right.

**Figure 3**



*Behaviour of the competition winner (climber A) and first runner-up (climber B) in Paris 2012. Left hand use by climber A (.....►); right hand use by climber A (- - ►); left hand use by climber B (- · ►); right hand use by climber B (—►); movement from a previous hold (●—); unfinished movement (—◆).*



## **5.5. DISCUSSION**

Our findings show how T-pattern detection can help to contribute to a better understanding of climbing tactics in a competition situation. By systematically coding and analyzing the behaviour of the top four finishers in the Women's Finals of Arco'11 and Paris'12 in the lead climbing discipline, we identified common temporal patterns underlying the tactics employed.

For each championship, we choose the T-pattern that best described the critical part of the route (i.e. the route that determined victory), and these patterns revealed key moves—or motion behaviours—made by at least three of the four top finishers in each competition. We also searched for motion differences by analyzing actions not reflected in the T-patterns.

In Arco'11, the critical part of the route we analyzed was a steep overhang. The detection of few rest gestures during this phase suggests a fast, steady climbing speed. The T-pattern reflects the behaviour of the eventual winner of the competition and the two climbers who came third and fourth. They all chalked up once with their left hand and used their right hand to clip the quickdraw and chalk up. They chalked their left hand at hold 40 and their right hand at hold 42. These observations are consistent with previous observations by our group for male finalists in the same competition (Arbulu et al., 2016). They also largely support the findings of White and Olsen (2010), who suggested that when tackling steep overhanging routes (up to 45° beyond vertical), climbers try to move quickly, spending as little time as possible on holds in order to conserve energy and increase their chances of winning.

What differentiated the winner of Arco'11 from the other three climbers in the critical part of the ascent was that she moved her right hand from hold 46—not 45—to grip hold 48. The decision to grip hold 46 rather than 45 allowed her to reach hold 48 more comfortably than the other climbers, who were forced to use a more dynamic move but only managed to touch the hold before falling.

In Paris'12, the critical part of the route included an overhang of 90°. The T-pattern reflected the behaviour of the top three finishers, who all made rest gestures and chalked up with both hands before reaching the overhang. Specifically, they used their left hand to rest and then chalk up and then did the opposite with their right hand (i.e., they first chalked up and then made a rest gesture). These events indicate a slower

climbing speed in this zone, probably with the intention of recovering energy before tackling the steep overhang. The T-pattern shows just one, obligatory, interruption (i.e. a clipping action) in the area of the overhang, i.e., none of the climbers took a rest or used chalk, again indicating that they were moving at a relatively fast, constant speed. This tactic is consistent with the observation by De Geus, Villanueva, and Meeusen (2006) that climbers who tackle overhanging walls have higher blood lactate concentrations than those who tackle less steep though equally difficult routes. Climbing speed does not appear to be a determining factor of victory in world championship competitions, but it is an aspect to take into account, as it can differentiate the top climbers from the rest (Arbulu et al., 2015). Similarly to in Arco'11, the winner of the woman's lead climbing finals in Paris'12 employed a different tactic to the runner-up during her final moves (the other two climbers fell while attempting to grip hold 49). With their left hand on hold 51, the runner-up moved her right hand from hold 49 to 50 before reaching for hold 52, while the winner moved her right hand directly from hold 49 to hold 52.

## **5.6. CONCLUSIONS**

Our analysis of the behaviour of the top-classified climbers in the women's finals of two world lead climbing championships show that tactical decisions have an important role in the successful completion of routes. We found that a) three of the four top-placed climbers in each championship employed the same tactics—revealed by the multievents within the T-patterns detected—in the critical stretch of the route, and b) the winner of both competitions employed a different tactic in the very final stretch. Our findings highlight the need to evaluate climbing performance from both a broad perspective, as we detected similar patterns for all the top-placed climbers, and a narrower perspective focusing on differential behaviours, as both angles can provide information to help prepare for competitive climbing. Our findings also show that T-pattern detection is a powerful technique for systematically identifying behaviours that could easily go undetected to the unaided observer. Our results—and those of similar studies—could therefore provide useful insights into winning tactics in climbing and help to guide training by showing similar and differential behaviours employed by successful elite climbers.

## 5.7. REFERENCES

- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A., & Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63-76.
- Anguera, M. T., Magnusson, M. S., & Jonsson, G. K. (2007). Instrumentos no estándar. *Avances en medición*, 5(1), 63-82.
- Anguera, M. T., & Hernández-Mendo, A. (2015). Técnicas de análisis en estudios observacionales en ciencias del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 13-30.
- Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M. T., & Garzón, B. (2015). Tactical behaviour of winning athletes in major championship 1500-m and 5000-m track finals. *European Journal of Sport Science*, DOI:10.1080/17461391.2015.1009494
- Arbulu, A., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2015). A time motion analysis of lead climbing in the 2012 men's and women's world championship finals. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15 (3), 924-934.
- Arbulu, A., Lapresa, D., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2016). Detección y aplicación de T-Patterns en la escalada de élite. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16 (1), 95-102.
- Arbulu, A., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2016). Construcción de una herramienta de observación de escalada de élite y la estimación de la calidad del dato. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 91-96.
- Bakeman, R., & Quera, V. (1996). *Análisis de la interacción*. Madrid: RAMA.
- Barreira, D., Garganta, J., Castellano, J., Prudente, J. y Anguera, M. T. (2014). Evolución del ataque en el fútbol de élite entre 1982 y 2010: aplicación del análisis secuencial de retardos. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 139-146.
- Blanco-Villaseñor, A., Castellano, J., Hernández-Mendo, A., Sánchez-López, C. R., & Usabiaga, O. (2014). Aplicación de la TG en el deporte para el estudio de la fiabilidad, validez y estimación de la muestra. *Revista de Psicología del Deporte*, 23, 131-137.

- Borrie, A., Jonsson, G.K., y Magnusson, M.S. (2002). Temporal pattern analysis and its applicability in sport: An explanation and exemplar data. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 845-852.
- Camerino, O., Prieto, I., Lapresa, D., Gutiérrez-Santiago, A., & Hileno, R. (2014). Detección de T-patterns en la observación de deportes de combate. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 147-155.
- Castellano, J., Álvarez, D., Figueira, B., Coutinho, D., & Sampaio, J. (2013). Identifying the effects from the quality of opposition in a Football team positioning strategy. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(3), 822-832.
- Castellano, J., Perea, A., Alday, L., & Hernández-Mendo, A. (2008). Measuring and observation tool in sports. *Behavior Research Methods*, 40, 898-903.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 687-699.
- De Geus, B., Villanueva O'Driscoll, S., & Meeusen, R. (2006). Influence of climbing style on physiological responses during indoor rock climbing on routes with the same difficulty. *European Journal of Applied Physiology*, 98(5), 489-96.
- Donath, L., & Wolf, P. (2015). Reliability of Force Application to Instrumented Climbing Holds in Elite Climbers. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(5), 377-82.
- Goddard, D., & Neumann, U. (1993). *Performance rock Climbing*. Mechanicsburg, PA: Stackpole Books.
- Gutiérrez, A., Prieto, I., Camerino, O., & Anguera, M. T. (2011). The temporal structure of judo bouts in visually impaired men and women. *Journal of Sports Sciences*, 29(13), 1443-1451.
- Laffaye, G., Levernier, G., & Collin, J. M. (2015). Determinant factors in climbing ability: Influence of strength, anthropometry, and neuromuscular fatigue. *Scandinavian Journal of Medicines & Science in Sports*, DOI: 10.1111/sms.12558
- Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M.T., & Garzón, B. (2013). Comparative analysis of the sequentiality using SDIS-GSEQ and THEME: a concrete example in soccer. *Journal of Sport Sciences*, 31(15), 1687-1695.

- Lapresa, D., Ibáñez, R., Arana, J., Garzón, B., & Amatria, M. (2011). Spatial and temporal analysis of karate kumite moves: comparative study of the senior and 12-13 year old groups. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(1), 57-70.
- Lion, A., Van der Zwaard, B. C., Remillieux, S., Perrin, P. P., & Buatois, S. (2015). Risk factors of hand climbing-related injuries. *Scandinavian Journal of Medicines & Science in Sports*, DOI: 10.1111/sms.12505
- Magnusson, M. S. (1996). Hidden real-time patterns in intra- and inter-individual behavior. *European Journal of Psychological Assessment*, 12(2), 112-123.
- Magnusson, M. S. (2000). Discovering hidden time patterns in behavior: T-patterns and their detection. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 32(1), 93-110.
- Medernach, J.P., Kleinöder, H., & Lötzerich, H. H. (2015). Fingerboard in Competitive Bouldering: Training Effects on Grip Strength and Endurance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2286-95.
- PatternVision Ltd and Noldus Information Technology bv (2004). *Theme, powerful tool for detection and analysis of hidden patterns in behaviour*. Reference manual, version 5.0. Wageningen: The Netherlands: Noldus Information Technology bv.
- Tarragó, R., Iglesias, X., Michavila, J., Chaverri, D., Ruiz, L., & Anguera, M. T. (2015). Análisis de patrones en asaltos de espada de alto nivel. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 151-160.
- Tonja, S., Philippe, A., Burkhardt, S., & Andreas, S. (2015). Connective tissue adaptations in the fingers of performance sport climbers. *European Journal of Sports Science*, 15(8), 696-702.
- White, D. J., & Olsen, P. D. (2010). A time motion analysis of bouldering stile competitive rock climbing. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1356-60.
- Woollings, K. Y., McKay, C. D., & Emery, C. A. (2015). Risk factors for injury in sport climbing and bouldering: a systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 49(17), 1094-9.

**SEIGARREN KAPITULUA**  
**ONDORIOAK, LANAREN MUGAK,**  
**APLIKAZIO PRAKTIKOAK ETA**  
**ETORKIZUNERAKO PROPOSAMENAK**





## 6.1. ONDORIO OROKORRAK

Tesi honen ondorioei dagokienez, esan beharra dago hasieran ezarritako helburu nagusia bete dugula, hau da *Lead* modalitateko lehiaketako ezaugarriak zehaztasunez aztertzea, ikuspuntu estrategikotik. Honela, helburu nagusi hau betetzeko asmoz ezarri genituen lau azpi helburuak ere modu positiboan bete ditugu, bakoitzeko artikulu zientifiko bat idatzi eta argitaratuz aldizkari ezberdinetan.

Ikerketen ordenari jarraiki, gure lehen artikuluko emaitzek erakutsi dute SCOT fidagarria eta baliozkoa dela goi mailako kirol eskalatzailen mugimenduak eta hauen iraupenak aztertzeko, betiere, behatzaileak formakuntza prozesua jasoz gero. Hau da, goi mailako kirol eskalatzailerek egindako ekintzen maiztasuna, ordena eta iraupenen kodifikazioa ahalbidetzen duela eta zehazki, kirolariek burututako jokabide motorrak kodifikatzeko eta, ondorioz, deskribatzeko erabilgarria izango dela.

Bestetik, lan honetan aztertutako eskalada txapelketetatik hainbat ondorioa atera ditugu. Lehenik, gure bigarren artikuluan, Pariseko txapelketaren azterketa deskribatzailetik eratorritako datuek nabarmendu dute igoeretan abiadura aldakorrek tartekatutako ekintza desberdinak ematen direla, eta gainera, gizonezkoek eta emakumezkoek erabilitako estrategiak desberdinak direla, finaleko igoera emakumeek gizonezkoek baino astiroago eskalatu ohi dutelarik. Eskuratutako datuetatik ondorioztatu dugu emakumeek bide metaboliko aerobikoen erabilera handiagoa egiten dutela. Gainera, ikusi da bi kategorietako garaileak izan direla bidearen zati desberdinetan batz besteko abiadura maila altuena mantendu duten eskalatzailak, eta honek *Lead* eskaladan abiadura kontutan hartzeko alderdi garrantzitsua dela erakusten du.

Bigarrenik, gure hirugarren artikuluan, T-patterns-ak identifikatuz 2011ko Munduko Eskalada Txapelketako gizonezko eskalatzailen hoberenek finaleko bidea nola eskalatu zuten azaltzeko gai izan gara, betiere beraiek erabilitako alderdi estrategiko eta taktikoak deskribatuz. Gainera, lan honek azpimarratu du jokabide motorren egitura erregularrak, sekuentzialak eta denborari dagozkionak osatzen dituzten T-patterns-ek eskaintzen diguten informazio potentziala oso aberatsa eta erabilgarria dela *Lead* eskaladan.

Azkenik, gure laugarren artikuluan, 2011 eta 2012 urteetako Eskaladako Munduko Txapelketetan *Lead* modalitatean finalean parte hartu zuten emakumezkoek



izandako denbora patroietatik abiatuta, nabarmentzekoa da bidearen fase erabakigarrienean eskaladako bidearen ezaugarrien arabera portaera komun bat ematen dela eskalataile hobereenen artean, baina era berean, baita azken emaitzan eragiten duten eskalataile bakoitzaren portaera taktiko ezberdinak ere. Horrela, bidearen fase kritiko honetako jokabide motor taktikoa bi alderditatik aztertzeke beharra ikusi dugu: alde batetik, modu orokor batean izandako portaera komunak; baina, bestetik, eskalataile bakoitzari dagozkion portaerak, hau da, beste eskalataileen portaeretatik ezberdintzen dituenak.

## 6.2. LANAREN MUGAK

Tesi honen mugei dagokionez, esan beharra dago mota honetako behaketetan irudien fokatzea eta kalitate egokiena bilatzea ez dela batere erraza. Bidearen egiturak, altuerak eta diseinuak batzuetan ez du erraza egiten behatzailearen lana, eta eskalataileak presa askatu edo presa hartzen duen momentua identifikatzea asko zailtzen da. Horregatik, eskaladako bidea bi ikuspegi desberdinetatik grabatzea izango litzateke interesgarria mota horretako egoerak ekiditen laguntzeko. Era berean, eta nahiz eta guk erabilitako grabaketak kalitatea altukoak izan (25 eta 29 *frame*-koak), kalitate hobegoko irudi batek segundoko *frame* kopurua handiagotuko luke eta ondorioz, jasotako ekintzen iraupen zehaztasuna ere bai.

Bestalde, datu gehiago eskuratzeko asmoz, interesgarria deritzogu eskaladako bideen unean-uneko makurgunea (desplome) ezagutzea. Informazio hau oso erabilgarria izango litzateke ikerketa honetan egindakoa eta ondorioztatutakoa osatzeko. Bestek beste, eskalada eritmoarekin edo heldulekuetan indarra egiten pasatako denborarekin erlazioa genezake. Honi erantzuteko interesgarria izan daiteke mikroteknologiaren erabilera. Mota honetako txapelketak eraikin estalietan egiten direla jakinda, satelite beharreko dispositiboak (adibidez, GPSak) ez dira baliagarriak. Beraz, eskalatailearen mugimenduak edo/eta indarrak aztertzeke elektromiografia erabiltzeak informazio aberatsa eta osagarria eskainiko luke. Era berean, mugimenduen angulazioak eta indarrak duen garrantzia ikusita, hiru dimentsioen arabera azterketa biomekanikoek ere informazioa osatzen lagunduko lukete. Halaber, aztertutako aldagaiak eskalataileen datu fisiologikoekin osatzea ere oso eraginkorra izan daiteke, bihotz maiztasuna edo laktato kontzentrazioak izan daitezkeelarik literaturan garrantzia gehien dutenak. Baina

esan beharra dago mundu mailako txapelketa hauetan mota honetako azterketak egitea oso konplikatu dela gaur egun, metodologia ez inbasiboak erabiltzea litzateke aukera bakarra. Kirolariek asko daukate jokoan txapelketa bakoitzean eta mota honetako datuak eskuratzeko beraien jardunean eragin beharra dagoenez, aukera hauek ez dira egokienak.

Azkenik, lan honek izan duen beste muga bat eliteko kirolariei lotutakoa da, hau da, eskalada komunitatea osatzen duten kirolarien zati txiki batekoa. Aztertutako eskalatzaileen lagina txikia bada ere, azken urteotan izandako eskalatzaile hoberenak direla esan dezakegu. Horren adierazle argia da burutu diren azkeneko lau Munduko Txapelketetan podiumera igo diren zazpi emakumetik bostek (>%70), eta sei gizonezkoetik bostek (>%83) parte hartu dutela lan honetan. Horrela, lan honek goi mailan aplika daitezkeen entrenamendu estrategien esku-hartzea ahalbidetzen badu ere, hauek hein handi batetan maila baxuagoan ere erabil daitezke lehiaketan parte hartzen duen eskalatzaile komunitate osorako.

### **6.3. APLIKAZIO PRAKTIKOAK**

Egindako lanaren aplikazioari dagokionez, alde batetik, SCOT bezalako behaketa tresna bat sortzeak aukera paregabea eskaintzen digu eta ate berriak zabaltzen ditu kirol eskaladan ikerketa sakonagoak egiteko, eta horrela erakutsi dugu lan honetan. Behaketa metodologiaren erabilgarritasuna nabaria izan da, parte hartze zuzenik gabeko ikerketa deskribatzailea eta inferentziala egiteko aukera emanez. Gainera prozedura oso ekonomikoa da, edozein ikertzailereren eskura dagoena eta oso jasangarria.

Gainera, behaketa hauetan eskuratutako datuak oso erabilgarriak izango dira eskalatzaileentzat eta beraien entrenatzaileentzat entrenamenduak diseinatzeko, eskalada bideak diseinatzeko, esku-hartze estrategiak prestatzeko eta test desberdinak burutzeko. Adibidez, bigarren ikerketaren datuetatik ondorioztatu genuen mota honetako txapelketatarako entrenamendu bideak diseinatzerakoan hauen luzera 36 eta 60 mugimendu bitartekoa izan behar zela gizonezkoen kasuan, eta 53 eta 75 mugimendu bitartekoa emakumezkoenean. Gainera, gizonezkoek heldulekuetan indarra egiten igaro beharreko denboraren bataz bestekoa 6,9 segundokoa izan beharko zela eta emakumeena, berriz, 8,5 segundokoa.

Aurrekoari gaineratuz, laugarren ikerketatik ateratako datuekin ikusi genuen emakumezko eskalatzaileek portaera taktiko komun bat zeukatela bidearen azken fasean eta hau bidearen ezaugarrien arabera zela. Horrela, interesgarria ikusten dugu bidearen azken fase honetan (azkeneko 10-12 mugimenduetan), makurgunea konstantea denean, erritmo altu batez egitea, atsedean keinuak eta bestelakoak ahalik eta gehien ekidinez. Baina, bidearen fase honek tartean 90°ko makurgune bat duenean, interesgarria da zati honen aurretik eta ondoren errekuaratzeko geldialdi bat egitea edo erritmoa moteltzea, eta 90°ko makurgunea ahalik eta azkarren igarotzea. Bestalde, bidearen azken fase honetan eskalatzaileek izandako portaera taktiko desberdinak azkeneko 3-4 mugimenduetan gertatu ohi direnez, interesgarria iruditzen zaigu azken jarrera taktiko hau entrenamendu bidez lantzea. Adibidez, entrenamendu bideen azken zatian aukera taktiko desberdinak eskaintzen dituzten mugimenduak ahalbidetuz. Horrela, guzti honek aukera paregabea eskaintzen du goi mailako kirolariei beraien errendimendu maila hobetu eta arlo zientifikoan ere kirol honen ezagutza maila handitzeko.

#### **6.4. ETORKIZUNERAKO PROPOSAMENAK**

Etorkizunerako proposamenei dagokionez, interesgarria iruditzen zaigu SCOT eta T-patterns-ak erabiliz, munduko txapelketa desberdinak aztertzea, adibidez munduko kopa bat. Txapelketa berbera 2016. urtean zazpi probak osatu zuten. Munduko Eskalada Kopako Txapelketako bideek ezaugarri komunak dituzte (bidea diseinatzen duten ekipatzaileek ezarriak), eta era berean, bakoitzak bere ezaugarri bereziak ditu (eskaladako bidea sortzeko erabilitako kirol egiturak ezarriak eta baita, bidea sortzen duten ekipatzaileek ezarriak). Honela, zazpi probetako finaleko zortzi igoeren behaketekin lortuko genituzkeen datuak oso aberatsak izango lirarteke, eta gainera datu hauei elektromiografia datuak gehituz gero, are eta interesgarriagoak. Baliabide hauekin kirolari hauen entrenamenduetan erabili ahal izateko datu oso garrantzitsuak lortuko genituzke, adibidez, txapelketa bakoitzeko eskalatzaile hoberenek hartutako helduleku kopurua, bideko zati desberdinetan eramandako erritmoak, unean-uneko bideko zati desberdinen makurgunea eta eskalada abiadura, egindako atsedean keinuek maiztasunak eta iraupena, magnesioaren erabilera, bidearen zati desberdinen arabera portaera taktiko komunak eta baita bideko zati zehatz batzuetako eskalatzaile bakoitzaren

portaera indibidualak ere. Guzti honekin goi mailako eskalatzaileen prestakuntzan aurrerapauso handiak emango genituzke, mundu mailako txapelketa hauetarako prestakuntzak are eta gehiago hobetuz eta zehaztuz, adibidez, txapelketa bakoitzeko bideen ezaugarrietara egokitutako prestakuntzak burutuz.

Goi mailako kirol eskaladan emakumeen presentzia gero eta handiagoa da, azken urteetan lortutako emaitzak –bideen zailtasunei dagokionez– dira horren erakusgarri. Horregatik, interesgarria izango litzateke, baita ere, aurrera begira egingo diren azterketetan gizonezkoen eta emakumezkoen kategorietako datuak aztertzea eta alderatzea. Honela, modu are eta espezifikagoan lortuko genuke kategoria bakoitzeko eskalatzaileen behar izanak detektatu eta hauen prestakuntzak hobetzea.



## ERANSKINAK





## 7.1. LEHENEGO ERANSKINA

### SCOT BEHAKETA TRESNA

#### 1. SARRERA

Munduko Eskalada Txapelketa *Lead* modalitatean parte hartzen duten eskalatzaileak behatzeko bereziki sortutako behaketa tresna da SCOT. Behaketa tresna hau kategoria sistemak eta formatuen esparruak konbinatuz egin da. Formatuen esparrua sei irizpidez eta 74 kategoriaz osaturik dago eta aldi berean, irizpide bakoitzeko kategoria sistema bat eratu da. Kategoria sistemak guztiak osoak eta elkar baztertzailerak dira. Honela, aztertu nahi ditugun egoera guztiak biltzea ahalbidetzen digu, kategoria bakoitzak bere esanahia eta besteekiko ezberdina izanik. Kategorietan aukera guztiak daude bilduta eta ezingo da jokabide bat bi kategoriatan aldi berean kodifikatu.

Goi mailako Kirol Eskaladako joko-ekintza aztertzeke sortutako tresna honako sei irizpidez osatua egongo da:

- 1. irizpidea: Hold. Presa edo heldulekua.
- 2. irizpidea: Hand. Eskua.
- 3. irizpidea: Hand Contact Time. Heltzen denbora.
- 4. irizpidea: Quickdrawing. Txapatzea edo soka expresetik pasatzea.
- 5. irizpidea: Magnesium. Magnesia hartzea.
- 6. irizpidea: Rest. Atsedena hartzea.

Bestalde, eskalatzaileak egindako mugimendu bakoitzean lehenengo hiru irizpideak bi aldiz kodifikatu beharko dira, presa hartzean eta presa uztean momentuak erregistratuz. Hau da, lehenik, zein presa hartze duen, zein eskurekin eta heltze denbora noiz hasten den adierazi behar da, eta bigarrenik, presa hori zein den, zein eskurekin dagoen indarra egiten eta noiz askatzen duen. Beraz, behaketa unitatea eskalatzaileak presa bat hartu eta askatzen duen arteko gertakari-sekuentzia izango da, *secuencia de multievento* (Bakeman eta Quera, 1996) bezala definitua. Era berean, beste eskuarekin presa ezberdin bat hartzen badu gertakari-sekuentzia berri bat irekiko da, beste ekintza amaitu baino lehenago hasitakoa, gainera (aldiberekotasun egoeran gertatua). Beste hiru irizpideei dagokionez berriz, gertatu ahala kodifikatuko dira, agertzen diren kasuetan bakarrik erregistratuz. Beraz, ez dago zertan mugimendu bakoitzean kodifikatu beharrik.



SCOT behatzeko tresnaren irizpide bakoitza kategoria kopuru ezberdinez osatua dago (1. taula) eta zenbakiak zein laburdurek (hitzek) kategoria bakoitzaren esanahiarekin zerikusia dute. Irizpide bakoitzeko kategorien definizioa jarraian datozen puntuetan zehaztu da.

