



Revista de Psicología del Deporte
2011. Vol. 20, núm. 2, pp. 667-688
ISSN: 1132-239X

Universitat de les Illes Balears
Universitat Autònoma de Barcelona

El enfoque neogibsoniano como marco conceptual y metodológico para el diseño de programas de entrenamiento deportivo¹

Jorge Ibañez-Gijón*, David Travieso* y David M. Jacobs*

NEOGIBSONIAN APPROACH AS CONCEPTUAL AND METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE DESIGN OF TRAINING PROGRAMS IN SPORTS

KEYWORDS: Perceptual-motor learning, Direct learning, Training programs, Variability

ABSTRACT: The neogibsonian approach holds that the processes of perceptual and perceptual-motor learning consist of improving the detection and use of the abundant information that exists in task environments. This claim is the starting point for a conceptual and methodological framework used for the analysis of learning. The conceptual framework includes the concepts of the education of attention and calibration and, more recently, the ones of potential-based and direct learning. The present article introduces the neogibsonian approach and describes the implications of that approach for the design of training programs. In particular, the article addresses an explanation for the beneficial effects of variability in practice methods, and it considers the way in which variability should be introduced so as to achieve the beneficial effects.

Correspondencia: David Travieso. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid. C/ Ivan Pavlov, s/n. 28049 – Madrid. E-mail: david.travieso@uam.es

¹ La realización de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto FFI2009-13416-C02-02 del Ministerio de Ciencia e Innovación.

* Universidad Autónoma de Madrid

— *Artículo invitado con revisión*





1. Introducción

El término “psicología ecológica” se usa para enfoques que estudian fenómenos psicológicos en la escala del nicho ecológico del organismo, es decir, en la escala de la interacción entre el organismo y su entorno (Araújo y Davids, 2009). La teoría ecológica de la percepción y del control visual del movimiento iniciada por Gibson (1979), y desarrollada posteriormente por investigadores neogibsonianos, se sitúa dentro de este marco. El enfoque ecológico en general, y el enfoque neogibsoniano en particular, son de gran interés para las ciencias del deporte.

En primer lugar, las tareas estudiadas desde el enfoque neogibsoniano tiene un mayor parecido a la actividad deportiva que las tareas características de otros enfoques (como por ejemplo las tareas de tiempo de reacción del enfoque cognitivo). En segundo lugar, el reciente aumento del número de estudios neogibsonianos que tratan temas de aprendizaje perceptivo y perceptivo-motor (p.e., Fajen y Devaney, 2006) encaja a la perfección con el interés que muestran las ciencias del deporte en cuestiones sobre entrenamiento y ejecución de expertos (en tareas deportivas). Por último, se ha demostrado que la introducción de variabilidad en el rendimiento deportivo (p.e., Schöllhorn, Beckmann, Michelbrink, Trockel, Sechelmann y Davids, 2006), y el enfoque neogibsoniano proporciona un marco conceptual para entender por qué la variabilidad produce un efecto beneficioso además de proporcionar pistas sobre el tipo de variabilidad que es, o no, útil.

El objetivo de este artículo es exponer las aportaciones del enfoque neogibsoniano a las ciencias del deporte. De los anteriores trabajos que relacionan el enfoque

neogibsoniano y las ciencias del deporte destacamos las revisiones de Fajen, Riley y Turvey (2009), sobre el concepto de *affordance*, y la revisión de Montagne (2005), sobre el concepto de “control prospectivo”. Consideramos nuestro artículo como complementario a estas revisiones: con menos énfasis sobre dichos conceptos y más énfasis sobre el aprendizaje perceptivo y perceptivo-motor. La Sección 2 de este artículo introduce conceptos básicos, las Secciones 3 y 4 describen la teoría neogibsoniana del aprendizaje y sus implicaciones, y la Sección 5 relaciona la teoría expuesta a lo largo del artículo con los conceptos de variabilidad y de entrenamiento adaptativo, presentando un ejemplo adicional.

2. La riqueza informacional como punto de partida

Empecemos con un ejemplo clásico. Imagínense una pelota que se acerca a un observador. El tamaño angular de la pelota en un momento dado, visto por el observador, se suele indicar con la variable θ . La tasa de cambio en el tamaño angular, o la derivada temporal de este tamaño, se indica con $\dot{\theta}$. La ratio de ambas variables se denomina *tau*: $\tau = \theta/\dot{\theta}$. La variable τ es interesante porque se ha demostrado que para muchos acercamientos es específica al tiempo restante para el contacto: si el tiempo restante es X segundos, entonces el valor de τ es X (Lee y Reddish, 1981).

Podemos considerar dos modelos para la percepción del tiempo de contacto. El primero es que el observador detecte información acerca de la velocidad y la distancia instantáneas de la pelota, y luego use estos valores para calcular el tiempo de contacto. El segundo es que el observador detecte la variable informacional τ , que le





proporciona información acerca del tiempo de contacto sin necesidad de detectar la distancia o la velocidad, y sin necesidad de ejecutar cálculos internos o inferencias. Este segundo modelo es un buen ejemplo de un modelo ecológico.

Este ejemplo nos muestra que, si la base informacional de la percepción es la variable τ , entonces no se necesitan los hipotéticos estados internos ni las inferencias implicados por el uso de la distancia y la velocidad. En esta sección introduciremos varias líneas de pensamiento relacionadas con esta idea. Veremos que un axioma básico del enfoque neogibsoniano es que existen variables análogas a τ para muchas otras tareas (Sección 2.1), que este axioma sólo es posible si se rechaza el elementalismo que forma la base de la psicofísica y del cognitivismo (Sección 2.2), y que el axioma requiere de la noción de restricciones en el nicho ecológico (Sección 2.3).

2.1. La percepción directa y el concepto de especificidad

La teoría ecológica de la percepción nació, en parte, como una reacción a las teorías indirectas de la percepción, que propugnan la pobreza y ambigüedad de los estímulos y, por lo tanto, la necesidad de enriquecerlos por medio de inferencias que restituyan su capacidad de formar representaciones fidedignas de la realidad (Fodor y Pylyshyn, 1981). Por su parte, la teoría ecológica de la percepción afirma que el entorno es abundante en información útil, por lo que los agentes no necesitan mecanismos inferenciales ni estados representacionales para que la percepción sea verídica (Gibson, 1979; Turvey, Shaw, Reed y Mace, 1981).

La percepción se denomina “directa” si consiste en detectar la información ambiental. Es decir, si aparte de la detección de

la información no se requieren procesos inferenciales y representacionales. Si, además, la información detectada no es ambigua respecto a la propiedad que se quiere percibir, entonces se produce un ajuste entre percepción y realidad. Esto es lo que hace de la teoría ecológica una teoría realista (Shaw, Turvey y Mace, 1982; cf. Jacobs y Michaels, 2002).

De forma relacionada, decimos que una variable informacional es “específica” a una propiedad del nicho ecológico si la variable está en una relación uno a uno con la propiedad. Por ejemplo, cada valor del tiempo de contacto da lugar a un valor determinado de la variable τ . Sabiendo el tiempo de contacto, se sabe el valor de la variable τ , y sabiendo el valor de τ , se sabe el tiempo de contacto. En general, si una variable es específica a una propiedad del nicho ecológico, entonces esa variable permite la percepción verídica de la propiedad sin necesidad de detectar otras variables informacionales y sin cálculos internos o inferencias.

En caso contrario, se dice que una variable no es específica a la propiedad. Por ejemplo, un cierto valor del tamaño óptico puede indicar un tiempo de contacto largo para objetos grandes y lentos, y puede indicar un tiempo de contacto corto para objetos pequeños y rápidos. Si se detecta un estímulo no específico, entonces se requiere la detección de estímulos adicionales y de inferencias para lograr una percepción verídica de una propiedad; la detección de un estímulo no específico por sí solo no permite una percepción verídica.

En resumen, el realismo de la teoría ecológica se fundamenta en la posible existencia de información ambiental que es específica a propiedades del nicho ecológico relevantes para el organismo. Esta afirmación





Ibañez-Gijón, J., Travieso, D. y Jacobs, D. M.

El enfoque neogibsoniano como marco conceptual ...

es propiamente un principio de constitución de la disciplina, o un axioma, pues antes que como un hecho contrastable debe considerarse como una doctrina metodológica que da sentido al programa de investigación ecológico. Una vez aceptada la posibilidad de la especificidad entre información y las propiedades del nicho ecológico, el papel del investigador es identificar variables específicas a propiedades relevantes y determinar si los observadores hacen uso de tales variables. Veamos ahora un primer concepto que facilita la identificación de variables específicas: el concepto de variables de alto orden.

