



FACULTAD DE CIENCIAS  
DE LA EDUCACIÓN

## **FUNDAMENTOS NEUROFISIOLÓGICOS**

### **DEL APRENDIZAJE**

#### **TRABAJO FIN DE GRADO**

Alumno:

**José Ramón Moro Chacón**

Tutor:

**Dr. Pablo García-Junco Clemente**

Departamento de Fisiología Médica y Biofísica

## INDICE

1- Introducción	4
1.1 Deporte y Tiempo de Reacción	4
1.2 Concepto de Anticipación	6
1.3 Anticipación y Tiempo de Reacción	6
1.4 Anticipación y Control Motor	8
1.5 Tipos de Anticipación	10
2- Objetivos	12
3- Materiales y método	12
4- Resultados y discusión	13
4.1 Información relevante. Percepción, visión central y periférica	13
4.2 Corrientes ventral y dorsal. Relación con la visión	17
4.3 AON y técnicas de evaluación y entrenamiento	21
4.4 Sistema entérico. Posible importancia en procesos cognitivos	24
5- Conclusión	25
6- Referencias	27

## **Resumen**

Con el presente trabajo se pretende recoger información relevante de la bibliografía existente acerca del proceso de la anticipación en el deporte, contextualizando el uso de esta habilidad a través de la definición de los procesos perceptivos dominantes en el deporte, así como la importancia del sistema visual que nos permite la recogida de la información y cómo esta información viaja a nivel cerebral, recogiendo algunos estudios que evalúan el comportamiento perceptivo-visual y cortical de deportistas de alto rendimiento y noveles, estudiando las principales diferencias entre ellos. Se pretende por lo tanto sentar unas bases mínimas de qué es y cómo funciona la anticipación en el deporte desde un punto de vista neurofisiológico.

## **Palabras clave**

Anticipación, “Gaze behavior”, Visión Periférica, Action Observation Network (AON), Corrientes Dorsal y Ventral.

## **Acrónimos**

- AON (Action Observation Network): Red neuronal que indica aquellas zonas del cerebro activadas durante la observación de acciones.
- SNC (Sistema Nervioso Central): Subdivisión del Sistema Nervioso formado por el encéfalo y la médula espinal.
- TR (Tiempo de Reacción): Tiempo que pasa entre la presentación de un estímulo y el inicio de la respuesta. Se subdivide en TR Premotor y TR Motor.
- RR (Respuesta de Reacción): Hace referencia a la solución utilizada ante un estímulo en un tiempo determinado
- fMRI: Imagen por resonancia magnética funcional: técnica de carácter médico y de investigación que muestra las activaciones en determinadas áreas cerebrales.

# 1.INTRODUCCIÓN

## 1.1 Deporte y Tiempo de Reacción

Conseguir la excelencia deportiva es el reto de cualquier atleta, sea cual sea la modalidad en la que compita. Para llegar a ella, todo deportista debe sobreponerse a años y años de entrenamiento, no sólo físico, también se hace necesario el dominio de la técnica y táctica de su deporte. Pero ¿son estos tres elementos los únicos que justifican la consecución o no de dicha excelencia? ¿Podemos atender a otros factores que puedan ser o no introducidos dentro de alguno de los comentados y sean diferenciadores de un mayor o menor nivel dentro de un deporte en concreto?

Es evidente que para ser deportista de élite cualquier atleta debe conseguir un nivel físico adecuado, que surgirá no sólo de las horas en el gimnasio fortaleciendo su cuerpo, si no del trabajo específico y funcional en el que adapte su forma de andar, girar, saltar (moverse, en definitiva) a las características propias de la modalidad en la que desarrolle su carrera. Además de un buen nivel físico, todo jugador debe dominar los aspectos técnicos que definen su deporte (control, pase, tiros en fútbol, bote, recepción, lanzamientos en baloncesto, etc.) y saber utilizar cada recurso técnico eligiendo el momento adecuado y con inteligencia, lo que demostraría un buen rigor táctico.

Pero además de estos aspectos, existen otros procesos de percepción y decisión que forman parte del deporte, (sobre todo aquellas modalidades deportivas abiertas) y que son necesarios para conseguir una gran respuesta ante determinados estímulos. En este sentido, Riera (2005) establece cinco habilidades que todo deportista debe adquirir. Estas son: básicas, técnicas, tácticas, estratégicas e interpretativas. Estas dos últimas (sobre todo las interpretativas) hacen referencia a un proceso perceptivo-cognitivo a partir del cual realizaremos la toma de decisiones (Poveda y Benítez, 2010) para así poner de manifiesto nuestras habilidades técnicas o tácticas. Para Oliver y Sosa (1998) cobra importancia la mezcla de la técnica y la táctica o, como ellos denominan, técnico-táctica, proceso de carácter cognitivo por el cual el deportista sabe decidir el momento correcto para realizar una determinada acción y a partir del cual se expresarán las mejores o peores habilidades perceptivo-motrices del deportista, ya que tendrá importancia no sólo qué decisión tomamos, sino cómo y cuándo responderemos ante un determinado estímulo.

En este mismo sentido, Hernández, Oña y Ureña destacan tres medios importantes para el desarrollo correcto de la acción, diferenciando *percepción*: "*proceso inferencial*

*en el que los objetos percibidos no dependen sólo de los objetos externos, sino también de cómo organiza nuestro sistema cognitivo la estimulación que impresiona los órganos sensoriales”* Oña et al. (1999), citado de Hernández, Oña y Ureña (2006), siendo en este proceso importante no sólo la información del entorno, si no también la del propio interior del sujeto y como este las relaciona.

El segundo proceso que destacan estos autores es la *toma de decisiones*, a partir del cual decidimos qué respuesta desarrollaremos ante un determinado estímulo. Por último, encontramos la *ejecución*, según la cual la respuesta es organizada, iniciada y controlada (Abernethy, 1996) (citado por Hernández, Oña y Ureña, 2006).

Observamos pues que existen numerosos procesos de carácter cognitivo que son determinantes a la hora de conseguir buenos resultados en deporte, y que atienden a cómo seleccionamos la información del exterior, como la relacionamos y decidimos responder ante ella. Para reflexionar sobre ello introduciremos el término de *respuesta de reacción*, ya comentado por Tudela y Roca en 1981 y 1983 respectivamente (citado por Moreno, Oña y Martínez, 1998)

La Respuesta de Reacción hace referencia a aquellas respuestas ante distintos estímulos que suceden en un determinado periodo de tiempo. La RR está dividida en dos partes: Tiempo de Reacción, relativo al tiempo que pasa desde que sucede el estímulo hasta que comienza la segunda parte, el Tiempo de Movimiento. Este último concierne al movimiento en sí, y es el que podemos observar a simple vista.

A su vez, podemos encontrar una fase anterior al Tiempo de Reacción, denominada preperiodo, dónde todavía no se ha presentado el estímulo, pero se sabe que ocurrirá en los próximos segundos (Intervalo entre el “preparados” y el pistoletazo de salida en natación, por ejemplo)

El Tiempo de Reacción puede ser dividido también en dos partes: Tiempo de Reacción Premotor (intervalo entre la aparición del estímulo y primera contracción muscular) y Tiempo de Reacción Motor, el cual observamos (Moreno, Oña y Martínez, 1998).

## **1.2 Concepto de Anticipación.**

Pero, en muchos deportes existen acciones donde la duración es tan corta que atender únicamente a estos factores para responder si puede existir una correcta respuesta motriz o no se antoja más complicado. Así, acciones como un rebote tras un tiro libre en baloncesto, una parada tras un lanzamiento en balonmano o, incluso el resto tras un saque en tenis son acciones donde el tiempo para reaccionar es realmente muy restringido. En acciones como estas, los deportistas apenas tienen tiempo para procesar la información y reaccionar de la mejor forma posible y puede ser necesario que el sujeto actúe antes de que el estímulo aparezca, anticipándolo o intuyendo qué es lo que puede ocurrir, y realizar su acción en función de esta “acción intuitiva”. Es en estas acciones donde la habilidad de anticipación cobrará gran importancia.

