



UAI

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Anticipación y planificación motora

Alumno: Barufaldi, Jeremías Javier

Legajo: 10940

Tutor: Magister Russo, Horacio Marcos

2021

Agradecimientos

A Dios

A mi familia por el amor inconmensurable

A mis amigos por comprender mis tiempos académicos

Al profesor Horacio Russo por despertar en mí, inquietudes epistémicas

A la profesora Beatriz Crespo por guiarme y brindarme herramientas para la elaboración del presente trabajo

A toda la comunidad UAI por acompañarme a lo largo de la carrera

ÍNDICE

1. Resumen.....	1
2. Planteamiento del problema.....	2
3. Justificación	3
4. Objetivo general	5
4.1. Objetivos específicos	5
5. Introducción	6
6. Marco teórico	7
6.1. Control motor.....	7
6.2. Teorías del control motor	8
6.2.1. Teoría refleja	9
6.2.2. Teoría jerárquica	10
6.2.3. Teoría de la programación motora.....	11
6.2.4. Teoría ecológica	14
6.2.5. Teoría del procesamiento de la información	14
6.2.6. Teoría de los sistemas	18
6.2.7. Teoría de los sistemas funcionales (Anokhin).....	19
7. Diseño metodológico.....	28
7.1. Estrategia de búsqueda.....	28
7.2. Criterios de inclusión y exclusión.....	29
7.3. Muestra	29
8. Resultados.....	30
8.1. Ajustes posturales anticipatorios: control postural proactivo	31
8.2. Anticipación de la acción	37
8.3. Anticipación según la teoría de los sistemas funcionales.....	67
9. Discusión.....	80
10. Conclusión.....	85
11. Bibliografía.....	87

1. Resumen

En el presente trabajo se realizó una revisión narrativa que describe el proceso de anticipación en la planificación motora de los seres humanos, a partir de tres enfoques diferentes. Repasando en primer lugar, las principales teorías del control motor, se tomó como guía la Teoría de los sistemas funcionales de Anokhin y se relacionó el concepto de anticipación con los descriptos en el campo de la investigación deportiva y los utilizados en el ámbito del control postural. La finalidad de este estudio fue reconocer la relevancia de la anticipación, como sistema funcional que posibilita el movimiento humano. A partir de este análisis, brindar una forma de interpretar la acción motriz como el producto de procesos cognitivos. Y de esta manera comenzar a construir, desde la kinesiología, nuevas herramientas para abordar a la persona con un enfoque cognitivista.

Palabras claves: Anticipación-Ajustes posturales anticipatorios-Control motor-Deporte-Teoría de los sistemas funcionales

2. Planteamiento del problema

El Licenciado en Kinesiología y Fisiatría es el profesional de la salud que aborda las necesidades del paciente; orientado a la prevención, promoción y protección de la salud integral del mismo. Los pilares principales del ejercicio profesional, para los cuales está habilitado el kinesiólogo son la aplicación de Kinesioterapia, Kinefilaxia y Fisioterapia.

Uno de los objetivos primordiales del Kinesiólogo consiste en plantear y aplicar procedimientos terapéuticos encaminados a restablecer la normalidad de los movimientos del cuerpo humano. En las últimas décadas, pudimos observar un creciente mercado de la industria del movimiento en salud y la propuesta de técnicas y métodos para prescribir ejercicios de prevención y rehabilitación, pero caracterizados por escasas fundamentaciones desde el ámbito del control motor.

Muchas veces durante los procesos asistenciales, la prescripción de movimiento queda relegada, o en caso de efectuarse forma parte de un protocolo estándar, fundamentado en la obtención de resultados biomecánicos, analíticos y descontextualizados, que no tienen en cuenta el origen y la causa del movimiento ni el objetivo de la tarea.

La propuesta de esta revisión es revalorizar la naturaleza del movimiento y la planificación motora, enfocándonos específicamente en los mecanismos anticipatorios del control motor. Para tal fin, recurrimos al resurgimiento en los últimos años, del estudio en el ámbito del comportamiento motor de la antigua escuela soviética. Principalmente en la Teoría de los Sistemas Funcionales de Anokhin.

3. Justificación

La etimología de la palabra nos devuelve al origen de las cosas; el término kinesiología tiene su génesis en los vocablos griegos *kinesis* (movimiento) y *logos* (estudio), lo cual permitiría interpretar que el kinesiólogo se dedica al estudio del movimiento, tanto normal como patológico. El movimiento es una función indispensable para la vida, e indudablemente es fundamental comprender, como agentes de salud, la naturaleza del mismo. Este movimiento es resultado de la interacción entre el individuo, la actividad y el ambiente.

El movimiento es más que aquello que podemos observar, es de una riqueza inmensa. Generalmente, como persona, deportista, paciente, kinesiólogo vemos únicamente al acto motor y no apreciamos la planificación motora en su totalidad. Nos engeguecemos con una mirada reduccionista y simplista, mecánica y fría, sin tener en cuenta que nos desenvolvemos en un mundo en el cual la mayoría de los movimientos humanos se realizan en un entorno desafiante y cambiante. Existe una corriente muy arraigada de acondicionar a las personas, potenciar a los deportistas, rehabilitar los pacientes a través la prescripción de movimientos analíticos, reactivos y no ecológicos, priorizando la biomecánica, los grados de movilidad, que sin dudas es importante, pero dejando de lado todo el proceso que subyace, crea y posibilita el movimiento. Es decir, en la práctica kinésica prevalecen los resultados de la acción, pero no se contemplan los procesos de percepción y cognición que construyen y posibilitan la anticipación como piedra angular de la programación motora. Claramente, esto subyace a un paradigma simplista y lineal, fundamentado en una teoría del movimiento obsoleta de estímulo respuesta. Inexorablemente, se transfiere durante la práctica en la creación y utilización de un ejercicio terapéutico mecanicista, aislado del ambiente y que contempla el resultado y no el proceso.

Dentro de este contexto creemos relevante no solo el conocimiento de la planificación motora, todo ese mundo oculto que posibilita el movimiento humano, sino también la necesidad de que el profesional que trabaja con el movimiento de las personas lo utilice para la prescripción del mismo. Dentro de este proceso, en primera instancia, imperceptible a la vista, proponemos profundizar en el fenómeno de la anticipación, como estrategia vital del ser humano para resolver las situaciones de la vida diaria.

Resulta interesante, lograr por medio del análisis del proceso de anticipación desde diferentes enfoques promover un cambio de interpretación y la incorporación de nuevas estrategias a la hora de prescribir movimiento al rehabilitar un paciente o trabajar sobre la prevención en múltiples ámbitos. El trabajo tiene como finalidad describir diferentes miradas científicas sobre la anticipación y nutrir desde fundamentos teóricos el accionar del kinesiólogo.

Dentro del campo del control motor los terapeutas físicos son los encargados de elaborar y prescribir actividades que provoquen modificaciones neurofisiológicas que promuevan una mejor integración y transformación central de la información sensorial y posibiliten la elaboración de una planificación postural y del movimiento adaptada al contexto, a la tarea y al objetivo.

Por lo tanto, creemos relevante una mayor comprensión del proceso anticipatorio, como herramienta, para la construcción de ejercicios terapéuticos y kinefilácticos que mantengan, re establezcan y/o mejoren el rendimiento sensorio-cognitivo-motor de las personas.

4. Objetivo general

Determinar y describir el rol de la anticipación para la planificación motora.

4.1. Objetivos específicos

Definir la anticipación según el modelo de planificación motora de la Teoría de los sistemas funcionales.

Analizar el mecanismo de los ajustes posturales anticipatorios y su relación con el modelo de anticipación de la Teoría de los sistemas funcionales.

Describir el proceso de anticipación de la acción y su relación con el modelo de anticipación de la Teoría de los sistemas funcionales.

5. Introducción

Para movernos con éxito en un mundo dinámico, debemos ser conscientes no solo de la ubicación actual, sino también de la ubicación futura y de las trayectorias de movimiento de nuestro cuerpo y los elementos del entorno con el que interactuamos. Por lo tanto, la capacidad del cerebro para funcionar de manera predictiva o anticipatoria es claramente parte integral del desempeño humano. El entendimiento de este proceso de anticipación, su relevancia y su necesidad para el desarrollo del movimiento humano, parte de comprender la acción motriz como el emergente de una planificación motora que está formada por diferentes fases y no solamente como el resultado de una relación causa y efecto entre estímulo y respuesta.

El proceso de anticipación, como fase de la planificación motora, es un componente clave para la elaboración del movimiento. Interpretarlo, comprenderlo, valorar su importancia, marca un cambio desde la kinesiología en el enfoque evaluativo y asistencial de como la persona construye su movimiento.

6. Marco teórico

6.1. CONTROL MOTOR

El movimiento es fundamental para la vida. Es una función vital para la supervivencia del ser humano. El campo del control motor estudia el origen del movimiento y busca comprender como el mismo es planificado. El control motor se define como la capacidad de regular o dirigir los mecanismos que son esenciales para que se produzca el movimiento. (1)

En la literatura encontramos que cuando se habla del estudio del control motor, se lo divide en dos componentes de análisis. Uno de ellos relacionado con la estabilización del cuerpo en el espacio, o sea, en relaciona a la postura y el equilibrio. Y el otro en relación al desplazamiento del cuerpo en el espacio, lo que se refiere al control motor aplicado al movimiento.

“El movimiento es producto de la interacción de tres factores: el individuo, la actividad y el ambiente. El movimiento se organiza alrededor de las demandas de la tarea y del entorno. La persona genera movimientos para cumplir las demandas de la tarea que se realiza dentro de un entorno específico.” (1) Básicamente este concepto propone que la planificación motora está determinada por la tarea que pretende realizar una persona, con factores intrínsecos particulares del individuo, dentro de un ambiente determinado.

Por otro lado, el movimiento humano, surge de la correlación entre diferentes estructuras anatómicas y diversos procesos funcionales que incluyen aspectos sensoriales-perceptivos, cognitivos y motores. A la luz de este análisis, claramente el termino control motor es escaso, rígido y limitado para referirse a

un proceso tan rico y multifactorial. Por lo tanto, para comprender la naturaleza del movimiento debemos interpretar las contribuciones que realizan el individuo, la tarea y el entorno, y a su vez estudiar los sistemas sensoriales-perceptivos, cognitivo, motor, su interrelación y cooperación.

6.2. TEORIAS DEL CONTROL MOTOR

Actualmente no existe a escala mundial un consenso sobre la naturaleza y origen del movimiento, no se presenta una teoría única y acabada, aceptada por todos los investigadores y profesionales. Las teorías del control motor pretenden explicar cómo el ser humano controla el movimiento, y lo concretan a través de un conjunto de ideas abstractas. Resulta interesante comprender que cada teoría aborda el objeto de estudio desde diferentes enfoques y priorizando distintos componentes de la planificación motora. Y debemos remarcar que todos los modelos teóricos se acoplan con el propósito de entender la naturaleza del movimiento. Habitualmente estas teorías se fundamentan en modelos de la función cerebral, intentando representar de una manera simplificada la realidad de la función y estructura del cerebro en relación a la planificación del movimiento.

A continuación, presentamos un breve recorrido por diferentes teorías que han contribuido y contribuyen de manera específica en el campo del control motor. Cada una de ellas proporciona aportes relevantes y también presentan limitaciones. Esto nos plantea el requisito de acoplar los conocimientos contruidos desde diferentes orígenes para lograr un juicio integral del objeto de estudio. Durante esta revisión, para describir los mecanismos anticipatorios en el control motor, nos enfocamos específicamente desde la teoría de sistemas, interpretando que el movimiento es el resultado de la interacción continua entre la persona, la tarea y el ambiente. Además, profundizamos en la Teoría de los Sistemas Funcionales de Anochin para comprender la construcción del modelo anticipatorio durante la planificación motora.

6.2.1. TEORÍA REFLEJA

Los reflejos generalmente se perciben como eventos estereotipados en los que un estímulo específico conduce a una respuesta específica. Actualmente se comprende que los reflejos no son tan invariantes como se consideraba originalmente, debido a que el mismo estímulo sensorial puede producir un comportamiento diferente según el contexto y la tarea. (2)

La teoría clásica refleja, surge a partir de las investigaciones de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, del neurofisiólogo Sir Charles Sherrington. En su reconocido libro, *The integrative Action of the Nervous System*, define a los reflejos como los pilares fundamentales de un comportamiento complejo y los describe como la unidad esencial del control motor, cuya estructura comprende un receptor, un conductor y un efector (Figura 1). (1)

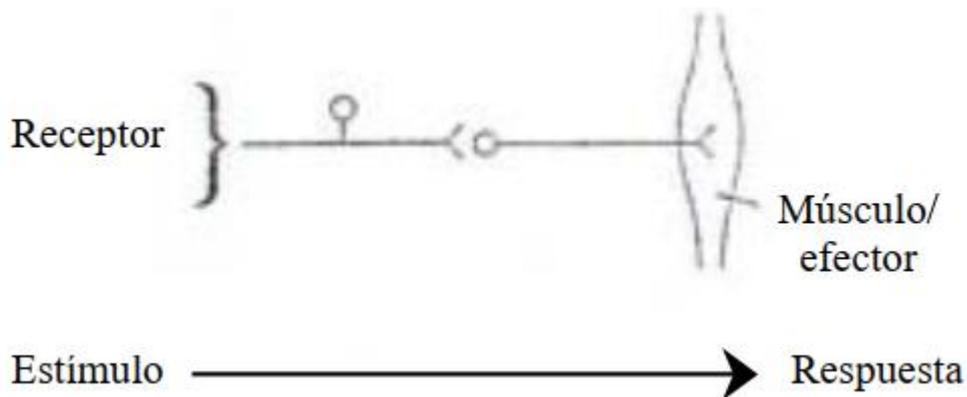


Figura 1. La estructura básica de un reflejo consiste en un receptor, un conductor y un efector (1)

Además, Sherrington explicó el comportamiento complejo en función de reflejos compuestos y su combinación sucesiva o encadenamiento. Planteó que un estímulo produce una respuesta, la cual se transforma en el estímulo de la

siguiente respuesta, que se transforma en el estímulo de la siguiente respuesta y en este proceso se conforma el acto motor (Figura 2). (3)

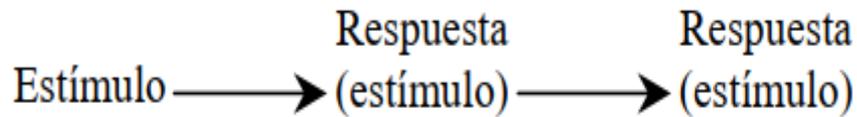


Figura 2. El encadenamiento de reflejos como base de la acción (3)

6.2.2. TEORÍA JERÁRQUICA

En el campo de estudio del control motor, un considerable número de expertos contribuyó a la idea de que el sistema nervioso se organiza de forma jerárquica. Como referentes y pioneros de esta teoría destacamos a Hughlings Jackson, Rudolf Magnus, Stephan Weisz y Arno Gesell entre otros.