**1.taula.** SCOT behatzeko tresnaren irizpide eta kategorien laburpen taula.

IRIZPIDEA	KATEGORIA
1. Hold	STA1, STA2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60
2. Hand	LEFT, RIGHT
3. Hand Contact Time	CSTA, CEND
4. Quickdrawing	QLEF, QRIG, QTLE, QTRI
5. Magnesium	MLEF, MRIG
6. Rest	RLEF, RRIG

## 2. “HOLD” IRIZIPIDEAREN KATEGORIEN SISTEMA

Eskalatzaileak eskalatu ahal izateko horman jarrita dauden heldulekuak erabiltzen ditu, honela beraz, irizpide hau eskalatzaileak heldutako presa zenbakia izango da. Eskalatzaileak presa heltzen duela esango dugu, presan indarra aplikatzen duenean bere gorputza paretan mantentzeko edo aurrera egiteko. Irizpide honek 62 kategoriaz osatuta dago.



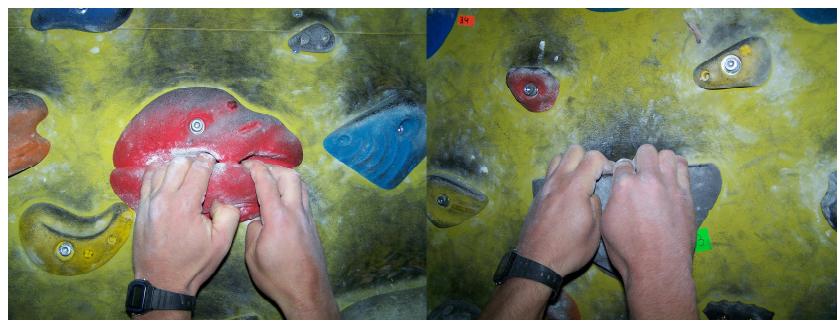
### 1. irudia. Eskalatzailea presa bat heltzen

Presa baten forma ezagutzeko egindako mugimenduak (normalean oso azkarrak) ez dira kontutan hartuko presa hauetan indarririk egiten ez bada, mantendu edo aurrera egiteko. Kirolaria eskalatzen hasten dela esango dugu, hanka biek lurrarekin kontaktua galtzen duten momentuan.

STA1	STA2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		

- “STA1” (start 1) kategoria: Eskalatzaileak eskalatzen hasten den momentuan, hau da hankak lurrarekin kontaktua galtzen duenean, eskuarekin helduta daukan lehenengo presa izango da. Baliteke esku bakar hau bakarrik erabiltzea eskalatzen hasteko.
- “STA2” (start 2) kategoria: Eskalatzaileak eskalatzen hasten den momentuan, hau da hankak lurrarekin kontaktua galtzen duenean, eskuarekin helduta daukan bigarren presa izango da. Baliteke eskalatzen hasteko bigarren helduleku hau ez erabiltzea.
- “1...60” kategoria: Eskalatzaileak ”STA1” eta ”STA2” kategorien ondoren (baliteke “STA2” ez egotea) eskuarekin heltzen dituen presak izango dira. Bolumen handia daukaten presetan edo forma arraroak

dituztenetan, heltzeko leku desberdinak badituzte, bata bestetik ondo desberdinduta, kategoria berri gisa hartuko dira, 2. irudian ikusten den argazkian agertzen den bezala. Aldiz, presa baten esku biak elkartzen badira, hau da, esku bat sartzeko besteak tokia egin behar badu, hirugarren irudian oso ondo ikusi daiteke hau, beraz, egoera hauetan kategoria ez da aldatuko eta presa zenbakia mantendu egingo da.



**2. irudia.** Presa berdinean eskalatzaileak bi helduleku desberdin hartzen ditu.



**3. irudia.** Presa berdinean eskalatzaileak eskuak aldatzen ditu. Argazki sekuentziaren hirugarren argazkitik laugarrenera, eskuineko hatz erakuslea altxatu egiten du ezkerreko hatz erakusleari lekua egiteko.

Irizpide honetan eskalatzailea erori aurretik hartzen duen azkeneko presak markatuko digu gure erregistroaren amaiera, hau da, heldu duen azken presaren zenbakiak adieraziko du erregistro fluxuaren amaiera.



**4. irudia.** Eskalatzaileak azken presa askatu duen momentua, erortzen hasten den egoera.

### 3. “HAND” IRIZIPIDEAREN KATEGORIEN SISTEMA

Eskalatzaileak hartutako presa edo heldulekua zein eskurekin hartzen duen adieraziko digu. Hau da heldulekuan zein eskurekin egiten duen indarra. Honela bi kategoria ditu. Kasu batzuetan baliteke presa berdinean esku biek in darra egiten egotea, egoera hau emango da normalean presa berdinean eskuak elkartzen direnean edo presa batean esku aldaketa bat egiteko. Honela, kasu hauetan esku biek in darra berdinean indarra egiten noiz hasi eta noiz bukatzen duen adieraziko dugu. Eskalatzaileak heltzen duen presa guztietan identifikatu behar da irizpide hau.

- “LEFT” kategoria: Presa eskumarekin helduko du.
- “RIGH” kategoria: Presa ezkerrarekin helduko du.

### 4. “HAND CONTACT” IRIZIPIDEAREN KATEGORIEN SISTEMA

Eskalatzaileak heldutako presa zenbat denboran heldu duen adieraziko digu irizpide honek, beraz presa bat heltzen duen aldi oro kodifikatuko ditugu, bi azpi kategoria izango ditu. Bertan, presan indarra egiten noiz hasten den markatuko dugu eta ondoren, indarra egiteari noiz uzten dion. Hau da, presan indarra egiten hastetik egiteari utzi arteko iraupena zehaztuko da. Bi momentu hauek ikusteko presarekin kontaktuan dagoen edo ez identifikatu beharko dugu lehenengo. Askotan presa naiz eta guztiz ondo

ez helduta eduki eskalatzailea presan indarra egiten egon ohi da, ahalik eta egokien heldu arte. Eta antzerako kasua gerta daiteke presa askatzean ere, hau da, presa askatzen hasita egon arren azkeneko momentura arte indarra egiten egon daiteke. Horregatik eskalatzailea indarra egiten dagoen lehenengo momentutik azkenekorarte erregistratuko dugu. Alderdi hauek kontuan edukitzea beharrezkoa da kontakturik dagoen edo ez identifikatzeko.

- “CSTA” (contact start) kategoria: eskalatzaileak lehenengo irizpidean ematen diren heldulekuekin kontaktu fisikoa noiz hasten duen esango digu.
- “CEND” (contact end) kategoria: eskalatzaileak lehenengo irizpidean ematen diren heldulekuekin kontaktu fisikoa noiz bukatzen duen esango digu.

## 5. “QUICKDRAWING” IRIZPIDEAREN KATEGORIEN SISTEMA

Eskalatzaileak Lead modalitatean eskalatzen duenean, soka bat darama arnesera lotuta, erortzerakoan minik hartu ez dezan eta kirola ahalik eta seguruena izan dadin. Irizpide hau identifikatzeko lau kategoria zehaztuko ditugu. Eskalatzaileak horman goraka joan ahala, expres izeneko mosketoi (amilla itxurako segurtasuneko materiala) batzuetatik soka pasatu beharra dauka, derrigor (bestela deskalifikatua izango da). Eskalatzaileak, paretean igo ahala, esku bat askatu, soka heldu eta expresetik pasatuko du. Baliteke txapatzeko espresa bera ere eskuarekin heltzea. Soka expresetik pasatzen den momentua izango da kodifikatzeko unea. Kasu batzuetan, ordea, eskalatzaileak txapatzeko ahalegina egin dezake, baina helburua lortu gabe, eta kasu hauetarako daude “QTLE” eta “QTRI” kategoriak. Kasu hauetan indar faltagatik, espresa ezin duelako txapatu edo txapajea egiten ahalegindu den lekutik expresera ez delako irizten, eskalatzaileak ez du lortzen bere helburua, ondorioz kasu hauek ere nekea eragiten dute eta erregistratu egingo ditugu. Kasu hauek erregistratzeko momentua txapajea egiteko ahalegina bukatzen duenena izango da, adibidez, soka askatzen duenean. Jarraian agertzen den bosgarren irudian eskalatzaileak eskumako eskuarekin soka expresetik pasatzen du, aldiz seigarren irudian, eskumako eskuarekin txapatzen ahalegintzen da baina ez du lortzen ez delako expresera iristen.

Bestalde, gure erregistroen amaiera eskalatzailearen eroriko batek markatuko du edo bestela bidearen amaierara heltzen bada bertan dagoen biltzarrerik (bi puntutara finkatuta dagoen mosketoia) soka pasatzen duenean, ekintza hau ere txapaje moduan kontxideratuko dugu eta honek markatuko du gure erregistroen amaiera, zortzigarren irudian argi ikusi daiteke momentu hau.

QLEF	QRIG	QTLE	QTRI
------	------	------	------



**5. irudia.** Eskalatzaileak soka espresetik pasatzen du eskumako eskuarekin.

- “QLEF” (quickdrawing left) kategoria: Eskalatzaileak eskumako eskuarekin soka heldu eta espresetik pasatu du.
- “QRIG” (quickdrawing right) kategoria: Eskalatzaileak ezkerreko eskuarekin soka heldu eta espresetik pasatu du.
- “QTLE” (quickdrawin try left) kategoria: Eskalatzaileak txapatzeko ahalegina egin du eskumako eskuarekin, baina ez du txapatzea lortu..
- “QTRI” (quickdrawing try right) kategoria: Eskalatzaileak txapatzeko ahalegina egin du ezkerreko eskuarekin, baina ez du txapatzea lortu.



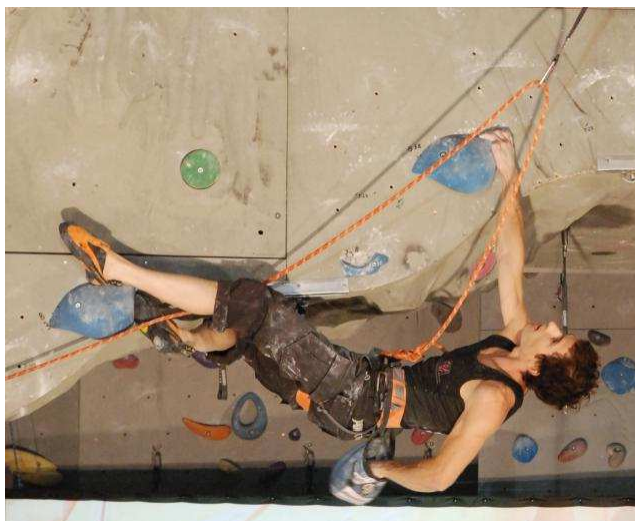
**6. irudia.** Eskalatzailea txapatzen ahalegindu da, baina ez du lortu, ez delako expresera iritsi.



**7. irudia.** Eskalatzailea bidearen amaierako biltzarretik soka pasatzen.

## 6. “MAGNESIUM” IRIZIPIDEAREN KATEGORIEN SISTEMA

Eskalatzaileak eskalatzerakoan magnesio poltsa bat eraman ohi du gerrira lotuta, gerriaren atzealdean zehazki. Bertan magnesio hautsa eraman ohi dute, eskuak lehortu eta heldulekuen ukipena hobetzeko. Horretarako, eskua heldulekutik kendu eta magnesio poltsan sartu ohi dute. Zehazki momentu hau da identifikatu beharrekoa, aldi berean sartzen duen eskua zein den erregistratuz. Zortzigarren irudian argi ikusten da eskalatzailea ezkerreko eskuarekin magnesio hartzen.



**8. irudia.** Eskalatzaileak ezkerreko eskuarekin magnesioa hartzen du.

- “MLEF” (magnesium left) kategoria: Eskalatzaileak eskumako eskua magnesio poltsara eraman du.
- “MRIG” (magnesium right) kategoria: Eskalatzaileak ezkerreko eskua magnesio poltsara eraman du.

#### 7. “REST” IRIZIPIDEAREN KATEGORIEN SISTEMA

Eskalatzaileek eskuekin igotzerakoan atsedean keinuak egin ohi dituzte, besteak beste, nekea errekuaratzeko eta datozen mugimenduetarako prestatzeko. Horretarako bi kategoria izango ditugu. Momentu horretan pareteko progresioa gelditu egiten da edo mugimendu tartean gertatzen da. Keinua hauek besoa atzeraka botzea, besoari astindu txikiak ematea, besoa luzatzea, eta abar izan daitezke, adibidez. Zortzigarren irudiaren kasuan eskalatzaileak eskumako eskua atzeraka botaz atsedena hartzen du. Keinua oso txikia (ibilbide motzekoa) eta denbora laburrekoa bada, ez da kategoria bezala kontsideratuko. Beraz, kasu hauetan ez da erregistratu behar.

- “RLEF” (rest left) kategoria: Eskalatzaileak eskumako eskuarekin atsedena hartzeko keinua egin du.



- “RRIG” (rest right) kategoria: Eskalatzaileak ezkerreko eskuarekin atsedena hartzeko keinua egin du.



**9. irudia.** Eskalatzaileak eskumako eskuarekin atsedena hartzeko keinua egin du, besoa atzeraka luzatuz.

## 7.2. BIGARREN ERANSKINA

### SCOT-en FORMAZIO PROTOKOLOA

#### 1. Datuen kalitatea zehazteko jarraitu beharreko estrategia

Sortutako behatzeko tresna modu egokian erabili ahal izateko, *“beharrezkoa da behatzailearen gutxieneko konpetentzia maila batetik abiatzea, ondorioz, mahai gainean formakuntzaren gaia jarriko da”* (Anguera 1995a, 532. orr). 70. hamarkadatik aurrera egindako hainbat ikerketa lanek, behatzailearen konpetentzia trebatu daitekeela diote eta behatzailearen joera garrantzitsu batzuk ekiditeko modu egokia dela ziurtatzen dute (Behar, 1993a). Horregatik gure behatzaileak trebatu eta prestatu behar izan ditugu gure lanerako, eta horretarako sortu dugu prestaketa protokolo bat, edozein pertsonen modu erraz batean gure tresna erabiltzeko gai izan dadin.

Datuaren kalitatea ikusteko egingo duten behaketa garrantzitsuaren aurretik, behaketa formakutza saio batzuk hartu dituzte bolondresek. Bertan prozesu guztiaren azalpena eman zaie eta lan tresna honekin jardueteko praktikak egin dituzte. Praktika hauetan pixkana-pixkanaka tresna erabiltzen hasi dira, hasieran irizpide sinpleenekin bakarrik lan eginez eta gero gutxinaka irizpide gehiago eta konplexuagoak sartuz, azkenik gure behaketa tresnaren behar bezala menperatu arte. Jardun hau horretarako espresuki prestatutako eskaladako igoeren bideo batzuekin egin da. Formazio prozesu hau 8 ordukoa izan da. Atal honen bigarren puntuan azaltzen da formazio protokoloa.

Sorutako behaketa tresnaren balioztapena egiteko erabiliko ditugun datuak eskuratzeko, formazio jaso duten bikoteek eskaladako igoera baten analisia egindo dute, talde biek igoera berdina. Ariketa hau bikoteka egingo dute, honek pertsona bakarrak egitea baino pisu handiagoa dauka. Analisia bi pertsonaren artean eginez adostasun batera heldu behar dira kodifikatzerako orduan (Anguera, 1990), eta adostasun hau bilatu beharrak objetibotasun handiagoa ematen dio analisiari.

Bestalde, analisi hauetatik eskuratu nahi ditugun datuak behatzaile talde-arteakoak eta behatzaile talde-barnekoak izango dira. Horretarako lehen behatzaile taldeak (A1) igoeraren analisi bakarra egingo du eta aldiz, bigarren behatzaile taldeak (B) bi analisi egingo ditu. Bigarren behatzaile taldearen analisisien artean 10 eguneko tarte egon da lehen analisitik (B1) bigarren analisisira (B2), beti ere igoera berdinenak. Honela, eskalada bide berdinen hiru erregistro taula izango ditugu.

Egin beharreko erregistroari dagokionez, behatzaileek eskalatzailea lanean hasten den momentua eta eskalatzaileak bere jarduna bukatzen duen bitartean gertatzen da. Tarte horretan behatzaileak eskalatzaileak heldutako presa zenbagarrena den, zein eskurekin hartu, noiz heldu eta noiz askatzen duen erregistratzen du, honekin batera eskalatzen dagoenena egiten dituen txapajeak, magnesioa hartzeak eta atsedean keinuak ere erregistratuko dira.

## **2. Trebatzea eta ordu kopurua**

Jarraian sortu dugun behaketa tresna erabiltzeko guk erabili dugun formazio saioa azalduko dizuegu. Formazio hau bikoteka egiteko prestatuta dago eta gutxi gora behera 8 ordutako iraupena izango du. Gure kasuan formazioa bi saiotan egin dugu, lehenengo saioan 1,2 eta 3. pausuak egin dira eta bigarren saioan 4. pausua.

- 1.pausua: Behaketako metodologiaren azalpen laburra, zer den, zelan erabiltzen den eta zertarako erabiltzen den. Gaur egunean ematen zaizkion erabileren azalpena ere emango da.
- 2. pausua: MOTS programaren aurkezpena eta beronen erabileraren gaineko azalpena. Pausu hau ordenagailuaren aurrean egingo dute jada beraiek programa erabiliaz.
- 3. pausua: programarekin lehen harremana izateko lehen praktika egingo dute. Gure laneko 4 eta 5 irizpideen azalpena emango zaie eta irizpide hauekin bakarrik sortutako behaketa tresnarekin eskaladako bideo bat ikusiko dute. Irizpide hauetan eskalatzaileak noiz txapatzen duen eta zein eskurekin markatu behar dute eta baita magnesioa zein eskurekin hartzen duen. Praktika honen iraupena 25-30 minutukoa da. Ariketa hau modu indibidualean egingo dute bikoteko partaideek. Praktikaren bukaeran beraien behatutakoa ikusi, zalantzak argitu eta izan dituzten zailtasunak aztertuko ditugu.
- 4.pausua: Eskalada behatzeko sortutako tresnaren azalpena egingo da, irizpideen azaldu eta irakurriz eta zalantzak argituz. Formatzailearen laguntzaz behaketa tresna honekin 2 eskaladako igoera aztertuko dituzte, bikotea jada. Gutxi gora behera 2 orduko iraupena dauka igoera baten azterketak. Bikoteka egiten dutenez, batek programaren kontrola eramango du ordenagailuaren saguarekin eta beste behatzaileak orri baten idatziz eskalatzaileak heltzen doan

presa zenbakia idazten joango da, honela zein presatan gauden erraz gogoratzeko. Prozedura hau jarraituko da programatutako bi igoerak aztertu arte, ondoren formatzaileak ikasleek programaren kontrola daukatela ikusten bada formazioa bukatutzat emango da, hau ez bada horrela, bideo gehiago behatzen jarraitu beharko dute.

### 3. Behaketa sistemaren kategoriak

#### 3.1 Kirol eskaladako ekintzen iraupenen azterketa egiteko aukeraturako irizpideak.

Kirol eskaladan egiten diren ekintzen iraupena aztertzeko ondorengo sei irizpideak erabili dira:

- 1. irizpidea: Hold. Presa edo heldulekua.
- 2. irizpidea: Hand. Eskua.
- 3. irizpidea: Hand Contact Time. Heltzen denbora.
- 4. irizpidea: Quickdrawing. Txapatzea edo soka expresetik pasatzea.
- 5. irizpidea: Magnesium. Magnesia hartzea.
- 6. irizpidea: Rest. Atsedean hartzea.

#### 3.2 SCOT-en kategorია guztien oinarritzko eskema

Jarrain modu eskematikoan behaketa tresna osatzen duten irizpide eta kategorien azalpena egingo da modu eskematiko batean. Datuak jasotzean derrigorrez irizpide bakoitzeko kategoría bakarria hartu ahal izango da. Irizpide berdinen barnean ezin dira bi kategoría berdín eman aldi berean.

1. irizpidea: **Hold**. (62 kategoría)

STA1	STA2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		

2. irizpidea: **Hand** ( 2 kategoría)

LEFT	RIGHT
------	-------

3. irizpidea: **Hand Contact Time** (2 kategoría)

CSTA	CEND
------	------

4. irizpidea: **Quickdrawing** (4 kategoria)

QLEF	QRIG	QTLE	QTRI
------	------	------	------

5. izapidea: **Magnesium** (2 kategoria)

MLEF	MRIG
------	------

6. irizpidea: **Rest** (2 kategoria)

RLEF	RRIG
------	------

### 3.3 Kategorien zehaztea eta deskribapena

**1. IRIZPIDEA:** irizpide hau eskalatzaileak heldutako presa (1. irudia) zenbakia izango da. Eskalatzaileak presaheltzen duela esango dugu, presan indarra aplikatzen duenean bere gorputza paretan mantentzeko edo aurrera egiteko. Kirolaria eskalatzen hasten dela esango dugu, hanka biak lurrarekin kontaktuak galtzen duten momentuan. Irizpide honetan eskalatzailea erori aurretik hartzen duen azkeneko presak markatuko digu gure analisiaren amaiera. (62 kategoria).

- “STA1” kategoria: Eskalatzaileak eskalatzen hasten den momentuan, hau da hankak lurrarekin kontaktua galtzen duenean, eskuarekin helduta daukan lehenengo presa izango da..
- “STA2” kategoria: Eskalatzaileak eskalatzen hasten den momentuan, hau da hankak lurrarekin kontaktua galtzen duenean, eskuarekin helduta daukan bigarren presa izango da. Baliteke esku bakarra erabiltzea eta orduan helduleku hau ez erabiltzea.
- “1...60” kategoria: Eskalatzaileak “STA1” eta “STA2” kategorien ondoren (baliteke “STA2” ez egote) eskuarekin heltzen dituen presak izango dira. Bolumen handia daukaten presetan edo forma arraroak dituztenetan, heltzeko leku desberdinak badituzte bata bestetik ondo desberdinduta, kategoria berri gisa hartuko dira, jarraian ikusten den

argazkian agertzen den bezala. Aldiz, presa baten esku biak elkartzen badira, hau da, esku bat sartzeko bestea kendu behar bada, kategoria ez da aldatuko eta presa zenbakia mantendu egingo da.



**1. irudia.** Eskalatzailea presa bat heltzen

**2. IRIZPIDEA:** Eskalatzaileak hartutako presa edo heldulekua ze eskurekin hartzen duen adieraziko digu. Hau da heldulekuan zein eskurekin egiten duen indarra. (2 kategoria).

- “LEFT” kategoria: Presa eskumarekin hartuko du.
- “RIGHT” kategoria: Presa ezkerrekin hartuko du.

**3. IRIZPIDEA:** Eskalatzaileak heldutako presa zenbat denboran heldu duen adieraziko digu irizpide honek eta bi azpi kategoria izango ditu. Bertan presan indarra egiten noiz hasten den markatuko dugu eta ondoren indarra egiteari noiz uzten dion. Presa bat hartzen duen aldi oro identifikatu behar ditugu kategoria hauek (2 kategoria).

- “CSTA” kategoria: eskalatzaileak lehenengo irizpidean ematen diren heldulekuekin kontaktu fisikoa noiz hasten den esango digu.
- “CEND” kategoria: eskalatzaileak lehenengo irizpidean ematen diren heldulekuekin kontaktu fisikoa noiz bukatzen den esango digu.

**4. IRIZPIDEA:** Eskalatzaileak soka horman dagoen expresetik pasatzen dueneko momentua izango da. Baliteke horretarako expresa ere eskuarekin hartzea. Kasu

batzuetan txapatze hau ahalegin hutsean gelditzen da ez dutelako soka pasatzea lortzen (4 kategoria).

- “QLEF” kategoria: Eskalatzaileak eskumako eskuarekin soka heldu eta espresetik pasatzen du.
- “QRIG” kategoria: Eskalatzaileak ezkerreko eskuarekin soka heldu eta espresetik pasatzen du.