Para aproximarnos con exactitud al término de anticipación debemos atender a la definición de algunos autores. Así, Sánchez (1992) la define como *“la acción propia originada de una interpretación perceptiva correcta de los estímulos ocasionados en el entorno antes de que el resultado de estos se materialice (p. 66).”* (citado por Moreno, Oña y Martínez, 1998). Oña, un año después la redefine como *“la capacidad de predecir comportamientos futuros relativos a la percepción de trayectorias, así como la sincronización con el movimiento de uno o varios miembros corporales para considerarlos en un momento temporal”*. Otros autores son aún más específicos y restrictivos a la hora de definir la habilidad, definiéndola como *“la habilidad de crear una respuesta motora que coincide con la llegada de un objeto en un punto determinado en el tiempo y el espacio”* (Ripoll y Latiri, 1997). Por otro lado, Houlston y Lowes (1993) utilizan una definición más genérica que puede abarcar una mayor cantidad de estímulos y respuestas, y la definen como *“el proceso por el que los deportistas utilizan avances informativos para coordinar su consiguiente comportamiento”* (citado por Hernández, Oña y Ureña, 2006).

## **1.3 Anticipación y Tiempo de Reacción**

De estas definiciones podemos extraer, principalmente, que la anticipación atiende a un proceso en el cual las respuestas son generadas antes de que el estímulo aparezca. Podemos expresar pues, que las situaciones en las que se necesite de la habilidad anticipatoria para conseguir una respuesta correcta serán aquellas en las que el

Tiempo de Reacción sea tan corto que impida un procesamiento más sosegado. ¿Podemos pensar entonces que el proceso anticipatorio se dará en aquellas acciones en las que el TR sea nulo, debido a que la respuesta coincide en el tiempo con el estímulo percibido? Roca, Pérez y Cruz (1995) afirman:

*Cuando existe una constancia entre la presentación de un estímulo que actúa de señal de alerta y la presentación del estímulo al cual el sujeto debe responder, el TR se reduce hasta hacer coincidir el inicio de la respuesta con el inicio del estímulo. Esto significa decir que el TR es igual a cero, cosa inexplicable biológicamente. El concepto de “anticipación” viene a describir precisamente ese hecho de que una respuesta se dé no con una latencia respecto de un estímulo, sino coincidiendo con su presentación, admitiéndose también el responder con antelación o un ligero retraso. (p. 60 y 61).*

Para Sage (1977), por otro lado, el Tiempo de Reacción más corto ronda los 170 ms. (citado por Soto Rey, 2016, p.44). ¿Serán pues aquellas respuestas con un TR menor a dicha cifra las resultantes de un proceso basado en la anticipación?

En este sentido, Ato (1984, p. 210) aborda el TR dividiéndolo en tres partes diferenciadas; La primera, el “tiempo sensorial”, correspondiente a la duración en captar el estímulo a través del Sistema Nervioso Periférico. La segunda parte del TR, el “tiempo neuro cerebral”, hace referencia a como el estímulo va hacia el Sistema Nervioso Central, es procesado y se elabora la respuesta correspondiente. Por último, nos encontramos con el “tiempo muscular”, en el cual se produce la primera contracción muscular anterior a la realización del movimiento concreto como respuesta (citado de Pinillos y González, 2011). Esta última parte (tiempo muscular), haría referencia a lo que anteriormente hemos denominado como Tiempo de Reacción Premotor.

Considerando estas tres subdivisiones del TR, podemos afirmar que tanto el tiempo muscular como el neuro-cerebral pueden ser entrenados de una forma u otra. Mejorando nuestra capacidad física para reducir el primero, así como entrenando, por ejemplo, mediante la repetición de acciones, para conseguir minimizar el tiempo en el que decidimos la respuesta. Es el primero de estos tiempos el que será sustituido por la anticipación, mediante un proceso en el que intuimos el estímulo antes de que este sea presentado.

Atendiendo a estas afirmaciones, podemos concluir que la anticipación es un proceso distinto del TR. Los deportistas utilizarán, por lo tanto, la habilidad anticipatoria

para intentar reducir el TR al mínimo, teniendo lugar, según hemos mencionado anteriormente, siempre y cuando el TR sea inferior a 170 ms. Ambos podrán coincidir en el tiempo en ocasiones, anulando por lo tanto el TR (anticipación perfecta, ya que coincidiría la presentación del estímulo principal con la respuesta) o incluso podrá adelantarse a la presentación del estímulo, algo que podrá acarrear una respuesta anterior al estímulo, pudiendo ocasionar un error deportivo. El correcto proceso dependerá de la capacidad, experiencia, pericia y/o intuición que tenga el deportista en concreto.

#### **1.4 Anticipación y control motor**

Pero ¿cómo podemos entender el proceso de anticipación desde un punto de vista mental? ¿Cómo actúa nuestro Sistema Nervioso a la hora de predecir qué va a ocurrir y determinar una respuesta antes de que ocurra? Estas preguntas todavía siguen generando numerosas teorías que intentan aclarar el proceso y, aunque discutiremos más profundamente sobre ello más adelante, vamos a intentar establecer una base al respecto.

Como hemos mencionado anteriormente, la anticipación tiene lugar en acciones en las que la velocidad de respuesta (TR) debe ser casi inmediato debido a que la velocidad a la que se presenta el estímulo es muy elevada.

Desde el punto de vista de cómo controlamos nuestro propio movimiento (Control Motor), podemos encontrar dos formas de actuación en función de la velocidad de movimiento. Cuando realizamos una acción de forma pausada, podemos evaluar, al mismo tiempo en que la realizamos, dicha acción. Decidiremos entonces si estamos actuando correctamente para corregir o no nuestro movimiento. Este sistema se conoce como Bucle Cerrado o sistema por retroalimentación o *feedback* (Fernández del Olmo, 2013, p. 15). La información necesaria para poder realizar este *feedback* puede ser recogida mediante sentidos como la vista (si es una acción que estamos viendo), auditivo (si, por ejemplo, estamos tocando una canción con un instrumento), mecanorreceptores del sentido del tacto si es una acción donde hay contacto, etc.

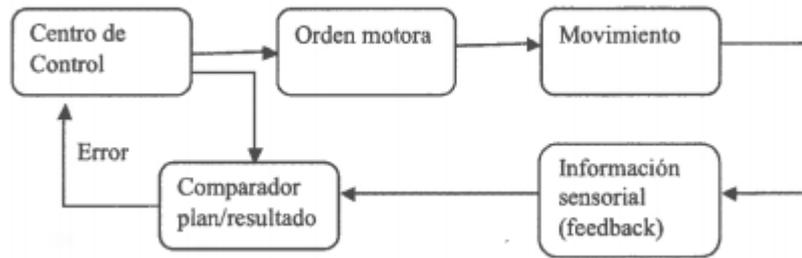


Ilustración 1 Esquema de Bucle cerrado. Si se tratara de un bucle abierto, no podríamos acceder a la información sensorial para recibir el feedback y comparar el resultado con el movimiento realizado. Extraído de una adaptación de Fernández del Olmo (2001) sobre el trabajo de Kandel et al. (2001).