En términos generales la premisa de la estructura jerárquica (Figura 3) define que el sistema nervioso planifica de manera vertical, en una dirección de arriba hacia abajo, en la cual los centros superiores de control se encuentran invariablemente a cargo y ejercen control sobre los centros inferiores

En la actualidad, existe un concepto renovado de la teoría del control jerárquico. Los investigadores actuales, confirman la relevancia de la organización jerárquica de la planificación motora y reconocen generalmente que, aunque los reflejos espinales están bajo la influencia de estructuras superiores, la información sensorial que desencadenó el reflejo retroalimenta a los centros superiores que ajustan su salida. Por lo tanto, existe un control multisegmental donde cada nivel dentro del sistema nervioso puede actuar en los otros niveles dependiendo del contexto y la tarea. (2)

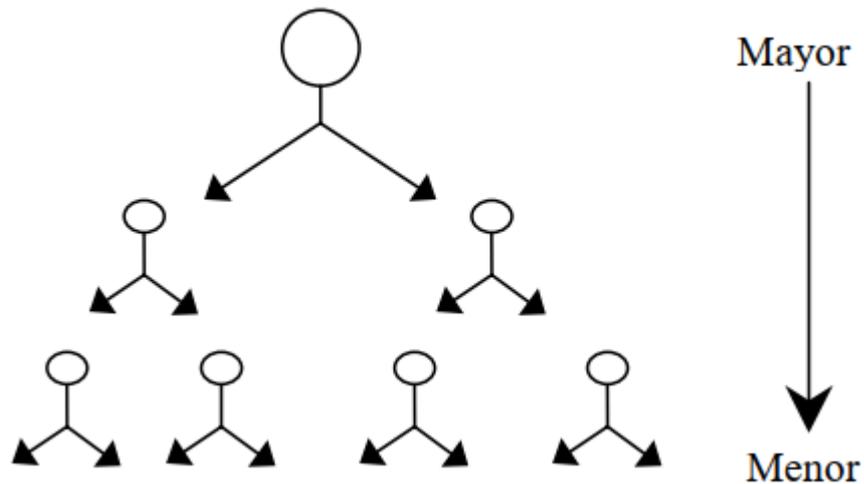


Figura 3. Esquema de la teoría del control jerárquico (3)

6.2.3. TEORÍA DE LA PROGRAMACIÓN MOTORA

Indudablemente, a lo largo de la historia de las neurociencias, los científicos fueron ampliando el conocimiento sobre el sistema nervioso central. Y sin duda, uno de los puntos bisagra en las teorías del control motor, fue el inicio del estudio sobre la neurofisiología de la acción. Gran cantidad de investigaciones experimentales respaldan la teoría de la programación motora. Esta teoría plantea que, si se separa la respuesta motora procedente de un estímulo, queda un patrón motor central. Esta idea de un patrón motor central (o programa motor) es más dúctil que la teoría refleja ya que el control motor se puede dar tanto a partir de aferencias sensoriales como por procesos de origen central. (1)

El concepto de programa motor se fundamenta en un control motor conocido como organización funcional de bucle abierto (open-loop). En el sistema básico del control de bucle abierto (Figura 4), el proceso inicia con la información sobre el estado deseado que se le da al nivel ejecutivo (o de toma de decisiones), cuyo objetivo es precisar qué acción debe tomarse. El ejecutivo, a continuación, trasmite las instrucciones al nivel efector, que es responsable de llevar a cabo

estas órdenes. Una vez que se completan las acciones, el trabajo del sistema termina hasta que el ejecutivo se activa nuevamente.

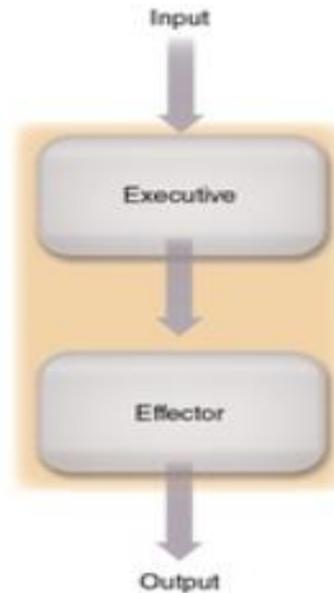


Figura 4. Estructura simple de control motor por bucle abierto Schmidt (4)

Este sistema no utiliza mecanismos de feedback (retroalimentación), únicamente presenta objetivos, establecidos por la información previa, que indican la manera invariante de la ejecución motora, hasta que una transformación en el contexto modifique los objetivos. En definitiva, este modelo de control motor permite respuestas motrices rápidas en ausencia de retroalimentación, mediante una atención escasa o nula y no posibilita una corrección en función del error y puede ser ineficiente ante cambios en el entorno. (5)

Como características generales de los sistemas de bucle abierto se pueden nombrar: que las instrucciones anticipadas determinan las operaciones a realizar, su secuencia y su momento y que cuando comienza el programa, el sistema ejecuta las instrucciones, básicamente sin ningún tipo de regulación. Esto resulta de la incapacidad para detectar o corregir errores debido a que la retroalimentación no es parte del proceso. Todas estas características

determinan que los sistemas de bucle abierto sean más eficaces en entornos estables y predecibles en los que la necesidad de modificar las ordenes es mínima. (4)

Dentro de esta teoría es necesario diferenciar el concepto de programas motores del concepto de generador de patrones centrales (GPC). A pesar de que presenta ciertas similitudes, el GPC se forma como una organización central genéticamente establecida en el tronco encefálico o en la médula espinal. Cuando esta organización es iniciada por un breve estímulo desencadenante del cerebro, a veces llamado neurona de comando, produce comandos rítmicos y oscilantes a la musculatura como si estuviera definiendo una secuencia de actividades, como es el caso de la locomoción. En rasgos generales la idea de GPC es casi idéntica a la de programa motor. La principal diferencia es que el programa motor incluye actividades aprendidas que se controlan de forma centralizada, mientras que la GPC implica actividades definidas genéticamente, como la locomoción, la masticación y la respiración. (4)

Como roles principales de la organización en circuito abierto se destacan: (4)

- Definir y emitir los comandos a la musculatura que determinan cuándo, con qué fuerza y durante cuánto tiempo los músculos deben contraerse y cuáles deben contraerse:
- Organizar los muchos grados de libertad de los músculos y las articulaciones en una sola unidad.
- Especificar e iniciar los ajustes posturales preliminares necesarios para apoyar la próxima acción

Por último, el control de bucle abierto se genera básicamente para posibilitar que el sistema motor desempeñe una acción completa, habitualmente rápida, sin la necesidad de depender de un procesamiento de información relativamente lento involucrado en un proceso de control motor característico del sistema de bucle cerrado (close-loop).

6.2.4. TEORIA ECOLÓGICA

Esta teoría surge durante la década de 1960 con los estudios de James Gibson, que comienza a investigar como el sistema sensorio motor permite al ser humano relacionarse con el medio ambiente de manera más efectiva para poder lograr un comportamiento motor dirigido a un objetivo. Sus estudios se orientaron a determinar como la persona detecta la información adecuada del entorno para una planificación de acciones pertinentes.

Lo novedoso de esta línea de pensamiento es que los investigadores comenzaron a orientarse en la manera que las acciones están centradas en el contexto motor. Desde de esta perspectiva, Gibson destacó la percepción como la función cognitiva más importante, y específicamente el conocimiento de los factores ambientales más relevantes para la actividad y planteó que la percepción se enfoca en encontrar las informaciones del medio que sustentan las acciones fundamentales para alcanzar los objetivos. (3)

Por lo tanto, es esencial estudiar como el organismo determina que información del ambiente es importante para el acto motor, como la analiza, la procesa y la transforma para elaborar un plan de acción. Entendiendo la persona como sujeto activo que actúa en relación al entorno para satisfacer sus necesidades.

6.2.5. TEORIA DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Este marco explicativo del control motor interpreta al sistema humano como un procesador de información, similar a una computadora, que posibilita la realización de las habilidades motoras. Este modelo conceptual establece tres etapas primordiales de operaciones mentales: una etapa inicial de identificación de estímulos, que detecta la naturaleza de la información tanto ambiental como

personal, por diversos órganos de los sentidos; una etapa de procesamiento de la información y selección de la respuesta, que resuelve la incertidumbre sobre qué acción se debe realizar; y una etapa de programación de movimientos, que organiza el sistema motor para el resultado final, que es una acción especializada.

Esta idea de desempeño motor de la persona, asume que cierta información ingresa al sistema y se procesa en una primera etapa. Cuando esta etapa inicial se ha completado se pasa a la segunda etapa, en la cual el procesamiento de la información se completa, y de este modo se progresa a la tercera etapa, y así sucesivamente. Un supuesto fundamental es que las etapas no se superponen, lo que significa que todo el procesamiento en una etapa determinada se completa antes de que el producto continúe a la siguiente etapa. Este proceso finalmente da como resultado una salida (out put) que es el movimiento. La forma que la teoría del procesamiento de la información analiza los datos sensoriales de los resultados de la acción es por analogía con los sistemas de control de circuito cerrado (close loop). Este tipo de sistema se denomina "ciclo cerrado" (Figura 5) porque, el paso de una fase del procesamiento de la información, a la otra fase y a la siguiente del ciclo, hasta el resultado motor final y de regreso a la etapa inicial está completamente cerrado por información sensorial, o retroalimentación, formando un ciclo que sustenta el mecanismo de regulación del sistema. para lograr un objetivo determinado. Esta fase de retroalimentación es el componente clave del proceso, que brinda la información para comparar el resultado de la acción con la propuesta motora planificada, detectar errores y a partir de allí iniciar nuevamente el ciclo para modificar la acción. (4)

Schmidt (2014) describe que este sistema de control de circuito cerrado tiene cuatro partes distintas:

- Un ejecutivo para la toma de decisiones.
- Un sistema efector para llevar a cabo las decisiones.
- Una referencia de corrección con la que se compara la retroalimentación para definir un error.

- Una señal de error, que es la información sobre la que actúa el ejecutivo.

En cuanto a la división de tareas para la planificación motora, la teoría de procesamiento de la información divide al organismo en un sistema ejecutivo y un sistema motor. El primero es el encargado del proceso de toma de decisiones, que está formado por: las instancias de identificación de las informaciones contextuales y personales, la selección de respuestas (en relación a las informaciones percibidas) y la programación de los movimientos. A continuación, el ejecutivo envía comandos diferentes a un sistema efector. Uno de estos comandos es el programa motor, que produce órdenes para los centros inferiores de la médula espinal, que finalmente resultan en la contracción de los músculos y el movimiento de las articulaciones. Simultáneamente el sistema ejecutivo envía información específica que define las cualidades sensoriales del movimiento representado correctamente. Esta información representa la retroalimentación sensorial anticipada del ejecutante (feedforward), es decir, los datos sensoriales que deberían generarse si el movimiento se realiza correctamente. El término feedforward se utiliza para distinguirlo de la retroalimentación (feedback), o las cualidades sensoriales de la acción en sí. El resultado final (output) brinda información de retroalimentación propioceptiva y exteroceptiva, denominada colectivamente retroalimentación, producida por el movimiento del cuerpo de la persona. A su vez, estos movimientos pueden generar modificaciones en el ambiente, que son detectados por los receptores sensoriales, generando un mayor feedback. A continuación, estos estímulos producidos por el movimiento, se comparan con sus estados anticipados (feedforward) en el comparador. La diferencia calculada representa un error, que se devuelve al ejecutivo. Este es el proceso que en definitiva refina y mantiene el comportamiento del ejecutante. Y cada vez que la retroalimentación de una acción retorna al ejecutivo para su corrección, necesariamente debe pasar por las diferentes etapas de procesamiento de información y programación. Y necesariamente las diversas etapas de procesamiento están todas sujetas a los mecanismos de atención. (4)

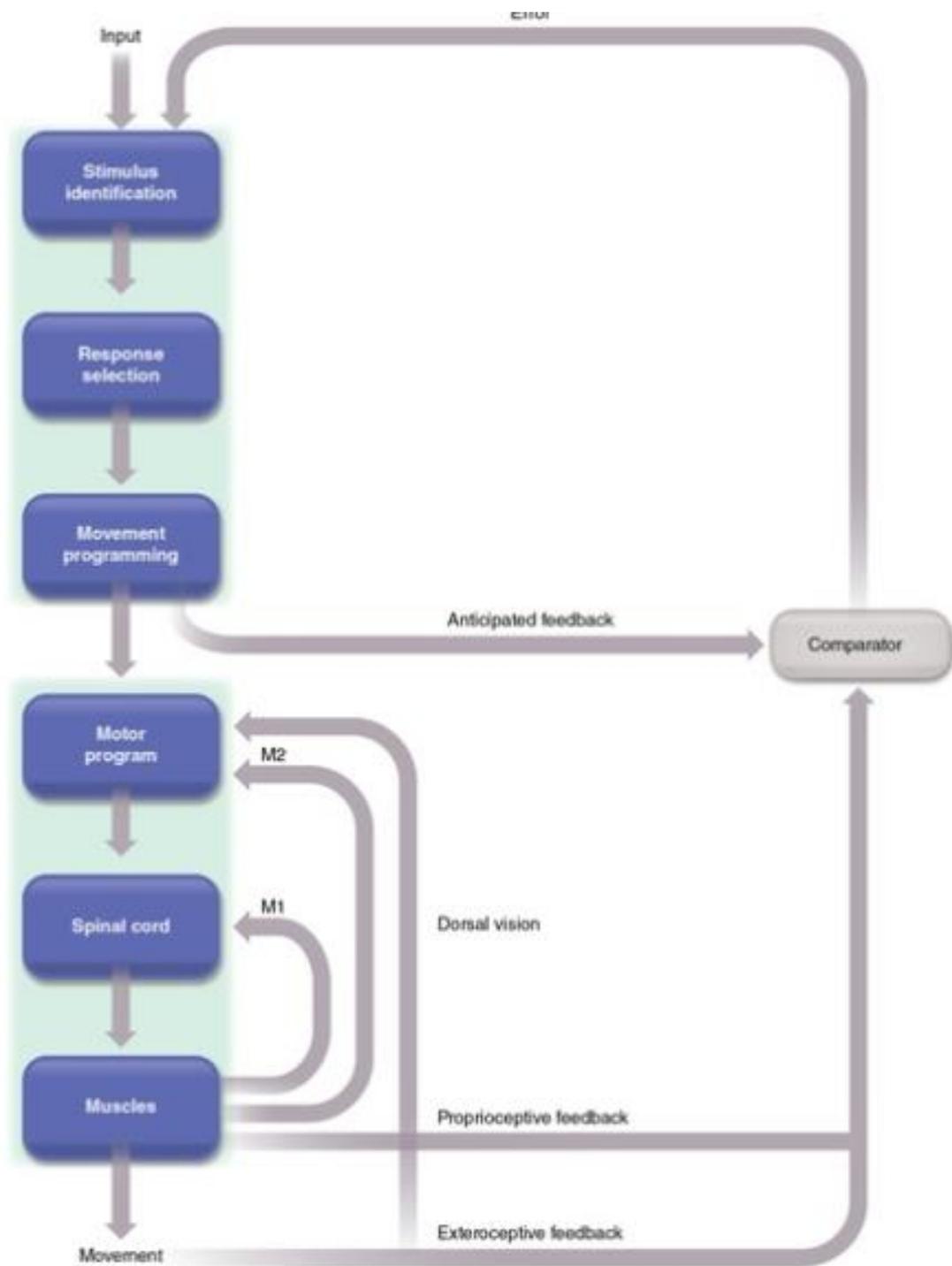


Figura 5. Modelo del bucle cerrado de la teoría de procesamiento de la información (4)

6.2.6. TEORÍA DE LOS SISTEMAS

Nicolai Bernstein, científico ruso, participó en la elaboración de la teoría de la programación motora, pero se destacó por estudiar la neurofisiología de la acción de una manera original para la época, postulando una teoría del control motor basada en el organismo como sistema. Bernstein determinó que es inviable comprender la planificación motora del ser humano si se ignoran las características del sistema que da origen a la acción, así como las fuerzas internas y externas que actúan en el cuerpo. Interpretó que el control del movimiento integrado surge de la interrelación entre diferentes sistemas que trabajan en conjunto hasta lograr el objetivo motor.

El concepto de grados de libertad, enunciado por Bernstein, es sin lugar a dudas uno de sus postulados más importantes, a partir del estudio del organismo como un sistema mecánico que debe resolver un principio que llamó de redundancia motora. Planteó que el cuerpo humano presenta una gran variedad de componentes que debe controlar para poder lograr una acción, y definió la coordinación del movimiento como el proceso de dominar los grados de libertad en el organismo móvil. Bernstein utilizó la hipótesis del control jerárquico para resolver el problema de los grados de libertad y facilitar el control motor de un sistema que se enfrenta a una redundancia motora. Estableció que los centros superiores del sistema nervioso estimulan a los inferiores y estos a su vez promueven sinergias que se comportan como una sola unidad. (1)

Luego de Bernstein, otros investigadores profundizaron en la idea de sinergias, como es el caso de Mark Latash, que presentó un novedoso concepto, funcionalmente contrario al propuesto por Bernstein. Fundamentó que las sinergias no son utilizadas para eliminar grados de libertad, sino que garantizan un rendimiento flexible y estable de las tareas motoras. Modificó el principio de redundancia motora por el principio de abundancia motora y demostró la

evolución de un concepto de sinergia, inicialmente considerado como un patrón rígido a un proceso dinámico y adaptativo del organismo. (1)

A partir de la idea inicial de Bernstein, varios investigadores progresaron y profundizaron el conocimiento en la teoría de los sistemas dinámicos. Los fundamentos básicos comparten similitudes, pero a su vez presentan rasgos diferenciadores como el proceso de autoorganización, las propiedades no lineales y la variabilidad en el control del movimiento. El principio de autoorganización establece que el acto motor se manifiesta como consecuencia de la interacción de las partes individuales de un sistema que actúan conjuntamente de forma ordenada, sin la participación de comandos de un nivel superior o programas motores del sistema nervioso central. Con respecto a la no linealidad, se refiere a aquellos sistemas cuyo output no es equitativo al input. A diferencia de la teoría de la programación motora, la variabilidad en el control motor no es considerada el resultado del error, sino justamente un mecanismo clave para la funcionalidad del sistema. Una variabilidad precisa, posibilita una planificación motora que se adapte a los cambios del contexto y la tarea, de forma dinámica y flexible. (1)

En resumen, la teoría de los sistemas interpreta que el movimiento es un producto emergente, cuyo origen aflora de la interacción de múltiples elementos que se autoorganizan en función de ciertas características dinámicas de los elementos en sí mismo. (1)

6.2.7. TEORIA DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES (ANOKHIN)

La escuela científica rusa cuenta en su historia con grandes investigadores. Entre ellos, P. K. Anokhin, fue el creador de la Teoría de los Sistemas Funcionales (TSF). Esta fue fundamental como punto de partida para nuevas perspectivas de estudio en la organización sistémica de las funciones cerebrales.