**2. irudia.** Eskalatzaileak soka espresetik pasatzen du eskumako eskuarekin.

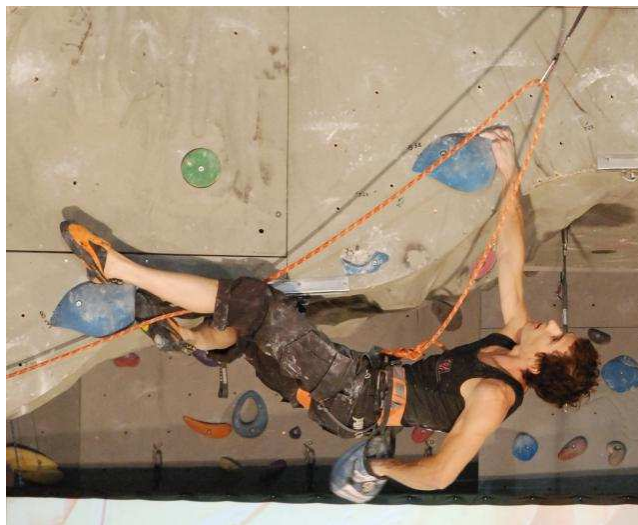
- “QTLE” kategoria: Eskalatzaileak txapatzeko ahalegina egiten du eskumako eskuarekin, baina ez du txapajea egiterik lortzen.
- “QTRI” kategoria: Eskalatzaileak txapatzeko ahalegina egiten du ezkerreko eskuarekin, baina ez du txapajea egiterik lortzen.



■ **3. irudia.** Eskalatzailea txapatzen ahalegindu da, baina ez du lortu, ez delako expresera iritsi.

**5. IRIZPIDEA:** Eskalatzaileak eskalatzerakoan magnesio poltsan eskua noiz sartzen duen esango digu eta zein eskurekin. (2 kategoria).

- “MLEF” kategoria: Eskalatzaileak eskumako eskua magnesio poltsara eramaten du.
- “MRIG” kategoria: Eskalatzaileak ezkerreko eskua magnesio poltsara eramaten du.



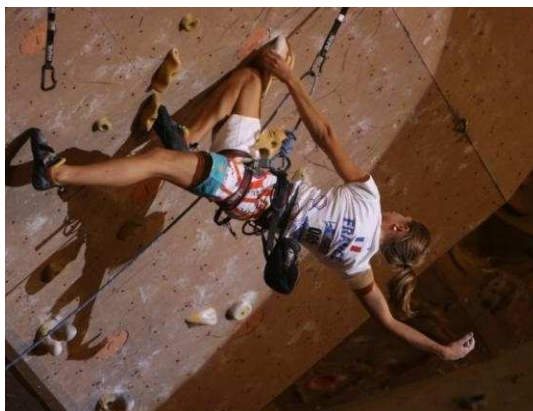
**4. irudia.** Eskalatzaileak ezkerreko eskuarekin magnesioa hartzen du.

**6. IRIZPIDEA:** Eskalatzaileak eskalatzerakoan egindako atsedena zein keinuak identifikatuko ditu eta hauek zein eskurekin egiten diren. (2 kategoria).

- “RLEF” kategoria: Eskalatzaileak eskumako eskuarekin atsedena hartzeko keinua egiten du.



- “RRIG” kategoria: Eskalatzaileak ezkerreko eskuarekin atsedena hartzeko keinua egiten du.



**5. irudia.** Eskalatzaileak eskumako eskuarekin atsedena hartzeko keinua egiten du, besoa atzeraka luzatuz.

#### **4. Datuak jasotzeko modua eta sekuentzializazio zehatzak**

##### 4.1 Datuak jasotzeko irizpideak

SCOT behaketa tresna 6 irizpidez osatua dago, eta bakoitza dagozkion kategoriekin. Hasieratik kontzeptu batzuk argitzea komeni zaigu.

Behaketa unitatea eskalatzailek presa bat hartu eta askatzen duen momentu-arterkoa da, honela, momentu tarte horretan burutzen diren ekintzak jasoko ditugu. Baina, baliteke behaketa unitate horren momentuan beste behaketa unitate berri bat sortzea eskalatzailek beste presa bat hartu duelako. Eskalatzaileak egindako ekintzez aparte, helduleku bakoitzean dagoen denbora ere neurtu nahi dugunez, behaketa unitateak elkar konbinatzen dira, hau da, ez da bat hasten bestea bukatzean, ondorioz prozesua pixka bat konplexuagoa bilakatzen da.

##### 4.2 Datuak jasotzerakoan kontuan izan beharreko zehaztapenak

Datuak jasotzerakoan kontuan izan behar ditugu:

- Igoeran eskalatzaileak egiten dituen mugimendu guztiak eta ekintzak erregistratu behar dira.
- Datuak jasotzerakoan, beharrezkoa zango da eskalatzaileak egiten duen mugimendu bakoitza honakoa erregistratzea: horretarako ze helduleku hartzen duen, zein eskurekin eta noiz hasten den indarra egiten, eta ondoren ze heldulekutan, zein eskurekin eta noiz uzten dion indarra egiteari.

- Bestalde, eskalatzaileak egiten dituen ekintzei dagokionez, honako hauek erregistratuko dira: magnesioa noiz eta zein eskurekin hartzen duen, txapatzeak noiz eta zein eskurekin egiten dituen, eta baita hauen ahaleginak eta bukatzeko eskalatzaileak egiten dituen atseden keinuak zein eskurekin egiten dituen.
- Bukatzeko, gure erregistroa bukatutzat emango dugu, eskalatzailea erortzerakoan edo bideak kateatzen duenean. Bidea kateatzeak esan nahi du bidearen bukaeran jarrita dagoen “biltzarrean” (bi puntutatik finkaturik dagoen mosketoia) soka pasatzen duela, momentu hau ere quickdrawing kategorian erregistratuko da.



**6. irudia.** Eskalatzailea bidearen amaierako biltzarretik soka pasatzen.

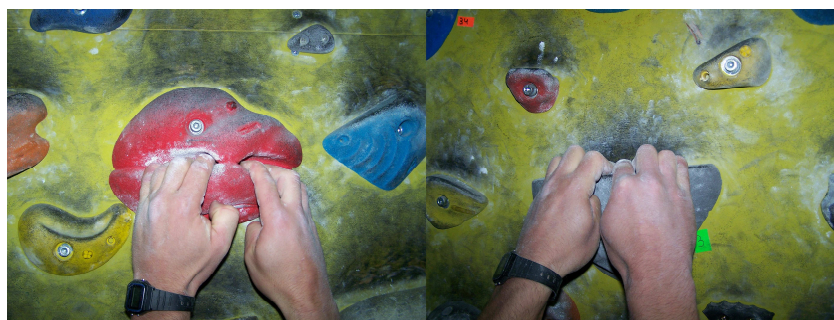


**7 irudia.** Eskalatzaileak azken presa askatu duen momentua, erortzen hasten den egoera.

#### 4.3 Kategoria sistema bakoitzean kontuan izan beharreko egoera berezien zehaztea

##### 4.3.1 Hold

- “STA1” eta “STA2” eskalatzaileak eskalatzen hasteko erabiltzen dituen presak dira. Eskalatzen hasten dela esango dugu azkeneko hankak lurrarekin kontaktua galtzen duenean. Momnetu hau izango da kodifikatzen hasteko unea. Kasu batzutan baliteke eskalatzailea esku bakarrarekin hastera eskalatzen beraz “STA2” ez dugu kodifikatuko.
- Helduleku handien kasuan: Heldulekuak bi eskuekin indarra egiteko ondo bereizitako lekua badauka, helduleku desberdin gisa hartuko ditugu. Bestalde eskalatzaileak eskuak helduleku batean elkartzen baditu eta horretarako esku bientzako lekurik ez badu, eta ondorioz ez du heldulekua atzamar guztiekin hartzen, kasu honetan helduleku bakar gisa kontsideratuko dugu.



**8. irudia.** Presa berdinean eskalatzaileak bi helduleku desberdin hartzen ditu.

##### 4.3.2 Hand

- Eskalatzaileak heldulekua ze eskurekin heltzen duen esango digu. Helduleku berdinean bi eskuak jartzen dituenean bi eskuak kodifikatu behar ditugu, gertatu ahala.

##### 4.3.3 Hand Contact Time

- Eskalatzaileak heltzen duen presa guztietan noiz hartu eta noiz askatzen duen erregistratu beharko dugu. Horretarako heldulekuan indarra egiten hasten

dela esango dugu lehenengo kontaktua daukanean, balitekeelako lehen kontaktuaren ondoren mugimendu gehiago egotea (heldulekuaren gainean beti ere) presa hobeto heltzeko. Heldulekua askatzerakoan ere prozesu berdina jarraituko dugu, eta kontaktua galtzen deneko momentua izango da erregistratu beharrekoa.

#### 4.3.4 Quickdrawing

- Eskalatzaileak txapajea egiten duela erregistratuko dugu soka expresetik pasatzen duenean, horretarako soka eskuarekin hartu eta mosketoitik pasatuko du, edo baliteke expresa hartzea eskuekin eta zuzenean sokatik pasatzea.
- Eskalatzaileak txapatzen ahalegindu baina lortzen ez dueneko momentua ere erregistratuko da. Momentu hau identifikatuko dugu, txapatze ahaleginaren ondoren soka edo expresa askatu eta helduleku bat hartzen duenean.
- Bidea kateatzean, hau da eskalatzailea bidearen amaierari iristean, bertan dagoen biltzarretik soka pasatzean ere txapatzea bezala erregistratuko dugu. Eta momentu hau izango da erregistroa bukatuko den momentua.

#### 4.3.5 Magnesium

- Eskalatzaileak bere gerrira lotuta atzealdean daraman magnesioz beteriko poltsara eskua noiz sartzen duen erregistratuko dugu. Baliteke kasu batzuetan behin baino gehiagotan egitea keinu hau eta ondorioz egin ahala poltsara eskua sartu ahala erregistratuko dugu.

#### 4.3.6 Rest

- Eskalatzaileak eskuekin hartzen dituen atsedean keinuak erregistratuko dira, gehienetan bi motatakoak izaten dira, luzaketak eta bibrazioak edo dardarak. Keinua hauek askotan magnesioa hartzearekin batera doaz, beraz gertatu ahala bakoitza bere momentuan erregistratuko dugu.



### 7.3. HIRUGARREN ERANSKINA

#### ESKALADAN ADITUENTZAKO ELKARRIZKETA GIDOIA

Data: Lekua: Ordua:

##### 1. ELAKARRIZKETATU BAKOITZAREN DATUEN FITXA

- Izena eta abizena:
- Jaiotze urtea eta lekua:
- Bizi lekua:
- Formazioa:
- Lanbidea:
- Kirol merituak edo kurrikuluma (txapelketak eta postuak):

##### 2. DIMENTSION SOZIOALA

###### HASTAPENAK ETA JARRAIPENA

- Noiz hasi zinen eskalatzen? Non? Norekin? Zergatik?
- Nork edo zerk eragin zuen erabaki horretan? Etxekoek, lagunek...
- Noiz eta zergatik hasi zinen txapelketetan parte hartzen?
- Txapelketa garaian harkaitzean eskalatzen zenuen eta zergatik?
- Zer ematen zizun txapelketak eta zer harkaitzak? Eta kendu?
- Zerbait kendu dizu lehiaketak, adibidez alde batera utzi zenuen zerbait?
- Zergatik utzi zenituen txapelketak, utzi badituzu?
- Noizbait utzi diozu nahita eskalatzeari? Zergatik?
- Zergatik bueltatu zara?
- Faltan botatzen zenuelako?
- Gaur egun jarraitzen duzu eskalatzen? Zergatik?

###### EMAKUMEA ETA KIROL ESKALADA

- Nolako osasuna ikusten diozu emakumea eta kirol eskaladari, harkaitzen eta txapelketetan? Hobetzekotan nola egingo zenuke? Esan ahal duzu Euskal Herriko mailan edo maila internazionalen.
- Zergatik aukeratzen dute emakumeek eskalada eta ez beste bat adibidez futbola?
- Nola bultzatu beharko litzateke emakumeen eskalada, adibidez instituzio aldetik? Estrategiarik bururatzen? Badago hor neskaltzaileen emakume taldea ere?

### 3. GALDETEGI OROKORRA ZAILTASUNeko TXAPELKETAK

#### KIROL ESKALADA ETA GOI MAILA

- Zer hartu behar da kontutan eskaladako txapelketa bat irabazteko?
- Zeintzuk dira goi mailako K.E txapelketei begira eragiten duten alderdi nagusiak, ez dakit, indarra, erresistentzia, faktore psikologikoak, teknika?

#### KIROL ESKALADA JOKO EKINTZA

- Zein estrategia erabiltzen dute irabazteko, txapeldunak edo zuk erabiltzen duzuna? Nola eskalatzen dute? esango zenuke topera heltzen denak zelan eskalatzen duen, zer estrategian erabiltzen dituen? Aurretik eta bidean zehar?
- Eskalatzaile bat ondo edo txarto eskalatzen dagoen ikusteko zeri erreparatuko zenioke? Bidean dagoenean esateko hori txarto dabil eskalatzen edo ondo?
- Zerk bereizten du eskalatzaile on bat kaskarrago batengandik txapelketan? adibidez lehenengo iristen denetik, hirugarrenera, hobeto bisualizatzen duela, erritmoa hobeagoa daramala, hobeto interpretatu duela bidea, erresistentzia gehiago daukala?
- Zeintzuk dira zure uztez arrakastara daramaten ezaugarri nagusienak?

#### IRAKASKUNTZA PROZESUA

- Irakaskuntza prozesuan, errendimendura bideratutako talde batekin, txapelketara bideratua egongo zena, zer landu behar da eskalatzaile onak lortzeko? Zein etapa ezarriko zenituzke horretarako?
- Talde bat sortu nahiko bazenu zeren arabera aukeratuko zenuke eskalatzaile bat errendimenduko talde batean sartzeko goi mailako kirolari izatera iristeko, esateko hau izen daiteke goi mailako eskalatzaile bat?
- Zein ezaugarri izan behar ditu gero eskalatzaile on bat izatera iristeko?
- Hartuko bazenuen talde bat entrenatzeko zein motako lana egingo zenuke rokodromoan? eta harkaitzean? adibidez, ez dakit ba, pausu konkretu batzuk, teknika gehiago landuko zenuke rokodromoan eta harkaitzean gehiago bistaz eskalatzea edo alderantziz?

#### JOKABIDE MOTORRA

- Zelan eragiten dio eskalatzaileari bidea egiteko denbora mugatua egoteak? Zelan landuko zenuke hori?

- Zelako garrantzia dauka bidea ondo irakurtzeak, bidea egiten hasi aurreko denbora tartean? eta bidean bertan? Eskalatzerakoan hartzen diren erabakiek eragin zuzena daukate azken emaitzan? Zelan landuko zenuke hori?
- Zertan desberdintzen dira goi mailako txapelketan batean lehena eta adibidez hirugarren postuan gelditzen dena? teknikoki, fisikoki, psikoki edo taktikoki?
- Desberdintasun horietatik zein da zure ustez eraginik handiena duena txapelketako bide bat kateatzerako momentuan?

#### 4. BEHAKETA TRESNARI BEGIRA SORTUTAKO GALDEREGIA

##### 1. IRIZPIDEA: PRESA

- Zenbat mugimendu egiten dira bidea batean?. Zuk uste duzu eskalatzaile guztiek mugimendu kopuru berdinak egiten dituztela, hau da presa berdinak heltzen dituztela adibidez, bidearen bukaerara bi eskalatzailek presak berdinak hartzen dituzte? Adibidez, top-a egiten duten bi pertsona hartuta?
- Presa gutxien hartzen dituen edo gehien hartzen dituen iritsiko da gorago?
- Bidean zehar egiteak diren errekifikazioek eragina dute? Adibidez eskuz aldatzeko egindako keinuak edo atzera bueltatzeak?

##### 2. BIGARREN IRIZPIDEA: ESKUA

- Eskalatzerakoan zenbat presa hartzen dira eskumarekin eta ezkerarekin ez dakigu %50 eta 50 izan daitekeela uste duzu? eta Erabakigarria izan daiteke esku batekin bestearekin baino presa gehiago ukitzea?

##### 3. IRIZPIDEA: AGARRE DENBORA

- Interesantea iruditzen zaizu jakitea zenbat denbora dauden indarra egiten presa bakoitzean?
- Zein erritmorekin hartzen ditu presak? Lehenengo gelditzen denak eta besteek erritmo berdina daramate eskalatzerakoan? Ze garrantzia du erritmoak?

##### 4. IRIZPIDEA: TXAPATZEA

- Denok dakigu txapatzean beste eskua nekatzen zaudela eta eragina duela txapatzean egiteak eskalatzen zaudenean, beraz, bidean zehar egiten diren txapatzeak garrantzirik dute azken emaitzan? Eta zein eskurekin egiten diren txapatze hauek? eta zein portzentajetan egiten den esku batekin edo besterekin? Bisualizatzerako orduan begiratzen die gauza horiek?



- Txapatzea egiten ahalegindu baina lortzen ez duenean, eragina du ekintza honek azken emaitzan?

#### 5. IRIZPIDEA: MAGNESIOA

- Bidean zehar magnesio poltsara eskua zenbat bider sartzen duten jakitea interesgarria iruditzen zaizu? batzuk askotan egiten dute eta noski, magnesioa hartzen duzunena beste eskuak jasaten du pisu guztia?

- Noiz hartzen dute magnesio gehiago bidearen hasieran fresko daudenean, edo bidearen bukaeran nekatuta daudenean? Edo bietan berdin?

- Magnesioa zenbat bider hartzen duten erabakigarria izan daiteke azken emaitzan

#### 6. IRIZPIDEA: ATSEDENA

- Eskalatzaileak bidean egindako atsedeen keinuak noiz ematen dira, hasieran bukaeran, erdian? Eta zer nolako iraupena daukate? zenbat denbora hartu behar da atsedena? Erabakigarria izan daiteke?

- Atsedeen keinu hauek magnesioa hartzearekin batera doaz, batzuk dira atsedena eta magnesioa edo atsedena?

- Zerbait gehiago interesgarria izango litzatekeena hor ikustea?

- Galdetu ez dizudan baina galdetzea nahiko zenukeen zerbait badago? Zerbait gaineratu nahiko zenuke?

## 7.4 LAUGARREN ERANSKINAK

### ARTIKULUAK

- Arbulu, A., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2016). Construcción de una herramienta de observación de escalada de élite y la estimación de la calidad del dato. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 91-96.
  
- Arbulu, A., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2015). A time motion analysis of lead climbing in the 2012 men's and women's world championship finals. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15 (3), 924-934.
  
- Arbulu, A., Lapresa, D., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2016). Detección y aplicación de T-Patterns en la escalada de élite. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16 (1), 95-102.
  
- Arbulu, A., Lapresa, D., Usabiaga, O., & Castellano, J. Motion behaviour of top female climbers in the 2011 and 2012 world lead climbing championships. *Cogent Social Sciences* aldizkarira bidalita.



## CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE OBSERVACIÓN DE ESCALADA DE ÉLITE Y LA ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DEL DATO

Aitor Arbulu, Oidui Usabiaga y Julen Castellano

Universidad del País Vasco

**RESUMEN:** El presente trabajo tiene por objeto la estimación de la calidad del dato de una herramienta de observación diseñada *ad hoc* para analizar la escalada deportiva. *Sport Climbing Observational Tool (SCOT)* está configurado por seis criterios y 74 categorías, contemplándose las acciones que realiza el escalador con sus extremidades superiores tanto en frecuencia como en duración. Después de que cuatro observadores realizaran un proceso de formación, se llevó a cabo un registro de una ascensión. A partir de los registros obtenidos mediante concordancia consensuada se llevaron a cabo la estimación del índice de correlación de Pearson, el coeficiente de Kappa de Cohen, así como el estudio de Generalizabilidad, tanto para las frecuencias como para las duraciones. Los resultados fueron óptimos, con una correlación de 0.99, valores de asociación por encima de 0.82 y de precisión en la generalizabilidad próximo a la unidad. Se puede concluir con que la herramienta propuesta es fiable para proceder de manera sistematizada a la codificación y registro de las acciones que se realizan en la escalada de élite. Su aplicación permitirá a los entrenadores y escaladores conocer las estrategias temporales empleadas en la escalada, para así diseñar y optimizar los entrenamientos.

**PALABRAS CLAVE:** Metodología observacional, Teoría de la Generalizabilidad, escalada deportiva, fiabilidad.

## ELITE SPORT CLIMBING OBSERVATION TOOL CONSTRUCTION AND THE STIMATION OF DATA QUALITY

**ABSTRACT:** This work aims to estimate the data quality of an observational tool which is *ad hoc* designed. *Sport Climbing Observational Tool (SCOT)* is formed by six criteria and 74 categories, contemplating the actions performed by the climber with his upper extremities in both frequency and duration. After four observers follow a training process, a record for an ascent was made. With the records obtained by *consensus agreement*, the Pearson correlation, *Cohen Kappa* coefficients, and the study of generalizability for all frequencies and durations were carried out. The results were optimal, with a correlation of 0.99, association values above 0.82 and accuracy in the generalization close to one. To conclude, the suggested tool is reliable to proceed in a systematic way to code and record the actions performed in elite climbing. Its application will allow coaches and climbers to know temporary strategies used in climbing, in order to design and optimize training.

**KEYWORDS:** Observational methodology, Generalizability Theory, sport climbing, reliability.

## CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE OBSERVAÇÃO DA ESCALADA ELITE E ESTIMAÇÃO A QUALIDADE DOS DADOS

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo estimar a qualidade dos dados de uma ferramenta de observação projetados *ad hoc* para analisar escalada esportiva. *Sport Climbing Observational Tool (SCOT)* é configurado por seis critérios e 74 categorias, contemplando as ações tomadas pelo escalador com suas extremidades superiores, tanto em frequência e duração. Depois de quatro observadores seguir um processo de treinamento, foi realizada um registro de uma subida. A partir de registros obtidos por acordo consensual estimou-se coeficiente de correlação de Pearson, Índice Kappa Cohen e estudo de generalizabilidade, para frequências e durações. Os resultados foram ideais, com uma correlação de 0.99, valores de adesão acima de 0.82 e precisão da generalizabilidade próxima de unidade. Pode-se concluir que a proposta é uma ferramenta confiável para avançar para a codificação e registro sistemático das ações de escalada elite. A sua implementação permitirá que técnicos e atletas conhecer as estratégias temporários usadas em escalada, a fim de projetar e aperfeiçoar treinos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metodologia de observação, Teoría da Generalizabilidade, escalada desportiva, confiabilidade.

Manuscrito recibido: 31/07/2015  
Manuscrito aceptado: 23/09/2015

Dirección de contacto: Oidui Usabiaga Arrauabarrena. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Portal de Lasarte, 71. 01007, Vitoria-Gasteiz, España. Tel: 945013539. Correo-e. oidui.usabiaga@ehu.es

El uso de la metodología observacional (MO) otorga la oportunidad de analizar los deportes en contexto y dinámicas habituales, por lo que ha sido muy utilizado para el estudio de diferentes modalidades deportivas (Anguera y Hernández-Mendo, 2013, 2014, 2015). Pero para ello esta metodología exige respetar rigurosamente todas las fases del proceso (Etxeazarra, Castellano, y Usabiaga, 2013). Concretamente, previamente a la observación y registro de la muestra seleccionada (el estudio propiamente dicho) se debe realizar el análisis de la calidad de dato de la herramienta observacional (HO) a utilizar (Hernández-Mendo y Planchuelo, 2012; Hernández-Mendo, Montoro, Reina, y Fernández-García, 2012).

En los estudios observacionales del ámbito deportivo existen diferentes formas de estimar la fiabilidad, validez y precisión (Blanco-Villaseñor, 1993). En muchos casos, para estimar la fiabilidad de los observadores, se han utilizado índices de asociación que determinan la calidad del dato respetando el orden del registro y corrigiendo de ese modo el efecto del azar. Para ello, partiendo de la *concordancia consensuada* (Anguera, 1990), se han utilizado análisis de índices de correlaciones e índices de *Kappa de Cohen*. Asimismo, otros trabajos (p. e. Aragón, Lapresa, Arana, Anguera, y Garzón, 2015; Blanco-Villaseñor, Castellano, Hernández-Mendo, Sánchez-López, y Usabiaga, 2014; Etxeazarra et al., 2013; Iglesias, Rodríguez-Zamora, Chaverri, Rodríguez, Clapés, y Anguera, 2015; Morillo y Hernández-Mendo, 2015) han optado por llevar a cabo análisis más exhaustivos incorporando los análisis de variabilidad y generalizabilidad como complemento a los análisis anteriores. A partir de una revisión detallada sobre investigaciones llevadas a cabo sobre la escalada deportiva, se ha observado que son pocos los estudios que han abordado el análisis de los comportamientos de los escaladores en el seno de la metodología observacional (p.e. De Benito, Sedano, Redondo, y Cuadrado, 2013; White y Olsen, 2013). Además, no se tiene constancia por parte de los autores de la existencia de una HO que analice la frecuencia, el orden y la duración de las acciones que se dan en la escalada de élite y, por tanto, este es un aspecto novedoso de este trabajo.