Si, por lo contrario, la acción a ejecutar se realiza a una velocidad demasiado alta, no podremos acceder a la información para poder evaluar el resultado de dicha acción mientras es realizada. Es decir, todo dependerá de la información que tengamos anterior a que la acción comience o el estímulo sea presentado. En este sentido, Fernández del Olmo (2013) relaciona el termino de anticipación con el de planificación, la cual él define como:

*“el proceso de concebir organizar y programar la secuencia de acciones del movimiento seleccionado. Cuando planificamos, uno de los aspectos que tenemos en cuenta es el estimar cuál será el resultado de nuestra acción, o dicho de otro modo, anticiparnos a las consecuencias de nuestra acción.”* (p. 16)

Cuando todo el proceso dependa únicamente de esta planificación debido a la alta velocidad de ejecución, nos encontraremos ante un bucle abierto, control *feedforward* o control por anticipación. Si nos fijamos en la figura 1, en el control por anticipación “cortaríamos” la unión entre el movimiento y la información sensorial sobre este, no pudiendo realizar el “feedback” hasta ver los resultados de la acción.

Pero, a pesar de que son dos procesos distintos, ambos pueden ser compatibles y tener lugar durante una misma acción. Fernández del Olmo (2013) presenta en su libro sobre neurofisiología del ejercicio un ejemplo en el que, ante una recepción de una bola, previamente a agarrarla, utilizamos el bucle abierto o anticipación, intuyendo o estimando la velocidad de la bola, generando, en función de esta estimación, una contracción muscular previa al contacto con la bola. Una vez contactemos con la bola, corregiremos el posible error en la anticipación para recibir la bola correctamente mediante el control por retroalimentación o bucle cerrado.

Sin embargo, como ya hemos mencionado anteriormente, en el deporte existen acciones tan rápidas que el uso del control por anticipación está más presente. Observamos que muchos autores recurren a habilidades comunes de numerosos deportes como lanzamientos o recepciones para definir el proceso de anticipación en el deporte. Ello se debe a que es en este tipo de acciones dónde más presencia de la habilidad de anticipación podemos observar. Estos recursos técnicos o habilidades han sido también utilizadas como base para entrenar la anticipación, así como para encontrar diferencias entre distintos grupos a la hora de estudiar y evaluarla, como veremos más adelante, donde analizaremos distintas formas utilizadas en los últimos años que intentan potenciar la anticipación en diversas acciones de diferentes modalidades deportivas.

### **1.5 Tipos de Anticipación**

La anticipación, a su vez, puede ser examinada desde distintos puntos de vista, o dividida en función de varios factores (qué información recogemos, que duración creemos que va a tener una determinada acción, etc.). Poulton, en 1957 (citado por Abernethy, 1987) estableció tres tipos de anticipación:

La primera modalidad de anticipación la denominó *anticipación efectora*, y hace referencia a la estimación, por parte de quien realiza la acción, de la duración que -dicha acción- va a tener. Tendrá mayor o menor éxito cuanto más coincida el tiempo de ejecución con el estimado.

El segundo tipo de anticipación es la *anticipación receptora*, y consiste, como la efectora, en intuir el tiempo que va a conllevar una acción determinada, pero llevada a cabo por un oponente. Hace referencia también al tiempo que conlleva un proceso o acción (desarrollada por un agente externo) previo a la actuación del jugador (Moreno, Oña y Martínez, 1998). Es decir, si nos encontramos jugando un partido de tenis, la anticipación receptora tendrá lugar mientras estimamos la duración de la acción del rival (cuando llegará a golpear la bola, por ejemplo) y también al tiempo que tardará el móvil (la pelota) en llegar a nuestra posición o a la posición a la que deberemos desplazarnos.

Por último, nos encontramos con la *anticipación perceptiva*, la cual hace referencia al estudio de algunas “pautas” o “costumbres” en el rival que conlleven a unos resultados o acciones parecidas. Encontrar una regularidad en estas pautas podrá

favorecer la estimación, por parte del deportista, de los resultados ante las acciones del rival.

Schmidt (1988) establece también dos tipos de anticipación, diferenciando entre *anticipación temporal* (intuición del momento en el que se presentará el estímulo principal) y *anticipación espacial*, relacionada con la forma o tipo de estímulo, así como el lugar de aparición de este. Este último modelo está relacionado con la anticipación perceptiva, ya que se basa en aquello que sucede anteriormente a que el estímulo aparezca (Moreno, Oña y Martínez, 1998).

Hemos definido e introducido el término de anticipación, mostrando también los tipos o divisiones de esta habilidad existentes. Sabemos que se trata de un proceso en el que se decide la respuesta ante un estímulo con anterioridad a que se nos presente, debido a la rapidez a la que debemos actuar. Pero ¿qué información tenemos en cuenta a la hora de determinar la respuesta si no nos estamos basando en el estímulo como tal?

En este sentido, encontramos numerosos factores que influyen a la hora llevar a cabo una anticipación precisa. Loffing y Cañal-Bruland (2017) recogen diferentes formas de información que pueden ser utilizadas en el deporte para estimar determinadas acciones.

Encontramos información basada en el comportamiento cinemático de los deportistas, como fijando la atención a determinadas partes o segmentos del cuerpo que puede servir para vislumbrar, por ejemplo, la trayectoria de un lanzamiento antes de que suceda. En este contexto cobra gran importancia un término conocido como el “*gaze behaviour*”, que determina aquellos factores o comportamientos en los que el deportista se fija para realizar una anticipación exitosa.

Otro factor que indudablemente influye en esta habilidad es la experiencia del deportista, ya que el atleta estará más o menos familiarizado con las acciones propias de un determinado deporte en función de la cantidad de veces que haya competido en su modalidad.

Además, sabemos de un tipo de información que puede resultar de interés para ayudarnos a intuir las acciones de rivales o compañeros es la información contextual. Ésta no corresponde a información que observamos en los movimientos del rival antes de realizar la acción, más bien se corresponde con aspectos como el conocimiento del

deportista con respecto al contrario o un propio compañero, sabiendo, por ejemplo, sus preferencias a la hora de lanzar un penalti, así como el conocimiento estadístico del propio atleta. También pueden influir aspectos físicos del rival; En baloncesto, por ejemplo, un base no afrontará una defensa de la misma forma si tiene que defender a otro jugador exterior o si tiene que realizar la acción defensiva ante un pívot. (Loffing y Cañal-Bruland, 2017).

Podemos concluir que la anticipación, dependerá en gran parte, de la experiencia y la inteligencia que tenga el deportista, para saber qué factores son importantes a la hora de determinar las acciones de sus rivales y compañeros, consiguiendo obtener una ventaja en acciones en las que el tiempo de actuación es realmente limitado.

## **2. OBJETIVO**

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es reunir la información básica para intentar entender el proceso anticipatorio en el deporte desde un punto de vista integral, resumiendo cómo la información es captada por el sistema visual y cómo dicha información “viaja” por el sistema de nervioso y es procesada para conseguir generar una respuesta eficaz. A su vez se resumen algunos estudios basados en diferencias a nivel cerebral entre deportistas expertos y noveles a la hora de captar y procesar la información relevante para generar una respuesta anticipada y su consiguiente uso para técnicas que puedan servir como sistema de entrenamiento y evaluación del proceso anticipatorio en el mundo deportivo.

## **3. MATERIALES Y MÉTODO**

La metodología usada para la recogida de la información y posterior síntesis fue la búsqueda en revistas libros de textos y páginas científicas. Estas fueron: PubMed, Dialnet, Google Scholar, Revista de Psicología del Deporte, ERIC, PsycINFO o Sport Discuss entre otras. Las palabras claves utilizadas para la búsqueda fueron: Anticipation, sport, gaze behaviour, ventral and dorsal streams, AON.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Información relevante. Percepción, visión central y periférica

Como ya hemos mencionado en el punto anterior, una parte crucial durante el proceso de anticipación se basa en qué información utilizamos para intuir el gesto o acción de otro deportista, ya sea rival o un compañero. Pero ¿qué medios utilizamos para recoger esa información? ¿qué tácticas o medidas hay para mejorar en esa recogida de información? y, sobre todo, ¿cómo utilizamos dicha información?