Desde sus comienzos, la TSF, se fundamenta en el estudio de la fisiología de los sistemas funcionales interpretando al organismo como un complejo de múltiples organizaciones vinculadas por sus relaciones dinámicas, diferenciándose de la fisiología clásica. A su vez, el enfoque biocibernético de los sistemas funcionales permitió la formulación de una idea revolucionaria que destaca que la característica clave de cualquier sistema vivo es la actividad eficiente de sus componentes (su función), y no su organización estructural. En definitiva, esta teoría avanzó en un enfoque de orientación funcional, basado en principios, en contraste con el enfoque estructural dominante de las ciencias biomédicas reduccionistas de la época. Desde hace décadas el estudio de la fisiología del comportamiento motor demanda un abordaje más integrador. En este punto Anokhin y sus discípulos, se diferenciaron de la fisiología clásica originaria de la escuela de Pavlov, enfocando su principal tema de estudio sobre la integración de las funciones fisiológicas.

Sudakov, discípulo de Anokhin define a los sistemas funcionales como organizaciones centrales-periféricas dinámicas, autoorganizadas y autorreguladas, cuyos componentes interactúan armoniosamente y cooperan para lograr resultados adaptativos útiles para el sistema y para el organismo en su conjunto. Además, diferencia que algunos sistemas funcionales controlan los parámetros del medio interno; mientras que otros controlan el comportamiento del organismo y su interacción con el medio ambiente y sus semejantes. A su vez, algunos sistemas funcionales, especialmente aquellos a niveles metabólicos y homeostáticos, están determinados genéticamente; otros toman forma con el aprendizaje (por ejemplo, surge una necesidad conductual). En definitiva, establece que la acción corporativa de estos sistemas gobierna la actividad de todo el organismo. (6)

Por su parte, Evgenii E. Vityaev, otro investigador ruso de la escuela de Anokhin, se refiere a un sistema funcional como aquel cuyos componentes neurales con sus correspondientes órganos periféricos de trabajo, interactúan con la meta de realizar determinadas funciones orgánicas específicas y bien

definidas. Tales funciones delineadas incluyen, por ejemplo, locomoción, respiración, tragar, nadar, etc.

La literatura científica revisada, describe una arquitectura central característica de los sistemas funcionales (Figura 6). En primer lugar, la teoría aclara que todo sistema funcional presenta una arquitectura central semejante, indistintamente de su complejidad estructural. Como fases primordiales de la estructura esencial de los sistemas funcionales se nombran; la síntesis aferente, la toma de decisiones, el aceptador del resultado de acciones, la síntesis eferente, la propia acción, la aferenciación inversa y la evaluación del resultado obtenido.

La síntesis aferente se presenta como la fase inicial del proceso de planificación motora. Esta etapa se caracteriza neurofisiológicamente, en que el sistema nervioso central experimenta la síntesis de excitaciones causadas por la necesidad metabólica interna, por la aferencia ambiental y desencadenante, con la utilización constante de la memoria genética y adquirida individualmente. (6)

La etapa siguiente se denomina toma de decisiones, y determina la selección de un exclusivo camino de acción que pretende satisfacer la necesidad prioritaria del organismo. A continuación, sincrónicamente con la construcción de la síntesis eferente, se forma el aceptador de la acción. Esta etapa es entendida como la elaboración de la anticipación del resultado requerido para la actividad del sistema funcional. El aceptador, programa los parámetros requeridos para el resultado y continuamente evalúa el resultado a través de la aferenciación inversa. A la acción motora final, la antecede la elaboración de la síntesis eferente, cuando un acto ejecutivo se forma centralmente como cierto complejo de excitación y aún no se realiza periféricamente como acciones particulares. (6)

La actividad de los sistemas funcionales disminuye cuando el resultado útil obtenido es suficiente para satisfacer la necesidad dominante del organismo. Por

el contrario, la discrepancia entre los parámetros del resultado real y los anticipados por el aceptador de la acción provoca una respuesta de búsqueda que inicia el proceso de reestructuración de la síntesis aferente. Luego se toma una nueva decisión para activar el sistema funcional y orientarlo hacia la consecución de un nuevo resultado que satisfaga la necesidad dominante.

Todas estas etapas, para lograr el resultado útil de la actividad conductual se evalúan continuamente mediante la aferenciación inversa que es generada por receptores apropiados estimulados por factores externos y mediante señales humorales recibidas por estructuras involucradas en el aceptador a través de aferenciación inversa. En este proceso, la aferencia inversa en relación con el resultado de los actos realizados desempeña un papel tanto evaluador como sancionador en la organización sistémica de la conducta dirigida a un objetivo, y actúa como el principal determinante de la autorregulación en todos los sistemas funcionales.

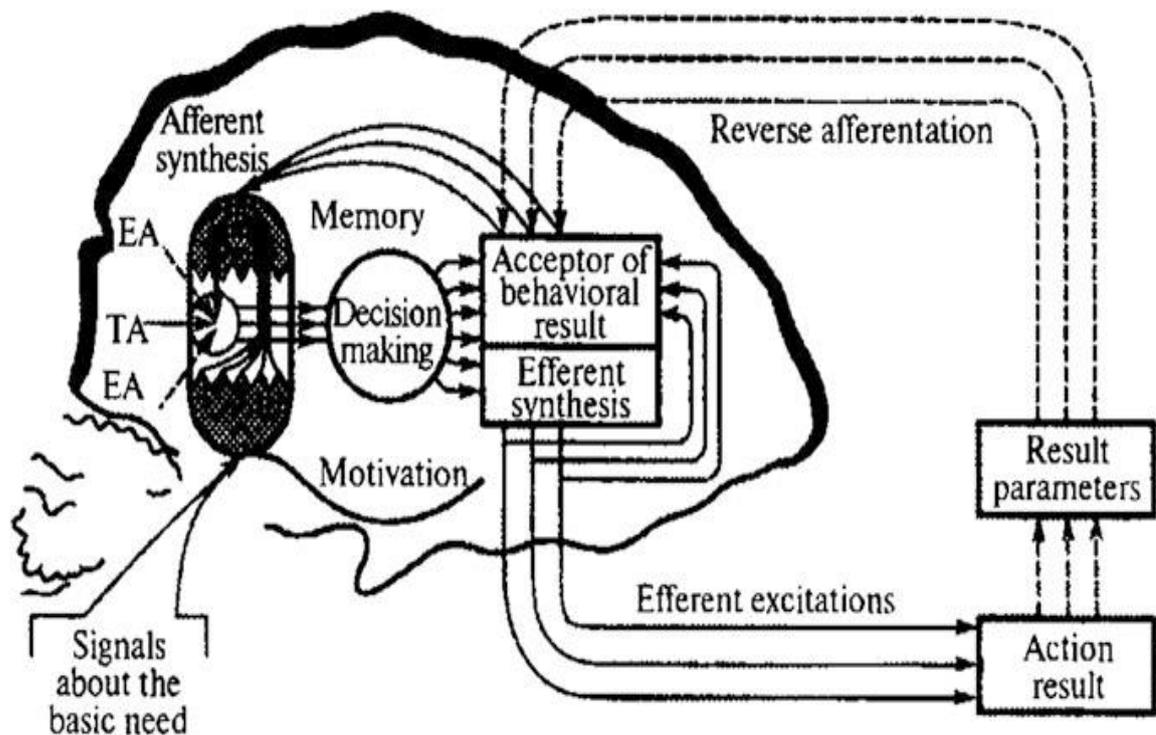


Figura 6 Arquitectura central de un sistema funcional a nivel conductual (EA: aferenciación ambiental-TA: aferenciación desencadenante) (6)

Uno de los discípulos de Anokhin, Konstantin V. Sudakov describe las principales propiedades de los sistemas funcionales: (6)

- En primer lugar, explica la *autorregulación* como el mecanismo responsable de mantener la estabilidad del medio interno, por lo tanto, de sostener la homeostasis. Lo define como un proceso cíclico que actúa ante cualquier desvío de un nivel críticamente importante de un factor fisiológicamente significativo para el organismo, el cual activa la participación inmediata de numerosos aparatos del sistema funcional correspondiente para restablecer este resultado adaptativo vitalmente esencial.
- Como segunda propiedad, presenta el *rol sistematizador del resultado adaptativo*, fundamentado que el resultado de la acción es el factor primordial en la disposición de los sistemas funcionales en diferentes niveles. En este caso el resultado de la actividad es un parámetro adaptativo y por lo tanto cuando se ha logrado uno u otro resultado adaptativo, todos los componentes unidos por una necesidad inicial compartida se consolidan en un sistema funcional. Esta es la forma por la cual el resultado adaptativo demuestra su papel como formador de sistemas.
 - Otra característica de los sistemas funcionales es el *isomorfismo*. Los sistemas funcionales de cualquier nivel organizacional tienen un diseño estructural similar que incluye mecanismos periféricos y centrales comunes compartidos por diferentes sistemas y una arquitectura central con diferentes fases fundamentales (síntesis aferente, toma de decisiones, aceptor de la acción, programa de la acción, acción, resultados de la acción, parámetros de la acción, aferencia de retorno) (Figura 7).
- La *movilización selectiva de órganos y tejidos* se refiere a la participación de varios órganos en los sistemas funcionales mediante mecanismos de cooperación, en los cuales, cada componente interactúa activamente con otros elementos del sistema para lograr del resultado adaptativo. Esto permite que, en cada sistema funcional, los elementos puedan intercambiarse y sus mecanismos efectores se compensen entre sí.

Cuando uno o varios mecanismos efectores de un sistema funcional fallan, otros componentes pueden tener la capacidad de obtener el resultado adaptativo.

- De acuerdo con el *principio holográfico*, cada componente (células, tejidos, órganos) incluido en un sistema funcional determinado, por su actividad cíclica, expresa el estado resultante de su funcionamiento: en la interacción entre la necesidad inicial que lo forma y los diversos grados de satisfacción de la necesidad, en la piedra angular del sistema funcional, el aceptador de la acción.
- La aferenciación inversa de los resultados de la acción y el aceptador de la acción, posibilitan la evaluación continua de las *propiedades informativas* de todo sistema funcional que permite corroborar si el resultado adaptativo es adecuado o no. Por lo tanto, las propiedades informativas de los sistemas funcionales se forman como resultado de la interferencia de señales sobre una necesidad y su satisfacción en el aceptador de la acción, de acuerdo con el principio holográfico.
- Otra propiedad interesante de los sistemas funcionales es la cooperación mutua de elementos para lograr un resultado adaptativo, pero destacando que el *dominio jerárquico* de los sistemas funcionales es uno de los principios fundamentales de la interacción del sistema. La actividad del organismo está dirigida por un sistema funcional líder que domina en función de su aporte a la supervivencia y la adaptación al medio ambiente. El dominio de los sistemas funcionales en el hombre se asocia particularmente a su valor biológico y social. Luego de resolver la necesidad principal, la actividad del organismo se orienta hacia la siguiente necesidad principal social o biológicamente significativa, y esta última crea un nuevo sistema funcional dominante. La modificación de un sistema funcional dominante por otro se produce de forma dinámica y cíclica a lo largo de toda la vida de las personas.
- La última característica destacada es el término acuñado por Anokhin de sistemogénesis. El mismo se entiende como los procesos de desarrollo selectivo de los sistemas funcionales y sus componentes individuales durante la ontogénesis pre y postnatal, así como los procesos de formación de los sistemas funcionales, particularmente los de los niveles

conductual y psíquico en la dinámica de la vida individual. En la actualidad, la idea de sistemogénesis involucra no solo los procesos de desarrollo desde el momento de la concepción hasta la maduración, sino también el período de madurez y el proceso de envejecimiento del organismo.

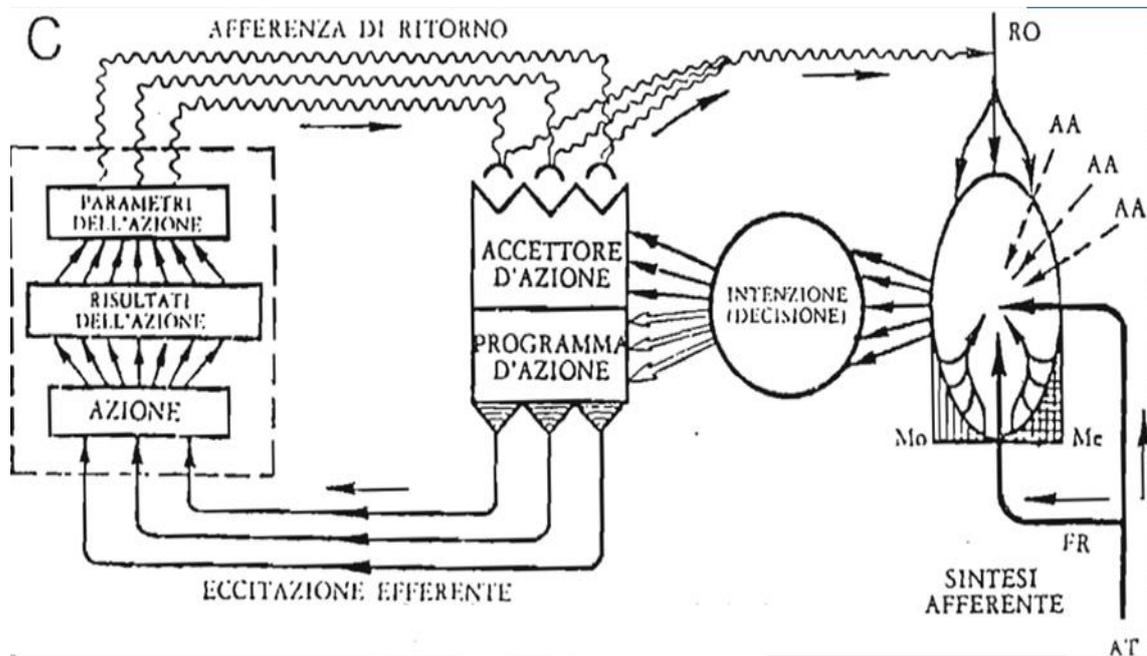


Figura 7 Esquema fundamental del modelo de un acto comportamental. (7)

Sudakov destaca ciertos postulados que diferencian la teoría de los sistemas funcionales de la teoría del reflejo: (6)

- No es la acción adecuada, sino los resultados útiles para el sistema y todo el organismo lo que determina la actividad de los sistemas funcionales.
- Los sistemas funcionales están formados por las necesidades dominantes del organismo, las influencias ambientales y los mecanismos de la memoria genética y adquirida.
- Todo sistema funcional está organizado de acuerdo con el principio de autorregulación, lo que significa que cualquier desviación del resultado del sistema funcional del nivel requerido para el metabolismo normal moviliza

los mecanismos sistémicos apropiados para lograr el resultado que satisfaría la necesidad dominante.