Con todo, el presente trabajo exploratorio tiene por objetivo el análisis de la calidad del dato de una HO diseñada *ad hoc*, empleando para ello las frecuencias y duraciones de las acciones realizadas por los escaladores. Todo ello con un HO aplicada a la escalada de élite, y donde para estimar la calidad del dato se emplearán tres estrategias diferentes: correlaciones, asociaciones y análisis de la variabilidad. Los resultados de este estudio permitirían conocer si la HO específica para analizar las acciones que realizan estos escaladores en competición es fiable, y en su caso permitirá describir los comportamientos de los escaladores y, en consecuencia, poder implementar estrategias de intervención en la valoración del rendimiento u optimización de su preparación.

## MÉTODO

### Participantes

Cuatro observadores participaron en este estudio y codificaron una ascensión de la Copa del Mundo de Escalada Deportiva en la *modalidad de Lead* que se celebró en Barcelona en el año 2011. Concretamente fueron el registro de una ascensión de la final de la categoría femenina la que se empleó para estimar la fiabilidad

del instrumento de observación, ya que son estas vías las que normalmente determinan el resultado final de esta competición. Esta ascensión supuso entre 214 y 218 registros, obtenidos a partir de los seis criterios principales de los que se compone la HO empleada. El rango de duración de los cuatro registros realizados para codificar el ascenso estuvo entre 2500-2567 *frames*.

### Instrumento de codificación

Para registrar la ocurrencia y duración de las acciones de los escaladores de élite de forma secuencial, se ha creado una HO *ad hoc* combinando diferentes sistemas de categorías y formatos de campo, denominado *SCOT (Sport Climbing Observation Tool)*. La herramienta taxonómica está constituida por seis criterios y 74 categorías (Tabla 1). Este instrumento observacional permite analizar los siguientes comportamientos en de la escalada *Lead* de élite: la identificación de la presa, la mano empleada para cada agarre, el inicio y final de los contactos, el *chapaje* o paso de la cuerda, el uso de magnesio y los descansos, así como las duraciones de cada comportamiento (tiempo empleado en cada presa y entre presas, los descansos, los chapajes y el uso del magnesio), teniendo siempre en cuenta la lateralidad. En la presente investigación se utilizan datos secuenciales de multievento con tiempo (Bakeman y Quera, 1996), anotando la mano empleada tanto cuando agarra una presa como cuando la suelta y los *chapajes*, el uso de magnesio y los gestos descansos cuando ocurren.

Tabla 1  
Criterios configuradores de la herramienta observacional SCOT

Criterio	Descripción y categorías
Hold	Agarre o presa (62 niveles): esta categoría hace referencia a la presa que está utilizando el escalador. Se toman en cuenta una o dos presas para el comienzo de la escalada (STA1 y STA2) y las demás categorías van de número 1 al 60.
Hand	Mano (2 niveles): Indica la mano con la que el escalador ejerce fuerza sobre la presa, izquierda (LEFT) y derecha (RIGHT).
Hand Contact Time	Duración del contacto de la mano (2 niveles): nos marca el momento exacto donde se establece que la mano del escalador contacta con la presa y por consiguiente empieza a hacer fuerza sobre ella (CSTA), y por otra parte el momento exacto donde la mano pierde contacto con la presa y deja de ejercer fuerza sobre la presa (CEND).
Quickdrawing	El <i>chapaje</i> de la cinta <i>expres</i> (4 niveles) determina el momento en el que el escalador pasa la cuerda por el <i>expres</i> y con qué mano lo realiza (QLEF y QRIG). Por otra parte, esta categoría también establece si se da un intento de <i>chapaje</i> pero que no culmina en <i>chapaje</i> y con qué mano se realiza (QTLE y QTRI)
Chalk	El uso del magnesio (2 niveles) nos indica cuando el escalador mete la mano en la bolsa de magnesio para coger magnesio y con qué mano realiza este gesto (MLEF y MRIG).
Rest	Descanso (2 niveles) representa los gestos de descanso que realiza el escalador durante la ascensión de la vía y con qué mano se realizan (RLEF y RRIG)

### Instrumentos de registro y análisis

Para el registro de los datos se ha empleado la aplicación informática MOTS (Castellano, Perea, Alday, y Hernández-Mendo, 2008). En la siguiente Figura 1 se puede observar como en la aplicación se definen los criterios y categorías de la herramienta

SCOT, junto con el video, para llevar a cabo la observación, codificación y registro de los comportamientos de los escaladores.

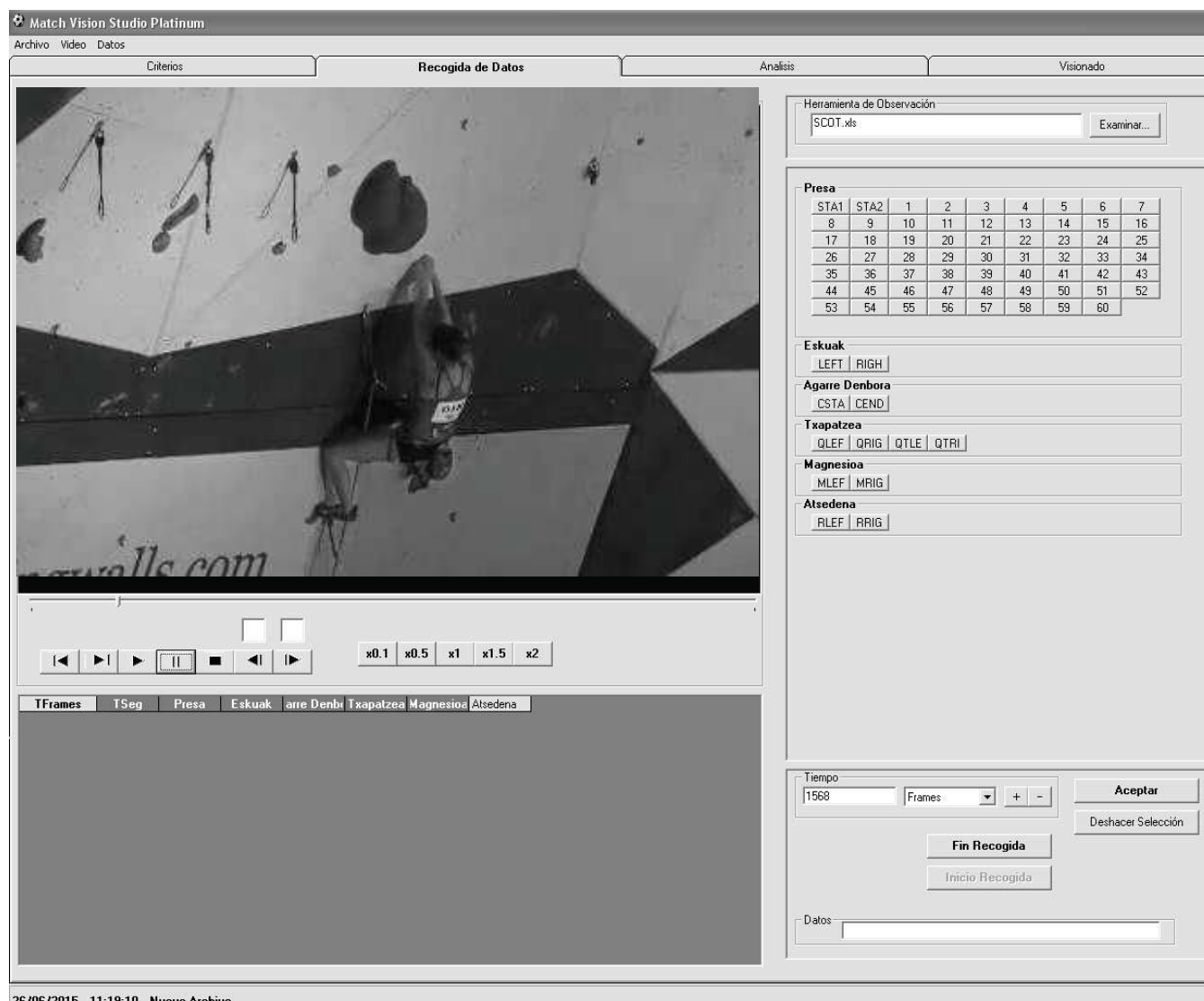


Figura 1. Interface del MOTS (Castellano et al., 2008) donde se ha configurado la herramienta SCOT, a partir de la cual se codificaron las ascensiones.

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS para Windows versión 20.0 y la hoja de cálculo Excel. También se empleó el programa SAGT v1.0 (Ramos, Hernández-Mendo, Pastrana, y Blanco-Villaseñor, 2012) para el análisis de la generalizabilidad.

### Procedimiento

El proceso de formación, entrenamiento y mantenimiento de los observadores es una parte muy importante en la metodología observacional, puesto que esto ayuda a incrementar la eficiencia de los resultados (Losada y Manolov, 2015). Es por ello, que antes de realizar el registro definitivo para estimar la calidad del dato, los observadores recibieron cinco sesiones de formación, de dos horas de duración cada una. Para estas sesiones se siguió un

protocolo de formación expresamente diseñado para ello, donde se les explicó: las fases de la formación y la prueba final, el esquema básico de la herramienta taxonómica y vídeos con ejemplos gráficos. En estas sesiones realizaron prácticas añadiendo los diferentes criterios de SCOT progresivamente, hasta conseguir dominar por completo la herramienta. Una vez formados, se procedió a realizar la prueba de fiabilidad. Para tal fin dos grupos de dos observadores realizaron la codificación y registro de la misma ascensión de escalada. Se optó por que los observadores trabajaran por parejas, para garantizar la concordancia consensuada previa al registro (Anguera, 1990).

Con todo, los datos que se obtuvieron fueron entre grupos de observadores e intragrupal. Para ello el primer grupo (A1) realizó el registro de la ascensión una vez, pero el segundo grupo (B) realizó dos codificaciones de la ascensión: un primer registro

(B1), una posterior codificación 10 días más tarde (B2). En total se obtuvieron tres observaciones de una misma ascensión.

Tal y como se ha configurado SCOT, no es necesario que se seleccione una categoría de cada uno de los criterios, en algunos casos la constelación de categorías que coocurren no abarcan todos los criterios. En el caso de que el escalador agarre o suelte una presa solo se tienen que codificar los tres primeros criterios (*hold*, *hand* y *hand contact time*), bastando dichos criterios para calcular el tiempo empleado en cada presa. Por el contrario, si el escalador realiza otras acciones como coger magnesio, pasar la cuerda por el *quickdraw* o hacer un gesto de descanso, sólo se tienen que registrar la categoría del criterio realizado (Figura 1).

Para estimar la fiabilidad de los observadores, por una parte, se utilizó el índice de correlación de *Pearson*, como en anteriores estudios (Usabiaga, Castellano, Blanco-Villaseñor, y Casamichana, 2013), el cual mide la relación lineal entre dos parámetros cuantitativos y aleatorios. Por otra parte, el cálculo del coeficiente *Kappa de Cohen* (Cohen, 1960) fue implementado para cada uno de los criterios que configuran SCOT, así como para la sesión completa. Asimismo, y como complemento a lo anterior, se realizó un estudio de generalizabilidad (Blanco-Villaseñor, et al., 2014), tanto con las frecuencias como con las duraciones registradas de cada conducta, para lo cual se configuró un diseño de dos facetas *observador* y *conducta*.

**RESULTADOS**

Los resultados obtenidos sobre la concordancia global de los tres registros mediante el coeficiente de *Pearson* fueron de 0.99 en todos los casos. En relación al coeficiente de *Kappa de Cohen* (Cohen, 1960), primeramente, se compararon los registros dos a dos y se obtuvieron los valores para las frecuencias de cada criterio, los cuales se situaron en un rango entre 0.93 y 1 (Tabla 2).

Tabla 2  
*Coeficiente de Kappa de Cohen para las frecuencias de cada conducta para los dos pares de observadores.*

	Concordancias		
	inter	inter	intra
	A1-B1	A1-B2	B1-B2
Hold	0.94	0.94	0.98
Hand	0.98	1	0.98
Hand contact time	1	1	1
Quickdrawing	1	1	1
Chalk	1	1	1
Rest	0.93	0.87	0.93

*Nota:* A1 es registro primer grupo; B1 es el primer registro del segundo grupo; B2 es segundo registro del segundo grupo.

En segundo lugar, también se calcularon los valores considerando las duraciones de las acciones, los cuales se situaron en un rango de entre 0.82 y 0.99 (Tabla 3). Todos los datos obtenidos en relación a la concordancia inter e intra observadores se situaron en el máximo rango óptimo (Fleiss, 1971), lo que supone un nivel de concordancia alto.

Finalmente, se procedió a la realización de un estudio de generalización a partir del modelo de dos facetas: *observador* y *conducta*. El plan de medida fue C/O, es decir, se colocó como faceta de diferenciación [*conducta*] y en la faceta de instrumentación [*observador*]. Además, se estimó el porcentaje

de variabilidad de cada una de las facetas y sus interacciones, así como los coeficientes absolutos y relativos de generalizabilidad, tanto para las frecuencias como para las duraciones de las categorías (Tabla 4).

Tabla 3  
*Coeficiente de Kappa de Cohen para las duraciones de cada acción para los dos pares de observadores.*

	Concordancias		
	inter	inter	intra
	A1-B1	A1-B2	B1-B2
Hold+ Hand+ Hand contact time	0.98	0.98	0.98
Chalk	0.92	0.89	0.89
Quickdrawing	0.95	0.96	0.92
Rest	0.85	0.85	0.82

*Nota:* A1 es registro primer grupo; B1 es el primer registro del segundo grupo; B2 es segundo registro del segundo grupo.

Tabla 4  
*Análisis de los componentes de varianza y de los coeficientes de generalización en el diseño de dos facetas C/O [Conducta/Observador] para frecuencias y duraciones.*

Con frecuencias				
Facetas	gl	SC (Tipo III)	Pr > F	%
Observador [O]	3	0.5	0.9949	0
Conducta [C]	5	35150.6	<.0001	99,3
O*C	12	1.7	1.000	1
C/O			$\zeta p^2_{(S)} = 1.000$ y $\zeta p^2_{(A)} = 1.000$	
R <sup>2</sup> =	0,996		Pr > F para el modelo <.0001	
Con duraciones				
Facetas	gl	SC (Tipo III)	Pr > F	%
Observador [O]	3	5189.3	0.9911	0
Conducta [C]	5	371310600.9	<.0001	99,3
O*C	12	32327.1	1.000	1
C/O			$\zeta p^2_{(S)} = 1.000$ y $\zeta p^2_{(A)} = 1.000$	
R <sup>2</sup> =	0,997		Pr > F para el modelo <.0001	

*Nota:* En la tabla figuran el coeficiente de determinación (*r*<sup>2</sup>), los grados de libertad (gl), la suma de cuadrados para los datos tipo III (SC tipo III), el % de variabilidad de cada una de las facetas y de sus interacciones así como los coeficientes absolutos y relativos de generalizabilidad ( $\zeta p^2_{(S)}$  y  $\zeta p^2_{(A)}$ ) para el diseño C/O.

El cálculo de las fuentes de varianza dio como resultado que casi toda la variabilidad (99%) estuvo asociada a la faceta conducta [C], mientras que la faceta observadora [O] presentó una variabilidad prácticamente nula. El análisis global de los coeficientes de generalizabilidad, aproximándose a la unidad, fue excelente.

**DISCUSIÓN**

El objetivo de este estudio fue estimar la calidad del dato de una HO elaborada *ad hoc*, SCOT, comprobando así su fiabilidad. El presente trabajo ha sido novedoso por incluir el registro de las duraciones en el estudio de la calidad del dato. Además de los análisis convencionales con las frecuencias, se han llevado a cabo también análisis de coeficiente de *Kappa de Cohen* y de generalizabilidad, utilizando las duraciones en *frames* de los registros. A partir de una formación previa realizada con los observadores, los resultados obtenidos indicaron que SCOT superó el control de la calidad del dato, tal y como reflejan los diferentes indicadores que fueron implementados en su

valoración. Los resultados permiten decir que la herramienta taxonómica SCOT podría ser empleada en la descripción del comportamiento de los escaladores de élite y en consecuencia poder desarrollar investigación en el ámbito observacional, pudiéndose aplicar innovadoras técnicas analíticas como son los patrones temporales o *T-Patterns* (Anguera y Hernández-Mendo, 2015).

Los datos obtenidos en relación a los índices de la correlación de Pearson fueron óptimos, tanto para los datos inter observadores como para los intra observadores, similares a los encontrados en otros trabajos como Morillo y Hernández-Mendo (2015) en el ámbito del balonmano playa. Por otra parte, los resultados conseguidos en el coeficiente de Kappa de Cohen para cada pareja de observadores, fueron también excelentes, por encima del 0.87 en el caso de las frecuencias y del 0.82 cuando se consideraron las duraciones. Estos resultados, en el caso de las frecuencias, son parecidos a los encontrados en trabajos de escalada (p.e. De Benito et al., 2013) y también en otros trabajos donde realizan análisis de la calidad de dato de HO, existen numerosos estudios observacionales de deportes individuales que alcanzan un nivel de calidad de dato parecido (p.e. Aragón et al., 2015; Iglesias et al., 2015).

Además, los valores estimados sobre el porcentaje de variabilidad aportada por cada faceta a partir del análisis de los componentes de variancia y los valores de los coeficientes relativo y absoluto de generalizabilidad, se ajustaron al requerido en esta fase de la investigación, asemejándose los conseguidos por otros autores en otras disciplinas deportivas, por ejemplo, Aragón et al. (2015) en atletismo y Etxezarra et al. (2013) en fútbol de etapa formativa. El coeficiente de estimación de la precisión de la generalizabilidad fue muy alto (próximo a 1) para el diseño C/O, tanto para la frecuencias como para las duraciones. La variabilidad del modelo viene recogida en la faceta *categorías* o *acciones*, lo que representaría una alta heterogeneidad. Sin embargo, la faceta *observadores* apenas aglutina variabilidad, lo que representaría una alta homogeneidad en la codificación y registro realizada por los observadores que participaron en el estudio. A partir de estos indicadores de fiabilidad inter e intra observadores podemos asumir que a partir de esta HO y con una formación adecuada se podría pasar a la fase activa o sistematizada de la investigación (Anguera, 1990), tal y como lo establece la metodología observacional (Anguera y Hernández-Mendo, 2013).

Por último, en la línea de lo que propusieron White y Olsen (2010) en su trabajo sobre la escalada de modalidad de Boulder, SCOT brinda la oportunidad de hacer análisis cuantitativos y temporales en la escalada deportiva en la modalidad de Lead. Además posibilita seguir un paso más adelante aplicando SCOT en futuras investigaciones en la detección de patrones temporales o *T-Patterns*, pudiendo implementar SCOT para ampliar conocimiento sobre la escala deportiva, tal y como se ha hecho en otras disciplinas deportivas (p.e. Aragón et al., 2015; Iglesias et al., 2015; Lapresa, Camerino, Cabedo, Anguera, Jonsson, y Arana, 2015), incluyendo de manera novedosa el registro del tiempo y, por tanto, ampliando las posibilidades de incluir aspectos temporales en el diseño de tareas en el proceso de entrenamiento o valoración de ritmos en el análisis del rendimiento.

## CONCLUSIÓN

Este trabajo presenta el estudio de la calidad del dato de la herramienta taxonómica SCOT, que permite describir los comportamientos de la escalada deportiva de alto nivel. SCOT permite la codificación de la frecuencia, orden y duración de las acciones que se dan en la escalada de rendimiento. SCOT podría ser utilizado en futuras investigaciones para valorar el rendimiento, para diseñar estrategias de intervención o para preparar test específicos, con el objetivo de conocer y mejorar el rendimiento en la escalada deportiva de alto nivel.

## REFERENCIAS

- Anguera, M. T. (1990). Metodología observacional. En J. Arnau, M. T. Anguera y J. Gómez-Benito (Eds.), *Metodología de la investigación en ciencias del comportamiento* (pp. 125-236). Murcia: Universidad de Murcia.
- Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2013). La metodología observacional en el ámbito del deporte. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 9(3), 135-160.
- Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: estado de la cuestión. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 103-109.
- Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2015). Técnicas de análisis en estudios observacionales en ciencias del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 13-30.
- Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M. T., y Garzón, B. (2015). Tactical behaviour of winning athletes in major championship 1500-m and 5000-m track finals. *European Journal of Sport Science*. Avance online de publicación. doi:10.1080/17461391.2015.1009494
- Bakeman, R. y Quera, V. (1996). *Análisis de la interacción*. Madrid: RAMA.
- Blanco-Villaseñor, A. (1993). Fiabilidad, precisión, validez y generalización de los diseños observacionales. En M. T. Anguera (Ed.), *Metodología Observacional en la investigación psicológica* (Vol. II, pp.149-274). Barcelona: PPU.
- Blanco-Villaseñor, A., Castellano, J., Hernández-Mendo, A., Sánchez-López, C. R., y Usabiaga, O. (2014). Application of the generalizability theory in sport to study the validity, reliability and estimation of samples. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 131-137.
- Castellano, J., Perea, A., Alday, L., y Hernández-Mendo, A. (2008). Measuring and observation tool in sports. *Behavior Research Methods*, 40, 898-903.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 687-699.
- De Benito, A. M., Sedano, S., Redondo, J. C., y Cuadrado, G. (2013). Análisis cualitativo de las implicaciones musculares de la escalada deportiva de alto nivel en competición. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 32(9), 154-180.
- Etxezarra, I., Castellano, J., y Usabiaga, O. (2013). Aplicación de diferentes estrategias para el control de calidad del dato de una herramienta observacional en fútbol formación. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 8(2), 301-316.
- Fleiss, J. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychological Bulletin*, 76(5), 378-382.



- Hernández-Mendo, A. y Planchuelo, L. (2012). Una herramienta observacional para la evaluación del desarrollo moral en las clases de educación física en primaria. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 7(2), 287-306.
- Hernández-Mendo, A., Montoro, J., Reina, A., y Fernández-García, J. C. (2012). Desarrollo y optimización de una herramienta observacional para el bloqueo en voleibol. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 7(1), 15-31.
- Iglesias, X., Rodríguez-Zamora, L., Chaverri, D., Rodríguez, F. A., Clapés, P., y Anguera, M.T. (2015). Diversificación de patrones en natación sincronizada de alto nivel. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 89-98.
- Lapresa, D., Camerino, O., Cabedo, J., Anguera, M. T., Jonsson, G., y Arana, J. (2015). Degradación de T-patterns en estudios observacionales: Un estudio sobre la eficacia en el ataque de fútbol sala. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 71-82.
- Losada, L. J. y Manolov, R. (2015). The process of basic training, applied training, maintaining the performance of an observer. *Quality and Quantity*, 49, 339-347. doi:10.1007/s11135-014-9989-7
- Morillo, J. P. y Hernández-Mendo, A. (2015). Análisis de la calidad del dato de un instrumento para la observación del ataque en balonmano playa. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 10(1), 15-22. doi:10.5232/ricyde
- Ramos, F. J., Hernández-Mendo, A., Pastrana, J. L., y Blanco-Villaseñor, A. (2012). *SAGT: Software para la Aplicación de la Teoría de la Generalizabilidad*. Proyecto fin de carrera para la titulación: Ingeniería Técnica en Informática de Gestión de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad de Málaga. España.
- Usabiaga, O., Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A., y Casamichana, D. (2013). La Teoría de la Generalizabilidad en las primeras fases del método observacional aplicado en el ámbito de la iniciación deportiva: calidad del dato y estimación de la muestra. *Revista de Psicología del Deporte*, 22(1), 103-109.
- White, D. J. y Olsen, P. D. (2010). A time motion analysis of bouldering style competitive rock climbing. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1356-1360. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cf75bd

#### **Agradecimientos**

Este trabajo forma parte de la investigación *Observación de la interacción en deporte y actividad física: Avances técnicos y metodológicos en registros automatizados cualitativos-cuantitativos*, que ha sido subvencionado por la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad [DEP2012-32124], durante el trienio 2012-2015

# A time motion analysis of lead climbing in the 2012 men's and women's world championship finals

Aitor Arbulu, Oidui Usabiaga and Julen Castellano

Faculty of Physical Activity and Sport Sciences. University of the Basque Country (UPV/EHU). Vitoria-Gasteiz, España.

