

## 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 Educación y Deporte. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Portal de Lاسarte, 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*, 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: 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).                                                                                                                                                                            |

### 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.

### 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 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

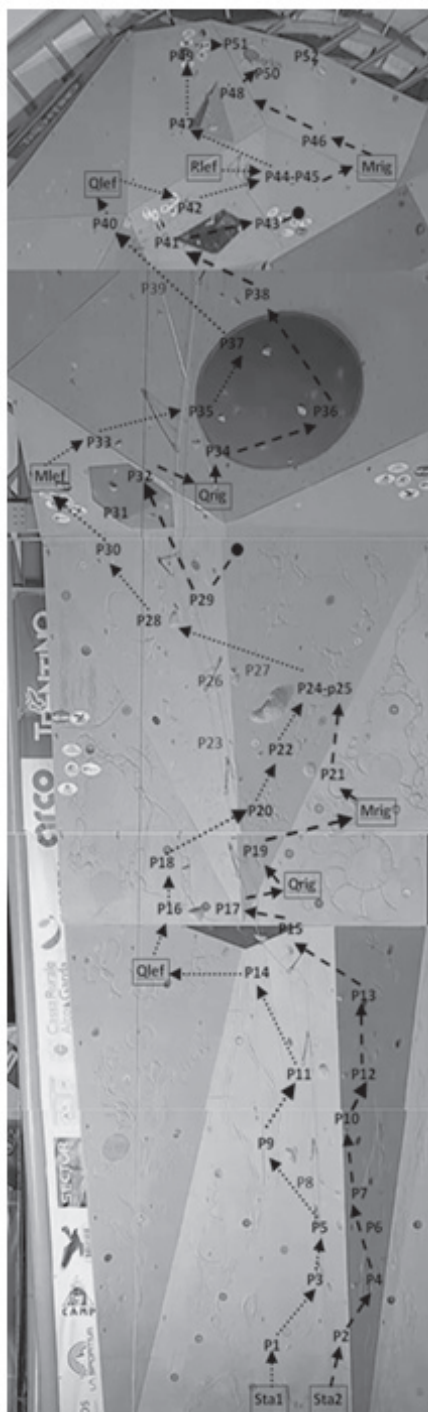
es donde fracasa en la ascensión (cae) el primero del conjunto de escaladores analizados (participante E).

- 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.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><i>T-pattern</i>-primer tramo:</b> ocurrencias= 4 (escaladores A, B, C y D); número de eventos constitutivos= 76; duración en <i>frames</i>= 26445</p> <p>(((( 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 qlf )( 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 ))(( mlf 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 ))))</p> |
| <p><b><i>T-pattern</i>-segundo tramo:</b> ocurrencias= 3 (escaladores A, B y C); número de eventos constitutivos= 16; duración en <i>frames</i>= 6141</p> <p>(((( p40,left,cend qlf ))(( p42,left,csta p42,left,cend ) p44,left,csta ) p43,righ,cend ))( rlf 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 ))</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p><b><i>T-pattern</i>-tercer tramo:</b> ocurrencias= 3 (escaladores A, B y C); número de eventos constitutivos= 8; duración en <i>frames</i>= 1325</p> <p>(( p47,left,cend p49,left,csta ))( p48,righ,cend ( p50,righ,csta p49,left,cend ))( p51,left,csta ( p50,righ,cend p51,left,cend ))</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

**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,rig,csta) coger con mano derecha la presa 29 y (p29,rig,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*) 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 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 la 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.

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

- 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., y 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., Strejčová, 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., 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.
- 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., 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.
- Camerino, O., Prieto, I., Lapresa, D., Gutiérrez-Santiago, A., e Hilenó, 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.
- 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 SOFCODER. *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.
- Tashakkori, A. y Cresswell, J.W. (2007). The new era of mixed methods. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), 3-7.
- Tashakkori, A. y Teddlie, C. (Eds.) (2003). *Handbook on Mixed Methods in the Behavioral and Social Sciences*. Thousand Oaks, California: Sage.

38. 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.
39. Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal Applied Physiology*, 91, 361-372.
40. Watts, P. B. y Drobish, K. M. (1998). Physiological responses to simulates rock climbing at different angles. *Medicine Science Sports Exercise*, 30, 1118-1122.
41. 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.
42. White, D. J. y Olsen, P. D. (2010). A time motion analysis of bouldering stile competitive rock climbing. *Journal of Sirength & Conditio-ning Research*, 24(5), 1356-60.
43. Zurloni, V., Cavallera, C., Diana, B., Elia, M., y Jonsson, G. K. (2014). Detecting regularities in soccer dynamics: A T-pattern approach. *Re-vista de Psicología del Deporte*, 23(1), 157-164.