- Los sistemas funcionales reclutan selectivamente varios órganos y tejidos para lograr los resultados de la acción.
- Los sistemas funcionales evalúan permanentemente los resultados de la acción mediante aferenciación inversa.
- La integración sistémica de sistemas funcionales de cualquier complejidad muestra una arquitectura más compleja que los mecanismos centrales del arco reflejo. Incluye etapas (ausentes del arco reflejo) como síntesis aferente, toma de decisiones, anticipación del resultado (aceptor de resultados de acción), síntesis eferente y la acción de múltiples componentes propiamente dicha. El arco reflejo es solo un componente de la organización sistémica de las funciones fisiológicas autorreguladoras.
- Además del principio lineal de propagación de la excitación, la estructura central de los sistemas funcionales realiza una integración específica de excitaciones anticipatorias que prevé los parámetros del resultado final. **El mecanismo que anticipa los resultados necesarios y los compara con los realmente logrados (aceptador de resultados de acción) es la parte más importante de la arquitectura central de los sistemas funcionales.**

EL mismo autor detalla algunas ideas nuevas que presenta la TSF a diferencia de la teoría del reflejo:

- Niega la importancia primordial de los estímulos externos en la conducta. Establece que el comportamiento de un organismo vivo está determinado, además de los estímulos externos, por las necesidades internas, la genética, las experiencias individuales y los efectos de los estímulos situacionales que crean la integración pre estímulo de las excitaciones, que es activada por el estímulo desencadenante. Remarca que la excitación sistémica que forma el acto conductual dirigido a un objetivo no se desarrolla de manera lineal; sino que implica la anticipación de los resultados reales de la actividad conductual. Este mecanismo compara

los parámetros de los resultados realmente logrados con los programados a partir de la experiencia pasada del sujeto y permite al sujeto corregir errores del acto conductual.

- Y por último el acto conductual dirigido a un objetivo no finaliza después de la acción, como sugiere la teoría del reflejo; más bien, continúa hasta que el resultado adaptativo útil satisface la necesidad dominante, y el actor de los resultados de la acción evalúa la idoneidad de la aferenciación inversa.

7. Diseño metodológico

7.1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Para la presente tesis se realizó una revisión narrativa de literatura y artículos de investigación científica. Se consultó a los motores de búsqueda PubMed, Scielo, Scholar Google y Researchgate. Inicialmente la búsqueda fue amplia y difusa para permitirnos detectar que áreas y ámbitos de investigación, sobre la anticipación, tenían relevancia para la kinesiología. Una vez definido este punto nos dirigimos a indagar sobre tres enfoques, a partir de tres líneas de búsqueda diferente: ajustes posturales anticipatorios, anticipación de la acción y anticipación en la Teoría de los Sistemas Funcionales. Todo lo anterior delimitado al campo del control motor. Por último, de los diferentes artículos y libros revisados inicialmente, se realizó una selección de los autores más referenciados (que aportaron información al tema de investigación) y se amplió la búsqueda en Researchgate para poder comprender su línea de investigación. Entre los autores más citados profundizamos en las investigaciones de Massion J., Bouisset S., Paillard J., Horak FB., Latash M. en lo referente a los ajustes posturales anticipatorios. Con respecto al estudio de la anticipación de la acción se ahondó en los trabajos de Gunnar Johansson, Poulton, Albernethy, Williams, Huys,. Y, por último, en cuanto a los referentes de la escuela soviética en relación a la temática de la anticipación nos adentramos en los estudios de Anokhin y sus discípulos. Para abordar el contenido sobre control motor se utilizaron cuatro libros: Control Motor: De la investigación a la práctica clínica, de Anne Shumway-Cook y Marjorie H. Woollacott. Neurorehabilitación: Métodos específicos de valoración y tratamiento de Roberto Cano de la Cuerda y Susana Collado Vasquez., Grieve's Modern Musculoskeletal Physiotherapy de Gwendollen Jull y Ann Moore y por último, Motor Learning and Performance, from principles to applications de Richard A. Schmidt y Timothy D. Lee. Para estudiar el proceso de anticipación desde la Teoría de los Sistemas funcionales se recurrió a dos

libros: Anticipation: Learning from the past, de Mihai Nadin y Neurofisiología y cibernética de Bernstein, Anokhin y Sokolov.

7.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Se incluyeron textos en español, inglés, italiano y francés. La fecha de publicación no fue determinante para la selección de los artículos, se priorizó la relevancia y calidad de la información brindada por los mismos. Como criterios de inclusión se consideraron tantos textos teóricos, textos de revisión y trabajos experimentales. Que las fuentes primarias fuesen de calidad (pertenecientes a revistas científicas y elaboradas por profesionales reconocidos en el ámbito académico). Como criterio de exclusión no se tuvieron en cuenta los artículos de revisión o trabajos de investigación cuyos estudios fueron realizados en animales.

Palabras claves: Anticipación-Ajustes posturales anticipatorios-Control motor-Deporte-Teoría de los sistemas funcionales

7.3. MUESTRA

La muestra quedó conformada por 84 artículos científicos, de los cuales 19 se utilizaron para la revisión sobre el control postural proactivo y los ajustes posturales anticipatorios y 65 artículos se estudiaron para el tema de anticipación de la acción. Además, incorporamos 3 tesis doctorales y 6 libros referenciales, 4 para el tema de control motor y 2 para el concepto de anticipación desde la Teoría de los sistemas funcionales.

8. Resultados

“La anticipación es una característica definitiva de los vivos... La anticipación ya no es reducible a la física, ni a la psicología, ni a la fisiología, ni a ningún otro campo de conocimiento. Ha comprobado su propio dominio del conocimiento.”
(6). Las palabras previas, permiten interpretar el nivel actual de estudio sobre la anticipación a nivel mundial, definiéndola como ciencia de abordaje multidisciplinar.

El largo recorrido bibliográfico revisado sobre anticipación, comprendiendo la inmensidad del tema, se delimitó al campo del control motor. Dentro de este, se revisó específicamente el control postural proactivo, estudiando en primera instancia, los mecanismos de ajustes posturales anticipatorios (APA), cuyo estudio se ha desarrollado significativamente desde la investigación pionera de Belenkii y colaboradores en el año 1967, sobre el movimiento de elevación de la extremidad superior. Desde este estudio original, muchos investigadores exploraron y continúan explorando APA utilizando diferentes métodos para identificarlos y cuantificarlos.

La gran mayoría fueron trabajos experimentales en situaciones muy analíticas, como levantar un brazo, tomar un vaso, bajar una palanca, ponerse en punta de pies usando una plataforma debajo de los pies que se mueve, estudios en micro gravedad, caídas, recepción de una carga, cambios de dirección, inicio de la marcha. Otras líneas de investigación estudiaron la relación entre APA y dolor, APA y tercera edad, APA y patologías neurológicas como espasticidad, Parkinson, parálisis cerebral, pacientes cerebelosos. Como denominador común detectamos que los diferentes estudios se llevaron a cabo en contextos no ecológicos totalmente de laboratorio.

Como segundo enfoque en la revisión sobre modelos anticipatorios en relación al control motor, profundizamos en los procesos de anticipación de la acción, como habilidad anticipatoria perceptiva, cognitiva y social, principalmente estudiada en el ámbito deportivo. La anticipación de la acción abarca la percepción y el procesamiento de información visual de una secuencia de acción observada y la predicción de su resultado. Por lo tanto, implica observar y predecir el comportamiento de otras personas (por ejemplo, oponentes) (8), en relación a la propia planificación motora.

El tercer enfoque revisado, abordó el modelo predictivo de la planificación motora, desde la Teoría de los Sistemas Funcionales de Anokhin. El desafío final consistió en relacionar e integrar los ajustes posturales anticipatorios y la anticipación de la acción al proceso anticipatorio de los sistemas funcionales, cuya parte más importante de la arquitectura central, es el aceptador de la acción.

8.1. AJUSTES POSTURALES ANTICIPATORIOS: CONTROL POSTURAL PROACTIVO

El control postural es un proceso clave en la vida diaria de las personas para desarrollar las múltiples tareas funcionales. Una alteración del mismo, determina consecuentemente limitaciones en la independencia del ser humano, sumado a una disminución en la participación de las diferentes actividades vitales.

Los científicos destacaron dos mecanismos necesarios para controlar la posición del cuerpo en el espacio, mediante el control postural: la orientación y el equilibrio. La orientación postural implica la alineación activa del tronco y la cabeza con respecto a la gravedad, las superficies de soporte, el entorno visual y las referencias internas. La información sensorial de los sistemas somatosensorial, vestibular y visual está integrada, y los pesos relativos colocados en cada una de estas entradas dependen de los objetivos de la tarea

de movimiento y el contexto ambiental. El equilibrio postural implica la coordinación de estrategias de movimiento para estabilizar el centro de la masa corporal durante las perturbaciones de estabilidad iniciadas externamente y autoiniciadas. La estrategia de la respuesta específica seleccionada depende no solo de las características del desplazamiento postural externo, sino también de las expectativas, objetivos y experiencia previa del individuo (9). Estos mismos autores plantearon tres tipos principales de estrategias de movimiento para que el cuerpo vuelva al equilibrio en una posición de postura: dos estrategias mantienen los pies en su lugar (Tobillo/Cadera) y la otra estrategia cambia la base de apoyo a través de los pasos o alcances individuales. (9)

Otros términos utilizados en el campo del control postural son: centro de masa (CM), centro de gravedad (CG), base de apoyo (BA) y centro de presiones (CP). Los científicos se refirieron al centro de masa como el punto localizado en el CM corporal total, que se determina al promediar el CM de cada segmento corporal. Como centro de gravedad definieron a la proyección vertical del CM. Por su parte la base de apoyo comprende el área del cuerpo que se encuentra en contacto con la superficie de apoyo. El centro de presiones se reconoce como el centro de distribución de la fuerza total aplicada a la BA. (1)

Además, para el estudio del control postural los investigadores destacaron la diferencia entre los términos equilibrio estático y equilibrio dinámico. Definieron como equilibrio estático a la capacidad de mantener el centro de gravedad del cuerpo sobre la base de apoyo del cuerpo. El mismo se logra mediante el procesamiento central de las entradas aferentes somatosensoriales, visuales y vestibulares que dan como resultado respuestas eferentes neuromusculares apropiadas (10). Por su parte el equilibrio dinámico se caracterizó por mantener el centro de gravedad del cuerpo sobre la base de sustentación durante el movimiento dinámico del cuerpo o restablecer el equilibrio después de una perturbación del equilibrio a través de cambios rápidos y exitosos en la posición corporal. (11)

Otro determinante del control postural indicado por los investigadores es el tipo de tarea que afronta la persona, la cual demanda diferentes formas del control del equilibrio: equilibrio en estado estable, reactivo y proactivo. El primero se refiere a la habilidad de dominar el centro de masa en relación a la base de sustentación, con la particularidad que la situación debe ser previsible e inmodificable. El segundo tipo de control del equilibrio, es el reactivo, y precisamente es la idoneidad para recobrar la posición de estabilidad luego de un evento inesperado. De las tres formas de control del equilibrio, particularmente, es el proactivo el que se caracteriza por desplegar un proceso anticipatorio que permita activar al sistema musculoesquelético previamente a movimientos voluntarios probablemente perturbadores (1). Esta estrategia anticipatoria es planificada por el sistema nervioso central (SNC), en base a la experiencia, estableciendo una representación y un articulado de los sistemas funcionales necesarios para la acción, previo a la ejecución de la tarea. Este proceso determina que los ajustes posturales anticipatorios, se presentan ante movimientos voluntarios, para garantizar la estabilidad del cuerpo durante la actividad.

Los ajustes posturales anticipatorios significan que el inicio de los cambios posturales ocurre antes del inicio de la alteración postural debido al movimiento y que un control postural de avance se asocia con el control del movimiento que evita que se produzcan las alteraciones de la postura y el equilibrio asociadas con el rendimiento del movimiento. (12)

Es SNC a partir de la organización, integración y procesamiento sensorial establece un marco de referencia espacio-temporal para determinar la ubicación del cuerpo en el espacio, su relación intersegmentaria y si el mismo se encuentra en movimiento o en estado estacionario. Esta capacidad funcional del control postural es un aspecto relevante para lograr la estabilidad durante tareas y ambientes cambiantes. En la literatura se describieron diferentes marcos de referencia que se utilizan para la organización del movimiento. En primer lugar, se nombra el marco de referencia geocéntrico, basado en el vector de gravedad

y las fuerzas de reacción de la superficie de soporte. Es preponderante en la construcción de la postura y el equilibrio. El segundo es el marco de referencia egocéntrico basado en la posición de los diversos segmentos del cuerpo en un momento dado. Entre estos segmentos, la posición de la cabeza y el tronco es frecuente en la organización de movimientos en el espacio peripersonal. El tercero es el marco de referencia exocéntrico, en el que el espacio externo se utiliza como valor de referencia. (13)

Como último pilar de los componentes neurales que participan del control postural (junto con los motores y sensoriales/perceptivos) los estudios destacaron los recursos y estrategias cognitivas. Se requieren muchos recursos cognitivos en el control postural. Cuanto más difícil es la tarea postural, más procesamiento cognitivo se requiere. Por lo tanto, los tiempos de reacción y el rendimiento en una tarea cognitiva disminuyen a medida que aumenta la dificultad de la tarea postural. (14) Debido a que el control de la postura y otros procesos cognitivos comparten recursos cognitivos, el desempeño de las tareas posturales también se ve afectado por una tarea cognitiva secundaria y por las características del ambiente.

Los APA resultaron la piedra angular para lograr la anticipación durante el control postural proactivo. Los diferentes investigadores que estudiaron estos ajustes posturales por feedforward, parten de la concepción de que los movimientos voluntarios generan perturbaciones, las cuales son anticipadas por estos procesos que buscan la estabilización postural para lograr un rendimiento motor adecuado. Por lo tanto, se los considera un mecanismo de control anticipatorio y ajustes posturales de avance, que evitan grandes desplazamientos del centro de gravedad, con lo cual colaboran con el mantenimiento del equilibrio. Demostraron que esta actividad anticipatoria se dirigía en la dirección opuesta a las fuerzas de reacción asociadas con el rendimiento del movimiento y, por lo tanto, servían para minimizar la perturbación postural causada por el movimiento autoiniciado. (9) (12) (15) (16) (17) (18)

Otro punto relevante en el que coincidieron los investigadores es que los APA son adaptables y también son modificables, modulables e incluso se suprimen. Esto depende del estado funcional del sistema sensoriomotor, cognitivo y musculo esquelético de la persona (vejez, patologías neurológicas, periodo post inmovilización, dolor, fatiga), de las propiedades posturales iniciales (base de apoyo, estabilidad, posición asimétrica), sumado a las características de la tarea y el objetivo de la misma (manipulación de objetos, marcha) y se programan a partir del conocimiento del resultado de la perturbación (diferentes magnitudes y direcciones). (9) (19) (20) (21) (22)

Se definió como movimiento voluntario (intencional o con un objetivo) cuando su intención es realizar una determinada tarea. Su logro requiere la movilización e inmovilización de diferentes segmentos del cuerpo simultáneamente. Por lo tanto, un movimiento voluntario es parte de un proceso más general, llamado acto motor. En otras palabras, un movimiento voluntario es el medio para completar una tarea motora. (19)

Por otro lado, desde Bernstein y Gelfand (19) surgió la idea de que el control motor tiene un componente focal (conformado por los segmentos que ejecutan los movimientos voluntarios) y otro postural (que se encarga de estabilizar al componente focal). Esto permitió describir que los ajustes posturales son parte del programa motor, lo que admitió que una tarea postural está asociada a una tarea local. A partir de esta línea de pensamiento Bouisset y Zattara (19) propusieron considerar un sistema postural y un sistema focal del control motor. Al primero le asignaron una capacidad posturocinética (PKC) y al segundo una capacidad fococinética (FKC).

PKC lo definieron como la capacidad de desarrollar una contra perturbación de la perturbación de la postura inducida por el movimiento voluntario y, por lo tanto, la capacidad de manejar la perturbación al equilibrio asociado con el próximo movimiento. En esta definición detectamos la importancia y la función

de los ajustes posturales anticipatorios. Mientras que FKC la describieron como la capacidad de ejecutar el movimiento voluntario per se, es decir, movilizar los segmentos focales. Estos investigadores propusieron que el rendimiento motor es el producto final de la cooperación entre PKC y FKC. En otras palabras, PKC controlaría el desempeño de la tarea en la preparación de la acción motora, apoyando su curso y contribuyendo a su eficiencia. Desde este punto de vista, PKC funcionaría durante todo el acto motor. Concluyeron que, tanto PKC como FKC debían verse como entidades sistémicas cuyas propiedades proceden de una combinación de sus componentes funcionales, principalmente el sistema muscular, óseo y articular, sensorial-motor y cognitivo.