2.2. Variables de alto orden y sistemas perceptivos inteligentes

En contraposición al elementarismo, la teoría ecológica de la percepción afirma que la información que detectan los sistemas perceptivos no tiene por qué ser aquella que a nosotros nos parece más elemental. Como el proceso perceptivo no implica ni inferencias ni reconstrucciones, para que la percepción pueda regular la amplia variedad de comportamientos y situaciones que un organismo ha de enfrentar es necesario que la información ambiental detectada esté suficientemente elaborada o sea, como se suele denominar, “de alto orden” (Michaels y de Vries, 1998). Dicho de otro modo, la complejidad de los cómputos que el sistema nervioso ha de realizar según teorías indirectas de la percepción es atribuida, ahora, al ambiente, o, más concretamente, a la interacción adaptativa entre el organismo y su ambiente (cf. O’Regan y Noë, 2001). Teniendo en cuenta que los sistemas perceptivos han estado sujetos a largos procesos evolutivos, no es arriesgado afirmar que los patrones ambientales que detectan puedan ser complejos. Así, integran información en intervalos de tiempo amplios, de

diferentes zonas de la estimulación visual, o de diferentes modalidades perceptivas (Runeson, 1977).

Ejemplos clásicos de variables de alto orden son los gradientes de textura y el flujo óptico (Gibson, 1979). Los gradientes de textura pueden especificar, por ejemplo, si un terreno es llano u ondulado, y el flujo óptico puede especificar el movimiento de un observador respecto a su ambiente. Obsérvese, en este sentido, el contraste del enfoque ecológico con el enfoque cognitivo y con la psicofísica, que en sus trabajos experimentales suelen hacer uso de estímulos simples tal y como la presentación de luces pequeñas durante intervalos de tiempo reducidos o de sonidos con poca variación tonal (véase Abernethy, Neal y Koning, 1994, para un estudio donde se demuestra la independencia entre habilidades psicofísicas y habilidades deportivas). Este contraste puede generar escepticismo acerca de la capacidad de los sistemas perceptivos para detectar variables de alto orden de manera directa. La siguiente analogía puede dar una intuición sobre esta cuestión.

En un trabajo ya clásico sobre la naturaleza de los sistemas perceptivos, Runeson (1977) presenta el ejemplo del planímetro polar (inventado en 1854 por Jakob Amsler-Laffon), que ilustra la teoría de percepción propuesta por Gibson (1979). El instrumento es sorprendentemente simple. Como se observa en la Figura 1, el planímetro detecta información relacionada con el perímetro del área que se quiere medir y, a través de una calibración precisa y oportunista de sus componentes mecánicos, mantiene una especificidad entre la superficie del área a ser medida y la superficie indicada por el instrumento. Lo esencial de la analogía es que el planímetro no calcula una variable compleja (el área a medir) a partir de cómputos sobre variables sencillas (como la anchura y altura





del área), sino que es capaz de detectar la variable compleja por su propia constitución. De manera análoga, se puede suponer que los sistemas perceptivos de observadores son capaces de detectar variables de alto orden

por su propia constitución y sin necesidad de llevar a cabo cálculos o inferencias. Tales sistemas perceptivos se denominan “sistemas perceptivos inteligentes” (smart perceptual mechanisms).

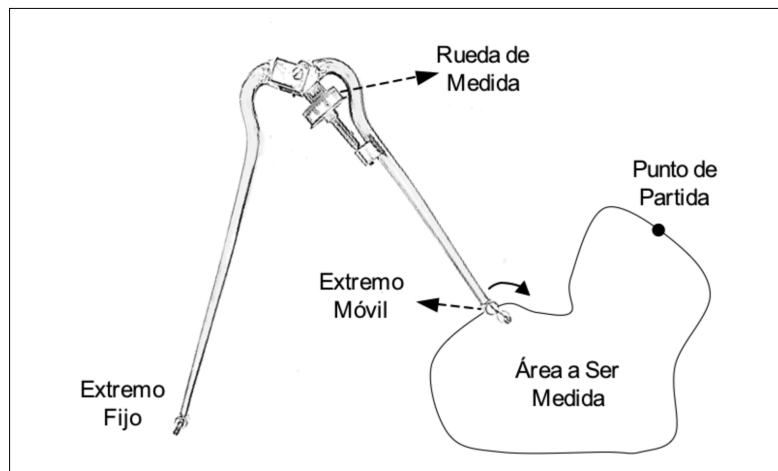


Figura 1. Representación esquemática de un planímetro polar. El extremo fijo del planímetro se mantiene en un punto determinado mientras se traza el perímetro del área a ser medida con el extremo móvil, en la dirección de las agujas del reloj. Durante el trazado la rueda de medida gira y derrapa según su orientación respecto al movimiento. Si en el punto de partida el indicador de la rueda está en cero, al llegar de nuevo al punto de partida este indica la superficie del área. El planímetro en la figura fue fabricado en el primer cuarto del Siglo XX por la compañía “American Steam Gauge and Valve Mfg. Co.” (Sara Schechner, Comunicación Personal).

La búsqueda de variables informacionales de alto orden ha tenido un eco importante en el estudio de la percepción en general y también en el ámbito del deporte. Entre la larga lista de ejemplos se incluyen estudios sobre la información que podrían usar los porteros para interceptar tiros libres (Craig, Berton, Rao, Fernandez y Bootsma, 2006), estudios sobre las llamadas estructuras

dinámicas que se han empleado en el contexto de la anticipación de la dirección de golpes en tenis (Huys, Smeeton, Hodges, Beek y Williams, 2008) y estudios sobre la aceleración óptica que se podría usar para interceptar pelotas altas en béisbol (Zaal y Michaels, 2003; cf. Montagne, 2005). En este contexto también se pueden mencionar los muchos resultados experimentales a favor y





en contra del uso de la variable τ (p.e., Bootsma y Craig, 2002; Jacobs y Díaz, 2010).

Queremos resaltar que la complejidad de las variables informacionales de alto orden puede dificultar las instrucciones explícitas sobre ellas. Usando el ejemplo de τ , podemos intuir que no será útil decir a un atleta que debe focalizar su atención sobre la ratio del tamaño óptico con su derivada temporal. Por lo tanto, los métodos que se consideran en éste artículo pretenden organizar las condiciones de entrenamiento para que se facilite el descubrimiento implícito de las variables informacionales. Aún así, con nuestro énfasis en procedimientos implícitos no pretendemos negar que otros tipos de instrucciones explícitas puedan ser indispensables.

2.3. Especificidad informacional y restricciones

Como comentamos más arriba, la teoría ecológica fundamenta la percepción en la especificidad entre información ambiental y las propiedades que se perciben. Por tanto, una de las tareas del investigador ecológico es delimitar las condiciones en que se garantiza esa especificidad información-ambiente. Es decir, debemos conocer qué leyes o regularidades garantizan que una determinada variable de alto orden detectable en el ambiente especifique una cierta propiedad ambiental que se quiere percibir. Estas leyes, o regularidades, se denominan “restricciones” (*constraints*), pues restringen las posibilidades o grados de libertad en que puede presentarse el ambiente o la energía en el ambiente (Gibson, 1979; Runeson, 1988).

Veamos un primer ejemplo de este uso del concepto de restricción. Durante el aterrizaje, un piloto verá una expansión óptica que abarca una parte importante del campo de visión y que se centra en el punto

al cual el avión se dirige en este momento. El centro de tal expansión especifica la dirección actual del movimiento. Esta especificidad está garantizada por la restricción de que la superficie terrestre no se puede deformar (agrandar) de forma que genere la misma expansión óptica para un observador estático. Si la superficie terrestre se pudiese deformar, entonces el centro del flujo óptico perdería esta especificidad. En este caso, una expansión óptica podría indicar tanto un acercamiento a la superficie terrestre como una expansión regular de toda la superficie. La nula probabilidad de una expansión regular de la superficie terrestre es una de las restricciones necesarias para que el flujo óptico informe sobre el movimiento de un observador.

Veamos otro ejemplo. La gravedad es aproximadamente similar en todos los puntos de la tierra, lo que garantiza que objetos que caen bajo la influencia de la gravedad caen de la misma forma. De ahí se deriva que el patrón óptico que llega a un observador puede especificar la distancia de un objeto que cae de forma vertical: cuanto más lejos el objeto, más pequeña la aceleración óptica (p.e., Saxberg, 1987). También, en el anterior citado ejemplo de pelotas altas en béisbol, la aceleración óptica especifica si una pelota alta va a caer delante o detrás del observador (Zaal y Michaels, 2003). Nótese, que si la gravedad no fuese constante, entonces estas especificidades no existirían. En otras palabras, la restricción de una gravedad constante garantiza la especificidad de estas variables informacionales.