La mayor o menor habilidad para anticipar los movimientos de otros deportistas está íntimamente relacionada con la capacidad de acceder a una determinada información antes de tiempo (Abreu et al., 2017), es decir, es crucial saber identificar unos factores que nos ayudarán a predecir qué va a hacer la persona en la que nos fijamos antes de que el estímulo sea presentado. Otros autores afirman que el éxito en la anticipación dependerá, en gran medida, de la capacidad de identificar unos determinados hábitos o rutinas en el rival (o compañeros) que nos ayuden a predecir su comportamiento y así anticiparnos a su acción (McMorris, 2004). Esta habilidad para captar dichas costumbres dependerá del conocimiento que tengamos del contrario o de nuestros propios compañeros, ya que será difícil evaluar estos comportamientos ante un rival la primera vez que nos enfrentamos a él o estudiamos su juego. Ambas afirmaciones, tanto la que se basa en la información contextual como la que se fundamenta en hábitos o rutinas, y que han sido introducidas anteriormente, han demostrado ser suficientemente fiables como para resultar determinantes a la hora de conseguir ventajas en deporte con respecto a otros deportistas (Muller et al., 2006) (citado de Abreu et al., 2017), siendo de gran utilidad para intuir las acciones de estos.

Sabiendo la importancia de las capacidades mencionadas para determinar y efectuar la respuesta motora antes de ver el estímulo ante el cual vamos a responder, resulta fácil intuir que el sistema visual cobrará gran importancia en el proceso de anticipación, ya que será el que nos ayude a determinar esos factores contextuales o costumbres ya mencionadas que ayudarán a una anticipación efectiva. La información visual captada y cómo actuemos ante ella atenderá a un proceso perceptivo. Cuando hablamos de percepción, nos referimos *“a uno de los procesos psicológicos básicos más importantes del ser humano, ya que le permite extraer información del medio y poder relacionarse*

*mejor con el contexto en el que se encuentra”* (Palmi, 2007). Podemos afirmar que la percepción es un proceso cognitivo a partir del cual recogemos una determinada información del entorno para, posteriormente entender cuáles de los datos o información recogida con los sentidos son susceptibles de tener una mayor o menor relevancia dependiendo del contexto en el que nos encontremos y poder utilizarlos en un suceso siguiente, la toma de decisiones. Estas decisiones que los deportistas deben tomar se basa, según Vickers (2007) (citado de Maldonado et al., 2012) en siete procesos cognitivos:

- **Anticipación:** la cual ya hemos definido y que se basa en la información que somos capaces de extraer antes de que el estímulo en sí se nos presente.
- **Atención:** la capacidad para elegir aquella información de la que observamos en el entorno para fijarnos con mayor agudeza.
- **Focalización y concentración:** parecida a la anterior, además de ser capaz de mantener la atención en unos determinados eventos y no despistarnos con otros de menor relevancia.
- **Patrón de reconocimiento:** también guarda relación con las anteriores, y se basa en como reconocemos unos determinados objetos y/o lugares mientras nos estamos moviendo por la zona de actuación.
- **Recuperación de la memoria:** Habilidad de reconocer las óptimas respuestas ante determinados estímulos en nuestra memoria, así como el tiempo que el atleta emplea en recordar qué soluciones usar en un contexto determinado.
- **Resolución de problemas:** Consiste en llevar a cabo una solución y hacerla real como respuesta ante un problema de mayor o menor complejidad.
- **Toma de decisiones:** Capacidad para decidir, entre unas posibles soluciones o respuestas, la mejor que convenga en un momento determinado.

Todos estos procesos están estrechamente relacionados si atendemos a qué información damos mayor importancia y cómo respondemos ante ella. Cuando nos encontremos ante un proceso anticipativo, también estarán presentes variables como la atención o la focalización en unos determinados aspectos, así como la posterior toma de decisiones, solo que tendrá que hacerse en un tiempo aún menor al normalizado, ya que actuaremos anteriormente a los resultados de las acciones del entorno.

En los procedimientos descritos anteriormente y, por tanto, en la anticipación, será fundamental un término citado en el primer punto, el “*gaze behaviour*”. Este comportamiento visual resulta de gran interés para identificar aquellos procesos o informaciones en los que se basan los deportistas a la hora de predecir una determinada acción. Se trata de evaluar el comportamiento de los rivales o compañeros en función de aquellas zonas de fijación que son más o menos determinantes a la hora de predecir el resultado de las acciones.

Existen numerosos estudios que han tratado de evaluar este proceso basado en el comportamiento visual en distintos deportes, no sólo tratando de encontrar comportamiento en cuanto a “puntos de fijación” o zonas clave en la que diferentes deportistas focalizan su atención, sino cómo lo hacen. Dicho de otra manera, es tan importante saber qué zonas son más relevantes para fijar la mirada tanto como el propio comportamiento de nuestra mirada. Atendiendo a esto último encontramos dos principales formas de uso de la mirada o visión: visión central y visión periférica. La primera de estas nos permite una agudeza máxima, pudiendo distinguir detalles en cuanto a color, forma, profundidad, etc. El problema de este tipo de visión es que únicamente ocupa unos 5 grados desde el punto central de nuestra visión. La segunda, la visión periférica nos permite abarcar una anchura total de 180 grados. De estos, hasta los 120° son abarcados de forma simultánea por ambos ojos. Esta zona del campo visual periférico es denominada campo binocular, ya que las imágenes del campo visual que abraza dicha zona son captadas por ambos ojos. Los 60° restantes (30 por cada lado y ojo) son localizados de forma individual por cada ojo. El ojo izquierdo, por lo tanto, se encargará de percibir los últimos 30° de visión periférica de la zona izquierda y, el derecho, hará lo propio con la zona derecha. Estas dos últimas zonas visuales delimitan el campo de visión monocular (Pinaud & Diez, 2016).

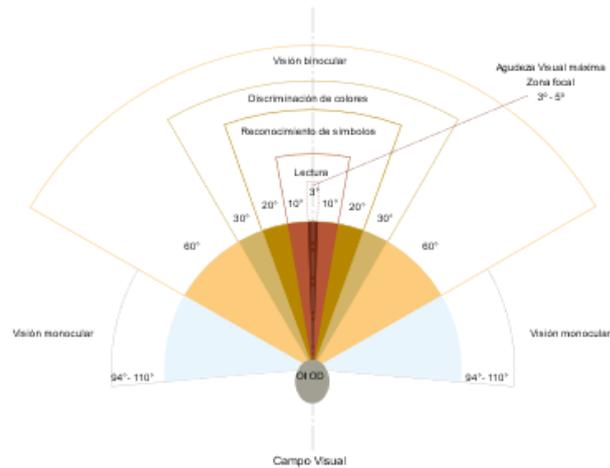


Ilustración 2: Campo visual: Capacidad visual en función del ángulo

Las imágenes captadas dentro de la visión binocular no obtienen una precisión tan detallista como la percibida por la visión central. Aun así, se consiguen buenas proyecciones en cuanto a profundidad, algo que puede resultar determinante en el mundo del deporte. Las zonas localizadas a partir de las medias lunas oculares (60° por cada lado) perderán cada vez más precisión en cuanto a profundidad y detalles.