El análisis de diversos artículos científicos permitió caracterizar a los ajustes posturales anticipatorios. (9) (12) (15) (23) (24). Los diferentes autores formularon como características de los APA:

- Forman parte de la estrategia anticipatoria del control postural
- Son anticipatorios respecto al movimiento voluntario, autoiniciado y minimizan las perturbaciones de equilibrio y postura.
- Esta actividad anticipatoria se dirige en la dirección opuesta a las fuerzas de reacción asociadas con el rendimiento del movimiento.
- Se programan anticipadamente en relación a los parámetros de la perturbación esperada
- Son adaptables a la situación en la cual el movimiento es ejecutado
- Son influenciados por las instrucciones de la tarea
- Tienen el objetivo, de estabilizar los valores de referencia, como la postura y el equilibrio contra las perturbaciones internas
- El papel de los APA es estabilizar el centro de masa del cuerpo
- Presentan una organización temporal: tiempo de activación o inhibición muscular en relación con el evento desestabilizador
- Presentan una organización espacial: coordinación tridimensional de la actividad en múltiples músculos
- Varían la escala de amplitud: magnitud de la activación muscular

Debemos remarcar, que nuestra revisión de los mecanismos anticipatorios para el control postural proactivo, reveló la existencia de diferentes tipos de ajustes posturales, los cuales se organizan temporalmente de forma secuencial. En orden cronológico de aparición, previo a un movimiento focal voluntario, diferenciaron los ajustes sinérgicos anticipatorios (ASA), los ajustes posturales tempranos (EPA) y los ajustes posturales anticipatorios (APA). Todos los ajustes posturales previos escalan en una organización temporal diferente, pero siempre previo al movimiento principal. Después de los primeros ajustes anticipatorios, se observaron ajustes reactivos posteriores, que muestran diferentes propiedades que los anticipatorios y reciben el nombre de ajustes posturales compensatorios (CPA). (25) (26) (27)

8.2. ANTICIPACION DE LA ACCION

El fenómeno de Anticipación fue ampliamente investigado en el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Los investigadores que profundizaron en el área (B. Abernethy, A. M. Williams, O. R. Runswick, Vicente Luis del Campo, entre otros) lo describieron como una capacidad o habilidad decisiva en situaciones deportivas donde el tiempo es un factor determinante del comportamiento motor.

El modelo de comportamiento motor, nombrado como Procesamiento de la información fue el más utilizado por investigadores de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, para interpretar la interacción entre el deportista, la situación deportiva y el emergente motor. Este modelo explica el comportamiento motriz humano como el producto de un sistema procesador de información, en el cual, básicamente, la actividad inicia con la llegada de diferentes estímulos o entradas (inputs) de información a uno o varios órganos sensoriales. El circuito continúa con el procesamiento de esa información, que permite una toma de decisiones y por feedforward (mecanismo de referencia) anticipa un estado final deseado y culmina en la producción de una respuesta

motora o salida (output), que genera nuevas informaciones que por feedback permite comparar con la representación mental anticipada del resultado de la acción (mecanismo de referencia) y si se detecta un error iniciar nuevamente el proceso cíclico y corregirlo. (Figura 5).

En el ámbito de la actividad física y el deporte la predicción del comportamiento motor de un tercero constituye un fenómeno común y esencial para el adecuado control motor y el buscado éxito deportivo, y se lo denomina anticipación. La anticipación, fue definida, dentro del contexto de los deportes como aquella acción que permite realizar un movimiento de interposición a la trayectoria del oponente o móvil, teniendo en consideración la situación de juego, las propias capacidades y las del oponente, así como las intenciones técnico tácticas asignadas en función del sistema de juego del propio equipo. (28)

Dentro de la investigación en el área deportiva encontramos diferentes definiciones del concepto de anticipación (de la acción). Hernández et al (2006) entendió la anticipación, 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. Yarrow et al. (2009) y Diaz et al. (2012) definieron la capacidad de anticipar las acciones de los demás como la anticipación del movimiento biológico, y destacaron que se observa con mayor frecuencia en el campo deportivo, donde los atletas a menudo intentan obtener una ventaja competitiva al predecir el próximo movimiento de su oponente. Broadbent et al. (2014) interpretaron la anticipación como la capacidad de reconocer el resultado de las acciones de otros atletas antes de que esas acciones se ejecuten. Smith (2015) conceptualizó la anticipación como una capacidad de la persona, que abarca la percepción y el procesamiento de información visual de una secuencia de acción observada y la predicción de su resultado. Dicha competencia de anticipar la acción (de los demás) es determinante en contextos de rendimiento deportivo, como anticipar la dirección del lanzamiento de un elemento de juego (habitual en fútbol, hockey, tenis, voleibol, etc.), anticipar el movimiento

engañoso de un oponente (como sucede en fútbol, basketball, rugby, etc.), o el movimiento de una pareja (patinaje artístico, danza, etc.). North et al. (2016) describieron la anticipación como la capacidad de predecir un curso de acción futuro o lo que sucederá a continuación, lo cual resulta fundamental tanto en el deporte como en las tareas cotidianas (por ejemplo, cruzar la calle) y los ámbitos profesionales (por ejemplo, aviación). Desde otra mirada, Ana M. Abreu et al. (2017) definieron la anticipación como una habilidad social altamente sofisticada que caracteriza a los deportistas expertos. En definitiva, como plantearon McKinney y Euler (2019) los procesos anticipatorios representan mecanismos que pueden facilitar el rendimiento motor al reducir la incertidumbre que rodea el inicio temporal de los estímulos (incertidumbre temporal) e incluso facilitar la preparación motora a pesar de la incertidumbre sobre las ubicaciones inminentes del objetivo (incertidumbre del objetivo). (29) (30) (31) (32) (33) (34) (35)

Para una primera clasificación de la anticipación en el deporte, encontramos que, en la bibliografía revisada, diversos investigadores (Abernethy 1987, Martínez et al. 1998, Hernández et al. 2006, Nuñez Sánchez 2006, Vicente Luis del Campo 2008) utilizaron la definición de Puolton (1957), la cual diferenció tres tipos de anticipación:

- En primer lugar, se destacó la **anticipación efectora** como la predicción por parte de la persona del tiempo que va precisar su propia acción. Para lograr un comportamiento motor eficaz, el deportista debe ajustar el tiempo de su acción al tiempo que ésta acción le va a requerir. Por lo tanto, deberá comenzar su acción considerando cuanto tiempo va a tardar en realizarla.
- Por otro lado, la **anticipación receptora** se basa en la predicción de la duración de la acción del oponente o de la alteración del medio desde su inicio hasta el instante en el que el propio sujeto debe actuar. Por ejemplo: en la intercepción de un lanzamiento, el deportista debe predecir la duración del vuelo del elemento para ajustar su acción.

La unión de estos dos aspectos, es decir, la anticipación sobre la acción personal (anticipación efectora) y sobre la duración de ciertos eventos

externos (anticipación receptora) se denominó como **anticipación coincidente**, intercepción o coincident timing

- Por último, la **anticipación perceptiva** se refiere a la identificación por parte del ejecutante de cierta regularidad en la aproximación de estímulos que traen como consecuencia la acción final y a través de éstos predecir la aparición de dicha acción antes de que suceda. (36) (37) (29) (28) (38)

Otra clasificación encontrada sobre la anticipación, fue la propuesta por Schmidt (2014), la cual diferencia la anticipación temporal de la espacial.

- La **anticipación temporal** supone, por parte de la persona, el ajuste de la respuesta motora al momento de aparición del estímulo principal. Este proceso requiere, predecir la duración de un (pre)periodo y ajustar su propia acción a dicho espacio de tiempo. Por lo tanto, el estudio de dicho (pre)periodo es fundamental para el análisis de este tipo de anticipación. Resulta que estas estrategias son válidas en situaciones de tiempo de reacción (TR) simple, en las que puede aparecer un sólo estímulo que conlleva una sola respuesta, permitiendo predicción del momento de aparición del estímulo y con ello la planificación previa de la respuesta.
- La **anticipación espacial** por otro lado se refiere a la predicción del tipo de estímulo que va a mostrarse, su localización y la acción que conlleva. Esta modalidad de anticipación se relaciona con la anticipación perceptiva expuesta en la clasificación previa. (4)

Ampliando la clasificación de anticipación utilizada en el deporte, Williams (2000) hizo referencia a otros dos tipos de anticipación: la externa y la interna.

- La **anticipación externa**, como la predicción de eventos ambientales (contextuales).
- La **anticipación interna**, como la anticipación de nuestros propios movimientos durante la ejecución. (39)

Estos términos parecen ser análogos a los conceptos de anticipación receptora y efectora propuestos por Poulton (1957). (40)

Hernández et al. (2006) citaron de Ruiz y Sánchez (1997) que la anticipación es una característica que se manifiesta en los deportistas de alto nivel por una doble capacidad:

- Por una capacidad de predecir, a partir de informaciones externas, los acontecimientos posteriores.
- Por una capacidad para la anticipación de señales internas que contribuyen a la organización y ejecución de la respuesta motriz requerida. (29)

Reina (2004) interpretó la acción de predecir, y por tanto de anticiparse, como el método primario para hacer frente a situaciones deportivas abiertas de tiempo limitado, a través de las cuales el deportista puede inferir en las intenciones de los oponentes. Además, este autor, destacó que existen principalmente dos tipos de fuentes de información que contribuyen a la anticipación en situaciones deportivas:

- Información global relacionada con la probabilidad de que ocurra un determinado evento.
- Y los pre índices.

El primer tipo hace referencia a la información que el individuo puede obtener de elementos previos del juego, que pueden obligarle a optar por una determinada opción u otra y desechar el resto. El segundo tipo se refiere a la cinemática propia del gesto del oponente, que el deportista ha aprendido a asignarle un significado fruto de su experiencia. (41)

Según Núñez Sánchez (2006) en la anticipación espacio temporal el deportista predice la localización futura de las informaciones y su clase en función de una serie de índices, que cuando están referidos a movimientos corporales son definidos como pre índices de movimiento. Estos pre índices de movimiento posibilitan procesar la información del contexto a mayor velocidad. Para la habilidad deportiva anticipatoria el tiempo de procesamiento de la

información se convierte en un factor primordial para un eficiente, eficaz y efectivo comportamiento motor. Pero para lograr esta mejora en la velocidad resulta indispensable conocer que índices relevantes de los ejecutantes, y en qué momento, se establece la relación entre la información perceptiva y la respuesta o acción que lleva implícita. (28) Por lo tanto, las técnicas de pre índices y las diferencias entre deportistas expertos y noveles para identificar información relevante son aspectos claves en la anticipación y su entrenamiento.

Según Díaz et al. (2012) en relación a los pre índices, existen determinadas informaciones visuales en el movimiento del cuerpo de las otras personas que permite al observador anticipar con precisión el resultado de la acción de un tercero. Se divide en información local e información distribuida:

- La información local se refiere a que la persona toma como referencia para realizar una anticipación de la acción de otro individuo, la información brindada por alguna parte específica de su cuerpo.
- Y la información distribuida es aquella que la persona obtiene del conjunto de sinergias de diferentes partes del cuerpo del otro individuo.

La clasificación previa reveló que la información utilizada para anticipar el resultado de la acción de otra persona puede ser tanto de tipo local como distribuida. Y que ambos tipos de datos sensoriales son fuentes confiables e incluso complementarias para la anticipación biológica. (31)

Pinillos M, González F (2011) indicaron que resulta determinante diferenciar entre el constructo de anticipación y el de tiempo de reacción (TR), considerando que el primer concepto considera variables cognitivas, no presentes en el tiempo de reacción, y que son fundamentales para la práctica experta de múltiples actividades deportivas. (42). Diferentes autores interpretaron que el concepto de tiempo de reacción, resulta insuficiente en la definición de las habilidades deportivas. (37) (4) (43) (42)

Un indicador de rendimiento motor relevante, que demuestra la velocidad y la eficacia en la toma de decisiones es el intervalo TR, considerado el espacio temporal que transcurre luego de un estímulo presentado repentinamente, hasta el inicio de la respuesta. El concepto y la evaluación de TR son importantes porque ocupan una parte vital en eventos deportivos como en la vida cotidiana (frenar el automóvil al cruzar de improvisto un animal por delante del vehículo en una calle). El tiempo de latencia entre el estímulo y la reacción, refleja la existencia de un retraso sustancial del tiempo de respuesta de la persona. Adquirir la capacidad de minimizar el TR en una situación en la cual el tiempo de resolución de la tarea es determinante para lograr el objetivo es fundamental para concretar el movimiento lo más rápido posible.

Los investigadores definieron el tiempo de reacción (TR) como el período de tiempo que comienza cuando el estímulo se presenta por primera vez y termina cuando comienza la respuesta de movimiento. El TR no incluye el tiempo que se demora en completar el movimiento. Este lapso temporal, entre el final de TR hasta la finalización del movimiento, se denomina típicamente tiempo de movimiento (TM). Por lo tanto, la suma del tiempo de reacción y el tiempo de movimiento se denomina tiempo de respuesta. (Figura 8). (4)

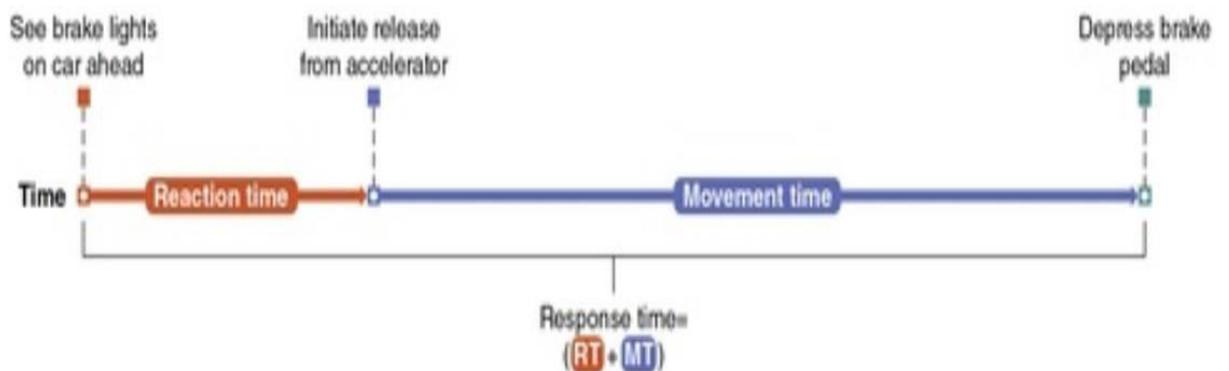


Figura 8 Esquema del tiempo de respuesta. (4)

Oña (1995) indicó otras dos instancias que forman el tiempo de respuesta y específicamente componen el tiempo de reacción: el tiempo de reacción premotor y el tiempo de reacción motor. El primero es definido como el intervalo temporal transcurrido desde la aparición del estímulo hasta la primera contracción muscular. Y el segundo corresponde al tiempo desde la contracción muscular hasta la aparición de movimiento. (Figura 9) (43)

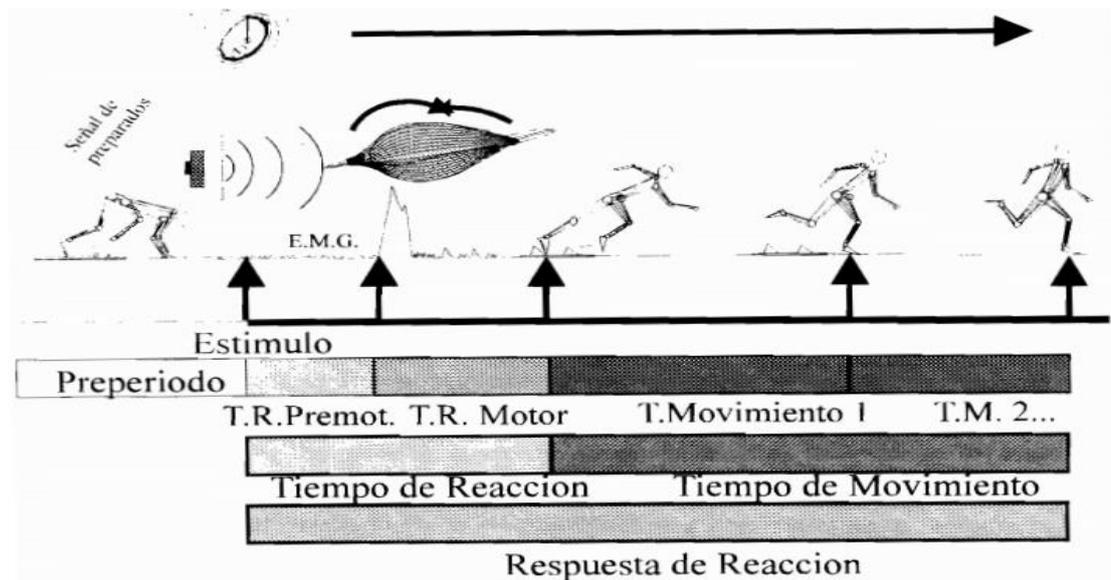


Figura 9 Estructura de la respuesta de reacción (RR). (43)

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 (como sucede con la señal informativa del semáforo en color amarillo previo de pasar al color verde). Esto determina que el TR es igual a cero, cosa inexplicable biológicamente, únicamente con el constructo de tiempo de reacción. Por lo tanto, para Pinillos M, González F (2011) el concepto de anticipación describió precisamente este 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. (42)

Pinillos M y González F (2011) citaron a González Uriel y García Jiménez (2000) para señalar que el término anticipación se refiere a que el sujeto realiza un cálculo anticipado de la respuesta que debe dar en una situación de incertidumbre. De esta forma la anticipación es una cualidad básica para cualquier deportista. Y toda la información previa al estímulo principal puede ser utilizada para iniciar la respuesta antes de que ese estímulo aparezca efectivamente, puesto que, si se espera a recibirlo será demasiado tarde para reaccionar. De hecho, estos autores plantearon que el tiempo de reacción presenta diversos componentes como para ser instantáneo. Comprende al menos tres componentes:

- Un tiempo sensorial, caracterizado por la recepción del estímulo en la modalidad correspondiente del sistema nervioso periférico y la transducción de la información.
- Un tiempo neurocerebral, que se refiere a la conducción de la información al sistema nervioso central, por medio del nervio aferente, donde tiene lugar el procesamiento posterior: detección del estímulo, reconocimiento y selección de una respuesta del bagaje de cada persona.
- Y un tiempo muscular, que comprende la acción del efector, o sea, contracción muscular necesaria para ejecutar la respuesta elegida.