La psicología ecológica considera restricciones de muchos tipos. Según su grado de generalidad, distinguimos entre restricciones universales, cuando se basan en leyes matemáticas, físicas, químicas o biológicas que son válidas para cualquier organismo y





situación (como la ley de la gravedad o las leyes de la óptica), ecológicas, cuando son válidas para todos los miembros de una especie (como los modos de locomoción que puede llevar a cabo un organismo), y locales, cuando son válidas sólo para una tarea o situación determinada (como por ejemplo las manipulaciones de un experimento, o las reglas de un juego). Una crítica del enfoque ecológico a otros enfoques es precisamente que no tienen suficientemente en cuenta el papel de las restricciones, lo que implica que desestiman el valor informativo de las variables en el ambiente. En general, la especificidad información-ambiente, y por tanto la percepción directa y verídica, sólo se puede dar gracias a las restricciones.

Lo anterior no implica que todas las propiedades del nicho ecológico estén especificadas por variables informacionales detectables, y tampoco que los observadores puedan detectar todas las variables específicas que se encuentran en su entorno (cf. Travieso y Jacobs, 2009). Al contrario, detectar variables específicas podría implicar un proceso de aprendizaje. En las siguientes secciones consideramos tal proceso de aprendizaje.

3. El aprendizaje perceptivo y perceptivo-motor

La percepción o, más apropiadamente, el bucle de percepción-acción, puede ser modificado de tres modos. En la Sección 3.1 revisaremos estos tres modos. En la Sección 3.2 indicaremos unas primeras implicaciones para el diseño de programas de entrenamiento.

3.1 La educación de la intención, la educación de la atención y la calibración

En primer lugar, el bucle percepción-acción se puede alterar por medio de un

cambio de la intención que consiste en, dada una situación, modificar las metas de la acción. En ciertas situaciones del tenis, por ejemplo, un jugador tendrá que decidir si intenta jugar un golpe de derecha o un revés, o si intenta jugar un *passing shot* o un globo (o dejar de jugar al tenis e intentar otra cosa). Con el tiempo, los jugadores mejoran en la selección de la acción que intentan realizar. Se denomina a este tipo de aprendizaje como la “educación de la intención” (Jacobs y Michaels, 2002, 2007). Sin embargo, debido a la complejidad de la dinámica intencional, los estudios neogibsonianos tienden a asumir una intención determinada (Beek, 2009, formuló una crítica relacionada a ésta temática en reacción a Fajen et al., 2009; aunque véanse también Araújo, Davids y Hristovski, 2006, y Araújo, Davids, Chow, Passos y Raab, 2009).

En segundo lugar, dada una intención, el bucle percepción-acción se puede alterar por medio de la *educación de la atención*, consistente en modificar la variable informacional que es utilizada para dirigir la percepción o acción (p.e., Fajen y Devaney, 2006; Michaels y de Vries, 1998; Withagen y van Wermeskerken, 2009). La mayoría de estos estudios usan diseños con un pre-test, un entrenamiento con feedback, y un post-test. Para determinar en qué variables informacionales basan los observadores sus estimaciones (o sus acciones) se pueden usar técnicas de regresión y de correlación. Se calcula, por ejemplo, la correlación entre el juicio perceptivo de un observador y las diferentes variables informacionales, y de ahí se concluye que el observador usa la variable informacional que demuestra la más alta correlación con su percepción-acción. En muchos casos, el rendimiento de los observadores mejora debido al uso de variables no específicas en el pre-test, un cambio en el uso de variables





Ibañez-Gijón, J., Travieso, D. y Jacobs, D. M.

El enfoque neogibsoniano como marco conceptual ...

durante el entrenamiento, y el uso de variables específicas en el post-test (para una discusión sobre la relación entre la educación de la atención y el realismo ecológico ver Jacobs y Michaels, 2002).

Estos trabajos están relacionados con estudios en el ámbito del deporte que buscan determinar dónde se dirige la mirada para estimar qué información está siendo empleada. En tenis, por ejemplo, se ha demostrado que los jugadores noveles dirigen la p.e., la raqueta del oponente) que los expertos, que dirigen la mirada más a zonas más proximales (p.e., el cuerpo del oponente; Ward, Williams y Bennett, 2002). Estos resultados apuntan a un cambio en las variables informacionales utilizadas y, por tanto, son consistentes con los resultados mencionados anteriormente (obtenidos con técnicas de regresión y correlación). Otros estudios en el ámbito del deporte relacionados con la temática de la educación de la atención incluyen las variables informacionales detectadas por expertos y novatos en cricket (Müller y Abernethy, 2006) o en porteros de hockey hierba (Cañal-Bruland, van der Kamp, Arkesteijn, Janssen, van Kesteren y Savelsbergh, 2010).

Un tercer cambio en el bucle percepción-acción se denomina “calibración” (p.e., Jacobs y Michaels, 2006). Consideremos como ejemplo la intercepción de pelotas que pasan lateralmente a poca distancia del observador. Supongamos que la aceleración lateral de la mano es función de una determinada variable informacional, tanto para un principiante como para un experto. Aún así, un determinado valor de la variable informacional que es utilizada podría dar lugar a una aceleración menos (o más) pronunciada para el principiante que para el experto. La calibración, entonces, consiste en modificaciones en la función de ajuste de la

ejecución a los valores de la variable informacional utilizada para dirigir dicha acción. Jacobs y Michaels (2006) demostraron que una parte de la mejora en el rendimiento de observadores que interceptan pelotas lanzadas hacia ellos es debida a la calibración.

A lo largo de este artículo nos centraremos en la educación de la atención, aunque muchos de los conceptos que exponemos también son de aplicación en el estudio de los mecanismos de calibración. Seguiremos la exposición de conceptos teóricos en la Sección 4, pero antes consideraremos implicaciones que se derivan de la teoría descrita hasta ahora.

3.2. Implicaciones en los métodos de entrenamiento: primera ronda

La teoría neogibsoniana, y en particular la teoría de la educación de la atención, atribuye mejoras en el rendimiento a cambios en la base informacional de la percepción y la acción. Esta teoría difiere notablemente de teorías que atribuyen la mejora en el rendimiento a cambios en el procesamiento interno o a la adquisición de representaciones internas más elaboradas, lo cual tiene importantes implicaciones. Desde la perspectiva ecológica la pregunta no es, por ejemplo, cómo se puede lograr que un atleta tenga representaciones más adecuadas. Al contrario, se intenta facilitar el cambio en el uso de variables informacionales hacia variables de más utilidad. Veamos como ejemplo un estudio de estimación de magnitudes (Jacobs, Runeson y Michaels, 2001; cf. Beek, Jacobs, Daffertshofer y Huys, 2003).

Jacobs et al. (2001) analizaron estimaciones de la masa de bolas que colisionaban a la vista del participante. Las bolas se acercaban con diferentes velocidades y tenían





diferentes masas, generando variaciones en las propiedades cinemáticas accesibles al participante (es decir, en las variables informacionales accesibles al participante). Se usaba un diseño pre-test/entrenamiento con feedback/post-test. En la fase de entrenamiento de un primer experimento, un grupo de participantes veía una selección de colisiones con correlaciones perfectas ($r = 1$) entre las variables cinemáticas visibles y la masa real, que era la propiedad a estimar, mientras otro grupo veía colisiones en que las propiedades cinemáticas más usadas inicialmente correlacionaban de forma moderada con la masa ($r = .37$ y $r = .79$ para sendas variables). Los participantes en la condición de correlación moderada realizaron cambios hacia las variables cinemáticas más útiles y de más alto orden, tal y como se había visto en experimentos anteriores, mientras que los participantes en la condición de correlaciones perfectas no realizaron cambios en el uso de variables. En otras palabras, este experimento indica que si las condiciones de entrenamiento son tales que las variables informacionales usadas inicialmente son más útiles de lo normal, entonces las condiciones de entrenamiento logran menos cambios en la ejecución de la tarea.