## Abstract

*The dearth of research in lead rock climbing means that much remains to be learnt about the external and internal demands of this sport and about the suitability of current training protocols and techniques. The aim of this study was to perform a time motion analysis of movements made by elite lead climbers and to compare results between men and women. Video recordings of the men's and women's lead finals in the 2012 Sport Climbing World Championships were analyzed. Sixteen ascents (8 by men and 8 by women) were coded using the purpose-designed Sport Climbing Observational Tool (SCOT), with recording of climbing speed and frequency and duration of use of handholds, successful and failed quickdraw clipping actions, chalk use, and rest gestures. The mean  $\pm$  SD time needed to complete the climbing route was  $220 \pm 81.7$  s for men and  $355.9 \pm 92.8$  s for women. Significant differences were also found for the frequency and duration of holds, chalk use, and rest gestures, which were all greater in women. The findings of this study demonstrate how results from time motion analysis of competitive rock climbing, combined with evaluation of responses during intermittent isometric exercise, could be used to design targeted training exercises and tests for lead climbers.*

**Key Words:** rock climbing, pace, competition, sex.

## 1. Introduction

Rock climbing, a sport derived from alpine mountaineering, has evolved considerably thanks to advances in safety, training, and technique that have enabled climbers to overcome increasing difficulties on natural rock walls and artificial structures (Watts *et al.*, 2000). From a physiological perspective, climbing is a sport that requires sustained and intermittent isometric contractions of the forearm muscles to push oneself upwards (Sheel *et al.*, 2003).

In elite competitive sport climbing, climbers must scale an artificial structure or wall measuring at least 15 m within 6 to 8 minutes, depending on the length of the route. The International Federation of Sport Climbing (IFSC) World Championships are held every two years. The competition consists of a qualification round in which climbers have to

climb two routes of similar difficulty, a semi-final, and a final (each consisting of one route). The semi-finals and final are generally held on separate days, but when they take place on the same day, a rest period of at least 2 hours is left between stages. Competitors have only one attempt to complete the assigned route and their scores, calculated according to the IFSC regulations ([www.ifsc-climbing.org/index.php/world-competition/event-regulation](http://www.ifsc-climbing.org/index.php/world-competition/event-regulation) accessed 4<sup>th</sup> November 2013), will determine the final ranking.

With respect to the physiological demands of climbing, maximal oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) values of approximately 55 mL/kg/min have been observed in non-specific tests (Billat *et al.*, 1995; Wilkins *et al.*, 1996; Watts and Drobish, 1998; Sheel *et al.*, 2003). Oxygen uptake in rock climbing is therefore similar to that seen in team sports and gymnastics, and corresponds to what can be considered excellent aerobic capacity. Studies analyzing oxygen consumption during climbing have reported mean  $VO_{2max}$  values of 20-28 mL/kg/min, with peak consumption rates of over 30 mL/kg/min (Billat *et al.*, 1995; Wilkins *et al.*, 1996; Watts and Drobish, 1998; Watts *et al.*, 2000; Rodio *et al.*, 2008). In addition, several studies have found that oxygen uptake stabilizes after the first 2 minutes of climbing (Booth *et al.*, 1999; Watts *et al.*, 2000). Blood lactate levels in rock climbers can reach levels of 3-7 mmol/L during climbing (Billat *et al.*, 1995; Watts *et al.*, 1996; Mermier *et al.*, 1997; Watts and Drobish, 1998; Watts *et al.*, 2000) and of up to 11 mmol/L immediately afterwards (Sherk *et al.*, 2011). In addition to studying blood lactate levels, Sherk *et al.* (2011) also compared testosterone, growth hormone, and cortisol responses before and immediately after a rock climbing exercise, and found significant increases in both testosterone and growth hormone levels. The greater use of muscle groups of the trunk and arms in rock climbing would explain why oxygen consumption and blood lactate levels are lower than in whole-body sports, such as running or cycling (Watts and Drobish, 1998). Both oxygen consumption and heart rate increase during climbing, indicating the importance of aerobic capacity in this sport (Sheel *et al.*, 2003; Bertuzzi *et al.*, 2007; Rodio *et al.*, 2008). There are, however, also reports that more challenging climbs place greater demands on the anaerobic pathway, as blood lactate concentrations and heart rate increase considerably in relation to oxygen uptake (Billat *et al.*, 1995; Watts and Drobish, 1998; Watts *et al.*, 2000; Giles *et al.*, 2006); these climbs require the use of the anaerobic alactic system (Bertuzzi *et al.*, 2007). Isometric strength and finger and forearm strength have been identified as key performance factors in climbing (Watts *et al.*, 1993; Billat *et al.*, 1995; Watts, 2004; Vigoroux and Quaine, 2006; MacLeod *et al.*, 2007), and particular importance has also been attributed to the ratio between body mass and handgrip strength (Watts *et al.*, 1993). The study thus of “working times” by climbers, such as rest actions or speed of ascent, can provide useful information to more accurately describe the physiological and neuromuscular requirements in climbing.

There also appear to be both anatomic and physiological differences between men and women that result in specific, sex-related neuromuscular performance and fatigability (Hunter, 2004). Compared with men, women have been observed to experience less fatigability for similar isometric exercises and intermittent contractions involving, for example, the elbow or finger flexor muscles (Maughan *et al.*, 1986; Hunter *et al.*, 2002; Hunter *et al.*, 2006).

In our review of the literature, we found just one study (White and Olsen, 2010) that conducted a time motion analysis of elite bouldering-style rock climbing with the aim of providing objective data on competition performance (Appleby and Dawson, 2002) and external demands. Time motion analysis, or notational analysis as it is also known, has been successfully used in many sports, with most studies linking descriptive results to physiological needs. The method, for example, has been used to analyze behaviors and patterns related to players, ball movement, and spatio-temporal positions in team sports (Lapresa *et al.*, 2013; Virr *et al.*, 2013), combat sports Gutiérrez-Santiago *et al.*, 2012; Thomson *et al.*, 2013), and racquet sports such as tennis (Gillet *et al.*, 2009) and Basque pelota (Usabiaga and Castellano, 2014). Although time motion analysis is increasingly being used in other activities that take place in natural settings, such as BMX (supercross bicycle motocross)(Cowell *et al.*, 2012), much remains to be investigated in terms of the systematic analysis of movements in elite sport climbing, in particular in relation to internal demands in lead climbing, a rock climbing technique that, unlike the bouldering technique, involves the use of a rope that must be periodically clipped into assigned protection points.

The aim of the current study was twofold: 1) to describe and quantify the movements made by elite lead climbers in terms of frequency, duration, and speed and 2) to compare the results between men and women climbers. Climbing economy appears to be one of the main determinants of performance in indoor rock climbing (Bertuzzi *et al.*, 2007), and using the findings of the current study and complementary information on the internal demands of this sport, both trainers and climbers could design specific test protocols and targeted training exercises.

## **2. Methods**

### **2.1. Experimental Approach to the Problem**

To describe and compare route ascents made by climbers in the men's and women's finals of the IFSC World Climbing Championships in Paris 2012, we employed a nomothetic, point, multidimensional observational design situated within quadrant III of the observational design models proposed by Anguera *et al.* (2011). The study hypothesis was that the duration of each movement executed would vary according to the type of movement, the speed of the ascent, and the sex of the climber.

### **2.2. Subjects**

The study participants were the 8 men finalists and 8 women finalists in the lead discipline finals at the 2012 IFSC World Championships. The climbers were of 10 different nationalities and had a mean  $\pm$  SD age of  $25 \pm 6$  years. They were all highly skilled rock climbers with extensive experience in international lead climbing championships.

### **2.3. Observation tool**

An *ad hoc* observation tool—the Sport Climbing Observational Tool (SCOT)—was built to code and record the movements executed by climbers during route attempts. The tool comprised six criteria—holds, hand use (right vs. left), hand contact time, quickdraw clipping (successful and failed attempts), chalking use (left vs. right hand),

and rest gesture. These criteria were in turn composed of 74 categories (Table 1). SCOT was used to record the frequency and duration of each hand movement during the 16 ascents analyzed.

Table 1. Structure of the SCOT observation instrument.

No	Criterion	Categories
1	Hold	Starting hold (STA1), second hold (STA2), and subsequent holds (1-60)
2	Hand	Left hand (LEFT) and right hand (RIGH)
3	Hand contact time	Start of hand contact (CSTA) and end of hand contact (CEND)
4	Quickdraw clipping	Quickdraw clipping with left hand (QLEF), quickdraw clipping with right hand (QRIG), quickdraw clipping attempt with left hand (QTLE) and quickdraw clipping attempt with right hand (QTRI)
5	Chalk	Chalk with left hand (CLEF) and chalk with right hand (CRIG)
6	Rest	Rest gesture with left hand (RLEF) and rest gesture with right hand (RRIG)

#### 2.4. Procedures

The 16 finalists had a single attempt to climb a pre-set route with a difficulty grading of 8c/8c+ for men and 8b/b+ for women (French grading system) within a maximum of 8 minutes. The competition was broadcast live online via IFSC.tv and all the recordings are freely available through YouTube. For the purpose of the study, the video recordings of the finals were downloaded in MP4 with a frame speed of 25 frames per second.

The data corresponding to the different study criteria and categories were recorded using MOTS (Measuring and Observation Tool in Sports) (Castellano *et al.*, 2008), which was programmed with the observation tool SCOT. Prior to the definitive collection of data, the quality of the data was tested using a special protocol in which two pairs of observers were trained in the use of the tool for 10 hours. Each set of observers produced two sets of data 10 days apart and the results were used to calculate inter- and intraobserver reliability. One of the groups repeated the exercise after a year to evaluate the stability of the observation tool. The reliability of the coded events was assessed using the point-by-point agreement method (kappa statistic) for each pair of observers (Cohen, 1960). The results were within the range of 0.84 to 0.98 for all the criteria coded, confirming the reliability of the data in terms of both intra- and interobserver agreement. A generalizability study (Blanco-Villaseñor *et al.*, 2014) was also performed using a three-facet model consisting of observers, hold, and behavior. The absolute and relative generalizability coefficients were close to 1, which corresponds to optimal generalizability.

#### 2.5. Statistical Analyses

The data are presented as means  $\pm$  SD. No parametric statistic (the Mann–Whitney U test) was applied whenever a significant difference was found. Standard error, expressed

as a coefficient of variation, and the effect size (ES) were also calculated. All the statistical analyses were performed using SPSS 20.0 for Windows, with significance being set at  $p < 0.05$ .

### 3. Results

The mean duration of route attempts was  $220.0 \pm 81.7$  s for men and  $355.9 \pm 92.8$  s for women. Table 2 shows the mean frequencies and durations for holds, successful and failed quickdraw clipping attempts, chalk use, and rest gestures for men and women. Significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed for the frequency and duration of holds, chalk use, and rest gestures (all greater in women); the ES was moderate (0.5-0.7). Contact with handholds according to the use of the right or left hand varied by 2% in women climbers and 3% in men climbers. The mean hand contact time was  $7.0 \pm 1.3$  s for men and  $8.5 \pm 1$  s for women ( $p = 0.002$ ;  $ES = 0.54$ ).

Mean quickdraw clipping time was  $3.7 \pm 0.6$  s for men and  $4.1 \pm 0.8$  s for women. There was only one failed clipping attempt in each of the men's and women's finals. In the first case, the attempt was made with the left hand and lasted 1.8 s, and in the second case, it was made with the right hand and lasted 3.4 s. Both women and men chalked their left hands more frequently than their right hands (59% vs. 41% and 51% vs. 49%, respectively) (Figure 1). Mean chalking time was  $2.5 \pm 1.0$  s for men and  $2.0 \pm 0.3$  s for women.

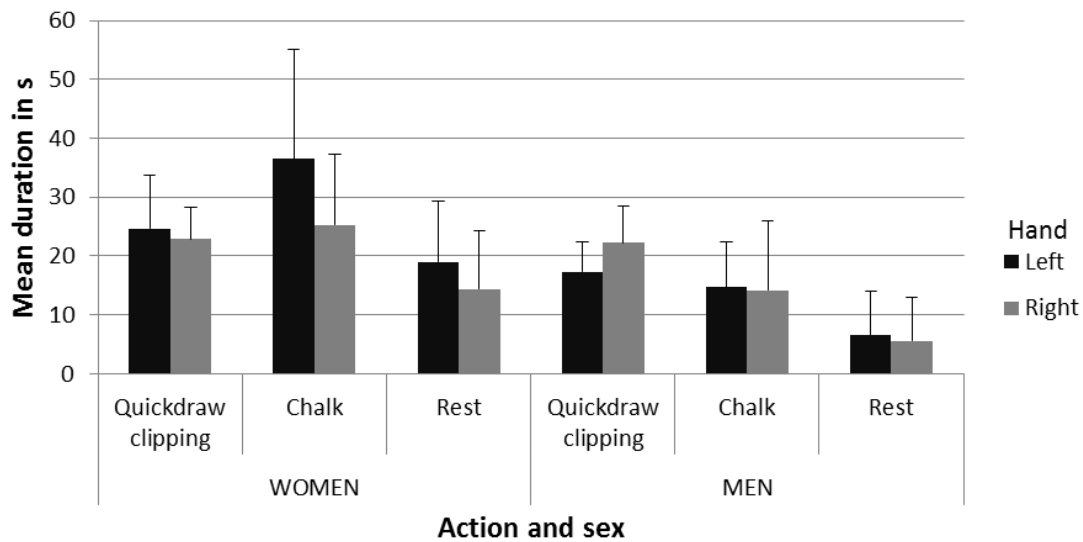


Figure 1. Mean duration in s for quickdraw clipping, chalk use, and rest gestures. Comparison of use of left and right hand by sex.

Resting time also varied significantly between sexes ( $p = 0.01$ ;  $ES = 0.44$ ). The mean time spent on rest gestures was  $1.4 \pm 0.7$  s for men and  $2.1 \pm 0.7$  s for women. Finally, the mean contact time with each climbing hold, calculated for each segment of the route—

start of climb to first quickdraw, first quickdraw to second quickdraw, and so on until the last quickdraw or the end of the climb (top of the route or fall)—was  $6.9 \pm 2.6$  s for men and  $8.5 \pm 2.6$  s for women ( $p < 0.05$ ;  $ES = 0.29$ ).

Table 2. Mean  $\pm$  SD frequency and duration of movements.

Sex	Holds	Successful Quickdraw Clipping	Quickdraw Clipping Attempt	Chalk	Rest
Women (n=8)					
Frequency	$64.0 \pm 11.2^*$	$11.6 \pm 1.0$	$0.1 \pm 0.3$	$29.1 \pm 10.7^*$	$15.1 \pm 6.5^*$
Duration (s)	$274.2 \pm 64.6^*$	$23.7 \pm 7.3$	$0.2 \pm 0.8$	$30.9 \pm 16.1^*$	$16.7 \pm 10^*$
Men (n=8)					
Frequency	$47.7 \pm 12.0^*$	$10.6 \pm 1.5$	$0.1 \pm 0.3$	$11.3 \pm 5.0^*$	$7.1 \pm 7.3^*$
Duration (s)	$171.3 \pm 63.1^*$	$19.7 \pm 6.0$	$0.1 \pm 0.4$	$14.4 \pm 9.6^*$	$6.0 \pm 7.1^*$

\*Indicates significant differences ( $p < 0.05$ ) between sexes (female > male).

#### 4. Discussion

The aim of this study was to describe and compare the behavior of men and women climbers who took part in the lead discipline finals of the IFSC World Climbing Championships in Paris, 2012. Our findings show that ascents consist of several interspersed actions performed at varying speeds and that the strategies employed by men and women climbers differ.

Men climbers had shorter hand contact times than women climbers, and consequently, moved faster from one hold to the next. This would also explain they completed the route faster. Women used more holds than men (on average, 16 more) and spent 103 s more than men on holds overall. Because the climbing routes were of maximum difficulty in both the men's and women's finals, it can be assumed that the relative difficulty was similar for both sexes. Route difficulty (grade) appears to be a valid means of assessing the skill of a climber (Draper *et al.*, 2011).

Based on our findings, thus, women would appear to be capable of climbing for longer than men on a route of similar relative difficulty, supporting Hunter's assertion that women are usually less fatigable than men with respect to isometric intermittent contractions (Hunter, 2014). Climbing speed does not appear to be central to victory in lead climbing, but it is an aspect to bear in mind. The winners of both the men's and women's finals maintained a strong pace throughout the ascent, whereas their opponents slowed down as they approached the top. This is illustrated in Figure 2, which shows the mean climbing hold contact time for each section of the route analyzed for the three top-ranking climbers in the men's and women's finals. The reduction in pace is evident in the fifth and twelfth segments of the route in the case of men and in the eighth and ninth segments in the case of women, supporting the idea that lead climbers have lower maximal muscle strength (maximal voluntary contraction force)

but greater endurance than boulder climbers, as was recently demonstrated by Fanchini *et al.* (2013).

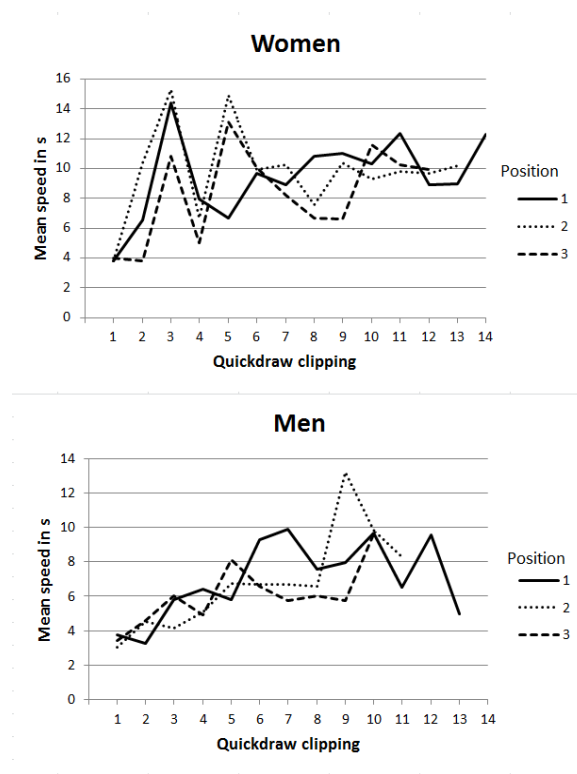


Figure 2. Mean hold contact time for the different sections of the route divided by quickdraw clipping actions for the three top-ranking men and women finalists. *Note: The segments of the route were calculated for start of climb to first quickdraw, first quickdraw to second quickdraw, and so on until the last quickdraw or the end of the climb (top of the route or fall).*

The main metabolic pathways used in climbing are the aerobic and alactic anaerobic pathways (Bertuzzi *et al.*, 2007). The mean durations of ascents in the finals observed in our study indicate that women climbers use aerobic pathways more than men, as they spend longer climbing. Nonetheless, it has been suggested that improved climbing economy has a greater impact on climbing performance than improved energy metabolism (Bertuzzi *et al.*, 2007). Our results suggest that women are more economy climbers than men, as they take longer to complete a route of similar length and difficulty.

With respect to climbing techniques, no significant differences were found between the duration of chalk use and quickdraw clipping, although women used chalk almost three times as often as men during the ascent. The longer hand contact observed in women might be explained by this increased use of chalk. However, it is also possible that women had more opportunities to use chalk due to their slower pace and greater use of aerobic pathways. Chalk enhances the friction coefficient between climbers' fingers and handholds (Amca *et al.*, 2012). Chalk use thus may be very important in climbing, as



by increasing this coefficient, it would also reduce the strength needed to grip a hold or move onto the next hold.

Quickdraw clipping is another important aspect of climbing performance, as failure to clip the rope into the quickdraw results in lost time. Failed clipping attempts, however, are rare in elite climbing competitions. In the 2012 IFSC World Championship Finals, for example, there was only one failed attempt in each of the men's and women's finals. Although uncommon, failure to clip the rope into a quickdraw would clearly have a negative impact on outcome, as the action takes between 2 and 3 s, time that could be used on other more effective actions, such as chalk use or rest.

Our findings also show that women take more rests (almost twice as many) than men, and also spend more time on each rest. The fact that women climb the route at a slower pace than men could explain why they take more rests. By contrast, the fact that men scale the route faster than women would mean that their forearm muscles have fewer opportunities to reoxygenate; this is probably related to different levels of fatigability reported for men and women (Hunter, 2014). Nevertheless, the frequency of rest actions during a climb does not appear to be a determinant of success, even though recovery of muscle oxygenation during rest can be used to evaluate endurance performance (MacLeod *et al.*, 2007).

No statistically significant differences were observed in the use of the left hand versus the right hand in men or women. All climbers gripped a similar proportion of holds with each hand and held their grip for similar lengths of time. Quickdraw clipping was also performed indistinctly with the left and the right hand, with no differences observed in duration. Women chalked their left hand more often—and for longer durations—than men, and also rested this hand more (Figure 1). Finally, women climbers used their right hand more often to grip onto a handhold, which would be logical considering that they used their left hand more frequently to use the chalk and clip the rope into the quickdraw. Men, by contrast, used their right and left hands with equal frequency to use the chalk and rest.

## **5. Practical applications**

Notional or time motion analysis has shown that rock climbing is a sport that requires sustained and intermittent contractions of the forearm muscles; the contractions are frequently interspersed with very short rest periods, although these are longer in the case of chalk use, quickdraw clipping, and rest gestures. Men lead climbers climb faster than women, and use chalk and rest gestures less frequently. These findings could be used to design training routes comprising between 36 and 60 movements, with a mean hand contact time of 6.9 s, for men, and routes comprising between 53 and 75 movements, with a mean contact time of 8.5 s, for women. The time motion patterns revealed by our study could be used by elite climbers and trainers to design specific training tasks and tests.

## 6. References

- Amca, A.M., Vigouroux, L., Aritan, S. and Derton, E. (2012), The effect of chalk on the finger-hold friction coefficient in rock climbing. **Sports Biomechanist**, 11: 473-479.
- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A. and Losada, J.L. (2011), Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. **Cuadernos de Psicología del Deporte** 11: 63-76.
- Appleby, B. and Dawson, B. (2002), Video analysis of selected game activities in Australian rules football. **Journal Science Medicine Sport** 5, 129-142.
- Bertuzzi, R.C., Franchini, E., Kokunbun, E. and Kiss, M.A. (2007), Energy system contributions in indoor rock climbing. **European Journal Applied Physiology**, 101: 293-300.
- Billat, V., Palleja, P., Charlaix, T., Rizzardo, P. and Janel, N. (1995), Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. **Journal Sports Medicine Physiology Fitness**, 35: 20-24.
- Blanco-Villaseñor, A., Castellano, J., Hernández-Mendo, A., Sánchez-López, C.R. and Usabiaga, O. (2014), Application of the generalizability theory in sport to study the validity, reliability and estimation of samples. **Revista de Psicología del Deporte**, 23: 131-137.
- Booth, J., Marino, F., Hill, C. and Gwinn, T. (1999), Energy cost of sport rock climbing in elite performers. **British Journal Sports Medicine**, 33: 14-18.
- Castellano, J., Perea, A., Alday, L. and Hernández-Mendo, A. (2008), Measuring and Observation Tool in Sports. **Behavior Research Methods**, 40(3): 898-903.
- Cohen, J. (1960), A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational Psychological Measurements**, 41: 687-699.
- Cowell, J.F., McGuigan, M.R. and Cronin, J.B. (2012), Movement and skill analysis of supercross bicycle motocross. **Journal Strength Conditioning Research** 26: 1688-1694.
- Draper, N., Dickson, T., Blackwell, G., Fryer, S., Priestley, S., Winter, D. and Ellis, G. (2011), Self-reported ability assessment in rock climbing. **Journal Sports Science**, 29: 851-858.
- Fanchini, M., Violette, F., Impellizzeri, F.M. and Maffiuletti, N.A. (2013), Differences in climbing-specific strength between boulder and lead rock climbers. **Journal Strength Conditioning Research**, 27: 310-314.
- Giles, L.V., Rhodes, E.C. and Taunton, J.E. (2006), The physiology of rock climbing. **Sports Medicine**, 36: 529-545.
- Gillet, E., Leroy, D., Thouvarcq, R. and Stein, J.F. (2009), A notational analysis of elite tennis serve and serve-return strategies on slow surface. **Journal Strength Conditioning Research**, 23: 532-539.
- Gutiérrez-Santiago, A., Prieto, I., Camerino, O. and Anguera, M.T. (2012), Sequences of errors in the Judo throw Morote Seo iNage and their relationship to the learning process. **Journal Sports Engineering and Technology**, 227: 57-63.
- Hunter, S.K. (2014), Sex differences in human fatigability: mechanisms and insight to physiological responses. **Acta Physiologica**, 210: 768-89.
- Hunter, S.K., Ryan, D.L., Ortega, J.D. and Enoka, R.M. (2002), Task differences with the same load torque alter the endurance time of submaximal fatiguing contractions in humans. **Journal Neurophysiology**, 88:3087-96.