El comportamiento visual durante la aparición de uno o varios estímulos se basa en cómo utilizamos la visión periférica para -encontrar- o identificar los objetos de interés y, tras ello, fijar nuestra visión central a través de la fovea para conseguir una mayor precisión de los objetos estimulantes (Trevarthen, 1968) (citado de Moreno et al., 2003). Como hemos mencionado anteriormente, las zonas u objetos en los que los jugadores centren su interés utilizando la visión central determinará en gran medida el resultado de sus respuestas pues *“es precisamente durante las fijaciones visuales, cuando los investigadores sugieren que los deportistas procesan la información del contexto deportivo.”* (Moreno et al. 2003).

Para estos y otros autores, la mayor efectividad o precisión en las técnicas visuales dependerán en mayor medida de las fijaciones visuales y, por tanto, de la visión central, ya que *“es durante las fijaciones visuales cuando se produce el proceso consciente de atención y por tanto el procesamiento de la información”* (Moreno et al. 2003).

Por otro lado, Pinaud y Diez, en su libro *“Percepción y creatividad en el proceso de aprendizaje del balonmano”* destacan que, a pesar de la importancia de la visión central

para detallar los objetos o procesos que actúan como estímulo, es fundamental el uso de la visión periférica que, no siempre tiene un carácter inconsciente y que puede ser determinante debido a que, a pesar de no tener la misma precisión de la visión central, no requiere de tanto tiempo para el procesamiento de la imagen. (Pinaud & Diez, 2016).

#### **4.2 Corrientes ventral y dorsal. Relación con la visión**

Si pensamos en un base que está subiendo el balón hacia el campo contrario, resulta una pérdida de tiempo fijar cada uno de sus rivales y compañeros mediante el uso de la visión central, ya que con el uso de la visión periférica podemos identificar fácilmente en la situación de los demás jugadores para posteriormente decidir a qué zona llevaremos el balón o que jugada realizaremos.

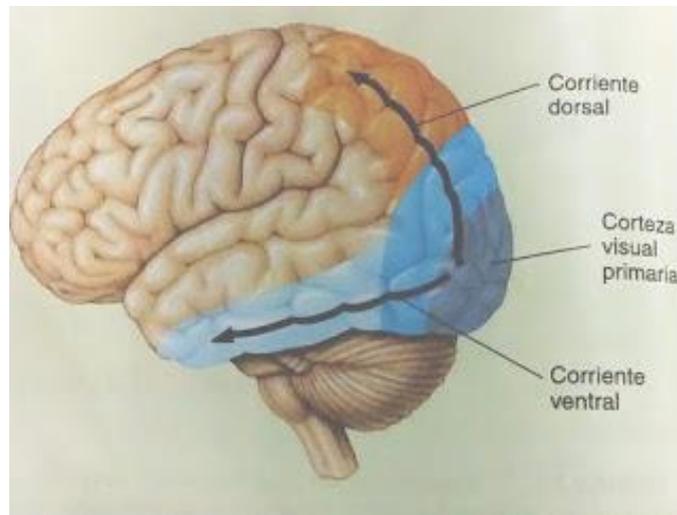
Pero en este tipo de acciones el tiempo de decisión no es tan restringido como en la anticipación. Si atendemos a, por ejemplo, un tenista que tiene que restar un saque a más de 200 km/h, ¿realmente puede ese tenista fijar su mirada en la pelota desde que es golpeada hasta que llega a su posición?

Aunque hemos aludido antes que la visión periférica no es siempre un proceso inconsciente, la mayoría de las veces atiende a un proceso en el que no somos consciente de “qué estamos viendo”. Si atendemos a un punto de vista anatómico y funcional, nos encontramos con dos sistemas o corrientes que nos ayudan a procesar la información visual que captamos. Nos referimos a la corriente ventral y dorsal. La primera consiste en un proceso consciente a partir del cual identificamos los objetos que nos servirán de estímulos (corriente “qué”). La segunda, atiende a un proceso inconsciente, y no se basa en qué observamos, sino en cómo actúa ese determinado objeto y cuál es su localización (corriente “dónde” o “cómo”). (Abreu et al., 2017).

Estos dos sistemas conforman lo que se conoce como la hipótesis de las dos corrientes, modelo de procesamiento neuronal. Esta teoría fue redactada por Goodale and Milner en 1992 con la intención de dar con un modelo que explicara el funcionamiento, desde un punto de vista neuronal, de los sistemas mencionados. La corriente ventral se origina en la corteza visual primaria (V1), pasando por otras subcapas de la corteza visual (V2 y V4) de manera secuencial, hasta llegar al lóbulo temporal inferior. La función de la corriente ventral es mediar la percepción consciente de los objetos (color, forma y

percepción de profundidad). La corriente dorsal se origina también en V1, en el lóbulo occipital. Comienza con funciones específicamente visuales antes de pasar gradualmente a la conciencia espacial en su terminación en el lóbulo parietal, esencial para la computación de las relaciones espaciales y el aprendizaje de tareas que involucran la coordinación del cuerpo en el espacio. Es decir, contiene un mapa detallado del campo visual, y a la vez se implica en detectar y analizar movimiento.

Lesiones de la vía central generan agnosia visual, al no poder reconocer los objetos y estímulos que se nos presentan, como por ejemplo la capacidad de reconocer las caras a nivel consciente. Una lesión en la vía dorsal generará una incapacidad para detectar el movimiento a nivel visual.



*Ilustración 3: Corriente Ventral y Dorsal. Extraído de Pinel John (2007, pag. 180)*

Si relacionamos esta teoría con los mecanismos de visión central y periférica, podemos ver como visión central y corriente ventral atienden a un proceso consciente y que, la visión periférica y la corriente dorsal son procesos inconscientes. Esta relación puede ser realmente importante a la hora de entender el funcionamiento neurológico detrás del proceso anticipatorio.

Muchos de los estudios que han sido desarrollados para explicar y evaluar la anticipación están basados en modelos conscientes de fijaciones, es decir, en cómo utilizamos nuestra visión central a través de la fovea para fijar aquellos objetivos que nos resultan determinantes para generar nuestra respuesta motora. Estas teorías se centran en la necesidad de un reconocimiento detallista de los objetos a la hora de procesar la información para generar las respuestas y han generado técnicas (como la de oclusión)

que se centran, principalmente, en el funcionamiento de la vertiente ventral, pues suponen que utilizamos nuestro comportamiento visual para fijar aquellos puntos de interés y reconocerlos al máximo. Pero la velocidad de los “procesos visuales ventrales” es más lenta al ser más detallista. Si pensamos en el ejemplo del tenista anterior, ¿Cómo actúa con tanta velocidad para saber la zona a la que irá la bola si ese supuesto procesamiento ventral requiere mayor tiempo? Algunos estudios que han utilizado pruebas de resonancia magnética funcional han comprobado que las imágenes captadas a través de la visión periférica han causado activaciones en la región central de la corteza visual en el lóbulo occipital. (Abreu et al., 2017). Esta zona corresponde con la zona de activación de la corriente ventral, es decir, las imágenes captadas a través de la visión periférica son procesadas, al menos de forma parcial, por las zonas del córtex correspondientes a la vertiente ventral que se activan con el uso de la visión central. Esta idea puede explicar la ventaja de los deportistas expertos, que consiguen una mayor rapidez en la toma de decisiones. ¿Es posible que sean capaces de, para captar los estímulos, utilizar la rapidez del proceso dorsal a través de la visión periférica y la exactitud conseguida con la visión central?