En el segundo y tercer experimento de este trabajo se planteó la pregunta opuesta: ¿Se producen más cambios en la ejecución de una tarea si las variables informacionales que se usan al inicio son menos útiles durante el entrenamiento? Se consideraron varias maneras de reducir la utilidad de las variables informacionales. Primero, seleccionando colisiones para las cuales las variables informacionales tenían poca variabilidad. Segundo, seleccionando colisiones para las que distintas variables -con una variabilidad normal- tenían una correlación nula ($r = 0$) con la propiedad a estimar. Y tercero,

seleccionando colisiones para las que una variable tenía una correlación nula ($r = 0$) con la propiedad a percibir, mientras las otras variables tenían correlaciones moderadas o altas con la propiedad a percibir. Los primeros dos tipos de entrenamiento no eran muy exitosos, pero el tercer tipo de entrenamiento resultó eficaz al promover cambios hacia variables más útiles siempre que la variable de correlación reducida fuese la variable usada inicialmente por el participante.

En resumen, la rapidez con que se produce la educación de la atención depende de las condiciones de entrenamiento. Los factores del entrenamiento que han de considerarse en este proceso son la variabilidad de las variables informacionales y, sobre todo, su relación (o correlación) con la propiedad a percibir. Imaginemos que el objetivo de un entrenamiento es que los atletas transiten del uso de una variable A (no específica y de bajo orden) a una variable B (específica y de alto orden). Los resultados que se han obtenido hasta ahora aconsejan que en tal situación se deben buscar condiciones de práctica en las que (a) ambas variables tengan una variabilidad normal, (b) la variable A tenga una correlación moderada o baja con la propiedad a percibir, y (c) la variable B tenga una correlación alta con la propiedad a percibir.

Usando una tarea de frenado de emergencia, Fajen y Devaney (2006) han mostrado resultados similares a los de Jacobs et al. (2001). Sin embargo, no tenemos constancia del uso de este tipo de metodología en el ámbito del deporte. Un paso crucial para poder aplicar esta metodología en el ámbito del deporte es poseer la capacidad de manipular la variabilidad de las variables informacionales y su correlación con la propiedad a percibir. Veamos, de manera especulativa, cómo se





Ibañez-Gijón, J., Travieso, D. y Jacobs, D. M.

El enfoque neogibsoniano como marco conceptual ...

puede lograr esto. Como ejemplo usamos la percepción por parte de los porteros en fútbol de la dirección en la que un oponente va a tirar un penalti, una tarea que tradicionalmente ha interesado en las ciencias del deporte (véase Lopes, Araújo, Peres, Davids y Barreiros, 2008, para una revisión).

Imaginemos que, para anticipar la dirección de tiro de un penalti, cierto portero principiante suele usar la orientación del pie de apoyo del adversario y que su entrenador quiere administrarle un entrenamiento para que deje de usar esta variable. El entrenador usa un entrenamiento con feedback en el cual el portero observa imágenes de vídeo grabados desde el punto de vista del portero. Cabe esperar que en la base de imágenes del entrenador haya tanto penaltis para los que la orientación del pie de apoyo es muy útil, como penaltis para los que la orientación del pie de apoyo no lo es. El entrenador podrá aumentar la utilidad de la variable “orientación del pie de apoyo” utilizando mayor proporción de las grabaciones en las que esta variable es útil. Recíprocamente, el entrenador podrá reducir la utilidad de esta variable empleando en el entrenamiento mayor proporción de las grabaciones en las que la variable no es útil. De la misma manera, el entrenador puede seleccionar conjuntos de grabaciones en las que la variable “orientación del pie de apoyo” tiene una cierta variabilidad. Manipulando la variabilidad de las variables informacionales, y su correlación con la propiedad a percibir (la dirección del tiro), el entrenador puede replicar la metodología que ha resultado eficaz en las tareas estudiadas por Jacobs et al. (2001) y Fajen y Devaney (2006).

Para aquellos entrenadores que quieran aplicar esta metodología, pero rehúsen el uso de métodos de vídeo-entrenamiento, cabe mencionar lo siguiente. Es probable que

diferentes lanzadores de penaltis demuestren una variabilidad natural en la utilidad y la variabilidad de diferentes variables informacionales. Por ejemplo, para algunos lanzadores la orientación del pie de apoyo podría ser un mejor predictor de la dirección del tiro que para otros lanzadores. Entonces, el entrenador puede hacer practicar al portero con lanzadores para los que la variable no es un buen predictor de la dirección del tiro. Obsérvese que, a pesar de que hemos ilustrado la metodología con el ejemplo especulativo de los penaltis, ésta se puede aplicar de una manera muy similar en otras tareas deportivas. Continuamos ahora con conceptos teóricos sobre la educación de la atención.

4. Un análisis continuo de la educación de la atención

En los ejemplos de la Sección 3.2 se consideró un número limitado de posibles variables informacionales. Si uno restringe el estudio a un número limitado de variables, los cambios que se pueden observar en qué variables se usan se limitan a cambios discretos, o saltos, del uso de una de las variables al uso de otra de las variables (obsérvese que esta afirmación no es cierta si uno acepta procesos internos como la combinación de claves, por ejemplo de manera Bayesiana; ver Michaels y Isenhower, 2011, para un contraste entre el enfoque presentado en este trabajo y enfoques como el Bayesiano). Sin embargo, diversos resultados experimentales apoyan de forma cada vez más concluyente que los cambios en el uso de variables a menudo son cambios continuos. En la Sección 4.1 se introduce un concepto que permite el estudio de cambios continuos, en la Sección 4.2 se describen mecanismos subyacentes al aprendizaje, y en la Sección 4.3 se presenta una segunda ronda de implicaciones.





4.1. Espacios informacionales

Cuantas más variables informacionales considera un investigador, más cambios en el uso de variables puede observar. Por ejemplo, si se consideran dos variables, solo se pueden observar cambios del uso de la primera variable al uso de la segunda variable, y viceversa. Sin embargo, los sistemas perceptivos podrían ser sensibles a más variables informativas que las que son consideradas por el investigador. Esta observación gana en importancia con el rechazo del elementalismo descrito en la Sección 2.2, ya que el número de posibles variables aumenta de manera importante con la inclusión en el análisis de las variables de alto orden. Entonces, ¿cuántas variables informacionales tiene que considerar un investigador?

Según estudios recientes, son muchas, y, además, estos estudios proponen un formalismo que permite considerar muchas variables (p.e., Jacobs y Michaels, 2007). Así, definen el denominado “espacio informacional” como un espacio continuo en el que situar ordenadamente las variables informacionales potencialmente utilizables por los participantes en una tarea. Cada punto en dicho espacio representa una variable informacional, mientras que las trayectorias en el espacio representan el cambio en el bucle percepción-acción producido por la educación de la atención.

Para situar a un participante en un punto de un espacio informacional, es decir, para atribuirle el uso de una variable determinada, el método general consiste en comparar las estimaciones de la propiedad a percibir hechas por cada variable en cada condición experimental, con las acciones o estimaciones del participante en las respectivas condiciones. Aquella variable cuyas predicciones sean más parecidas a las acciones o estimaciones del participante será considerada la

variable empleada durante el bloque de ensayos. Representando las distintas variables empleadas por el participante a lo largo de las distintas sesiones de aprendizaje, podemos ver la evolución del bucle percepción-acción sobre el espacio informacional como consecuencia del aprendizaje.

Para integrar estos conceptos nos detendremos en el ejemplo de la detección de la masa de palos sujetos o blandidos desde un punto (Jacobs, Silva y Calvo, 2009), como la estimación del peso de un bate de béisbol (Turvey, 1996). La investigación en el llamado tacto dinámico, o capacidad para estimar propiedades de objetos sujetos con la mano como su masa, longitud o forma, sin visión, ha demostrado que somos sensibles a propiedades relacionales de los objetos como son su masa (M), su momento estático (ME), y su primer momento principal de inercia (I_1). El momento estático es la fuerza que se genera al suspender el objeto horizontalmente desde un punto extremo, y el primer momento de inercia es una resistencia que genera el objeto al intentar rotarlo.

Para muchos objetos estas propiedades se pueden aproximar con las siguientes ecuaciones:

$$M = \sum_{i=1}^N m_i , \quad (1)$$

$$ME = \sum_{i=1}^N m_i d_i , \quad (2)$$

$$I_1 = \sum_{i=1}^N m_i d_i^2 . \quad (3)$$

Para obtener estas aproximaciones se ha dividido el objeto blandido, de manera imaginaria, en N trozos pequeños. La masa del trozo i se indica con m_i y la distancia del trozo i a un eje de rotación se indica con d_i . La Ecuación 1 indica que la masa del objeto





Ibañez-Gijón, J., Travieso, D. y Jacobs, D. M.