- Hunter, S.K., Schletty, J.M., Schlachter, K.M., Griffith, E.E., Polichnowski, A.J. and Ng, A.V. (2006), Active hyperemia and vascular conductance differ between men and women for an isometric fatiguing contraction. **Journal Applied Physiology**, 101:140-50.
- Lapresa, D., Alvarez, L., Arana, J., Garzón, B. and Caballero, V. (2013), Observational analysis of the offensive sequences that ended in a shot by the winning team of the 2010 Futsal Championship. **Journal Sports Science**, 31: 1731-1739.
- MacLeod, D., Sutherland, D.L., Buntin, L., Whitaker, A., Aithchinson, T., Watt, I., Bradley, J. and Grant, S. (2007), Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. **Journal Sports Science**, 25: 477-482.
- Maughan, R.J., Harmon, M., Leiper, J.B., Sale, D. and Delman, A. (1986), Endurance capacity of untrained males and females in isometric and dynamic muscular contractions. **European Journal Applied Physiology**, 55:395-400.
- Mermier, C.M., Robergs, R.A., McMinn, S.M. and Heyward, V.H. (1997), Energy Expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. **British Journal Sports Medicine**, 31: 224-228.
- Rodio, A., Fattorini, L., Rosponi, A., Quattrini, F.M. and Marchetti, M. (2008), Physiological adaptation in non-competitive rock climbers: good for aerobic fitness?. **Journal Strength Conditioning Research**, 22: 359-364.
- Sheel, W.A., Seddon, N., Knight, A., McKenzie, D.C. and Warburton, D.E. (2003), Physiological response to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. **Medicine Science Sports Exercise**, 35: 1225-1231.
- Sherk, V.D., Sherk, K.A., Kim, S., Young, K.C. and Bembem, D.A. (2011), Hormone responses to a continuous bout of rock climbing in men. **European Journal Applied Physiology**, 111: 687-693.
- Thomson, E., Lamb, K. and Nicholas, C. (2013), The development of a reliable amateur boxing performance analysis template. **Journal Sports Science**, 31: 516-528.
- Usabiaga, O. and Castellano, J. (2014), Strategic use of space in basque pelota training categories. **International Journal Sport Science**, 36: 109-122.
- Vigouroux, L. and Quaine, F. (2006), Fingertip forcé and electromyography of finger flexor muscle during a prolonged intermitten exercise in elite climbers and sedentary individuals. **Journal Sports Science**, 24: 181-186.
- Virr, J.L., Game, A., Bell, G.J. and Syrotuik, D. (2013), Physiological demands of women´s rugby union: time-motion analysis and heart rate response. **Journal Sports Science**, 32: 239-47.
- Watts, P.B. (2004), Physiology of difficult rock climbing. **European Journal Applied Physiology**, 91: 361-372.
- Watts, P.B. and Drobish, K.M. (1998), Physiological responses to simulates rock climbing at different angles. **Medicine Science Sports Exercise**, 30: 1118-1122.
- Watts, P.B., Daggett, M., Gallagner, P. and Wilkins, B. (2000), Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. **International Journal Sports Medicine**, 21: 185-190.
- Watts, P.B., Martin, D.T. and Durtschi, S. (1993), Anthropometric profiles of elite male a female competitive sport rock climbers. **Journal Sports Science**, 11: 113-117.
- Watts, P.B., Newbury, V. and Sulentic, J. (1996), Acute changes in hangrip strength, endurance and blood lactate with sustained sport rock climbing. **Journal Sports Medicine Physical Fitness**, 36: 255-260.

- White, J.D. and Olsen, P.D. (2010), A time motion analysis of bouldering style competitive rock climbing. **Journal Strength Conditioning Research**, 24: 1356-1360.
- Wilkins, B., Watts, P.B., and Wilcox, A. (1996), Metabolic responses during rock climbing in experts sport rock climbers (abstract). **Medicine Science Sports Exercise**, 28: S159.

**Contact Details for the Corresponding Author:**

Aitor Arbulu Bernaola  
Department of Physical Education and Sport  
Faculty of Physical Activity and Sport Sciences  
University of the Basque Country (UPV-EHU)  
Portal de Lasarte 71  
01007 Vitoria-Gasteiz (Spain)  
Phone: +34 654256775  
Fax: +34 945 013 501  
Email: a\_arbuluar@hotmail.com



## Detección y aplicación de T-Patterns en la escalada de élite

### Detection and application of T-Patterns in elite climbing

### Detecção e aplicação de T-Patterns em escalada elite

Aitor Arbulu<sup>1</sup>, Daniel Lapresa<sup>2</sup>, Oidui Usabiaga<sup>1\*</sup> y Julen Castellano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad de La Rioja.

**Resumen:** El presente trabajo constituye un ejemplo de la potencia informativa de los *T-patterns* -estructuras regulares y temporales de conductas obtenidas mediante el software *Theme*, versión 6.0- y de su aplicación, por primera vez, al conocimiento estratégico-táctico de un deporte que ha sido residualmente estudiado como es la escalada deportiva. En el seno de la metodología observacional se ha construido *ad hoc* el instrumento de observación *Sport Climbing Observation Tool* (SCOT) que ha permitido detectar *T-patterns* que reflejan el comportamiento desarrollado en la ascensión de la vía -presa, mano de agarre, inicio y final de contacto, chapaje, uso de magnesio y descansos- por los mejores escaladores -modalidad *Lead*- que participaron en el Campeonato del Mundo de 2011, celebrado en Arco (Italia). Mediante la información contenida en los *T-patterns* detectados se ha caracterizado la ascensión en tramos (inicial, medio y final), describiéndose operativamente la manera en la que los mejores escaladores del mundo cumplen la ascensión de la vía.

**Palabras claves:** Metodología observacional, escalada, *T-patterns*, *Theme*.

**Abstract:** This work is an example of the informative power of *T-patterns* -regular and temporal structures of obtained behaviours by the software *Theme*, version 6.0- and the application for first time, in the strategic and technical knowledge of sport that has been little studied such as sport climbing. Within observational methodology it has been built *ad hoc* observational instrument *Sport Climbing Observation Tool* (SCOT) that has detected *T-patterns* that reflect the behaviour developed in the route ascent

-hold, hand, hand contact time, quickdrawing, chalk and rest- for the best climbers -*Lead* modality- who participated in the 2011 World Championship, held in Arco (Italy). By the information obtain with *T-patterns*, the ascension was marked in sections (initial, middle and end), describing the manner in which the best climbers in the world complete the ascent of the route.

**Keywords:** Observational methodology, climbing, *T-patterns*, *Theme*.

**Resumo:** Este trabalho é um exemplo do poder informativo dos *T-patterns* -estructuras regulares e temporárias de comportamento obtidas por software *Theme*, versão 6.0- e sua implementação, pela primeira vez, o conhecimento estratégico e táctico de um esporte que tem sido pouco estudada como escalada deportiva. No âmbito da metodologia observacional foi construído *ad hoc* o instrumento de observação *Sport Climbing Observation Tool* (SCOT), que detectou *T-patterns* que refletem o comportamento desenvolvido na ascensão da via -presa, aperto de mão, início e fim de contato, chapaje, uso de magnésio e pausas- para os melhores escaladores -modalidade *Lead*- que participaram no Campeonato do Mundo de 2011, realizada em Arco (Itália). Usando as informações contidas nos *T-patterns* detectados, a ascensão foi marcada em seções (inicial, meio e fim), descrevendo operacionalmente a maneira pela qual os melhores escaladores do mundo cheio na subida da via.

**Palavras chave:** Metodologia observacional, escalada, *T-patterns*, *Theme*.

## Introducción

De acuerdo con Anguera y Hernández-Mendo (2014), la utilización de la metodología observacional se ha consolidado, a partir del crecimiento constante y sostenido experimentado en la última década, fruto de la solidez de su planteamiento metodológico. Los análisis descriptivos utilizados inicialmente en observación se han complementado -por la capacidad de la metodología observacional para capturar conductas desplegadas en el tiempo-, con técnicas de análisis más robustas, que permiten la detección de estructuras regulares -secuenciales y temporales- de conducta, y cobran especial importancia en el contexto de los *mixed methods*, a los que va dedicado este número monográfico (Tashakkori y Cresswell, 2003, 2007; Camerino, Castañer, y Anguera, 2012). Entre

estas técnicas destacan dos: el análisis secuencial de retardos -fundamentalmente a partir del software SDIS-GSEQ (Bakeman y Quera, 1996)- que, de acuerdo con Anguera y Hernández-Mendo (2015), en los últimos años se está viendo rebasado por la detección de *T-patterns*, mediante el *software Theme* (Magnusson, 1996 y 2000).

La potencia informativa de los *T-patterns* está siendo aprovechada, fundamentalmente, en el análisis del juego en deportes de equipo (Jonsson, Anguera, Blanco-Villaseñor, Losada, Hernández-Mendo, Ardá, Camerino, y Castellano, 2006; Fernández, Camerino, Anguera, y Jonsson, 2009; Lapresa, Anguera, Alsasua, Arana, y Garzón, 2013; Lapresa, Álvarez, Arana, Garzón, y Caballero, 2013; Zurloni, Cavaleira, Diana, Elia, y Jonsson, 2014; Lapresa, Camerino, Cabedo, Anguera, Jonsson, y Arana, 2015); pero también, y cada vez más, se está aprovechando su potencial para profundizar en el desempeño técnico-táctico en deportes de adversario como

Dirección para correspondencia [Correspondence address]: Oidui Usabiaga Arrauabarrena. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Portal de Lasarte, 71. 01007, Vitoria-Gasteiz (España). E-mail: oidui.usabiaga@ehu.es

judo (Gutiérrez-Santiago, Prieto, Camerino y Anguera, 2011; Camerino, Prieto, Lapresa, Gutiérrez-Santiago e Hileno, 2014), karate (Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón, y Amatria, 2011) y esgrima (Tarragó, Iglesias, Michavila, Chaverri, Ruiz, y Anguera, 2015), o disciplinas individuales como carreras atléticas en pista de fondo y medio fondo (Aragón, Lapresa, Arana, Anguera, y Garzón, 2015).

En la escalada deportiva la mayoría de los estudios que se encuentran en la literatura científica se centran en aspectos fisiológicos (Baláš et al., 2014; Deyhle et al., 2015), otros en lesiones (Kaloostian, Kim, Calabresi, Bydon, y Witham, 2013; Bayer, Schöffl, Lenhart, y Herold, 2013), pero muy pocos en aspectos observacionales. En un estudio reciente, White y Olsen (2010), describen la actividad que realizan los escaladores de élite en la modalidad *Boulder* mediante análisis cuantitativos y temporales de diferentes acciones (número de intentos por cada problema de boulder, duración de los intentos, tiempo empleado en los agarres, duración entre agarres y tiempos de recuperación entre intentos). Por otra parte, De Benito, Sedano, Redondo, y Cuadrado (2013) analizan las implicaciones musculares que se dan en la escalada de alto nivel analizando diferentes variables (acción, posición corporal, extremidad ejecutora, tiempo empleado, zona temporal, inicio de movimiento, final de movimiento y movimiento).

No se tiene constancia de ningún estudio que haya pretendido detectar patrones de conducta –secuenciales y temporales– en escalada. De esta forma el objetivo del presente trabajo es el de, a partir de un instrumento de observación *ad hoc* y mediante la utilización del *software Theme*, versión 6.0, detectar patrones temporales (*T-patterns*) que reflejen el comportamiento –presa, mano de agarre, inicio y final de contacto, chapaje (o paso de cuerda), uso de magnesio y descansos– de los mejores deportistas de Escalada Deportiva en la modalidad de *Lead* que participaron en el Campeonato del Mundo de 2011, celebrado en Arco (Italia).

## Método

### Diseño observacional

En el marco de la metodología observacional (Anguera, 1979), el diseño en el que se sitúa el presente trabajo queda ubicado

en el cuadrante III (Anguera, Blanco-Villaseñor, Hernández-Mendo, y Losada, 2011), siendo: a) nomotético, debido a que se registró la ascensión de varios escaladores; b) puntual, ya que se registraron las ascensiones en un único mundial, aunque si bien es cierto que el seguimiento intra-sesional fue intensivo, porque se registró la conducta a lo largo de toda la ascensión de la vía de los cinco mejores escaladores del campeonato mundial de escalada; y, c) multidimensional, porque se analizaron diferentes dimensiones –los criterios constitutivos del instrumento de observación– en el comportamiento de los escaladores.

### Participantes

Los participantes de este estudio fueron los escaladores de élite que llegaron a la final masculina en el Campeonato del Mundo de Escalada de Dificultad, que se celebró en la localidad de Arco (Italia) en el año 2011. Únicamente se escogieron a los escaladores que ascendieron más de la mitad de la longitud de la vía. Este criterio fue satisfecho por cinco de los ocho escaladores participantes en la final, siendo éstos de diferente nacionalidad, con una edad media de  $22,2 \pm 2,7$  años y los cuales poseían gran experiencia en campeonatos nacionales e internacionales.

### Herramienta observacional

Para capturar la conducta desarrollada por los escaladores de élite en la cumplimentación de una vía se creó una herramienta observacional *ad hoc* combinando sistemas de categorías y formatos de campo (Anguera, Magnusson, y Jonson, 2007), denominada *Sport Climbing Observation Tool* (SCOT). La herramienta taxonómica está constituida por seis criterios y 74 categorías (Tabla 1). Este instrumento observacional permite codificar comportamientos de los escaladores de *Lead* de élite, tales como: la identificación de la presa, la mano empleada para cada agarre, inicio y final de contacto, el chapaje o paso de la cuerda, el uso de magnesio y los descansos. Todos los comportamientos fueron codificados considerándose las duraciones de los mismos. En la presente investigación se utilizaron datos secuenciales de multievento con tiempo (Bakeman y Quera, 1996).

Tabla 1. Criterios configuradores de la herramienta observacional SCOT.

Criterio	Descripción y categorías
Hold	Agarre o presa (62 niveles): esta categoría hace referencia a la presa que está utilizando el escalador. Se toman en cuenta una o dos presas para el comienzo de la escalada (STA1 y STA2) y las demás categorías (presas) dependerán del número de presas empleado para las características del campeonato. En este caso del 1 al 52.
Hand	Mano (dos niveles): indica la mano con la que el escalador ejerce fuerza sobre la presa, izquierda (LEFT) y derecha (RIGH).
Hand Contact Time	Duración del contacto de la mano (dos niveles): marca el momento exacto en el que la mano del escalador contacta con la presa y empieza a hacer fuerza sobre ella (CSTA); y el momento exacto en que la mano pierde contacto con la presa y deja de ejercer fuerza sobre ella (CEND).

Criterio	Descripción y categorías
Quickdrawing	El chapaje de la cinta <i>expres</i> (cuatro niveles) determina el momento en el que el escalador pasa la cuerda por el <i>expres</i> y con qué mano lo realiza (QLEF y QRIG). Por otra parte, esta categoría también establece si se da un intento de chapaje pero que no culmina en chapaje y con qué mano se realiza (QTLE y QTRI).
Chalk	El uso del magnesio (dos niveles) se corresponde con la acción del escalador de meter la mano en la bolsa de magnesio para coger magnesio y con qué mano realiza este gesto (MLEF y MRIG).
Rest	Descanso (dos niveles) representa los gestos de descanso que realiza el escalador durante la ascensión de la vía y con qué mano se realizan (RLEF y RRIG).

### Procedimiento

Para la codificación y registro de los comportamientos de los escaladores, a partir de filmaciones, se utilizó el software MOTS (Castellano, Perea, Alday, y Hernández-Mendo, 2008). En dicha aplicación se configuró la herramienta SCOT (Tabla 1). Seguidamente se procedió a la formación de los observadores, que tuvo una duración de 10 horas, a partir de un protocolo de observación configurado expresamente para ello.

Una vez formados los observadores se pasó a realizar la prueba de la calidad del dato. Dos grupos de dos observadores realizaron dos registros de una ascensión (20% del total de la muestra utilizada) del campeonato del mundo con un periodo de separación de 10 días entre registros. Para medir la fiabilidad se calculó la concordancia punto por punto para cada par de observaciones a partir del estadístico Kappa de Cohen (Cohen, 1960). Los valores obtenidos para todos los criterios de SCOT se situaron en un rango de 0,82-0,98 puntos, lo cual supone un nivel óptimo de fiabilidad intra e inter observadores. En segundo lugar, se realizó un estudio de generalizabilidad (Blanco-Villaseñor, Castellano, Hernández-Mendo, Sánchez-López, y Usabiaga, 2014) a partir de un modelo de dos facetas (Observadores [O] y Conducta [C]) con el plan de medida C/O. Los coeficientes de generalizabilidad absolutos y relativos fueron cercanos a la unidad, lo que reveló una precisión de generalización óptima.

### Análisis de los datos (detección de T-patterns)

Para la detección de patrones temporales de conducta se ha recurrido al *software Theme*, versión 6.0. Un *T-pattern* es esencialmente una combinación de eventos –multieventos, de acuerdo con Bakeman y Quera (1996)–, que ocurren en el mismo orden con distancias temporales entre sí (intervalo crítico) que se mantienen relativamente invariantes en relación a la hipótesis nula de que cada componente es independiente y está distribuido aleatoriamente en el tiempo (Magnusson, 1996 y 2000). De esta forma, cuando *Theme* encuentra que una ocurrencia de A es seguida por una de B, dentro de un intervalo crítico, se genera el *T-pattern* [AB]. *Theme* repite el procedimiento de detección por niveles de relación (de uno hasta n), de forma que los *T-patterns* van creciendo en complejidad (niveles y número de eventos constitutivos).

En concreto, para satisfacer el objetivo del presente trabajo, se han fijado los siguientes parámetros de búsqueda (PatternVision Ltd & Noldus Information Technology bv, 2004): a) Se ha utilizado un nivel de significación de 0,005, por lo que el porcentaje de aceptar un intervalo crítico debido al azar es de un 0,5%. b) Se ha activado el *fast requirement* en todos los niveles; al fijarse el límite temporal inferior del intervalo crítico en cero, los eventos constitutivos del intervalo crítico tienden a ocurrir con mayor proximidad temporal que en los *free-T-patterns*. c) Se ha fijado una frecuencia mínima de ocurrencia igual o mayor de tres. d) El requisito anterior se conjuga con el requerimiento añadido de que el *T-pattern* detectado se encuentre presente en, al menos, el 75% de los paquetes de datos (en este caso, participante-ascensión). De esta forma, con los dos últimos parámetros de búsqueda, se garantiza que la estructura temporal de conducta reflejada en el *T-pattern* haya sido protagonizada por, al menos, tres de los cinco escaladores. Además, mediante la herramienta de aleatorización –*shuffling and rotation*– que aporta *Theme*, se han aleatorizado los datos en 10 ocasiones, garantizándose que la probabilidad de que los patrones temporales seleccionados se deban al azar sea igual a cero.

### Resultados

Del conjunto de los *T-patterns* detectados con los parámetros de búsqueda prefijados se han seleccionado tres *T-patterns* que han permitido abarcar con precisión la conducta desempeñada por los mejores escaladores internacionales en la prueba Campeonato del Mundo de Escalada de Dificultad celebrado en la localidad de Arco en el año 2011. Estos tres *T-patterns* permiten caracterizar el conjunto de la ascensión en tres tramos relevantes:

- Un primer tramo, el inicial, satisfecho por todos los escaladores que constituyen el muestreo observacional, que permite comprobar las pautas conductuales comunes en la ascensión de la vía (en este caso, el *T-pattern* ha sido protagonizado por los escaladores A, B, C y D). El presente patrón temporal comienza con el evento-tipo *-event-type* según terminología *Theme*- (Sta1,left,csta) coger con la mano izquierda la presa de inicio y abarca hasta el evento-tipo (p42,left,cend) que refleja la acción soltar la mano izquierda de la presa 42. Este punto



- es donde fracasa en la ascensión (cae) el primero del conjunto de escaladores analizados (participante E).
- Un segundo tramo, correspondiente a la parte en la que fracasan en la ascensión dos de los cinco escaladores (participantes D y E). En concreto, el patrón temporal (constituido por la conducta de los escaladores A, B y C) inicia con el evento-tipo (p40,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 40, y abarca hasta el evento-tipo (p47,left,cend) soltar mano izquierda de la presa 47. Es en esta acción en la que fracasa en la ascensión el participante D.
  - Y por último, el análisis de la parte de la ascensión que otorgó el pódium de la competición. El patrón temporal detectado en el seno de las conductas desplegadas por los tres primeros clasificados (participantes A, B y C), que abarca desde el evento-tipo (p44,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 44, hasta el evento-tipo (p51,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 51. En este último punto se cayeron dos de los tres finalistas (participantes B y C).

Tabla 2. T-patterns seleccionados que caracterizan el conjunto de la ascensión en tres tramos relevantes.

T-pattern-primero tramo: ocurrencias= 4 (escaladores A, B, C y D); número de eventos constitutivos= 76; duración en frames= 26445

```

(((( sta1,left,cend (( p1,left,csta sta2,right,cend )( p2,right,csta
p1,left,cend ))( p3,left,csta ( p2,right,cend p4,right,csta )))
(( p3,left,cend p5,left,csta )( p4,right,cend p7,right,csta ))(((
p5,left,cend (p9,left,csta p7,right,cend))((p10,right,csta p9,left,cend
) p11,left,csta ))((( p10,right,cend p12,right,csta )( p12,right,cend
( p13,right,csta p11,left,cend ))((( p14,left,csta p13,right,cend )
p15,right,csta ))(( p14,left,cend qllef )( p16,left,csta p15,right,cend ))
(( p17,right,csta p16,left,cend )( p18,left,csta p17,right,cend ))))))(((
qrig ( p19,right,csta p18,left,cend )) p20,left,csta ))(( p19,right,cend
mrig ) ( p21,right,csta p20,left,cend ))( p22,left,csta ( p22,left,cend
p24,left,csta ))))))(( p21,right,cend ( p25,right,csta p24,left,cend
)) ( p28,left,csta ( p29,right,csta p28,left,cend ))((( p30,left,csta
p29,right,cend )( p32,right,csta p30,left,cend ))( mlef p33,left,csta
( p32,right,cend qrig ))))))(( p34,right,csta p33,left,cend )
p35,left,csta )( p34,right,cend p36,right,csta ))))))(( p35,left,cend
( p37,left,csta p36,right,cend )) p38,right,csta ))(( p37,left,cend
p40,left,csta ))( p38,right,cend p41,right,csta ) p40,left,cend ))(
p42,left,csta ( p41,right,cend p42,left,cend ))))))
    
```

T-pattern-segundo tramo: ocurrencias= 3 (escaladores A, B y C); número de eventos constitutivos= 16; duración en frames= 6141

```

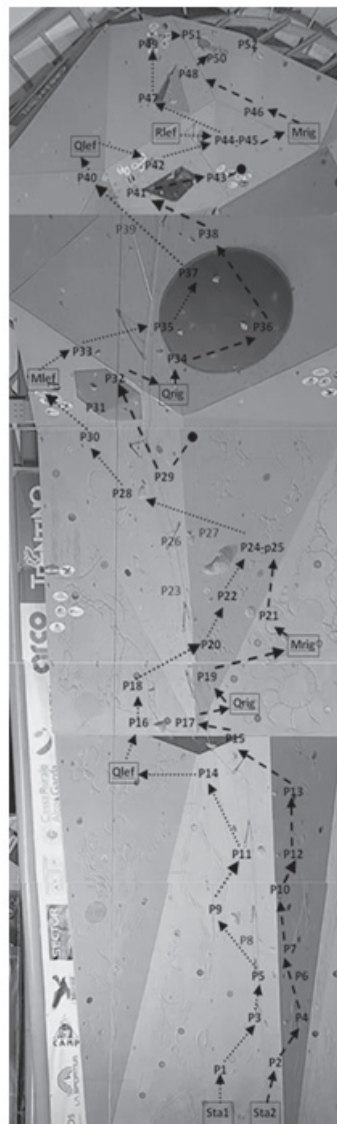
(((( p40,left,cend qllef ))((( p42,left,csta p42,left,cend ) p44,left,csta
) p43,right,cend ))( rlef p44,left,csta )( p45,right,cend mrig ))))
( p46,right,csta ( p44,left,cend ( p47,left,csta p46,right,cend ))))((
p48,right,csta p47,left,cend ))
    
```

T-pattern-tercer tramo: ocurrencias= 3 (escaladores A, B y C); número de eventos constitutivos= 8; duración en frames= 1325

```

(( p47,left,cend p49,left,csta ))( p48,right,cend ( p50,right,csta
p49,left,cend ))( p51,left,csta ( p50,right,cend p51,left,cend ))))
    
```

Figura 1. Representación gráfica de la información contenida en los T-patterns seleccionados, siendo: mano izquierda (.....▶); mano derecha (- - - ▶); P en color gris (presas no reflejadas en T-pattern); interrupción en la continuidad del T-pattern (.....● y - - - ●); presas de inicio de la ascensión (Sta1 y Sta2); acciones de coger magnesio (Mlef y Mrig); acciones para pasar la cuerda por el expres (Qlef y Qrig); gesto de descanso (Rlef).