Resulta difícil pensar que el uso de la visión periférica no puede ser determinante a la hora de percibir los estímulos y poder adquirir una mayor ventaja competitiva. En este sentido, González y Casáis (2011) estudiaron las diferencias entre jugadores expertos y noveles de balonmano. El procedimiento usado consistió en una tarea dual, en la que los jugadores debían atender a una tarea principal en la que se mostraban números en una pantalla a la vez que debían percibir las acciones de jugadores colocados a su izquierda y derecha, a 8 metros y en distintas graduaciones desde los 160 a 180°. La pantalla con los números, por su parte, se encontraba enfrente del sujeto a 3 metros de distancia. A pesar de que este estudio no tenía en cuenta procesos cerebrales (ya que para ello se necesitan técnicas como fMRI), los resultados adquiridos, en cuanto a errores en tarea principal, secundaria y tiempo de reacción, eran mejores en los deportistas expertos (González & Casáis, 2011), por lo que se puede afirmar que las imágenes percibidas a través de la visión periférica también resultan importantes para un mejor rendimiento.

Aun así, existen todavía pocos estudios que intenten explicar un modelo o forma de actuación cerebral que relacione ambas corrientes. En este sentido, Friston and Kiebel (2009) propusieron uno modelo de organización neuronal y actividad cerebral estructurado jerárquicamente y que la mayor o menor complejidad de esa red estructural

puede explicar las ventajas conseguidas por deportistas expertos. (citado de Abreu et al., 2017).

Por otro lado, Van der Kamp et al. (2008), realizaron un estudio sobre la influencia de ambas corrientes (ventral y dorsal) en deportes con bolas como tenis, bádminton o críquet. En este trabajo los autores resaltan la importancia de la actuación y relación de las dos corrientes durante las acciones como ya hemos sugerido anteriormente.

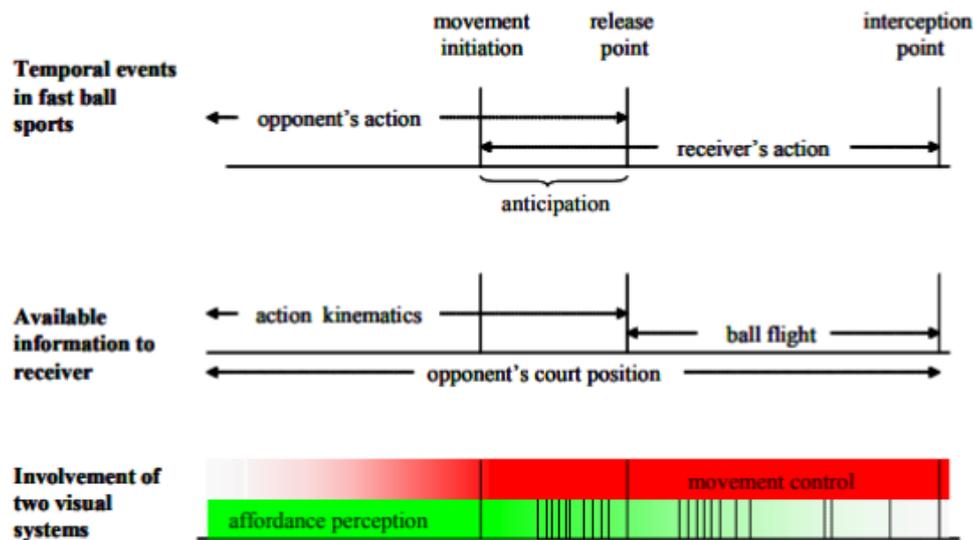


Ilustración 4: Relación entre corrientes ventral y dorsal en deportes de bola. Extraído de Van der Kamp et al. (2008).

Como observamos en la figura 3, ambas corrientes tienen una activación simultánea durante la anticipación, siendo la región ventral más importante antes de que esta ocurra (para así reconocer los movimientos o señales del rival). Por otro lado, la corriente dorsal cobra mayor importancia justo cuando empieza el proceso anticipatorio, ya que justo después de anticipar el movimiento de la bola esta corriente habilita el propio control de movimiento del jugador protagonista. La acción de respuesta comienza justo a la vez que anticipamos, ya que primero utilizamos la información de las “señales” del rival y, después el propio vuelo de la bola para responder. Este proceso puede ser útil para explicar la técnica de anticipación desde un punto de vista neurológico en deportes como los de raqueta, aunque puede perder efectividad en otros deportes como fútbol,

baloncesto, etc. en los que la incertidumbre es todavía mayor y la complejidad para anticipar movimientos o trayectorias aumenta debido al mayor número de rivales y la existencia de compañeros.

Además, no está clara la existencia de otros posibles “circuitos” o corrientes de información neuronal que puedan explicar esta complicada forma de procesamiento visual.

A pesar de ello, se hace difícil todavía un modelo completo y aceptado que explique este fenómeno, por lo que se hace necesario una mayor investigación al respecto que comprueben si las interrelaciones entre ambas corrientes pueden resultar ventajosas en el mundo del deporte, ya que los avances que resulten de estas futuras investigaciones pueden determinar nuevas formas de evaluar y entrenar el proceso anticipatorio, que hasta ahora no contempla la teoría planteada y se basa principalmente en el uso de la corriente ventral con técnicas como, por ejemplo, las de oclusión, que únicamente utiliza las fijaciones visuales para obtener los resultados.

### **4.3 AON y técnicas de evaluación y entrenamiento**

Cuando hablamos de comportamiento cerebral, o de zonas de activación del córtex, nos referimos a un proceso llamado “Action Observation Network” (AON). “*El AON abarca todas las zonas del cerebro activadas durante la mera observación de acciones*” (Balsler et al., 2014). El AON, por lo tanto, puede ser diferente respecto a unas personas y otras. Así, deportistas con mayor experiencia o pericia, podrán tener activaciones en regiones cerebrales diferentes comparado con deportistas de menor nivel o personas que no realicen el deporte o actividad en cuestión. El “Action Observation Network” es la base para entender cómo funciona el cerebro durante la observación de acciones. Por lo tanto, será crucial para explicar procesos como el anteriormente explicado de la hipótesis de las dos corrientes. El estudio de las zonas de activación cerebrales ha sido y es una de las técnicas esenciales para entender el proceso de anticipación desde un punto de vista neurológico.

Bajo este contexto, son numerosas las investigaciones al respecto. Así, Smith (2015) en una revisión de 15 estudios, comparó las diferencias entre expertos y novatos en aspectos del juego como tiros libres en baloncesto, recepciones en voleibol, restos en

tenis, etc. en los que se utilizaba técnicas de oclusión para posteriormente preguntar a los jugadores por las trayectorias. Las activaciones estudiadas en las zonas del córtex fueron muy amplias. En la corteza prefrontal medial, la zona que se encarga de ejecutar movimientos basados en la toma de decisiones, encontraron mayores activaciones en expertos que en novatos. Este dato resultó determinante para diferenciar a noveles de deportistas expertos, ya que, como ya se ha mencionado, la toma correcta de decisiones juega un papel fundamental en los procesos perceptivos y, este caso, está altamente influida por una correcta anticipación de las acciones de terceros.

Otras investigaciones han encontrado activaciones en el cerebelo durante la observación de acciones [Buccino et al., 2004; Gallagher and Frith, 2004; Gazzola and Keysers, 2009; Gazzola et al., 2007; Molenberghs et al., 2012; Pilgramm et al., 2010] (citado de Balsler et al., 2014). El cerebelo es una región del encéfalo encargada del control del movimiento, por lo que resulta muy interesante sus activaciones durante la observación de acciones. Esto puede deberse a que deportistas expertos, mientras visualizan videos de acciones de otros deportistas en su deporte, realizan dicha visualización como si se encontraran en una situación de juego real, simulando un estado mental parecido al que obtendrían durante el supuesto partido. Este fenómeno se considera sistema espejo, en el que intervienen nuestras neuronas espejos situadas, entre otras zonas, en la corteza premotora del córtex. Estas neuronas se activan igualmente cuando un individuo realiza una acción como cuando visualiza dicha acción ejecutada por otra persona.