El enfoque neogibsoniano como marco conceptual ...

igual a la suma de las masas de los trozos, la Ecuación 2 indica que el momento estático iguala la suma de las masas de los trozos multiplicadas por su distancia al eje de rotación, y la Ecuación 3 indica que el primer momento de inercia iguala la suma de las masas multiplicadas por las distancias al cuadrado.

La hipótesis básica de los estudios sobre el tacto dinámico es que los movimientos de exploración, al trasladar o rotar el objeto sujeto en la mano, permiten la detección de estas propiedades mecánicas (Travieso, 2002). Por lo tanto, en analogía a las secciones anteriores, se suele referir a M , ME , e I_1 como variables informacionales. Para nuestro objetivo es indiferente que estas variables sean, en realidad, propiedades mecánicas de los objetos; la lógica de los espacios informacionales se aplica de la misma manera.

Estas mismas variables pueden contenerse en la expresión general:

$$I(x) = \sum_{i=1}^N m_i d_i^x, \quad (4)$$

siendo la única variación entre una variable y otra la potencia, x , a la que se eleva la distancia al eje de rotación, d_i . Para la masa, que no contempla esa distancia, d_i se eleva a 0, para el momento estático a 1, y para el primer momento principal de inercia a 2. Obsérvese que la Ecuación 4 define un espacio unidimensional coordinado por el parámetro x (que puede tomar valores enteros o no enteros). En dicho espacio, cada punto, o cada valor del exponente x , representa una variable informacional obtenida por medio de la ecuación. La masa está localizada en el punto $x = 0$, el momento estático en $x = 1$, y el momento principal de inercia en $x = 2$. Otros puntos representan otras variables informacionales.

Como primer método de análisis, se puede estudiar la ejecución de una tarea usando únicamente las variables definidas por las Ecuaciones 1 a 3. Esto implicaría calcular cuál de estas tres variables es el mejor predictor de las estimaciones de los participantes y concluir de ahí que el participante usa ese mejor predictor. La literatura clásica sobre el tacto dinámico considera un número limitado de variables discretas tal y como las definidas en las Ecuaciones 1 a 3. Sin embargo, este tipo de análisis implica que el aprendizaje consiste en un cambio abrupto o discreto del uso de una variable al uso de otra, y ése no es necesariamente el caso.

Un segundo método de análisis usaría la Ecuación 4 en lugar de las Ecuaciones 1 a 3. Esto implicaría calcular para qué valor de x la variable $I(x)$ definida en la ecuación es el mejor predictor de las estimaciones, y concluir que el participante usa esa variable. El trabajo de Jacobs et al. (2009) demuestra que las variables típicamente usadas por los participantes difieren de las variables definidas en las Ecuaciones 1 a 3, es decir, no se encontró que las variables definidas por la Ecuación 4 con $x = 0$, $x = 1$, o $x = 2$ eran mejores predictores de las estimaciones que las variables definidas con otros valores de x . Esto indica que un análisis con un espacio informacional es preferible a un análisis con un número limitado de variables discretas. Además, un análisis con un espacio informacional permite describir la educación de la atención como un proceso continuo o, dicho con más precisión, como un movimiento continuo a través del espacio.

No hay una manera única de definir un espacio informacional; el investigador tendrá que adoptar la manera que más convenga para la tarea que se está considerando. Las primeras condiciones que un espacio infor-





macional ha de cumplir es que sea continuo y que cada punto represente una variable informacional detectable en la tarea. Además, a posteriori podemos conocer la conveniencia de un determinado espacio informacional al estudiar las trayectorias de los observadores en ese espacio. Si no se constata ningún movimiento significativo a lo largo de una sesión de aprendizaje, o bien el espacio definido no es apropiado, o bien no existe educación de la atención en las condiciones estudiadas. Si por el contrario existe una traslación significativa en el espacio informacional, dicho espacio captura propiedades relevantes del proceso de aprendizaje estudiado.

Otros ejemplos de espacios informacionales se pueden encontrar en Jacobs y Michaels (2007) y en Michaels, Arzamarski, Isenhower y Jacobs (2008). Jacobs y Michaels (2007) reanalizaron dos tareas de percepción visual que anteriormente se habían analizado con un número limitado de variables informacionales, y demostraron que el aprendizaje en esas tareas se puede caracterizar como un proceso continuo si se analiza con la noción de espacio informacional. Una de estas tareas era la percepción de la masa de bolas considerada en la Sección 3.2.

4.2. Mecanismos de aprendizaje

El análisis de la educación de la atención con un espacio informacional permite profundizar en los mecanismos de aprendizaje. Esto es así, entre otras razones, porque nos acerca al uso de las herramientas de la teoría de los sistemas dinámicos que se desarrollaron para el estudio de movimientos en espacios continuos. En esta sección describiremos un primer ejemplo de ello.

Funciones de utilidad. Sobre la base de los trabajos descritos en la sección anterior suponemos que, al estudiar cierta tarea, podemos encontrar un espacio informacional

que describe una parte relevante del proceso de aprendizaje. Dicho espacio contempla variables informacionales con distinta utilidad en la tarea, siendo que la utilidad nos proporciona una primera manera para profundizar en las causas del aprendizaje. Para verlo en más detalle retornamos al ejemplo del tacto dinámico.

Recuerden el espacio informacional definido por la Ecuación 4. Cada punto en el espacio, o cada valor de x , define una variable informacional. Imagínense un bloque de 30 ensayos experimentales que consiste de 30 objetos de los que el participante estima una propiedad como la longitud o la masa. Se pueden calcular los 30 valores de la variable informacional asociada a un punto en el espacio informacional, un valor para cada objeto. En la sección anterior mencionamos que, para determinar la posición del participante en el espacio, estos 30 valores se relacionan con las 30 estimaciones del participante, concluyendo que el participante usa la variable informacional que mejor predice sus estimaciones.

Para determinar la utilidad de una variable informacional, o de un valor de x , los 30 valores de la variable informacional asociada a x no se relacionan con las estimaciones del participante, sino con la propiedad a ser percibida. Calculando una utilidad para cada x en el espacio se obtiene una función escalar definida en todo el espacio informacional. A tales funciones se les denomina “funciones de utilidad”. Como ejemplo podemos definir la utilidad como el cuadrado de la correlación entre la variable informacional y la propiedad a ser percibida. Definida así, y suponiendo una relación lineal, la utilidad de una variable específica es 1, pues su correlación es perfecta, mientras una utilidad de 0 es propia de variables con correlación nula con la propiedad a percibir.





La curva de la Figura 2 representa gráficamente una función de utilidad. El eje horizontal de la figura es el espacio informacional descrito en la Ecuación 4; cada punto del espacio, o cada x , corresponde a la variable indicada por la ecuación. La altura de la curva es el cuadrado de la correlación entre las variables en el espacio y la propiedad a percibir, que para este ejemplo se ha definido como una propiedad especificada por la variable momento estático (ME ; $x = 1$). Obsérvese que la masa del objeto ($x = 0$) y el principal momento de inercia ($x = 2$) tienen una correlación cuadrada de $r^2 = .32$ y de $r^2 = .85$ con la propiedad a percibir. Por ello, los observadores que usen estas variables no podrán superar estas correlaciones; es decir,

no podrán lograr una correlación al cuadrado más alta entre sus estimaciones y la propiedad a percibir.

Aprendizaje por función potencial. Un hipotético proceso de aprendizaje puede tener lugar de la siguiente manera. Un participante localizado en un punto del espacio podrá detectar la utilidad de este punto y de algunos puntos cercanos. Con estas utilidades podrá determinar en qué dirección en el espacio él o ella tendrá que moverse para mejorar su rendimiento. Después de moverse cierta distancia en la dirección que se ha determinado, podrá reiniciar el proceso desde el nuevo punto de partida. De esta manera, el proceso de aprendizaje puede acercarse poco a poco al uso de