En el conjunto de la información contenida en los T-patterns recogidos en la Tabla 2 y presentados gráficamente en la Figura 1, quedan reflejados 45 movimientos (el movimiento consta de dos acciones, soltar una presa y coger otra). Tan solo dos de estas acciones no se ven reflejadas íntegramente en los T-patterns seleccionados, al no verse incluidos en los T-patterns seleccionados el evento-tipo inicial o final que delimita el movimiento completo, (p29,right,csta) coger con

mano derecha la presa 29 y (p29,righ,csta) soltar la mano izquierda de la presa 41.

Durante la ascensión los escaladores fueron alternando, sucesivamente, los movimientos de mano (derecha, izquierda...), excepto en cinco ocasiones, donde realizaron el movimiento siguiente con la misma mano que utilizaron en el movimiento anterior (acción técnica conocida como rebote), en tres momentos de la ascensión con la mano derecha y en dos con la izquierda. Además, y siguiendo con la información contenida en los *T-patterns* seleccionados, durante la ascensión los escaladores realizaron la acción de pasar la cuerda por el *expres* dos veces con cada mano, cogieron magnesio en dos ocasiones con la mano derecha y una con la mano izquierda, y realizaron un único gesto de descanso (con la mano izquierda).

Especialmente importante, para la comprensión de la eficacia de la conducta desplegada en escalada, resulta la aportación de los *T-patterns* que reflejan la parte final de la ascensión, y que otorga el pódium. Así, desde el evento-tipo (p40,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 40 (p40,left,cend) hasta el multievento-tipo (p51,left,cend) soltar la mano izquierda de la presa 51, los escaladores que consiguieron las tres primeras posiciones (escaladores A, B y C) realizaron 10 movimientos, ocho de ellos con alternancia de manos y otros dos mediante rebotes. Las acciones técnicas que realizaron en esta recta final de la vía fueron un chapaje, un gesto de descanso con la mano izquierda y un uso de magnesio con la mano derecha.

## Discusión y conclusiones

El presente artículo pretende constituirse como un primer trabajo exploratorio sobre la aportación que supone la aplicación del análisis de *T-patterns* (a través del *software Theme*<sup>®</sup>) a un deporte individual como es la escalada de dificultad. A conocimiento de los autores este es el primer trabajo que propone la implementación de técnicas analíticas para la estimación de patrones temporales en el ámbito de la escalada, lo cual ha limitado la discusión en términos observacionales. Además, los patrones temporales detectados constituyen un ejemplo de la operatividad de la herramienta observacional (SCOT) diseñada. Los patrones temporales detectados se ajustan a la realidad de la escalada de dificultad, y permiten capturar de modo secuencial y temporal la conducta desplegada durante la ascensión de la final del Campeonato del Mundo de Escalada de Dificultad celebrada en Arco en el año 2011.

En concreto, a partir de tres patrones temporales (véase Tabla 2 y Figura 1) se ha caracterizado la ascensión en tres tramos relevantes (parte común, satisfecha por los cinco escaladores que han constituido el muestreo; parte media, en la que caen dos de estos cinco escaladores; y parte final, en la que se dirime el pódium).

De la información contenida en los *T-patterns* seleccionados se desprende que la vía de escalada tuvo mucho “ritmo”, ya que tan solo se han reflejado cuatro acciones para coger magnesio o realizar acciones de descanso. La primera parada para coger magnesio sucedió en la presa 20, la segunda en la presa 32, la tercera en la 43 y el único gesto de descanso realizado se corresponde con la presa 44. De esta forma, se observó una fase inicial donde la sucesión de los movimientos fue continua, solo interrumpida por las acciones obligatorias de pasar la cuerda por el *expres* y de acciones voluntarias de coger magnesio (presas 20 y 32). Todo esto pudo ser debido a que los escaladores intentaron escalar la parte inicial de la vía, y en teoría la que menos dificultad conlleva, con mucha rapidez para fatigarse lo menos posible. Esta fase inicial se terminó en las presas 43 y 44, donde el *T-pattern* estimado describe que los escaladores se detuvieron para realizar acciones de coger magnesio y de descanso. Debido a que en la escalada deportiva la aportación de las vías aeróbicas es muy alta (Bertuzzi, Franchini, Kokunbun, y Kiss, 2007; Rodio, Fattorini, Rosponi, Quattrini, y Marchetti, 2008; Sheel, Seddon, Knight, McKenzie, y Warburton, 2003), con acciones de coger magnesio y de descanso, los escaladores podrían re-oxigenar su metabolismo y reducir la fatiga para afrontar la fase final de la ascensión en las mejores condiciones posibles.

Después de esta “fase de descanso” llegó la fase final de la ascensión, otra vez con mucho ritmo. Ya que pese a la gran aportación de las vías aeróbicas en la escalada deportiva, cuando va aumentando la dificultad de la vía se observa una dependencia mayor de las vías anaeróbicas (Billat, Palleja, Charlaix, Rizzardo, y Janel, 1995; Giles, Rhodes, y Taunton, 2006; Watts, Daggett, Gallagner, y Wilkins, 2000; Watts y Drobish, 1998), llegando en algunos casos a la aportación aláctica (Bertuzzi et al., 2007).

Especialmente relevante se considera la aportación de los *T-patterns* que reflejan la fase más determinante de la ascensión y que describe el modo en el que los mejores escaladores del mundo desempeñan con éxito la parte final y más complicada de la vía –tanto por la dificultad técnica de los movimientos como por la fatiga acumulada– y que otorga el pódium. En esta fase, los escaladores no realizaron ninguna acción para coger magnesio o para descansar. De lo anterior se desprende que en la fase final los escaladores optan por abreviar el tiempo restante de ascensión puesto que la fatiga acumulada es determinante. Esta afirmación está en sintonía con los resultados obtenidos por White y Olsen (2010) para quienes, en las fases más críticas de las ascensiones en la modalidad de *Boulder* (en desplomes de más de 45° con presas pequeñas), los escaladores intentan pasar el menor tiempo en las presas para ahorrar energía. Parece que el equilibrio entre el tiempo necesario para desarrollar la fuerza y la posible fatiga a causa de incrementar el tiempo en cada una de las presas debe ser valorado por los escaladores, en este sentido,

la literatura científica sugiere (Billat et al., 1995; Vigouroux y Quaine, 2006; Watts, 2004) que la fuerza isométrica y el ratio de fuerza desarrollado en los dedos y en los antebrazos es uno de los aspectos importantes en el rendimiento en escalada deportiva.

En la vertiente estratégica-táctica, del presente trabajo se desprende –los tres primeros escaladores clasificados en la competición comparten el modo (el reflejado en los *T-patterns*) de ascender la vía desde su inicio hasta la presa 51– la influencia que, en el resultado final de la prueba, supone la elección de la ruta a seguir en la ascensión de la vía. Este aspecto sobre las decisiones que deben adoptar los escaladores ya fue destacado por Goddard y Neumann (1993), quienes concluyeron de sus investigaciones que los escaladores más exitosos son más eficaces al seleccionar la ruta más apropiada que los menos exitosos.

### Aplicaciones prácticas

En el presente artículo confluyen dos aportaciones fundamentales: una metodológica y otra deportiva (escalada de élite). En lo metodológico, el presente trabajo constituye un ejemplo de la potencia informativa que aportan las estructuras regulares de conducta, secuenciales y temporales, que

constituyen los *T-patterns*. En lo deportivo, especialmente relevante se considera la capacidad que brindan los *T-patterns* detectados para reflejar las conductas desplegadas por los mejores escaladores del mundo (modalidad *Lead*) en la ascensión de una vía: la ruta y el modo en el que se concreta el recorrido (presa, mano de agarre, “chapaje” o paso de cuerda, uso de magnesio y descansos). De este modo toda esta información puede ser muy valiosa a la hora de diseñar entrenamientos y test específicos de escalada deportiva.

**Agradecimiento:** Este estudio ha sido financiado por el proyecto “Observación de la interacción en el deporte y actividad física: Avances técnicos y metodológicos en registros automatizados cualitativos-cuantitativos” (Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad DEP2012-32124).

**Agradecimientos.-** Los autores quieren agradecer la ayuda del Gobierno Español al proyecto I+D+i *Observación de la interacción en deporte y actividad física: Avances técnicos y metodológicos en registros automatizados cualitativos-cuantitativos* (Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad) durante el período 2012–2015 [DEP2012-32124].

### Referencias

1. Anguera, M. T. (1979). Observational typology. *Quality & Quantity. European-American Journal of Methodology*, 13, 449-484.
2. Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A., y Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63–76.
3. Anguera, M. T., Magnusson, M. S., y Jonsson, G. K. (2007). Instrumentos no estándar. *Avances en medición*, 5(1), 63–82.
4. Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 103-109.
5. Anguera, M. T. y Hernández-Mendo, A. (2015). Técnicas de análisis en estudios observacionales en ciencias del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 13-30.
6. Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M. T., y Garzón, B. (2015). Tactical behaviour of winning athletes in major championship 1500-m and 5000-m track finals. *European Journal of Sport Science*, DOI:10.1080/17461391.2015.1009494
7. Bakeman, R. y Quera, V. (1996). *Análisis de la interacción*. Madrid: RAMA.
8. Bakeman, R. y Quera, V. (2001). Using GSEQ with SPSS. *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, 3, 195–214.
9. Baláš, J., Panáčková, M., Strojčová, B., Martin, A. J., Cochrane, D. J., Kaláb, M., Kodejška, J., y Draper, N. (2014). The relationship between climbing ability and physiological responses to rock climbing. *Scientific World Journal*, 678387.
10. Bayer, T., Schöffel, V. R., Lenhart, M., y Herold, T. (2013). Epiphyseal stress fractures of finger phalanges in adolescent climbing athletes: a 3.0-Tesla magnetic resonance imaging evaluation. *Skeletal Radiology*, 42(11), 1521-5.
11. Bertuzzi, R. C., Franchini, E., Kokunbun, E., y Kiss, M. A. (2007). Energy system contributions in indoor rock climbing. *European Journal Applied Physiology*, 101, 293-300.
12. Billat, V., Palleja, P., Charlaix, T., Rizzardo, P., y Janel, N. (1995). Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *Journal Sports Medicine Physiology Fitness*, 35, 20-24.
13. Blanco-Villaseñor, A., Castellano, J., Hernández-Mendo, A., y Sánchez-López, C. R. (2014). Aplicación de la TG en el deporte para el estudio de la fiabilidad, validez y estimación de la muestra. *Revista de Psicología del Deporte*, 23, 131-137.
14. Camerino, O., Castañer, M. & Anguera, M.T. (Coords.) (2012). *Mixed Methods Research in the Movement Sciences: Case studies in sport, physical education and dance*. Abingdon, UK: Routledge.
15. Camerino, O., Prieto, I., Lapresa, D., Gutiérrez-Santiago, A., e Hílano, R. (2014). Detección de T-patterns en la observación de deportes de combate. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 147-155.
16. Castellano, J., Perea, A., Alday, L., y Hernández-Mendo, A. (2008). Measuring and observation tool in sports. *Behavior Research Methods*, 40, 898-903.
17. Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 687-699.
18. De Benito, A. M., Sedano, S., Redondo, J. C., y Cuadrado, G. (2013). Análisis cualitativo de las implicaciones musculares de la escalada deportiva de alto nivel en competición. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 32(9), 154- 180.
19. Deyhle, M. R., Hsu, H. S., Fairfield, T. J., Cadez-Schmidt, T. L., Gurney, B. A., y Mermier, C. M. (2015). The relative importance of four muscle groups for indoor rock climbing performance. *Journal of Strength Condition Research*, DOI:10.1519/JSC.0000000000000823.
20. Giles, L. V., Rhodes, E. C., y Taunton, J. E. (2006). The physiology of rock climbing. *Sports Medicine*, 36, 529-545.

21. Goddard, D. y Neumann, U. (1993). *Performance rock Climbing*. Mechanicsburg, PA: Stackpole Books.
22. Gutiérrez-Santiago, A., Prieto, I., Camerino, O., y Anguera, M. T. (2011). The temporal structure of judo bouts in visually impaired men and women. *Journal of Sports Sciences*, 29(13), 1443-1451.
23. Jonsson, G. K., Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., Hernández-Mendo, A., Ardá, T., Camerino, O., y Castellano, J. (2006). Hidden patterns of play interaction in soccer using SOFCODER. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 38(3), 372-381.
24. Kaloostian, P. E., Kim, J. E., Calabresi, P. A., Bydon, A., y Witham, T. (2013). Clay-shoveler's fracture during indoor rock climbing. *Orthopedics*, 36(3), 381-3.
25. Lapresa, D., Álvarez, L., Arana, J., Garzón, B., y Caballero, V. (2013). Observational analysis of the offensive sequences that ended in a shot by the winning team of the 2010 UEFA Futsal Championship. *Journal of Sport Sciences*, 31(15), 1731-1739.
26. Lapresa, D., Anguera, M. T., Alsasua, R., Arana, J., y Garzón, B. (2013). Comparative analysis of T-patterns using real time data and simulated data by assignment of conventional durations: the construction of efficacy in children's basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 321-339.
27. Lapresa, D., Camerino, O., Cabedo, J., Anguera, M. T., Jonsson, G. K. y Arana, J. (2015). Degradación de T-patterns en estudios observacionales: Un estudio sobre la eficacia en el ataque de fútbol sala. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 71-82.
28. Lapresa, D., Ibáñez, R., Arana, J., Garzón, B. y Amatria, M. (2011). Spatial and temporal analysis of karate kumite moves: comparative study of the senior and 12-13 year old groups. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(1), 57-70.
29. Magnusson, M. S. (1996). Hidden real-time patterns in intra- and inter-individual behavior. *European Journal of Psychological Assessment*, 12(2), 112-123.
30. Magnusson, M. S. (2000). Discovering hidden time patterns in behavior: T-patterns and their detection. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 32(1), 93-110.
31. PatternVision Ltd y Noldus Information Technology bv (2004). *Theme, powerful tool for detection and analysis of hidden patterns in behaviour. Reference manual, version 5.0*. Wageningen: The Netherlands: Noldus Information Technology bv.
32. Rodio, A., Fattorini, L., Rosponi, A., Quattrini, F. M., y Marchetti, M. (2008). Physiological adaptation in noncompetitive rock climbers: good for aerobic fitness?. *Journal Strength Conditioning Research*, 22: 359-364.
33. Sheel, W. A., Seddon, N., Knight, A., McKenzie, D. C., y Warburton, D. E. (2003). Physiological response to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Medicine Science Sports Exercise*, 35, 1225-1231.
34. Tarragó, R., Iglesias, X., Michavila, J., Chaverri, D., Ruiz, L., y Anguera, M. T. (2015). Análisis de patrones en saltos de espada de alto nivel. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 151-160.
35. Tashakkori, A. y Cresswell, J.W. (2007). The new era of mixed methods. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), 3-7.
36. Tashakkori, A. y Teddlie, C. (Eds.) (2003). *Handbook on Mixed Methods in the Behavioral and Social Sciences*. Thousand Oaks, California: Sage.
37. Vigouroux, L. y Quaine, F. (2006). Fingertip forcé and electromyography of finger flexor muscle during a prolonged intermitten exercise in elite climbers and sedentary individuals. *Journal Sports Science*, 24, 181-186.
38. Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal Applied Physiology*, 91, 361-372.
39. Watts, P. B. y Drobish, K. M. (1998). Physiological responses to simulates rock climbing at different angles. *Medicine Science Sports Exercise*, 30, 1118-1122.
40. Watts, P. B., Daggett, M., Gallagner, P., y Wilkins, B. (2000). Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *International Journal Sports Medicine*, 21, 185-190.
41. White, D. J. y Olsen, P. D. (2010). A time motion analysis of bouldering stile competitive rock climbing. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1356-60.
42. Zurloni, V., Cavalera, C., Diana, B., Elia, M., y Jonsson, G. K. (2014). Detecting regularities in soccer dynamics: A T-pattern approach. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 157-164.



## Cogent Social Sciences

# MOTION BEHAVIOUR OF TOP FEMALE CLIMBERS IN THE 2011 AND 2012 WORLD LEAD CLIMBING CHAMPIONSHIPS

--Manuscript Draft--

<b>Full Title:</b>	MOTION BEHAVIOUR OF TOP FEMALE CLIMBERS IN THE 2011 AND 2012 WORLD LEAD CLIMBING CHAMPIONSHIPS
<b>Manuscript Number:</b>	
<b>Article Type:</b>	Research Article (TF)
<b>Section/Category:</b>	Sport
<b>Keywords:</b>	Tactics; behaviour; performance; climbing; T-patterns
<b>Manuscript Classifications:</b>	50.13.1.1 Applied Sport Science; 50.13.1.5 Elite Sports; 50.13.2.7 Sport and Gender; 50.13.4 Sports Coaching; 50.13.5 Physical Education
<b>Abstract:</b>	<p>Analysis of motion behaviour in competition situations is key to improving athlete performance. We analyzed the tactics employed by the lead climbers in the women's finals of the 2011 and 2012 International Federation of Sport Climbing World Climbing Championships. Using the ad hoc Sport Climbing Observational Tool (SCOT), we coded the ascents of the top four finishers in both competitions and analyzed the results in Theme (6.0) to detect temporal patterns (T-patterns) underlying motion behaviour. Our results show that the climbers employed similar strategies in the final stretch of the ascent and also revealed how the winner of each competition employed a different tactic to the runners-up in the very final stretch. The detection of similar and differential behaviours by top climbers in critical phases of ascents suggests that performance in elite competitive climbing could be improved by designing specific training exercises focused on these critical stages.</p>

## **MOTION BEHAVIOUR OF TOP FEMALE CLIMBERS IN THE 2011 AND 2012 WORLD LEAD CLIMBING CHAMPIONSHIPS**

**Running Title:** Motion behaviour of elite female lead climbers

**Keywords:** Motion, behaviour, performance

**Authors:**

<sup>1</sup>Arbulu, Aitor (a\_arbuluar@hotmail.com)

<sup>2</sup>Lapresa, Daniel (daniel.lapresa@unirioja.es)

<sup>1</sup>Usabiaga, Oidui (oidui.usabiaga@ehu.es)

<sup>1</sup>Castellano, Julen (julen.castellano@ehu.es)

<sup>1</sup>Faculty of Physical Activity and Sport Sciences. University of the Basque Country (UPV/EHU). Vitoria-Gasteiz, España.

<sup>2</sup>Faculty of Education Sciences. University of La Rioja. Logroño, Spain.

**Contact Details for the Corresponding Author:**

Aitor Arbulu Bernaola

Department of Physical Education and Sport

Faculty of Physical Activity and Sport Sciences

University of the Basque Country (UPV-EHU)

Portal de Lasarte 71

01007 Vitoria-Gasteiz (Spain)

Phone: +34 654256775

Fax: +34 945 013 501

Email: a\_arbuluar@hotmail.com

1 **MOTION BEHAVIOUR OF TOP FEMALE CLIMBERS IN THE 2011 AND 2012**  
2 **WORLD LEAD CLIMBING CHAMPIONSHIPS**

3  
4  
5 **Abstract**

6 Analysis of motion behaviour in competition situations is key to improving athlete  
7 performance. We analyzed the tactics employed by the lead climbers in the women's  
8 finals of the 2011 and 2012 International Federation of Sport Climbing World Climbing  
9 Championships. Using the *ad hoc* Sport Climbing Observational Tool (SCOT), we  
10 coded the ascents of the top four finishers in both competitions and analyzed the results  
11 in Theme (6.0) to detect temporal patterns (T-patterns) underlying motion behaviour.  
12 Our results show that the climbers employed similar strategies in the final stretch of the  
13 ascent and also revealed how the winner of each competition employed a different tactic  
14 to the runners-up in the very final stretch. The detection of similar and differential  
15 behaviours by top climbers in critical phases of ascents suggests that performance in  
16 elite competitive climbing could be improved by designing specific training exercises  
17 focused on these critical stages.

18  
19 **Keywords:** *Tactics, behaviour, performance, climbing, T-patterns*



## 25 **Introduction**

26           While motion aspects of play have been studied for some time in team sports  
27 (Barreira, Garganta, Castellano, Prudente, & Anguera, 2014; Castellano, Álvarez,  
28 Figueira, Coutinho, & Sampaio, 2013), the number of studies analyzing tactics in  
29 individual sports is increasing (Lapresa, Ibáñez, Arana, Garzón & Amatria, 2011;  
30 Tarragó, Iglesias, Michavila, Chaverri, Ruiz-Sanchis, & Anguera, 2015), and there is  
31 increasing recognition that a greater understanding of tactical behaviour can help to  
32 enhance performance in competition situations (Aragón, Lapresa, Arana, Anguera, &  
33 Garzón, 2015).

34           Competitive climbing has been analyzed from numerous perspectives, but the  
35 majority of studies have focused on physiological aspects (e.g., Donath & Wolf, 2015;  
36 Laffaye, Levernier, & Collin, 2015; Medernach, Kleinöder, & Lötzerich, 2015; Tonja,  
37 Philippe, Burkhardt, & Andreas, 2015) or injuries (e.g., Lion, Van der Zwaard,  
38 Remillieux, Perrin, & Buatois, 2015; Woollings, McKay, & Emery, 2015), with very  
39 few analyzing behaviour and tactics (White & Olsen, 2010; Arbulu, Usabiaga, &  
40 Castellano, 2015).

41           Successful rock climbers appear to be better at choosing the most effective route  
42 to the top (Goddard & Neumann, 1993). White and Olsen (2010), for example, on  
43 studying the actions of elite bouldering climbers concluded that motion behaviour was  
44 linked to success, as the best climbers completed the pre-set route in just one or two  
45 attempts, while the less successful ones needed several attempts to execute similar  
46 movements. A more recent study by our group found that the three top-placed climbers  
47 in the men's finals of the 2011 World Lead Climbing Championship behaved similarly  
48 in different sections of the route, and also detected differences with respect to those who

49 did not reach the podium. Observation and analysis of tactics employed by climbers  
50 would therefore appear to offer the possibility of identifying aspects linked to  
51 performance.

52 Observational methodology offers numerous techniques for capturing  
53 behaviours over time and for detecting sequential and temporal patterns that might  
54 otherwise go undetected (Lapresa, Arana, Anguera, & Garzon, 2013). The use of these  
55 techniques combined with powerful software programs, such as GSEQ (Bakeman &  
56 Quera, 1996) and Theme (Magnusson, 1996 & 2000), can offer insights that are not  
57 possible using traditional statistical analyses applied in notational studies. One example  
58 is T-pattern detection, which is a powerful technique that reveals the temporal structure  
59 of strings of behaviour. This technique has been used in numerous sports (Borrie,  
60 Jonsson & Magnusson, 2002; Gutiérrez, Prieto, Camerino & Anguera, 2011; Camerino,  
61 Prieto, Lapresa, Gutiérrez-Santiago & Hilenó, 2014; Aragón et al., 2015), and has  
62 proven to be particularly valuable in detecting sequential and temporal patterns in  
63 competitive climbing (Arbulu, Lapresa, Usabiaga, & Castellano, 2016).