Se observa que, de los tres componentes, el único de estos tiempos que no puede disminuirse es el tiempo sensorial; esto demuestra la necesidad de emplear la anticipación, como estrategia alternativa a la reacción para la planificación motora, a fin de conseguir un efecto práctico idéntico, o todavía más eficiente que la imposible reducción a cero del tiempo sensorial. (42)

La teoría revisada evidenció que un mecanismo fundamental que los deportistas emplean para hacer frente a los retrasos prolongados del tiempo de reacción es anticiparse. Por lo general, un ejecutante altamente calificado predice lo que sucederá en el contexto y cuándo ocurrirá, y además es capaz de realizar varias actividades de procesamiento de información previamente al estímulo principal. Las personas altamente capacitadas saben qué estímulos es

probable que se presenten, dónde aparecerán y cuándo ocurrirán, por lo que estas personas pueden predecir las acciones de los demás y las acciones necesarias para resolver una situación determinada. Dispuesto con esta información, una persona puede planificar movimientos con anticipación, completando algunas o todas las actividades de procesamiento de información que generalmente se realizan durante la etapa de selección de respuesta o programación de movimiento. Esto posibilita al individuo comenzar el movimiento mucho antes o en un momento acorde con los movimientos de otra persona y en relación al contexto. (4)

Al revisar sobre la anticipación, en el ámbito deportivo, hallamos que la mayoría de los trabajos de investigación se desarrollaron en relación a deportes que demandan habilidades motoras abiertas y que se caracterizan por presentar contextos de actuación cambiantes y condicionantes. Nadin (2015) interpretó que el deporte es ante todo una expresión del desempeño humano. Y la anticipación es una expresión de cómo los deportistas afrontan el cambio. Por lo tanto, para este autor, anticipar a menudo significa elegir entre modelos conflictivos del futuro, en lo que se refiere al rendimiento deportivo. (44)

Los seres humanos tienen la capacidad de predecir futuros eventos basándose en la observación de las acciones de otras personas, una habilidad que ha sido estudiada de forma amplísima en el ámbito del deporte (45). Y numerosas investigaciones demostraron que una de las habilidades que principalmente inciden en el mejor desempeño de los expertos sobre los noveles es la capacidad de anticipar las acciones del oponente. Esta habilidad de predecir las acciones de los oponentes es crucial para el desempeño en muchos deportes, particularmente cuando la incertidumbre y las restricciones espacio temporales son relevantes. (46) La anticipación es un elemento determinante para la optimización del tiempo en la planificación motora y la ejecución de acciones eficientes en situaciones deportivas. Esta capacidad cognitiva se entrena con el fin de obtener ventaja con respecto a los otros competidores; la

producción de patrones efectivos y eficientes, y finalmente el perfeccionamiento de la praxis y el rendimiento deportivo. (47)

La literatura que revisamos para la elaboración del presente trabajo indica que los abordajes de investigación típicos sobre el estudio de la anticipación de la acción incluyeron propuestas diversas y estudiaron situaciones deportivas específicas como, la devolución del servicio en tenis (48), bádminton (49), squash (50), el bateo en béisbol (51) y cricket (52), el tiro penal en fútbol (53), y handball (54), y situaciones de defensa en deportes colectivos como basketball (55), futbol (56), rugby (57) y vóley (58). Los métodos utilizados preferentemente para la investigación de la anticipación fueron los métodos de oclusión (temporal y espacial), la técnica de incongruencia, la técnica de seguimiento de la mirada y la técnica de pre índices. En la mayoría de los estudios, para comprender esta habilidad cognitiva, compararon el rendimiento entre novatos y expertos, evaluaron la precisión de la respuesta y el tiempo de reacción durante una tarea de anticipación, evaluaron los comportamientos de búsqueda visual, como la ubicación, el momento, la duración y el número de fijaciones y además analizaron los tipos de información que resultan relevantes para un óptimo proceso de anticipación que permita una adecuada performance deportiva.

En este apartado de la tesis, se revisan los procesos que sustentan la habilidad de anticipación en tareas deportivas. Se destacan una serie de habilidades cognitivas perceptivas que contribuyen a la capacidad de la persona de percibir las intenciones de los oponentes, como la capacidad de:

- Captar información anticipada de la orientación postural de un oponente (pre índices, señales avanzadas, información cinemática)
- Identificar los patrones en las estructuras de juego
- Explorar la escena visual de una manera eficiente y efectiva (proceso de búsqueda visual)
- Determinar las opciones más probables que enfrenta un oponente en un momento dado.

En el siglo pasado, durante la década del 70, más precisamente en 1978 el estudio sobre la anticipación en el deporte pasó a primer plano en Europa con la investigación seminal de Jones y Miles. Fueron los primeros autores en utilizar el paradigma de oclusión temporal basado en películas, para comprender el fenómeno de anticipación durante un servicio de tenis. En la década siguiente aumentó exponencialmente el campo de estudio de la anticipación de la acción, encabezado por el científico australiano Bruce Abernethy quien marcó un punto de inflexión en la utilización de métodos de oclusión basados en películas a mediados de la década de 1980 (38), lo cual lleva a considerarlo como el padre fundador de la investigación moderna sobre el fenómeno de la anticipación de la acción, en el deporte. Además, fue el primer autor en implementar el paradigma de la oclusión espacial en el que se editaron minuciosamente diferentes fuentes de información en cada imagen individual para crear diferentes condiciones de oclusión de eventos (50,59).

La técnica de oclusión temporal (Figura 10) implica la edición de imágenes de video para obstruir la visión en diferentes momentos (del transcurso de la ejecución) en torno a instancias claves dentro de las acciones de un jugador contrario (60). Consiste en grabar videos de una acción técnica/táctica desde la perspectiva del oponente, seguido de la edición de estos videos a través de cortes de tiempo que demuestran partes del movimiento de acuerdo con el tipo de información o evidencia perceptiva que desea exponer. Por lo tanto, el video se presenta al participante, en un formato repetido de intentos y en diferentes condiciones de tratamiento, donde se requiere una respuesta predictiva o anticipada del resultado final de la acción filmada (60–63).

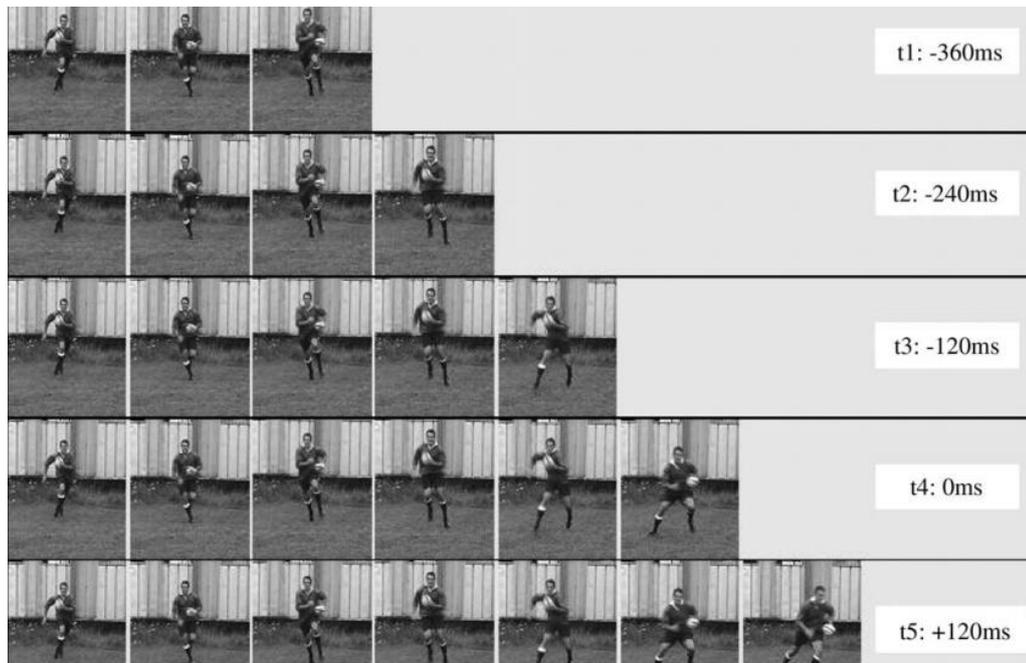


Figura 10 Técnica de oclusión temporal. (63)

Sin embargo, si bien el paradigma de oclusión temporal demostró la ventaja experta en anticipación, no permitió detectar las fuentes de información utilizadas al realizar la anticipación. Investigadores como B. Abernethy, David P. Broadbent A, M. Williams, R. Huys, M. Bourne han utilizado el paradigma de oclusión espacial para determinar las fuentes de información utilizadas por los expertos durante la anticipación. La oclusión espacial (Figura 11) implica la edición de video para eliminar áreas particulares o fuentes de información del oponente, como un brazo, pierna, hombro, por ejemplo. Esta técnica permitió a los investigadores inferir qué región del cuerpo proporciona información que no puede recogerse en otro lugar a partir de la disminución de datos que ocurre cuando esa región del cuerpo está ocluida (32,38,48,64). Los estudios de oclusión espacial han revelado que los expertos, para anticipar el movimiento de un oponente, pueden adquirir información de segmentos corporales aislados, como la parte inferior del cuerpo y que estos datos contribuyen en etapas tempranas para la identificación del patrón de movimiento del oponente (38,49,59).

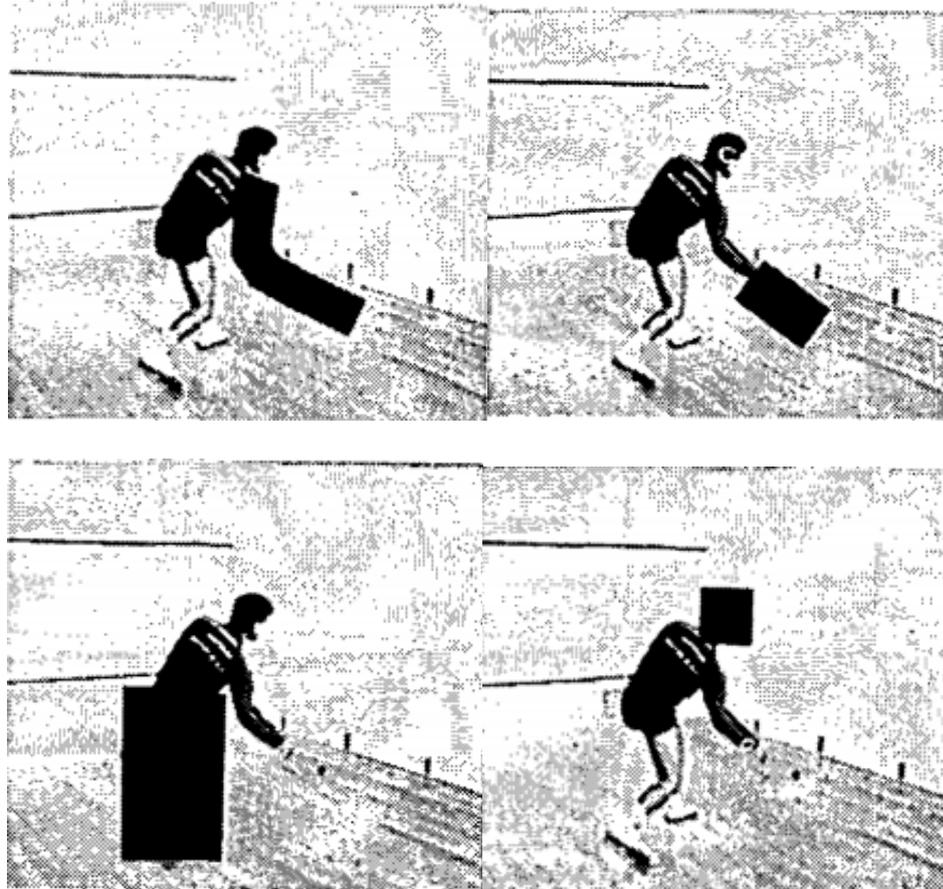


Figura 11 Técnica de oclusión espacial. (59)

Además se han utilizado combinaciones de métodos de oclusión temporal y espacial aplicados a pantallas visuales completas o pantallas de luz puntual (PDL) para desentrañar la adquisición de información de tres fases diferentes (y secuenciales) dentro de los deportes de golpe (como el tenis, el squash, tiro de penal en el fútbol o handball): una fase previa a la acción del oponente, basada exclusivamente sobre expectativas y probabilidades situacionales; otra fase en el momento del lanzamiento del objeto, basado en la atención a la información dentro de la cinemática de movimiento del oponente; y por último en la fase inicial de vuelo del elemento, según la información de las señales de movimiento del objeto que se desea interceptar. Colectivamente, este protocolo de prueba pudo proporcionar una evaluación razonable del conjunto de habilidades anticipatorias de un individuo. (59) (65) (66)

Otra técnica utilizada, que algunos investigadores combinaron con las presentadas en el párrafo anterior fue la manipulación de incongruencias. La misma tiene como objetivo producir condiciones engañosas en la acción de la persona observada, por ejemplo, al producir una secuencia de acción cuyo resultado no se corresponde con la información visual observada previamente en la secuencia de acción. (34,58,62,67,68). La búsqueda científica de las investigaciones con el método de manipulación de datos incongruentes fue identificar las fuentes de información que sustenta la anticipación de la acción en el ámbito deportivo. El advenimiento del software de edición de imágenes y video digital permitió a los investigadores ocultar o eliminar fuentes de información de manera rápida y precisa y combinar los paradigmas de oclusión espacial, temporal e incluso manipular la información (de forma congruente e incongruente) para abordar de manera más completa las preguntas relacionadas con qué información es importante y cuándo se extrae de la pantalla.