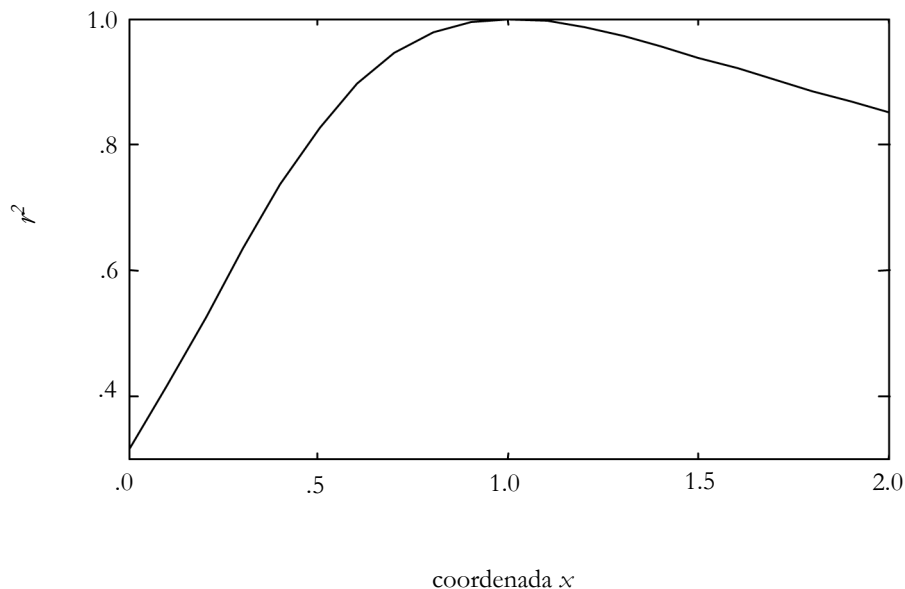


Figura 2. Función de utilidad para el ejemplo de tacto dinámico. La función está basada en las condiciones de entrenamiento del grupo llamado "fast group" del Experimento 2 de Jacobs et al. (2009).





la variable informacional que tiene la mayor utilidad.

El concepto de función de utilidad está estrechamente relacionado con el concepto de “función potencial” que se maneja en la teoría de los sistemas dinámicos. Una diferencia menor entre la función de utilidad mostrada en la Figura 2 y el concepto de función potencial es que los procesos de búsqueda suelen converger hacia un mínimo de la función potencial, mientras nuestros participantes convergen hacia el máximo de la función de utilidad. Esta diferencia se puede salvar definiendo la función de utilidad, por ejemplo, como $1-r^2$. Para resaltar la estrecha relación con la teoría de sistemas dinámicos denominamos el proceso de aprendizaje descrito en el párrafo anterior como “aprendizaje por función potencial”.

Aprendizaje directo. Según la teoría del aprendizaje por función potencial, la función potencial (o de utilidad) juega un papel causal en los movimientos a través de los espacios informacionales. Este no es el caso según una teoría alternativa: la teoría del “aprendizaje directo” (Jacobs y Michaels, 2007). La idea básica de esa teoría es que los cambios que se dan en el aprendizaje están especificados en los patrones de la energía ambiente, de modo análogo a como está especificada en ella la percepción según la teoría de la percepción directa. La información que especifica los cambios del bucle percepción-acción, denominada “información para el aprendizaje”, se encuentra en las consecuencias perceptibles de las acciones. Es decir, los movimientos a través de los espacios informacionales no se guían por funciones potenciales, sino por la información para el aprendizaje. Una exposición más detallada de la teoría del aprendizaje directo se puede encontrar en Jacobs et al. (2009), y una comparación del aprendizaje directo y el

aprendizaje por función potencial en Jacobs, Ibañez-Gijón, Díaz y Travieso (2011). La siguiente sección se basa en la teoría de aprendizaje por función potencial. Sin embargo, se pueden formular implicaciones similares a base de la teoría del aprendizaje directo (véanse los trabajos citados en dicha sección).

4.3. Implicaciones en los métodos de entrenamiento: segunda ronda

En esta sección supondremos que en el estudio de una tarea dada se ha identificado un espacio informacional adecuado, se ha demostrado que el aprendizaje se puede describir con trayectorias aproximadamente continuas en ese espacio, y se ha identificado la función de utilidad que rige el aprendizaje. En este caso, según la teoría de aprendizaje por función potencial, las condiciones de entrenamiento que dan lugar a una función de utilidad más inclinada resultan en un aprendizaje más rápido que aquellas condiciones con una función de utilidad menos inclinada. Es decir, optimizar las condiciones de entrenamiento equivale a optimizar la función de utilidad.

Manipular la inclinación de una función de utilidad no es necesariamente complicado. En la Sección 3.2 vimos, a través de los ejemplos de las bolas que colisionaban y de los penaltis, que seleccionando conjuntos de ensayos a usar en un entrenamiento se puede manipular la utilidad de un número limitado de variables informacionales. El mismo tipo de manipulación afecta a la inclinación de las funciones de utilidad. Por ejemplo, en el caso del tacto dinámico, si seleccionamos objetos que reducen (o aumentan) al máximo la utilidad del momento principal de inercia y de la masa, sin alterar la utilidad del momento estático, entonces aumentaremos (o reduciremos) la inclinación de la función de





utilidad respecto a la función que se observa en la Figura 2.

Consideremos un estudio sobre el aterrizaje en un simulador de vuelo (Huet, Jacobs, Camachon, Missenard, Gray y Montagne, en prensa). Las variables informacionales que se pueden usar en esa tarea incluyen la forma óptica de la pista y el llamado ángulo H relativo. Huet et al. (en prensa) definieron (1) un espacio informacional que incluye estos dos candidatos y (2) una función de utilidad sobre ese espacio. En su Experimento 2 había dos condiciones de entrenamiento. Para una de las condiciones la función de utilidad era más alta encima del punto del espacio que representa la forma óptica de la pista y en la otra condición encima del punto que representa el ángulo H relativo. Los participantes se movieron hacia la variable que era de mayor utilidad en las condiciones de su entrenamiento. Estos resultados indican que manipulando una función de utilidad se puede manipular el proceso de aprendizaje.

Un segundo ejemplo es el Experimento 2 de Jacobs et al. (2009), sobre el tacto dinámico. Este experimento incluía dos grupos experimentales, uno de los cuales practicaba con una función de utilidad más inclinada. Ese grupo mostraba más movimiento a través del espacio informacional que el grupo de comparación, lo que es consistente con las predicciones de la teoría del aprendizaje por función potencial. No tenemos constancia de estudios en el ámbito del deporte que usen este tipo de análisis y este tipo de metodología. Sin embargo, los estudios sobre la variabilidad en las condiciones de entrenamiento se pueden interpretar usando los conceptos introducidos en la presente sección. Estos estudios y su relación con el presente trabajo se considerarán en la Sección 5.2.

5. Fuera de juego, variabilidad y métodos adaptativos

Esta última sección del artículo considera una temática más variada que las otras secciones. En primer lugar, indicaremos con un ejemplo adicional que el uso de variables no específicas es una fuente de error en tareas con importancia para el deporte, lo que refuerza las evidencias de que la metodología aquí presentada puede traer avances para las ciencias del deporte. En segundo lugar, relacionaremos la teoría descrita en el presente trabajo con los trabajos acerca de la variabilidad en las condiciones de entrenamiento. En tercer lugar, haremos una mención sobre las aportaciones del presente trabajo al diseño de métodos de entrenamiento adaptativos.

5.1. El uso de variables no específicas y estimaciones de fuera de juego

Como apuntamos anteriormente, la teoría de la educación de la atención considera que el ajuste a variables informacionales que especifican propiedades del medio en unas determinadas condiciones de entrenamiento es un fenómeno que se da a partir de la práctica. La riqueza del entorno hace que estén a disposición de los observadores un conjunto amplio de posibles variables informacionales, que no necesariamente especifican la propiedad relevante que se necesita para una ejecución ajustada. Evidentemente, cuanto más frecuente sea el uso de variables no específicas en tareas deportivas, y cuanto más importante sean los errores debidos al uso de tales variables, más relevantes serán los intentos de facilitar la educación de la atención. La hipótesis del uso de variables no específicas ha sido comprobada en diversos trabajos que permiten su generalización a ámbitos del entrenamiento.





Un ejemplo es el trabajo de Oudejans et al. (2000; cf. Beek et al., 2003; Gómez y Botella, 2005). Este trabajo demostró cómo las estimaciones de fuera de juego realizadas por expertos jueces de línea en fútbol están sometidas a errores sistemáticos que no vienen dados por la rapidez en el cambio de la mirada desde el pasador al receptor, como habitualmente son concebidos estos errores, sino por el hecho de que los jueces de línea suelen situarse más cerca de la línea de la portería que el último defensor. Este último hecho causa que la posición retinal de los atacantes respecto a los defensores, variable que según Oudejans et al. (2000) es usada por los jueces de línea, no es específica al fuera de juego. Si se usa la posición retinal de los jugadores, entonces los atacantes situados lateralmente en el lado contrario al juez de línea pueden ser vistos en fuera de juego erróneamente, mientras que los atacantes situados lateralmente más cerca del juez de línea que el defensor pueden ser percibidos erróneamente como en posición legal en el momento del centro. Oudejans et al. (2000) demostraron que este tipo de fallos son comunes, lo cual es consistente con la hipótesis que los jueces de línea basan sus estimaciones en la posición relativa en la retina de los jugadores.