A su vez, Balsler et al. (2014), estudiaron, entre otros parámetros las diferencias en activaciones del AON en jugadores expertos y noveles de tenis, en los que los jugadores debían responder ante la anchura y profundidad de la caída de la bola tras visualizar un video con golpes de derecha que eran ocluidos en distintos tiempos. Entre las varias formas de presentar la información, algunos videos eran cortados antes de golpear la bola, y otros lo hacían una vez la bola ya había sido golpeada. Las diferencias en las zonas de activación del AON fueron sustanciales entre expertos y novatos, pero aún fueron mayores en los vídeos cortados antes del contacto del jugador con la bola, lo que demuestra la importancia del estudio visual de las acciones cinemáticas del rival por parte de los jugadores expertos, en contraposición con los noveles. Nuevamente, la mayor diferencia en zonas de activación entre ambos grupos fue en el cerebelo, lo que podría corroborar la mayor capacidad de los jugadores expertos para “preparar” su respuesta

motora con anterioridad a los jugadores aficionados, activando zonas que se encargan del control motor antes de comenzar el propio movimiento de respuesta. Esto resultaría de gran ventaja y ahorraría un tiempo determinante para una respuesta eficaz en cuanto a tiempo de actuación (Balsler et al., 2014).

Por otro lado, Calvo-Merino et al. (2006), estudiaron las diferencias entre las zonas activadas en hombres y mujeres bailarines de ballet mediante pruebas de resonancia magnética funcional durante la observación de vídeos. Lo interesante de esta investigación es que en esta disciplina hay movimientos específicos para mujeres y hombres. Al visualizar movimientos no pertenecientes a su género encontraron menores activaciones que las encontradas en el género que tenía esos movimientos interiorizados. A pesar de que ambos géneros estaban familiarizados con la visualización de todos los movimientos, algunos no tenían experiencia motora y, por eso, encontraron menos activaciones en zonas como la corteza premotora o cerebelo, áreas con funciones de control motor y preparación e imaginación de movimientos. Esto es debido a que, a pesar de haber visualizado un movimiento numerosas veces, no se tiene una suficiente “destreza mental” para activar aquellas zonas que permiten la verdadera respuesta motora hasta que no se vive la acción de forma real y se repite hasta conseguir una suficiente experiencia como para crear un “mapa mental” que permita responder a determinados estímulos de forma segura y a tiempo. (Calvo-Merino et al., 2006).

Pero las técnicas de visualización (entre ellas la oclusión) no son la única forma de evaluar y entrenar la anticipación en el mundo deportivo. Otra de las técnicas utilizadas para ello es el uso de preíndices, basadas en la información que se le da al deportista antes de que se le presente el estímulo y que les servirá para predecir las acciones del rival o del contexto (Moreno et al., 1998).

El uso de técnicas de preíndices, por lo tanto, no hace referencia a la información visual que el jugador debe ser capaz de captar o descartar en función de su importancia para una posterior respuesta, sino que se basa en información escrita u oral, que podrá servir para darle a conocer al atleta aquella información que le resulte de más utilidad y descartar la que no sea relevante.

Rosebaum (1980) utilizó estas técnicas para estudiar como variaba el Tiempo de Reacción, informando sobre las zonas y características de los estímulos, consiguiendo reducir el TR cuando la información dada a los deportistas era correcta y aumentándolo

por encima del TR normal (sin uso de técnica de preíndice alguna) cuando la información que se le facilitaba era errónea (citado de Moreno et al., 1998).

En este sentido, Moreno (1997) utilizó la técnica de preíndices en jugadores de tenis, observando una gran mejora en el Tiempo de Reacción cuando los jugadores que tenían que restar el saque eran informados sobre aspectos como la trayectoria de la raqueta, angulación de hombros o la trayectoria de la pelota antes de ser golpeada (citado de Moreno et al., 1998).

Hernández et al. (2011) realizaron un estudio con proyección de videos y el uso de preíndices con jugadoras de balonmano indicando aquellos factores en los que tenían que focalizar la atención durante las situaciones de juego. Los resultados mostraron mejoras en el tiempo de reacción sin aumentar las tasas de errores (Hernández et al., 2011)

Como observamos, estos preíndices consisten en gran medida en encontrar determinadas “señales” en las acciones del rival que permitan intuir el resultado de dichas acciones. Esto va ligado a las señales cinemáticas y/o rutinas ya mencionadas.

Si atendemos a las zonas cerebrales activadas, podemos concluir que durante las observaciones, las zonas encargadas del procesamiento visual no se diferencian -en expertos y noveles- de la misma forma que las zonas encargadas de la preparación del movimiento y control motor, lo que demuestra que la experiencia de los deportistas, habiendo vivido numerosas situaciones en diferentes condiciones permite estar más “preparado mentalmente” para reaccionar con mayor pericia, menor tiempo y mejores resultados a las acciones del rival.

#### **4.4 Sistema entérico. Posible importancia en procesos cognitivos.**

Hemos corroborado la importancia del procesamiento cortical de la información captada a través de los sentidos para los procesos anticipatorios asociados a la mejora de actividades dentro del ámbito deportivo. A su vez, utilizamos también información proveniente de nuestro sistema musculoesquelético para controlar y mejorar en determinadas facetas del movimiento (propiocepción) (Abreu et al., 2017). No obstante, nuevas investigaciones parecen incluir también el término de interocepción como forma de influir en la actividad cerebral. Ondabaka et al. (2017) sugieren la importancia de los

órganos internos para expresar emociones y limitar la actividad mental (citado de Shah et al., 2017). Estas nuevas suposiciones pueden entenderse si atendemos a la gran cantidad de terminaciones nerviosas que encontramos en numerosos órganos internos como el intestino (Abreu et al., 2017). En el intestino, por ejemplo, existe una inmensa cantidad de terminaciones nerviosas encargados de la síntesis de neurotransmisores como la dopamina o serotonina, por lo que este órgano tendrá un papel importante en cómo nos sentimos.

Estas terminaciones nerviosas servirían para realizar un intercambio de señales entre órganos internos y el SNC, que afectarían a las emociones. Las informaciones provenientes de determinados órganos podrían, por lo tanto, influir en el funcionamiento del sistema límbico acerca de estados emocionales. (Barret & Simmnons, 2015) (citado de Abreu et al., 2017).

Para Mayer (2011), la comunicación entre el intestino y el cerebro podría favorecer numerosas acciones de carácter cognitivo y, por lo tanto, acciones intuitivas o anticipatorias. Las formas en la que determinados “estados interoceptivos” pueden influir en la anticipación son motivo de estudio debido al marco de desconocimiento al respecto. Aun así, autores como Gu y FitzGerald (2014) inciden en que los cambios en el sistema entérico pueden influir la relación entre sistema nervioso autónomo y sistema límbico, influyendo en posteriores decisiones y estados mentales (Gu & FitzGerald 2014) que puedan favorecer o empeorar aspectos como la concentración y, por ende, procesos anticipatorios. Dicho de otra forma, el correcto estado mental para realizar diversas acciones de carácter cognitivo puede ser influido por un mejor o peor estado de órganos internos como el intestino.

## **5. CONCLUSIÓN**

1. La anticipación, además de otros factores físicos, técnicos y de carácter perceptivo-cognitivo, cobra un gran papel en el rendimiento deportivo, siendo aún más determinante en aquellas modalidades abiertas.

Atendiendo a este proceso desde un punto de vista perceptivo, observamos la importancia del comportamiento visual para captar aquella información de relevancia

que nos permitirá realizar una anticipación efectiva. En este sentido, la gran mayoría de estudios que intentan determinar la importancia del sistema visual y su comportamiento durante el visionado de imágenes y vídeos ha focalizado la atención en las fijaciones visuales, reparando en menor medida en la visión periférica.