Aparte del método de oclusión temporal, una de las técnicas más frecuentemente empleadas para el estudio de la anticipación en contextos deportivos ha sido el estudio de la técnica de índices avanzados o pre-índices (Figura 12). Principalmente, el uso de estos índices (señales avanzadas) se corresponde a la capacidad del deportista para hacer predicciones precisas basándose en la información cinemática disponible en fases tempranas de la secuencia de acción de otro deportista, lo que Poulton (1957) nombró inicialmente como anticipación perceptiva. Investigadores de una amplia variedad de deportes han implementado la técnica de pre-índices y esto ha sido posible gracias al desarrollo de nuevas tecnologías en la simulación de entornos virtuales, en las técnicas de análisis de la respuesta de reacción y en los procedimientos de control y seguimiento oculares (38) (39) (36) (28). Debemos destacar que las investigaciones basadas en la técnica de pre-índices (precueing technique), consisten, en primera instancia en dar información al deportista sobre los índices previos al estímulo principal (pre índices) a través de los cuales puede predecir el comportamiento del oponente o del medio en general. Necesariamente, la utilización de pre índices en actividades deportivas en las que aparezca otro jugador precisan con anterioridad un análisis de la acción de

este oponente. Esta observación es útil para establecer qué acciones o qué movimientos previos pueden interpretarse como pre índices válidos y cuáles no brindan información relevante para anticiparse a su acción.

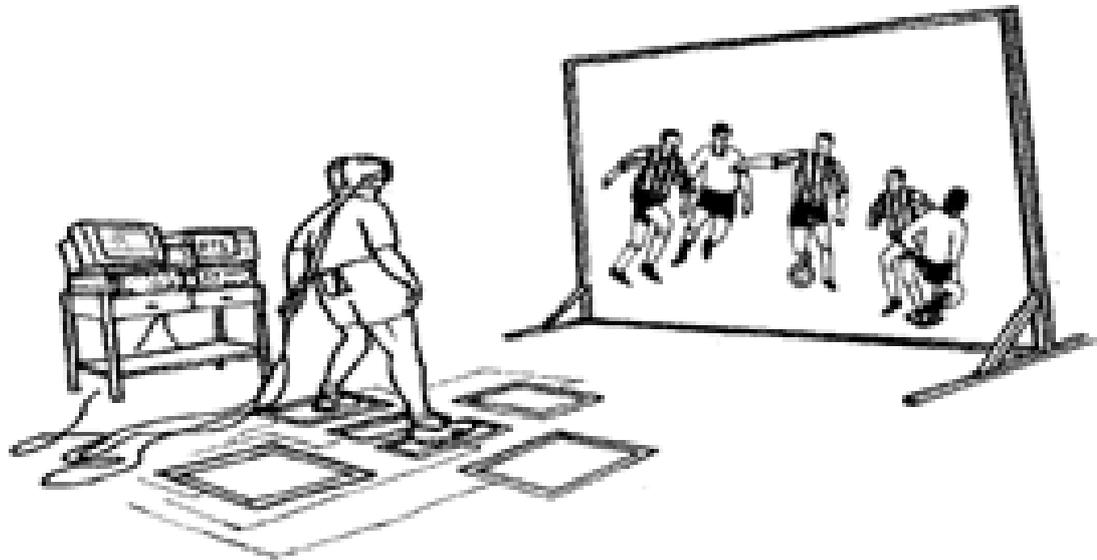


Figura 12 Técnica de pre índices. (39)

Gunner Johansson (69) en su trabajo seminal creó el método de pantallas de luz puntual (PDL) (Figura 13). El investigador sueco introdujo esta técnica para estudiar la percepción del movimiento biológico y fue pionero en el mismo, para poder aislar el movimiento de un humano de la información estructural de este movimiento. En esta técnica, se colocan pequeños marcadores en las articulaciones principales mientras se graba en video el cuerpo en movimiento. Los actores vestidos con trajes negros con marcadores reflectantes pegados a sus articulaciones fueron filmados mientras caminaban en un ambiente oscuro, de modo que solo los marcadores articulares eran visibles. Aunque los observadores pueden interpretar los cuadros estáticos de los estímulos de luz puntual (PL) como un conjunto aleatorio de puntos, Johansson descubrió que los estímulos PL en movimiento creaban la impresión de un humano caminando. Incluso cuando los observadores ven solo unos pocos puntos como PLD, pueden reconocer el movimiento de otra persona y también identificar características específicas. En definitiva, se ideó el método para estudiar la información del

patrón de movimiento humano sin interferencia con el aspecto de la forma corporal. En las décadas posteriores al descubrimiento de Johansson sobre la sensibilidad humana al movimiento biológico con el método PDL se ha investigado ampliamente en el deporte para lograr comprender la capacidad de anticipación de la acción. (38) (50) (70) (67) (49)

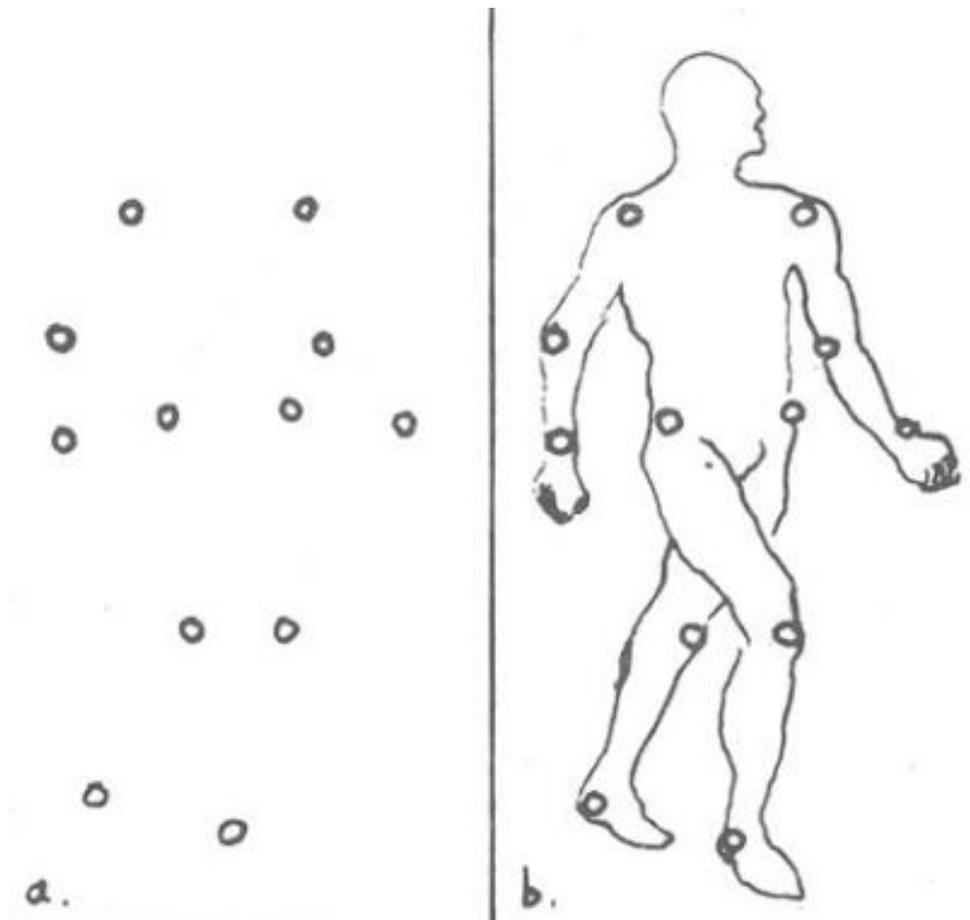


Figura 13 Técnica de PDL anticipación del movimiento biológico. (71)

La técnica de PDL también ha sido utilizada por otros investigadores para identificar cómo los deportistas reconocen patrones de juego en un deporte de equipo dinámico (como el fútbol), y además interpretar como esta habilidad les permite anticipar acciones (Figura 14). (33,72)

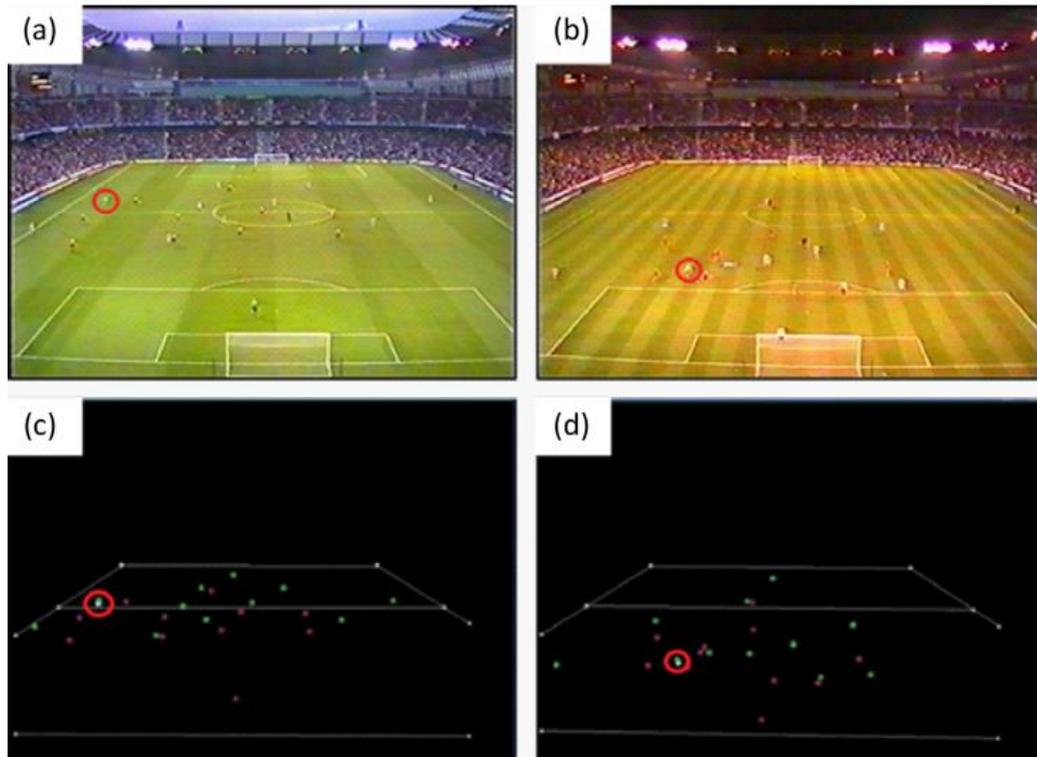


Figura 14 Técnica de PDL, anticipación del patrón de juego. (33)

Una línea de trabajo que se ha desarrollado en numerosas investigaciones, y complementa los métodos previamente presentados, fue la técnica de seguimiento de la mirada y su relación con la estrategia de búsqueda visual. Esta técnica se basa en el análisis de los movimientos oculares tomando como referencia de la detección dos puntos en el ojo: el punto de mayor reflexión de la luz sobre la córnea, y el centro de la pupila. A partir de estos dos puntos se establece un vector que reproduce el punto de focalización de la visión foveal, que simultáneamente se sincroniza con la imagen que el evaluado observa en cada momento de la acción presentada. Para llevar a cabo esta técnica es necesaria la utilización de una herramienta específica llamada Eye Tracking System (Figura 15 y 16), compuesto por un casco que tiene anexadas dos cámaras, una frontal que reconoce lo percibido en cada momento por el deportista y otra vertical que posibilita registrar el vector de dirección de la visión foveal. En definitiva, esta metodología de recolección de datos fue utilizada por los investigadores para sustraer que informaciones visuales buscan y utilizan los deportistas para anticipar la acción de los demás. (28,36,39,53)

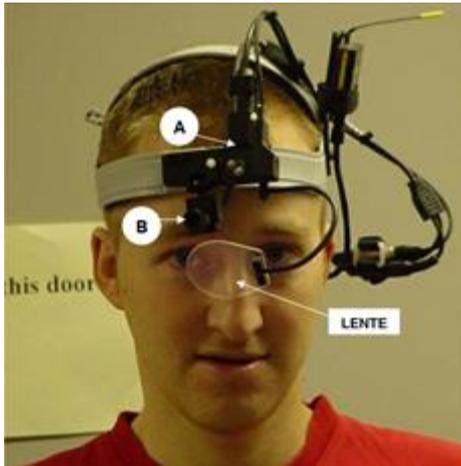


Figura 15 Técnica de seguimiento de la mirara. (28)



Figura 16 Técnica de seguimiento de la mirada. (36)

La bibliografía que revisamos para la presente tesis reveló que un alto porcentaje de investigaciones desarrolló su trabajo comparando deportistas expertos con deportistas noveles (32,34,74–81,39,50,52,59,62,65,66,73). Estos trabajos encontraron diferencias sistemáticas entre expertos y novatos en la capacidad de adquirir información perceptiva útil para anticipar las probabilidades de eventos futuros, la cinemática de los movimientos del oponente y la trayectoria temprana de algún elemento deportivo.

Algunos investigadores han afirmado, basándose en un modelo de procesamiento de la información, que la capacidad de anticipar los próximos eventos es esencial para la excelencia deportiva, y que este proceso anticipatorio

deriva del acceso a información crucial anticipadamente. Otros argumentaron, tomando un modelo ecológico, que la anticipación exitosa de la acción está vinculada a la detección de informaciones que ocurren en línea temporal con la acción, en lugar de predecir lo que sucederá por adelantado. Por lo tanto, los investigadores han estudiado durante años cómo los atletas expertos realizan la recolección temprana de información (es decir, cuáles son los mecanismos perceptivos que rigen la capacidad de adquirir rápidamente la información relevante). y además como deciden sobre un curso de acción (es decir, cuáles son las características relevantes del medio ambiente a detectar), buscando determinar que particularidades diferencian los juicios anticipatorios de un deportista experto de uno novato. (34)

La evidencia revisada manifestó que los atletas de alto rendimiento tienen una mayor capacidad de anticipación de la acción que los principiantes, Muller S. y Abernethy B. destacaron que esta habilidad se encuentra vinculada a una mejor percepción visual como proceso activo de localizar y extraer información visual del entorno e integrarla con otras entradas sensoriales (82). Wu et al (2013) coincidieron que los atletas exhiben mejores habilidades de anticipación que los novatos debido a que ejecutan diferentes mecanismos perceptivos visuales, y que pueden procesar información corporal más relevante para anticipar los movimientos corporales de otra persona. (76).

Diferentes investigadores profundizaron en reconocer cuáles son las informaciones relevantes durante la percepción visual que posibilitan una anticipación experta. Abernethy B. destacó que los expertos, son capaces de usar información avanzada (pre-índices, información cinemática) de una simulación de video para anticipar la posibilidad de acción futura del oponente. Además, expuso que los expertos pueden usar información avanzada de una pantalla de luz puntual (PDL) para anticipar la acción de otra persona, pero esta predicción resulta más difícil, lo que deriva en un peor rendimiento en comparación con una pantalla de video. El autor interpretó que la disminución del rendimiento frente a la pantalla de punto de luz tiene un correlato con la

eliminación de las características superficiales del observado, pero igualmente los expertos son capaces de utilizar las características cinemáticas y estructurales puras de la pantalla para anticipar (50). Huys et al. (2008) plantearon que los niveles más altos de habilidad de anticipación estarían relacionados con la extracción global de señales visuales informativas. Y Huys et al. (2009) informaron que los deportistas (en tenis) con mayor habilidad anticipatoria emplean estrategias globales de extracción de información, mientras que los menos habilidosos recurren principalmente a la extracción de información localizada alrededor del punto de toma de la raqueta (48,83). Los resultados del estudio de Díaz et al. (2012) sugirieron que, al anticipar el resultado del movimiento de otra persona, los observadores son sensibles a las fuentes de información que se distribuyen en todo el cuerpo del actor. Y su contribución más relevante fue el hallazgo de que existen fuentes distribuidas de información que son tan confiables como las fuentes locales de información y que las personas realmente pueden utilizar dicha información para anticipar las acciones de otra persona. (31).

Los científicos han identificado dos amplias categorías de información que facilitan la anticipación en atletas expertos: (84)

- la cinemática del oponente y
- las fuentes de información no cinemáticas (o contextuales).

Desde un enfoque cronológico, los investigadores, inicialmente han orientado la mayor parte de sus estudios en identificar las fuentes de información cinemática (como las del cuerpo del jugador) que resultan importantes para permitir a los deportistas expertos anticipar con precisión. El abordaje típico ha implicado el uso de video combinado con métodos de oclusión espacial y temporal. Luego, los investigadores comenzaron a centrarse en la importancia de utilizar la información contextual que está disponible al principio del proceso de anticipación.