En resumen, Oudejans et al. (2000) mostraron que ciertas ejecuciones se basan en la utilización de una variable informacional que no especifica la ejecución óptima. Esto no significa que sea inútil en su uso, sino que mantiene una correlación intermedia o, si se quiere, una ejecución media de la tarea. Oudejans et al. (2000) observaron 40 errores de las 200 situaciones de fuera de juego que estudiaron.

El uso de la posición retiniana dará lugar a más errores cuanto más distancia lateral haya entre atacantes y defensores. Usando

esta observación, u otras técnicas para manipular la utilidad de las variables, se podría entrenar a los jueces de línea en situaciones en las cuales el uso de la posición relativa de los jugadores en la retina da lugar a más o menos errores. La metodología descrita en el presente artículo predice que este tipo de manipulaciones tendrán un efecto sobre el rendimiento de los jueces después del entrenamiento. En la siguiente sección relacionaremos estas técnicas con el concepto de variabilidad.

5.2. Variabilidad en las condiciones de entrenamiento

En los últimos años, la investigación en entrenamiento deportivo está contemplando la introducción de condiciones variables en el entrenamiento como una forma de inducir la mejora en los mismos (Schöllhorn et al., 2006). Sin embargo, hasta el momento han sido pocos los casos en que la introducción de esa variabilidad está sujeta a restricciones en función de los objetivos de aprendizaje en el entrenamiento, de forma que en la mayor parte de los casos las variaciones son introducidas sin criterios explícitos sobre su rango u otras características. ¿Por qué la variabilidad afecta el entrenamiento? ¿Qué tipo de variabilidad es útil y qué tipo de variabilidad no lo es? La teoría descrita en el presente artículo permite plantear criterios objetivos para responder a estas preguntas (cf. Huet et al., en prensa).

En este sentido, una primera observación relevante es que la introducción de variabilidad en las condiciones de entrenamiento afecta la utilidad y la variabilidad de las variables informacionales disponibles al observador. Usando el ejemplo de τ expuesto en la Sección 2, si los objetos que se nos acercan tienen siempre el mismo tamaño y la misma velocidad, entonces tanto la variable τ como la variable θ son específicas al tiempo de





Ibañez-Gijón, J., Travieso, D. y Jacobs, D. M.

El enfoque neogibsoniano como marco conceptual ...

contacto. Sin embargo, si se introduce variabilidad en el tamaño real de los objetos, entonces la variable θ pierde su especificidad, y con ello parte de su utilidad, mientras la especificidad de la variable τ se mantiene.

En la Sección 3.2 hemos visto que la utilidad relativa de las variables informacionales disponibles afecta al proceso de aprendizaje. Por lo tanto, podemos formular la hipótesis de que la variabilidad afecta al aprendizaje a través de la utilidad de las variables. Esta hipótesis implica criterios sobre cómo ha de introducirse la variabilidad. Por ejemplo, se deduce de ella que la variabilidad debería ser tal que redujera la utilidad de aquellas variables informacionales que el entrenador quiere evitar que sean utilizadas. Si, al contrario, la variabilidad reduce la utilidad de aquellas variables informacionales cuyo uso quiere promover el entrenador, ésta tendrá un efecto negativo. Si la especificidad de una variable informacional está garantizada por constricciones globales, que no son fáciles de violar, entonces es poco probable que la variabilidad reduzca su utilidad. Aquellas variables informacionales cuya especificidad está garantizada en un rango amplio de condiciones se les suelen denominar “invariantes” (Gibson, 1979).

Se pueden derivar hipótesis más precisas del aprendizaje si lo explicamos por medio de una función de utilidad. Según esta teoría, la variabilidad afecta al aprendizaje en la medida en que afecta a la función de utilidad. En Huet et al. (en prensa) se encuentra un ejemplo de cómo la variabilidad afecta a la función de utilidad y, posiblemente como consecuencia, al aprendizaje. La variabilidad será beneficiosa si maximiza la inclinación de la función de utilidad. En resumen, cuanto más se sepa sobre el espacio informacional de una tarea dada, y sobre cuál es la función de utilidad, mejores serán las predicciones de

los efectos de la variabilidad sobre el entrenamiento. Del mismo modo, algunos de los estudios que demuestran un efecto beneficioso de la variabilidad se pueden interpretar como apoyo experimental para la teoría expuesta en este artículo.

5.3. Métodos adaptativos

De lo tratado hasta este punto podemos deducir que la rapidez del proceso de educación de la atención depende de las circunstancias del entrenamiento. En la Sección 3.2 hemos visto evidencia de que dicho proceso se produce más rápido si se reduce la utilidad de la variable no específica inicialmente usada. Ahora bien, la ejecución inicial de diferentes participantes se ajusta a diferentes variables informacionales (e.g., Jacobs et al., 2001), lo que significa que para obtener un entrenamiento eficiente, se tiene que reducir la utilidad de diferentes variables informacionales para diferentes participantes. Además, como los participantes cambian en el uso de variables informacionales durante el entrenamiento, lo anterior implica que lo más eficaz podría ser un entrenamiento adaptativo, en el cuál se analiza *online* qué variable informacional usa un observador para adaptar las condiciones de entrenamiento a ello de manera continua. Obsérvese que este tipo de entrenamiento requiere poder analizar qué variables son usadas y poder adaptar las condiciones durante el entrenamiento. Por ello, tal entrenamiento será factible sobre todo para entrenamientos controlados por ordenador en entornos de realidad virtual.

6. Conclusiones

El objetivo del presente trabajo es describir nuestra visión del enfoque neogibsoniano e indicar las implicaciones del enfoque para el diseño de programas de





entrenamiento. El punto de partida del enfoque neogibsoniano (y de otros enfoques ecológicos) es el reconocimiento de la riqueza de la información en el nicho ecológico. Con este reconocimiento, el aprendizaje se ve como un proceso de aprender a usar la información ya disponible, y no como un proceso de aprender a enriquecer estímulos empobrecidos que son necesariamente ambiguos. De ahí se derivan tres procesos de aprendizaje: la educación de la intención, la educación de la atención, y la calibración. De estos tres procesos, el presente trabajo se ha centrado en la educación de la atención. Este proceso se ha descrito como un movimiento continuo en un espacio informacional y se han considerado dos maneras de entender estos movimientos: el aprendizaje por función

potencial y el aprendizaje directo.

La aportación principal del enfoque neogibsoniano al ámbito del estudio del deporte reside en su capacidad de describir las variables informacionales disponibles para determinadas tareas y, asociado a ello, la metodología para determinar el uso de tales variables. En segundo lugar, comparando las variables que se usan antes y después de un entrenamiento, o durante un entrenamiento, esta misma metodología permite mejorar nuestro conocimiento de la parte del aprendizaje que se denomina la educación de la atención. En tercer lugar, tal y como hemos visto en las Secciones 3.2 y 4.3, un conocimiento del proceso de la educación de la atención permite diseñar las condiciones de entrenamiento que facilitan la mejora en el rendimiento deportivo.

EL ENFOQUE NEOGIBSONIANO COMO MARCO CONCEPTUAL Y METODOLOGICO PARA EL DISEÑO DE PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje perceptivo-motor, Aprendizaje directo, Programas de entrenamiento, Variabilidad.

RESUMEN: Según el enfoque neogibsoniano, el aprendizaje perceptivo y perceptivo-motor es un proceso que consiste en mejorar la detección y el uso de la abundante información que existe en el ambiente. Ésta afirmación es el punto de partida de un marco conceptual y metodológico para el análisis del aprendizaje que incluye los conceptos de educación de la atención y calibración y, más recientemente, las nociones de espacio informacional, del aprendizaje por función potencial y del aprendizaje directo. En este artículo se introduce el enfoque neogibsoniano y se describen las implicaciones de dicho enfoque en el diseño de programas de entrenamiento. En particular, se plantea una explicación de por qué la introducción de variabilidad en el entrenamiento facilita la mejora en el rendimiento deportivo, y propuestas concretas de cómo ha de introducirse tal variabilidad para que sea beneficiosa.

A PERSPECTIVA NEOGIBSONIANA COMO MARCO CONCEPTUAL E METODOLOGICO PARA O DESENHO DE PROGRAMAS DE TREINO DESPORTIVO

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem perceptivo-motora, Aprendizagem directa, Programas de treino, Variabilidade.