64 The aim of this study was to contribute to the understanding of motion aspects  
65 of lead climbing by analyzing the behaviours of the finalists in two world  
66 championships to detect similarities (revealed through T-patterns) *and* differences in the  
67 actions of the top four finishers during a critical section of the route. Our hypothesis  
68 was that these patterns would identify winning tactics, thereby helping to improve the  
69 performance of competitive climbers and offering guidance for specific training  
70 exercises between competitions.

71

72 **Methods**

73 ***Observational design***

74 We used a nomothetic, point, multidimensional design, which is situated in  
75 quadrant III of the observational methodology models described by Anguera, Blanco-  
76 Villaseñor, Hernández-Mendo, and Losada (2011). It is *nomothetic* because we  
77 analyzed the ascents made by several climbers during the final stages of two  
78 competitions, *point* because we recorded and coded all moves made by each climber on  
79 each climb, and *multidimensional* because we analyzed different variables, or levels of  
80 response, for each climber.

81

82 ***Participants***

83 The participants were elite climbers who had reached the women's finals of the  
84 International Federation of Sport Climbing (IFSC) World Championships in Arco, Italy  
85 in 2011 (Arco'11) and Paris, France in 2012 (Paris'12) in the lead climbing discipline.  
86 The pre-set routes for the finals had a difficulty grading of 8b/b+ according to the  
87 French grading system. We recorded and coded all moves made by the top four  
88 finishers in each competition. In total, we analyzed five different climbers, as some  
89 finished in the top position in both competitions. They were of different nationalities  
90 and all had extensive experience in national and international competitions.

91

92 ***Observation instrument***

93 To record the climbers' behaviour along each route, we used an ad-hoc  
94 observational instrument combining category systems and field formats (Anguera,  
95 Magnusson, & Jonsson, 2007). The instrument, known as the Sport Climbing  
96 Observational Tool (SCOT) (Arbulu, Usabiaga, & Castellano, 2016) consists of six

97 criteria—use of holds, hand use (right vs left), hand contact time, quickdraw clipping,  
98 use of chalk, and rests—broken down into 74 categories (Table 1). The frequency and  
99 duration of each behaviours was recorded. The data analyzed can thus be classified as  
100 sequential multievent time-based data according to the criteria of Bakeman and Quera  
101 (1996).

102

103

\*\*\*\* Table 1 near here \*\*\*\*

104

### 105 *Procedures*

106 The climbers' behaviour was recorded and coded using the SCOT observational  
107 tool loaded in the MOTS software program (Castellano, Perea, Alday, & Hernández-  
108 Mendo, 2008). Prior to coding, the observers were trained in the use of the tool for 10  
109 hours using a purpose-designed training protocol (Arbulu, Usabiaga, & Castellano,  
110 2016).

111 The reliability of the data was also checked before the full coding procedure. To  
112 do this, two pairs of observers prepared two data sets for one of the final ascents (20%  
113 of total sample), 10 days apart. Intra- and interobserver reliability was then checked  
114 using Cohen's point-by-point agreement method ( $\kappa$ ) (Cohen, 1960). The  $\kappa$  values for all  
115 six criteria were higher than 0.80 for both frequency and duration of movements,  
116 indicating optimal intra- and interobserver reliability. We also performed a  
117 generalizability study (Blanco-Villaseñor, Castellano, Hernández-Mendo, Sánchez-  
118 López, & Usabiaga, 2014) using a two-facet model for observer (O) and behaviour (B)  
119 with the design [B/O]. Both the absolute and relative generalizability coefficients were

120 close to 1 ( $\zeta p^2_{(\delta)} = 1.000$  and  $\zeta p^2_{(\Delta)} = 1.00$ , respectively), indicating high reliability  
121 (generalizability).

122

### 123 ***Data analysis***

124 We used the Theme software package (version 6.0) to search for T-patterns that  
125 might reveal common patterns in the tactics employed by some of the world's best  
126 female lead climbers. The wealth of information that can be revealed by T-patterns has  
127 led to a dramatic increase in the use of T-pattern detection in studies of behaviour in  
128 sport (Anguera & Hernández-Mendo, 2015). A T-pattern is essentially a combination of  
129 events, or *multievents* to use the term employed by Bakeman and Quera (1996), that  
130 recur in the same order and with significantly similar distances in time (critical interval).  
131 This time distance remains invariant relative to the null hypothesis that each event (or  
132 component of a T-pattern) is independently and randomly distributed over time  
133 (Magnusson, 1996 and 2000). For example, when Theme detects an occurrence of A  
134 followed by an occurrence of B within a critical interval, it generates a simple T-pattern:  
135 AB. The software then repeats this procedure for different critical interval relations  
136 (from 1 to n) to create increasingly complex T-patterns in terms of levels and numbers  
137 of events.

138 For the purpose of our study, we set the following search parameters in Theme:  
139 a) a significance level of 0.005 for each critical interval relationship (we also used the  
140 shuffle and rotation feature to randomize the data 10 times to ensure that none of the t-  
141 patterns detected were the result of chance); b) fast-type T-pattern, which sets the lower  
142 time limit of the critical interval to zero, thereby influencing the temporal proximity of  
143 the events that make up each pattern; and c) occurrence of each T-pattern detected in at

144 least 75% of the data sets analyzed (participant/ascent), thus ensuring that all patterns  
145 corresponded to the behaviour of at least three of the four climbers in each competition.  
146 (For more information on Theme settings, see PatternVision Ltd & Noldus Information  
147 Technology bv, 2004.)

148

## 149 **Results**

150 Of all the T-patterns detected using the pre-set search parameters, we selected,  
151 for each championship—Arco'11 and Paris'12—the pattern that best described the  
152 climbers' behaviour during the critical part of the route, i.e., the point at which the  
153 outcome of the competition was determined. These two patterns (see Table 2 and  
154 Figures 1 and 2) provided detailed insight into the tactics employed during the final  
155 stretch of the ascent by the top four finishers in each competition.

156

157 \*\*\*\* Table 2 near here \*\*\*\*

158

159 \*\*\*\* Figure 1 and 2 near here \*\*\*\*

160 The T-pattern selected for Arco'11 describes the behaviours of climber A (gold  
161 medallist), climber C (bronze medallist), and climber D (fourth place). The three  
162 climbers completed the part of the ascent reflected in the T-pattern in a mean±SD time  
163 of 109.78±31.13 seconds. This critical phase started with the climbers gripping hold 34  
164 with their left hand (p34,left,csta), which is point at which all the climbers paused to  
165 make a rest gesture and/or to chalk up before tackling the final stretch. The last event in  
166 the critical phase (or T-pattern) corresponded to the climbers releasing their right hand  
167 from hold 45 (p45,right,cend). It was here that climbers C and D (in addition to climber  
168 B) fell on trying to grip hold 48 with their right hand (p48,righ,csta). The data for the

169 gold medallist, i.e. the climber who did not fall, shows that she employed a different  
170 strategy at this point. Specifically, she performed two additional moves between  
171 releasing her right hand from hold 45 and attempting to grip hold 48: she first gripped  
172 hold 46 with her right hand (p46,righ,csta) and then released it (p46,righ,cend). The T-  
173 pattern selected for Arco'11 consists of 12 moves. Each move consists of two actions:  
174 release of one hold and gripping of another. It is also possible, however, that the  
175 climbers performed additional actions before attempting to grip a new hold, such as  
176 resting, quickdraw clipping, or chalking. The information contained within the T-pattern  
177 shows that the climbers alternated their hands (right-left or left-right) on all occasions  
178 but two, when they used their left hand twice in a row. The pattern then shows that all  
179 the climbers clipped the rope into the quickdraw once with their right hand and then  
180 chalked up with their left hand and then their right.

181         The T-pattern that best describes the critical phase of the ascent in Paris'12  
182 corresponds to behaviours by the top three finishers (climbers A, B, and D). The mean  
183 duration of this part of the ascent was  $170.26 \pm 11.03$  seconds. The T-pattern started with  
184 the climbers gripping hold 34 with their right hand (p34,righ,csta), at which point they  
185 all paused to rest and apply chalk to both hands in preparation for the final ascent. The  
186 pattern ended when they released their right hand from hold 46 (p46,righ,cend), which  
187 is the point at which two of the four climbers studied (D and E) fell. The information  
188 recorded for the two climbers who made it past this point shows that climber B (silver  
189 medallist) fell on releasing her left hand from hold 50 (p50,righ,cend) and attempting to  
190 grip hold 52 with the other hand (p52,righ,csta). The winner (climber A) successfully  
191 gripped hold 52 with her right hand (p52,righ,csta), which she released from hold 49  
192 (p49,righ,cend) while keeping her left hand on hold 51 (see Figure 3). The events in the

193 T-pattern selected reflect 10 moves. Just three actions performed in this critical part of  
194 the ascent are not reflected in the T-pattern. These are grip hold 35 with left hand  
195 (p35,left,csta), grip hold 45 with the left hand (p45,left,csta), and clip rope into  
196 quickdraw with left hand (glef). The first two are missing the first event, while the third  
197 one is missing the first and last event. This is because climber A clipped onto the  
198 quickdraw from hold 42, while climbers B and D clipped on from hold 41. The T-  
199 pattern also shows that the three climbers alternated their right and left hands during this  
200 stretch of the route on all but two occasions they used the same hand, once with their left  
201 hand and once with their right hand. Finally, the T-pattern shows that all three climbers  
202 clipped once with their left hand, chalked their left hand twice and their right hand once,  
203 and made three rest gestures, two with their left hand and one with their right.

204

205 \*\*\*\* Figure 3 near here \*\*\*

206

## 207 **Discussion**

208 Our findings show how T-pattern detection can help to contribute to a better  
209 understanding of climbing tactics in a competition situation. By systematically coding  
210 and analyzing the behaviour of the top four finishers in the Women's Finals of Arco'11  
211 and Paris'12 in the lead climbing discipline, we identified common temporal patterns  
212 underlying the tactics employed.

213 For each championship, we choose the T-pattern that best described the critical  
214 part of the route (i.e. the route that determined victory), and these patterns revealed key  
215 moves—or motion behaviours—made by at least three of the four top finishers in each



216 competition. We also searched for motion differences by analyzing actions not reflected  
217 in the T-patterns.

218 In Arco'11, the critical part of the route we analyzed was a steep overhang. The  
219 detection of few rest gestures during this phase suggests a fast, steady climbing speed.  
220 The T-pattern reflects the behaviour of the eventual winner of the competition and the  
221 two climbers who came third and fourth. They all chalked up once with their left hand  
222 and used their right hand to clip the quickdraw and chalk up. They chalked their left  
223 hand at hold 40 and their right hand at hold 42. These observations are consistent with  
224 previous observations by our group for male finalists in the same competition (Arbulu et  
225 al., 2016). They also largely support the findings of White and Olsen (2010), who  
226 suggested that when tackling steep overhanging routes (up to 45° beyond vertical),  
227 climbers try to move quickly, spending as little time as possible on holds in order to  
228 conserve energy and increase their chances of winning.

229 What differentiated the winner of Arco'11 from the other three climbers in the  
230 critical part of the ascent was that she moved her right hand from hold 46—not 45—to  
231 grip hold 48. The decision to grip hold 46 rather than 45 allowed her to reach hold 48  
232 more comfortably than the other climbers, who were forced to use a more dynamic  
233 move but only managed to touch the hold before falling.

234 In Paris'12, the critical part of the route included an overhang of 90°. The T-  
235 pattern reflected the behaviour of the top three finishers, who all made rest gestures and  
236 chalked up with both hands before reaching the overhang. Specifically, they used their  
237 left hand to rest and then chalk up and then did the opposite with their right hand (i.e.,  
238 they first chalked up and then made a rest gesture). These events indicate a slower  
239 climbing speed in this zone, probably with the intention of recovering energy before

240 tackling the steep overhang. The T-pattern shows just one, obligatory, interruption (i.e.  
241 a clipping action) in the area of the overhang, i.e., none of the climbers took a rest or  
242 used chalk, again indicating that they were moving at a relatively fast, constant speed.  
243 This tactic is consistent with the observation by De Geus, Villanueva, and Meeusen  
244 (2006) that climbers who tackle overhanging walls have higher blood lactate  
245 concentrations than those who tackle less steep though equally difficult routes.  
246 Climbing speed does not appear to be a determining factor of victory in world  
247 championship competitions, but it is an aspect to take into account, as it can  
248 differentiate the top climbers from the rest (Arbulu et al., 2015). Similarly to in  
249 Arco'11, the winner of the woman's lead climbing finals in Paris'12 employed a  
250 different tactic to the runner-up during her final moves (the other two climbers fell  
251 while attempting to grip hold 49). With their left hand on hold 51, the runner-up moved  
252 her right hand from hold 49 to 50 before reaching for hold 52, while the winner moved  
253 her right hand directly from hold 49 to hold 52.

254

## 255 **Conclusions**

256 Our analysis of the behaviour of the top-classified climbers in the women's  
257 finals of two world lead climbing championships show that tactical decisions have an  
258 important role in the successful completion of routes. We found that a) three of the four  
259 top-placed climbers in each championship employed the same tactics—revealed by the  
260 multievents within the T-patterns detected—in the critical stretch of the route, and b)  
261 the winner of both competitions employed a different tactic in the very final stretch. Our  
262 findings highlight the need to evaluate climbing performance from both a broad  
263 perspective, as we detected similar patterns for all the top-placed climbers, and a

264 narrower perspective focusing on differential behaviours, as both angles can provide  
265 information to help prepare for competitive climbing. Our findings also show that T-  
266 pattern detection is a powerful technique for systematically identifying behaviours that  
267 could easily go undetected to the unaided observer. Our results—and those of similar  
268 studies—could therefore provide useful insights into winning tactics in climbing and  
269 help to guide training by showing similar and differential behaviours employed by  
270 successful elite climbers.

271

## 272 **References**

273 Anguera, M. T. (1979). Observational typology: Quality & Quantity. *European-*  
274 *American Journal of Methodology*, 13, 449-484.

275 Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A., & Losada, J. L. (2011).  
276 Diseños observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte.  
277 *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63-76.

278 Anguera, M. T., Magnusson, M. S., & Jonsson, G. K. (2007). Instrumentos no estándar.  
279 *Avances en medición*, 5(1), 63-82.

280 Anguera, M. T., & Hernández-Mendo, A. (2015). Técnicas de análisis en estudios  
281 observacionales en ciencias del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*,  
282 15(1), 13-30.

283 Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M. T., & Garzón, B. (2015). Tactical  
284 behaviour of winning athletes in major championship 1500-m and 5000-m track  
285 finals. *European Journal of Sport Science*,  
286 DOI:10.1080/17461391.2015.1009494

287 Arbulu, A., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2015). A time motion analysis of lead  
288 climbing in the 2012 men's and women's world championship finals.  
289 *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15 (3), 924-934.

290 Arbulu, A., Lapresa, D., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2016). Detección y aplicación  
291 de T-Patterns en la escalada de élite. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16  
292 (1), 95-102.

293 Arbulu, A., Usabiaga, O., & Castellano, J. (2016). Construcción de una herramienta de  
294 observación de escalada de élite y la estimación de la calidad del dato. *Revista*  
295 *Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 91-96.

296 Bakeman, R., & Quera, V. (1996). *Análisis de la interacción*. Madrid: RAMA.

297 Barreira, D., Garganta, J., Castellano, J., Prudente, J. y Anguera, M. T. (2014).  
298 Evolución del ataque en el fútbol de élite entre 1982 y 2010: aplicación del  
299 análisis secuencial de retardos. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 139-  
300 146.

301 Blanco-Villaseñor, A., Castellano, J., Hernández-Mendo, A., Sánchez-López, C. R., &  
302 Usabiaga, O. (2014). Aplicación de la TG en el deporte para el estudio de la  
303 fiabilidad, validez y estimación de la muestra. *Revista de Psicología del*  
304 *Deporte*, 23, 131-137.

305 Borrie, A., Jonsson, G.K., y Magnusson, M.S. (2002). Temporal pattern analysis and its  
306 applicability in sport: An explanation and exemplar data. *Journal of Sports*  
307 *Sciences*, 20(10), 845-852.

308 Camerino, O., Prieto, I., Lapresa, D., Gutiérrez-Santiago, A., & Hílano, R. (2014).  
309 Detección de T-patterns en la observación de deportes de combate. *Revista de*  
310 *Psicología del Deporte*, 23(1), 147-155.

- 311 Castellano, J., Álvarez, D., Figueira, B., Coutinho, D., & Sampaio, J. (2013).  
312 Identifying the effects from the quality of opposition in a Football team  
313 positioning strategy. *International Journal of Performance Analysis in Sport*,  
314 13(3), 822-832.
- 315 Castellano, J., Perea, A., Alday, L., & Hernández-Mendo, A. (2008). Measuring and  
316 observation tool in sports. *Behavior Research Methods*, 40, 898-903.
- 317 Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and*  
318 *Psychological Measurement*, 41, 687-699.
- 319 De Geus, B., Villanueva O'Driscoll, S., & Meeusen, R. (2006). Influence of climbing  
320 style on physiological responses during indoor rock climbing on routes with the  
321 same difficulty. *European Journal of Applied Physiology*, 98(5), 489-96.
- 322 Donath, L., & Wolf, P. (2015). Reliability of Force Application to Instrumented  
323 Climbing Holds in Elite Climbers. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(5), 377-  
324 82.
- 325 Goddard, D., & Neumann, U. (1993). *Performance rock Climbing*. Mechanicsburg, PA:  
326 Stackpole Books.
- 327 Gutiérrez, A., Prieto, I., Camerino, O., & Anguera, M. T. (2011). The temporal structure  
328 of judo bouts in visually impaired men and women. *Journal of Sports Sciences*,  
329 29(13), 1443-1451.
- 330 Laffaye, G., Levernier, G., & Collin, J. M. (2015). Determinant factors in climbing  
331 ability: Influence of strength, anthropometry, and neuromuscular fatigue.  
332 *Scandinavian Journal of Medicines & Science in Sports*, DOI:  
333 10.1111/sms.12558

334 Lapresa, D., Álvarez, L., Arana, J., Garzón, B., & Caballero, V. (2013): Observational  
335 analysis of the offensive sequences that ended in a shot by the winning team of  
336 the 2010 UEFA Futsal Championship. *Journal of Sport Sciences*, 31(15), 1731-  
337 1739.

338 Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M.T., & Garzón, B. (2013). Comparative analysis of  
339 the sequentiality using SDIS-GSEQ and THEME: a concrete example in soccer.  
340 *Journal of Sport Sciences*, 31(15), 1687-1695.

341 Lapresa, D., Camerino, O., Cabedo, J., Anguera, M. T., Jonsson, G. K., & Arana, J.  
342 (2015). Degradación de T-patterns en estudios observacionales: Un estudio  
343 sobre la eficacia en el ataque de fútbol sala. *Cuadernos de Psicología del*  
344 *Deporte*, 15(1), 71-82.

345 Lapresa, D., Ibáñez, R., Arana, J., Garzón, B., & Amatria, M. (2011). Spatial and  
346 temporal analysis of karate kumite moves: comparative study of the senior and  
347 12-13 year old groups. *International Journal of Performance Analysis in Sport*,  
348 11(1), 57-70.

349 Lion, A., Van der Zwaard, B. C., Remillieux, S., Perrin, P. P., & Buatois, S. (2015).  
350 Risk factors of hand climbing-related injuries. *Scandinavian Journal of*  
351 *Medicines & Science in Sports*, DOI: 10.1111/sms.12505

352 Magnusson, M. S. (1996). Hidden real-time patterns in intra- and inter-individual  
353 behavior. *European Journal of Psychological Assessment*, 12(2), 112-123.

354 Magnusson, M. S. (2000). Discovering hidden time patterns in behavior: T-patterns and  
355 their detection. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 32(1),  
356 93-110.

357 Medernach, J.P., Kleinöder, H., & Lötzerich, H. H. (2015). Fingerboard in Competitive  
358 Bouldering: Training Effects on Grip Strength and Endurance. *Journal of*  
359 *Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2286-95.

360 PatternVision Ltd and Noldus Information Technology bv (2004). *Theme, powerful tool*  
361 *for detection and analysis of hidden patterns in behaviour*. Reference manual,  
362 version 5.0. Wageningen: The Netherlands: Noldus Information Technology bv.

363 Tarragó, R., Iglesias, X., Michavila, J., Chaverri, D., Ruiz, L., & Anguera, M. T. (2015).  
364 Análisis de patrones en asaltos de espada de alto nivel. *Cuadernos de Psicología*  
365 *del Deporte*, 15(1), 151-160.

366 Tonja, S., Philippe, A., Burkhardt, S., & Andreas, S. (2015). Connective tissue  
367 adaptations in the fingers of performance sport climbers. *European Journal of*  
368 *Sports Science*, 15(8), 696-702.

369 White, D. J., & Olsen, P. D. (2010). A time motion analysis of bouldering stile  
370 competitive rock climbing. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5),  
371 1356-60.

372 Woollings, K. Y., McKay, C. D., & Emery, C. A. (2015). Risk factors for injury in sport  
373 climbing and bouldering: a systematic review of the literature. *British Journal of*  
374 *Sports Medicine*, 49(17), 1094-9.

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394



**Table 1.** Structure of the SCOT observation instrument.

No	Criterion	Categories
1	Hold	Starting hold (STA1), second hold (STA2), and subsequent holds (number of levels open)
2	Hand	Left hand (LEFT) and right hand (RIGH)
3	Hand contact time	Start of hand contact (CSTA) and end of hand contact (CEND)
4	Quickdraw clipping	Quickdraw clipping with left hand (QLEF), quickdraw clipping with right hand (QRIG), quickdraw clipping attempt with left hand (QTLE) and quickdraw clipping attempt with right hand (QTRI)
5	Chalk	Chalk with left hand (CLEF) and chalk with right hand (CRIG)
6	Rest	Rest gesture with left hand (RLEF) and rest gesture with right hand (RRIG)

**Table 2.** T-patterns describing with the greatest detail the critical phase of the ascent in the women's finals of the Arco'11 and Paris'12 world lead climbing championship.

---

**Arco'11 T-pattern: occurrences= 3 (climbers A, C, and D); number of events = 29; duration in frames = 7172; % duration= 57%**

((((( p34,left,csta p33,rih,cend ) p35,rih,csta ) p34,left,cend )((( p36,left,csta ( p35,rih,cend ( p37,rih,csta p36,left,cend ))(( p38,left,csta ( p37,rih,cend p39,rih,csta ))( p38,left,cend p40,left,csta ))(( p39,rih,cend ( qrih mrih ))( p42,rih,csta p40,left,cend ))((( mlef p43,left,csta )( p43,left,cend p44,left,csta ))( p42,rih,cend p45,rih,csta ))( p44,left,cend (( p46,left,csta p46,left,cend )( p47,left,csta p45,rih,cend ))))))

---

**Paris'12 T-pattern: occurrences= 3 (climbers A, B, and C); number of events = 31; duration in frames = 13966; % duration= 72%**

(( p34,rih,csta ((((( p33,left,cend ( mlef rlef )) p33,left,csta ) p35,left,csta )( p34,rih,cend ( rrih mrih ))((( p36,rih,csta p35,left,cend )( p37,left,csta p36,rih,cend ))( p38,rih,csta p37,left,cend ))( mlef rlef ))))(( p39,left,csta ( p38,rih,cend p40,rih,csta ))((( p40,rih,cend p42,rih,csta ) qllef ) p42,rih,cend ))(( p44,rih,csta ( p45,left,csta p44,rih,cend ))( p46,rih,csta ( p45,left,cend p47,left,csta ))) p46,rih,cend ))))

---

Figure 1. T-patterns selected for Arco 2011. Left hand (⋯→); right hand (— — →); **P** holds reflected in T-pattern (**P** holds not reflected in T-pattern); interruption in T-pattern (— ●); first events in T-pattern (◆→ and ◆→); chalking (MLEF and MRIG); quickdraw clipping (QRIG).

Figure 2. T-patterns selected for Paris 2012. Left hand (⋯→); right hand (— — →); **P** holds reflected in T-pattern (**P** holds not reflected in T-pattern); interruption in T-pattern (⋯● and — ●); first events in T-pattern (◆→ and ◆→); chalking (MRIG and MLEF); quickdraw clipping (QLEF); rest (RLEF and RRIG).

Figure 3. Behaviour of the competition winner (climber A) and first runner-up (climber B) in Paris 2012. Left hand use by climber A (⋯→); right hand use by climber A (— — →); left hand use by climber B (— · →); right hand use by climber B (—→); movement from a previous hold (●—); unfinished movement (—◆).