2. La visión periférica ha demostrado ser determinante para disminuir el tiempo en que los deportistas captan los estímulos, aun sabiendo la menor precisión con respecto a la visión central.
3. La experiencia cobra un papel fundamental para ser capaz de utilizar la visión periférica en acciones deportivas.

Conseguir una óptima relación entre ambas visiones y llegar a utilizar una u otra de forma casi inconsciente en función del número y características de los estímulos puede resultar realmente ventajoso en el campo deportivo, sobre todo en las modalidades abiertas.

Desde un punto de vista puramente mental, está comprobado que los atletas expertos activan, durante el uso de técnicas de visionado, además de zonas encargadas del procesamiento visual, zonas encargadas de la preparación del movimiento y el control motor como la corteza prefrontal medial, corteza premotora o cerebelo. Estos resultados nos llevan de igual forma a la conclusión de que la importancia de

4. La experiencia provoca activaciones cerebrales en regiones relacionadas con el comportamiento motor antes en expertos que en noveles.
5. Determinados órganos internos como el intestino podrían ser importantes en el correcto funcionamiento cerebral a la hora de realizar determinadas acciones de carácter cognitivo.

## 6. REFERENCIAS

- Abernethy, B., & Russell, D. G. (1987). Expert-novice differences in an applied selective attention task. *Journal of Sport Psychology*, 9(4), 326-345.
- Abernethy, B., & Russell, D. G. (1987). The relationship between expertise and visual search strategy in a racquet sport. *Human movement science*, 6(4), 283-319.
- Abernethy, B., Schorer, J., Jackson, R. C., & Hagemann, N. (2012). Perceptual training methods compared: the relative efficacy of different approaches to enhancing sport-specific anticipation. *Journal of experimental psychology: Applied*, 18(2), 143.
- Abreu, A. M., Candidi, M., & Aglioti, S. M. (2017). Catching on it early: Bodily and brain anticipatory mechanisms for excellence in sport. In *Progress in brain research* (Vol. 234, pp. 53-67). Elsevier.
- Balser, N., Lorey, B., Pilgramm, S., Stark, R., Bischoff, M., Zentgraf, K., ... & Munzert, J. (2014). Prediction of human actions: Expertise and task-related effects on neural activation of the action observation network. *Human brain mapping*, 35(8), 4016-4034.
- Binkofski, F., & Buxbaum, L. J. (2013). Two action systems in the human brain. *Brain and language*, 127(2), 222-229.
- Calvo-Merino, B., Grèzes, J., Glaser, D. E., Passingham, R. E., & Haggard, P. (2006). Seeing or doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation. *Current biology*, 16(19), 1905-1910.
- del Olmo, M. Á. F. (2012). *Neurofisiología aplicada a la actividad física*. Síntesis.
- Fortó, J. S., & Quevedo, L. (1999). Visión y deporte: hacia una metodología integradora. Un ejemplo en el baloncesto. *Apunts. Educación física y deportes*, 1(55), 85-89.
- Fotia, J. A. (1995). El desarrollo de la capacidad de anticipación en el vóleybol. *Educación Física y Ciencia*, 1.
- García, I. G., & Martínez, L. C. (2011). Comparación de la atención visual y campo visual en deportistas en función del nivel de pericia. (Comparison of the visual attention and visual field in athletes depending on their expertise level). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi: 10.5232/ricyde, 7(23), 126-140.
- Granda Vera, J., Mingorance Estrada, A., & Barbero Álvarez, J. C. (2004). Utilización del programa informático réflex para la mejora de la capacidad de anticipación perceptiva. *Revista de Psicología del Deporte*, 13(2), 0143-156.
- Gu, X., & FitzGerald, T. H. (2014). Interoceptive inference: homeostasis and decision-making. *Trends in cognitive sciences*, 18(6), 269-270.
- Hernández, M. E. H., Sicilia, A. O., & Espa, A. U. (2006). La anticipación como proceso perceptivo motor que interviene en el aprendizaje de las habilidades abiertas. *PUBLICACIONES*, 36, 135-148.

- Hernández, M. E. H., Sicilia, A. O., Espa, A. U., Guerrero, A. B., & Carmona, J. B. (2011). Efecto de la aplicación de un sistema automatizado de proyección de preíndices para la mejora de la capacidad de anticipación en jugadoras de voleibol. *Revista de psicología del deporte*, 20(2), 551-572.
- Hernández, F. J. M., del Campo, V. L., Vaíllo, R. R., Romero, F. Á., & Solana, R. S. (2003). Las estrategias de búsqueda visual seguidas por los deportistas y su relación con la anticipación en el deporte. *Cuadernos de Psicología del deporte*, 3(1), 7-13.
- Loffing, F., & Cañal-Bruland, R. (2017). Anticipation in sport. *Current opinion in psychology*, 16, 6-11.
- Mayer, E. A. (2011). Gut feelings: the emerging biology of gut-brain communication. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(8), 453.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 46(3), 774-785.
- Moreno, F. J., Ávila, F., & Damas, J. S. (2001). EL PAPEL DE LA MOTILIDAD OCULAR EXTRINSECA EN EL DEPORTE. APLICACIÓN EN LOS DEPORTES ABIERTOS. *European Journal of Human Movement*, 7, 75-94.
- Moreno, F. J., Oña, A., & Martínez, M. (2007). La anticipación en el deporte y su entrenamiento a través de preíndices. *Revista de Psicología del Deporte*, 7(2).
- Murphy, C. P., Jackson, R. C., & Williams, A. M. (2018). The role of contextual information during skilled anticipation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(10), 2070-2087.
- Oliver, J., & Sosa, P. (1998). Balonmano. La actividad física y deportiva extraescolar en los centros educativos.
- Palmi, J. (2007). Visión y deporte: el porqué de un monográfico. *Apunts Educación Física y Deportes*, (88), 3-6.
- Pinaud, P., & Maestro, E. D. (2009). *Percepción y creatividad en el proceso de aprendizaje del balonmano*. Stonberg.
- Pinel (2007). *Biopsicología 6th Edition*.
- Poveda Leal, J., Sillero, B., & de Dios, J. (2010). Fundamentos teóricos y aplicación práctica de la toma de decisiones en el deporte.
- Ribalda, M. P., & Calleja, F. G. (2011). La velocidad de anticipación en los deportes: utilidad del constructo y diferencia con el tiempo de reacción. *Revista de orientación educacional*, (48), 95-106.
- Rosenbaum, D. A. (1980). Human movement initiation: specification of arm, direction, and extent. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109(4), 444.
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor Control and Learning 5th Edition*. Human kinetics.

Shafizadeh, M., & Platt, G. K. (2012). Effect of verbal cueing on trajectory anticipation in the penalty kick among novice football goalkeepers. *Perceptual and motor skills*, 114(1), 174-184.

Shah, P., Catmur, C., & Bird, G. (2017). From heart to mind: linking interoception, emotion, and theory of mind. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 93, 220.

Soto-Rey, J., Pérez-Tejero, J., Rojo-González, J. J., & Álvarez-Ortiz, J. C. (2015). Evaluación del tiempo de reacción en velocistas con discapacidad auditiva: estudio piloto.

Van der Kamp, J., Rivas, F., van Doorn, H., & Savelsbergh, G. J. P. (2007). Ventral and dorsal contributions in visual anticipation. *International Journal of Sport Psychology*.

Vila-Maldonado, S., López, L. M., & Jordán, O. R. (2012). LA INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VISUAL, DESDE EL ENFOQUE PERCEPTIVO-COGNITIVO Y LA TOMA DE DECISIONES EN EL DEPORTE. *Journal of Sport & Health Research*, 4(2).