RESUMO: A abordagem neogibsoniana defende que os processos de aprendizagem perceptivo e perceptivo-motora consistem em melhorar a deteção e o uso da informação abundante que existe no ambiente da tarefa. Esta afirmação é o ponto de partida para um enquadramento conceptual e metodológico usado para a análise da aprendizagem. O enquadramento conceptual inclui os conceitos de educação da atenção e calibração e, mais recentemente, os de aprendizagem directa e baseada em função potencial. O presente artigo introduz a abordagem neogibsoniana e descreve as implicações dessa abordagem para o design de programas de treino. Em particular, o artigo apresenta uma explicação para os efeitos benéficos da variabilidade nos métodos práticos, e considera a forma pela qual a variabilidade deve ser introduzida de modo a que produza efeitos benéficos.





Referencias

- Abernethy, B., Neal, R.J. y Koning, P. (1994). Visual-perceptual and cognitive differences between expert, intermediate, and novice snooker players. *Applied Cognitive Psychology*, 8, 185-211.
- Araújo, D. y Davids, K. (2009). Ecological approaches to cognition and action in sport and exercise: Ask not only what you do, but where you do it. *International Journal of Sport Psychology*, 20, 5-37.
- Araújo, D., Davids, K. y Hristovski, K. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7, 653-676.
- Araújo, D., Davids, K. W., Chow, J.Y., Passos, P. y Raab, M. (2009). The development of decision making skill in sport: An ecological dynamics perspective. En D. Araújo y H. Ripoll (Eds.), *Perspectives on Cognition and Action in Sport* (pp. 157-169). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, Inc.
- Beek, P. J. (2009). Ecological approaches to sport psychology: Prospects and challenges. *International Journal of Sport Psychology*, 40, 144-151.
- Beek, P. J., Jacobs, D. M., Daffertshofer, A. y Huys, R. (2003). Expert performance in sport: Views from the joint perspectives of ecological psychology and dynamical systems theory. En J. Starkes y K. Ericsson (Eds.), *Expert performance in sports: Advances in research on sport expertise*, (pp. 321-344). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Bootsma R. J. y Craig C. M. (2002). Global and local contributions to the optical specification of time to contact: observer sensitivity to composite tau. *Perception*, 31, 901-924.
- Cañal-Bruland, R., van der Kamp, J., Arkesteijn, M., Janssen, R.G., van Kesteren, J. y Savelsbergh, G.J.P. (2010). Visual search behaviour in skilled field-hockey goalkeepers. *International Journal of Sport Psychology*, 41, 327-339.
- Craig, C. M., Berton, E., Rao, G., Fernandez, L. y Bootsma, R. J. (2006). Judging where a ball will go: The case of curved free kicks in football. *Naturwissenschaften*, 93, 97-101.
- Fajen, B. R. y Devaney, M. C. (2006). Learning to control collisions: The role of perceptual attunement and action boundaries. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 300-313.
- Fajen, B. R., Riley, M. A. y Turvey, M. T. (2009). Information, affordances, and the control of action in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 40, 79-107.
- Fodor, J. A. y Pylyshyn, Z. W. (1981). How direct is visual perception? Some reflections on Gibson's "ecological approach". *Cognition*, 9, 136-196.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Gómez, M. y Botella, J. (2005). El papel del feedback y la experiencia en la apreciación del "Fuera de Juego" en fútbol. *Revista de Psicología del Deporte*, 14, 57-76.
- Huet, M., Jacobs, D.M., Camachon, C., Missenard, O., Gray, R. y Montagne, G. (en prensa). The education of attention as explanation of variability-of-practice effects: Learning the final approach phase in a flight simulator. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*.
- Huys, R., Smeeton, N. J., Hodges, N. J., Beek, P. J. y Williams, A. M. (2008). On the dynamic information underlying visual anticipation skill. *Perception and Psychophysics*, 70, 1217-1234.





- Jacobs, D. M. y Díaz, A. (2010). Judgements of time to contact are affected by rate of appearance of visible texture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *63*, 1041-1048.
- Jacobs, D. M., Ibañez-Gijón, J., Díaz, A. y Travieso, D. (2011). On potential-based and direct movements in information spaces. *Ecological Psychology*, *23*, 123-145.
- Jacobs, D.M. y Michaels, C. F. (2002). On the apparent paradox of learning and realism. *Ecological Psychology*, *14*, 127-139.
- Jacobs, D. M. y Michaels, C. F. (2006). Lateral interception I: operative optical variables, attunement, and calibration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *32*, 443-458.
- Jacobs, D. M. y Michaels, C. F. (2007). Direct Learning. *Ecological Psychology*, *19*, 321-349.
- Jacobs, D. M., Runeson, S. y Michaels, C. F. (2001). Learning to perceive the relative mass of colliding balls in globally and locally constrained task ecologies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27*, 1019-1038.
- Jacobs, D. M., Silva, P. L. y Calvo, J. (2009). An empirical illustration and formalization of the theory of direct learning: The muscle-based perception of kinetic properties. *Ecological Psychology*, *21*, 245-289.
- Lee, D. y Reddish, P. E. (1981). Plummeting gannets: A paradigm of ecological optics. *Nature*, *293*, 293-294.
- Lopes, J. E., Araújo, D., Peres, R., Davids, K. y Barreiros, J. (2008). The dynamics of decision making in penalty kick situations in association football. *The Open Sports Sciences Journal*, *1*, 24-30.
- Michaels, C. F., Arzamarski, R., Isenhower, R. W. y Jacobs, D. M. (2008). Direct learning in dynamic touch. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *34*, 944-957.
- Michaels, C. F. y de Vries, M. M. (1998). Higher order and lower order variables in the visual perception of relative pulling force. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 526-546.
- Michaels, C. F. y Isenhower, R. W. (2011). Information space is action space: Perceiving the partial lengths of rods rotated on an axle. *Attention, Perception and Psychophysics*, *73*, 160-171.
- Montagne, G. (2005). Prospective control in sport. *International Journal of Sport Psychology*, *36*, 127-150.
- Müller, S. y Abernethy, B. (2006). Batting with occluded vision: An in situ examination of the information pick-up and interceptive skills of high- and low-skilled cricket batsmen. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *9*, 446-458.
- Oudejans, R. D., Verheijen, R., Bakker, F. C., Gerrits, J. C., Steinbrückner, M. y Beek, P. J. (2000). Errors in judging 'offside' in football. *Nature*, *404*, 33.
- O'Regan, J. K. y Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*, 939-973.
- Runeson, S. (1977). On the possibility of "smart" perceptual mechanisms. *Scandinavian Journal of Psychology*, *18*, 172-179.
- Runeson, S. (1988). The distorted room illusion, equivalent configurations, and the specificity of static optic arrays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *14*, 295-304.
- Saxberg, B.V.H. (1987). Projected free fall trajectories. I. Theory and simulation. *Biological Cybernetics*, *56*, 159-175.





- Schöllhorn, W., Beckmann, H., Michelbrink, M., Trockel, M., Sechelmann, M. y Davids, K. (2006). Does noise provide a basis for unifying different motor learning theories? *International Journal of Sport Psychology*, 2, 34-42.
- Shaw, R. E., Turvey, M. T. y Mace, W. M. (1982). Ecological psychology: The consequence of a commitment to realism. En W. Weimer y D. Palermo (Eds.), *Cognition and the Symbolic Processes II* (pp. 159-226). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Travieso, D. (2002). Desarrollos contemporáneos en la psicología del tacto. *Psicothema*, 14, 167-173.
- Travieso, D. y Jacobs, D. M. (2009). The ecological level of analysis: Can Neogibsonian principles be applied beyond perception and action? *Integrative Psychological and Behavioral Science*, 43, 393-405.
- Turvey, M. T. (1996). Dynamic touch. *American Psychologist*, 51, 1134-1152.
- Turvey, M. T., Shaw, R. E., Reed, E. S. y Mace, W. M. (1981). Ecological laws of perceiving and acting: In reply to Fodor and Pylyshyn (1981). *Cognition*, 9, 237-304.
- Ward, P., Williams, A. M. y Bennett, S. J. (2002). Visual search and biological motion perception in tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73, 107-112.
- Withagen, R. y van Wermeskerken, M. (2009). Individual differences in learning to perceive length by dynamic touch: Evidence for variation in perceptual learning capacities. *Attention, Perception and Psychophysics*, 71, 64-75.
- Zaal, F.T.J.M. y Michaels, C. F. (2003). The information for catching fly balls: Judging and intercepting virtual balls in a CAVE. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 537-555.