Desde la mirada científica, que aborda la anticipación de la acción enfocándose en las informaciones cinemáticas de otra persona, diferentes investigadores comprobaron que el uso de información visual, como es el caso de las señales posturales avanzadas (también nombrado como información de movimiento cinemático o biológico) de los movimientos de un oponente es una capacidad determinante de la anticipación experta (38,46,74,85). Esta superioridad de los deportistas expertos sobre sus contrapartes menos hábiles para anticipar la acción de los oponentes, basados en la cinemática del oponente se ha identificado en el trabajo inicial de Abernethy B. (38) y se ha confirmado repetidamente lo largo de los años (54,73,82). Loffing F. y Canal Bruland R. (2017) advirtieron que una recolección eficiente de información, precisa que los atletas dirijan la atención visual a las áreas corporales más relevantes cuando observan a un oponente que ejecuta una acción. Y que, en comparación con los atletas novatos o menos hábiles, los expertos emplean una estrategia de búsqueda visual más eficiente al dirigir su mirada hacia áreas ricas en información, no necesariamente partes específicas del cuerpo (84). Muller et al. (2006) exponen que los jugadores expertos son superiores en el manejo de la limitación de tiempo de las situaciones deportivas que los jugadores menos hábiles, debido a la capacidad de captar señales visuales de la cinemática de su oponente (conocidas como señales anticipadas) antes de que culminen la acción (85).

Sumado al continuo estudio de las informaciones cinemáticas que posibilitan los mecanismos de anticipación en los deportistas, en los últimos años se ha observado un mayor interés en identificar el papel del contexto en la anticipación y cómo esta información puede utilizarse junto con otras habilidades perceptivo-cognitivas como las señales posturales. El primer artículo influyente sobre la relación entre la capacidad de anticipación de la acción y la información contextual de la tarea lo presentaron Abernethy B. et al. (2001), tomando como deporte el Squash. Demostraron que los jugadores de squash hábiles podían anticipar con precisión el disparo de un oponente mucho antes que la pelota contactara con la raqueta. El hecho de que los deportistas anticiparon mucho antes del contacto entre la pelota y la raqueta, implicó que realizaban juicios

anticipatorios previo a la disponibilidad de señales posturales referidas al contacto de la pelota con la raqueta. Básicamente, descubrieron que incluso antes de que el oponente iniciara sus movimientos, los expertos se comportaban con un mejor rendimiento que los jugadores menos hábiles para anticipar el resultado de las acciones que aún no habían llevado a cabo los oponentes. Los autores concluyeron que los expertos deben haberse basado en información probabilística no relacionada con la cinemática, denominada probabilidades situacionales (50). Otros estudios han demostrado que el uso de información contextual, en forma visual o no visual, contribuye a los juicios de anticipación favorablemente (52,68,75,80,86). Estudios como el de Murphy y col. (2016) informaron que los deportistas calificados superan a las personas menos calificadas incluso cuando la información cinemática está completamente ausente de la pantalla de video, lo que sugiere que el uso de información contextual es fundamental para una anticipación precisa. (87).

Al igual que Abernethy et al. (50), Triolet et al. (2013) demostraron que la gran mayoría de los comportamientos de anticipación observables de los deportistas se realizaron previamente al contacto de la pelota con la raqueta por parte su oponente. La técnica de estudio se realizó mediante el análisis de uso del tiempo basado en video, e involucró a los diez mejores tenistas masculinos del mundo. Ninguno de los dos estudios previos descarta la importancia de captar las señales posturales (cinemáticas) de los movimientos de un oponente a medida que se acerca el momento del contacto entre la pelota y la raqueta, como fuente de información, pero remarcan que en diferentes situaciones deportivas las fuentes alternativas de información contextuales pueden ser necesarias como guías en el proceso de anticipación (88).

A partir de los estudios previos, los investigadores comenzaron a cuestionarse qué fuentes alternativas de información utilizan los deportistas para anticipar lo que hará un oponente en su acción siguiente en ausencia de señales posturales y mucho antes del momento crítico (por ejemplo, contacto entre pelota y raqueta, previo a un tiro de penal en fútbol o handball o en un ataque en un

deporte colectivo) A raíz de estas preguntas, en los últimos años, los científicos han identificado varios factores contextuales que inciden en la anticipación, incluidas las tendencias de acción de los oponentes (53,54), el posicionamiento de los jugadores en el terreno de juego (58,89) y la puntuación dentro del partido (52,90).

En su investigación, Loffing et al. (2017) demostraron que los jugadores (de tenis) usan y confían en fuentes cinemáticas y no cinemáticas al planificar y ejecutar sus acciones (84). Roca et al. (2013) fueron los primeros en examinar cómo la importancia de las diferentes habilidades perceptivo-cognitivas como captar información anticipada de señales cinemáticas de un oponente, identificar los patrones de juego, explorar la escena visual y determinar las opciones más probables que enfrenta un oponente en un momento dado interactúan durante la anticipación de la acción. Mediante la utilización de una actividad de anticipación basada en un video que comprendía situaciones de ataque desde la perspectiva de un defensor central en el fútbol, manipularon las restricciones de la tarea para incluir secuencias que comenzaran con el balón en la mitad del campo de juego del equipo contrario (es decir, lejos tarea) o más cerca del área de los observadores (es decir, cerca de la tarea). Los comportamientos de la mirada y los informes verbales (de las respuestas de los evaluados) se registraron mientras los jugadores veían las diferentes secuencias. Los jugadores debían anticipar lo que haría el jugador en posesión de la pelota al final de cada secuencia (las respuestas podían ser: pasar, rematar al arco o driblear). Los resultados comprobaron que los comportamientos de la mirada se modificaron en función de la condición de la tarea, con una estrategia específica empleada según el tipo de tarea presentada. En la tarea lejana, los jugadores expertos utilizaron más fijaciones de menor duración en áreas más dispares de la pantalla en comparación con la tarea cercana. Por otro lado, durante la tarea cercana, los jugadores expertos emplearon más tiempo fijando su mirada en el jugador en posesión de la pelota, con una reducción en el número de fijaciones, el número de ubicaciones fijadas y un aumento en la duración de las fijaciones en comparación con la condición de tarea lejana. Estas diferencias en los comportamientos de la mirada fueron menos pronunciadas en los jugadores

menos hábiles, que ocupaban a pasar más tiempo observando la pelota. Para desarrollar el proceso de anticipación, en la tarea de condición lejana, los jugadores habilidosos se basaron más en los procesos de pensamiento relacionados con el reconocimiento de patrones, mientras que en la tarea cercana hubo una mayor confianza en las señales posturales y las probabilidades situacionales. (56)

Tanto el trabajo de J.S. North et al. (2016) como el de Roca et al. (2013) demostraron que el proceso de anticipación del deportista está limitado a las restricciones de la tarea y a la información perceptiva a la que tenga acceso la persona. Indicaron que, para tareas más distales, percibir patrones estructurales puede ser una habilidad perceptual-cognitiva más importante, mientras que para tareas proximales la contribución relativa de las señales posturales avanzadas se vuelve más importante (33,56).

Continuando con la revisión sobre investigaciones que se focalizaron en la información contextual necesaria para la anticipación, encontramos que existe evidencia científica de que los deportistas de mayor nivel desarrollan la habilidad perceptiva para usar la información situacional probabilística (ISP), para realizar comportamientos anticipatorios. Tanto Williams et al. (2009) como Triolet et al. (2013) afirmaron que el uso de información contextual por parte de los deportistas constituye una habilidad perceptivo-cognitiva que ayuda a conseguir acciones anticipatorias en el deporte y concluyeron que la anticipación ocurre cuando los deportistas usan información relevante y significativa del contexto deportivo, antes de que tenga lugar el movimiento del oponente. En definitiva, propusieron que la información contextual, es la que utilizan los deportistas; la organizan y la transforman en información situacional probabilística. Los resultados indicaron que los deportistas expertos anticipan más respuestas y con más precisión que los noveles debido al uso de la ISP (67,88). El método de análisis más utilizado para la investigación de la ISP ha sido la técnica de oclusión temporal.

Vicente Luis del Campo (2017) en su trabajo analizó el término información situacional probabilística (ISP) interpretando el significado de cada uno de los términos por separado (79). El investigador, incluyó, en primer lugar, el término de información, explicando que los deportistas perciben índices visuales disponibles en la situación deportiva para tomar decisiones sobre lo que tienen que hacer y de esa manera se establece una relación entre el deportista y el ambiente a través de los procesos perceptivos. En segundo lugar, definió que el concepto probabilístico, proviene de la valoración personal que establece el deportista entre esa información que percibe y la posibilidad de aparición de un movimiento u otro por parte del oponente. Con respecto a este punto Williams et al. (2000) agregó que esta vinculación que establece el deportista entre información percibida y probabilidad del evento proviene de una aproximación más cognitiva al considerar que el uso de la información visual durante el juego podría representar una adaptación y plasticidad de los procesos perceptivo-cognitivos en la búsqueda de índices visuales relevantes a través de estructuras de conocimiento y procesos cognitivos (39). La aproximación cognitiva de la ISP subraya su atributo de probabilístico al considerar que cada deportista es capaz de establecer juicios de probabilidad de ocurrencia de unos eventos frente a otros en base a la percepción visual previa de los mismos. De modo que cuanto mayor sea la probabilidad de ocurrencia de un evento, mayor será la posibilidad de anticipar el movimiento. Sobre esta línea de análisis Vicente Luis del Campo explicó que el establecimiento de probabilidades de unas acciones frente a otras es posible gracias a un proceso comparativo de informaciones visuales; una presente al momento en que está siendo percibida la tarea y otra información pasada que está almacenada en memoria en forma de conocimiento de la tarea. Por último, Vicente Luis del Campo, incluyó el atributo situacional al tratarse de una información propia a cada acción de juego. Por lo tanto, la información percibida se asocia a una situación de juego específica que aparece en un momento temporal determinado. El investigador concluyó que los deportistas deben aprender a percibir y usar la cambiante información contextual ya que el movimiento continuado de compañeros y oponentes varía los desafíos del entorno deportivo, y con ello las posibilidades de acción. Además, interpretó que el carácter situacional de la información visual se acerca más a una aproximación ecológica de la percepción visual, ya que relaciona la información con la

habilidad del deportista para adaptarse al entorno deportivo cambiante sin necesidad de representaciones mentales previas.

Triplet et al. (2013) definió la ISP como aquella información anterior en el tiempo, a la aparición de la información técnica relativa al movimiento del oponente, y que se recoge tempranamente en la secuencia deportiva durante situaciones defensivas o desfavorables (88). Vicente Luis del Campo (2015) en otra revisión acerca del término ISP en el contexto deportivo concluyó que el uso adecuado de dicha información visual ayuda a los deportistas a iniciar antes la respuesta y a ser más precisos. Y la aportación principal y resumida del estudio fue valorar la ISP como una información que por un lado compara la información visual presente con la pasada (aproximación cognitiva) o que relaciona deportista-contexto (aproximación ecológica) (91).

En cuanto a la utilización de informaciones cinemáticas y no cinemáticas (o contextuales) de los deportistas, para lograr una correcta anticipación, diferentes autores propusieron el empleo de modelos bayesianos de inferencia probabilística (68,84,92). Según las teorías bayesianas, las personas se esfuerzan por reducir la incertidumbre en sus juicios anticipatorios integrando los antecedentes contextuales con la información visual actual de manera probabilística. Este proceso implica que el impacto de los antecedentes contextuales está modulado por la confiabilidad de la información visual presentada, y viceversa. Loffing y Cañal-Bruland, (2017) plantearon que estos modelos pueden proporcionar un marco adecuado para dilucidar las estrategias mediante las cuales los atletas integran los antecedentes contextuales y la información visual en evolución durante la anticipación. Los hallazgos de Gredin et al. (2020) en su trabajo sobre la anticipación en fútbol sugirieron que los atletas emplean estrategias basadas en la confiabilidad cuando integran los antecedentes contextuales con la información cinemática durante la anticipación. Y que el impacto de los antecedentes contextuales explícitos depende de la fiabilidad tanto de los antecedentes como de la información cinemática en evolución.

Por lo general, como destacamos en los párrafos previos, los investigadores han presentado en sus estudios fuentes de información contextual que son congruentes con el resultado del evento y han manipulado la cantidad de contexto disponible para el participante. Y estos investigadores han planteado que cuando la información contextual está presente y esta información es congruente con el resultado del evento, el rendimiento de la anticipación mejora

La línea de trabajos con jugadores de cricket de Runswick et al. (2018) aportó un análisis diferente con respecto a la información contextual utilizada por los deportistas en la anticipación de la acción. Plantearon, por una parte, la necesidad de discernir entre información contextual congruente e incongruente en relación la acción. Y, por otra, que el sesgo de confirmación del deportista puede ser positivo o negativo para el desempeño de la anticipación. El sesgo de confirmación postula que cuando se toma una decisión el deportista prefiere atender la información de respaldo y evitar información que entre en conflicto con la presentada originalmente. Esto significa que, si un jugador experto predice resultados basándose en información contextual al principio del proceso de anticipación, esto podría generar un sesgo de confirmación y alterar el uso de la información cinemática que se presente más adelante en el proceso. Runswick et al. concluyeron que, en situaciones congruentes, los deportistas realizan un juicio basado en información contextual y respaldado con información cinemática que aparece posteriormente y que conduzca a una anticipación precisa. Pero, en situaciones incongruentes, la información cinemática que surge más tarde puede no usarse porque sugiere un resultado que contrasta con la decisión original, lo que lleva a una disminución en la precisión de la anticipación. Además, los investigadores propusieron que el sesgo de confirmación podría ser exacerbado por los bateadores expertos que utilizan, para anticipar, mayor cantidad de fuentes de información contextual que los menos expertos. Por otro lado, plantearon que los jugadores menos calificados poseen menos capacidad de recurrir información contextual y dependen más de la información cinemática para lograr anticipaciones. En consecuencia, los artistas menos calificados, aunque tienen más posibilidades de a ser engañados por señales cinemáticas son menos propensos a sufrir sesgos de confirmación y engaño causados por la

información contextual. Por lo tanto, los investigadores concluyeron que si bien los jugadores expertos anticipan con mayor precisión cuando la información es congruente, es probable que haya una interacción entre congruencia y experiencia donde solo los participantes expertos son susceptibles al engaño del contexto. Y los resultados mostraron que ambos grupos (expertos y noveles) anticiparon con mayor precisión en la condición congruente, lo que sugiere que la relación entre las fuentes de información disponibles antes del resultado del evento es importante para la anticipación. Lo que destacamos como relevante de esta investigación, es que se trata del primer estudio que mostró que la falta de congruencia entre la información contextual y el resultado del siguiente evento puede tener un impacto negativo significativo en la anticipación y que esta disminución en el rendimiento es significativamente mayor para los participantes calificados en comparación con los menos calificados. (62)

Una línea de investigación llamativa es la que utilizaron Lorains et al., 2013, Uchida et al., 2014 y Fukuhara (2018). La metodología de la investigación consistió en manipular la variable velocidad de ejecución de los videos. Los deportistas evaluados debían anticipar la acción de otro deportista observando la tarea en cámara lenta. Los resultados mostraron que, el éxito de la tarea de anticipación de los jugadores experimentados disminuyó cuando vieron la condición de movimiento de baja velocidad. Los autores sugirieron que la razón de la disminución en el desempeño anticipatorio con el uso del video de baja velocidad se derivó del desajuste entre la información temporal adquirida a través de la experiencia y la información temporal del estímulo. Y este hallazgo indicó que incluso, si el uso de imágenes en cámara lenta facilita el reconocimiento de una característica cinemática específica, tal recolección de información podría no ser efectiva para una anticipación exitosa. (81,93,94)

Para concluir con los resultados de la revisión sobre el enfoque de la anticipación de la acción presentamos la propuesta de Williams (2009) que integra las diferentes habilidades perceptivas cognitivas que posibilitan la capacidad de anticipar la acción de los demás en el deporte (Figura 17). El

investigador explicó que el mecanismo de anticipación de un deportista, resulta del comportamiento de búsqueda visual que se construye a partir de la relación interactiva entra la aptitud de detectar informaciones cinemáticas del oponente (señales de avance o información biológica), reconocer patrones contextuales de la actividad y la información situacional probabilística. Todo ese proceso, condicionado a su vez, por las características propias de la tarea establecida, la situación contextual y la persona.

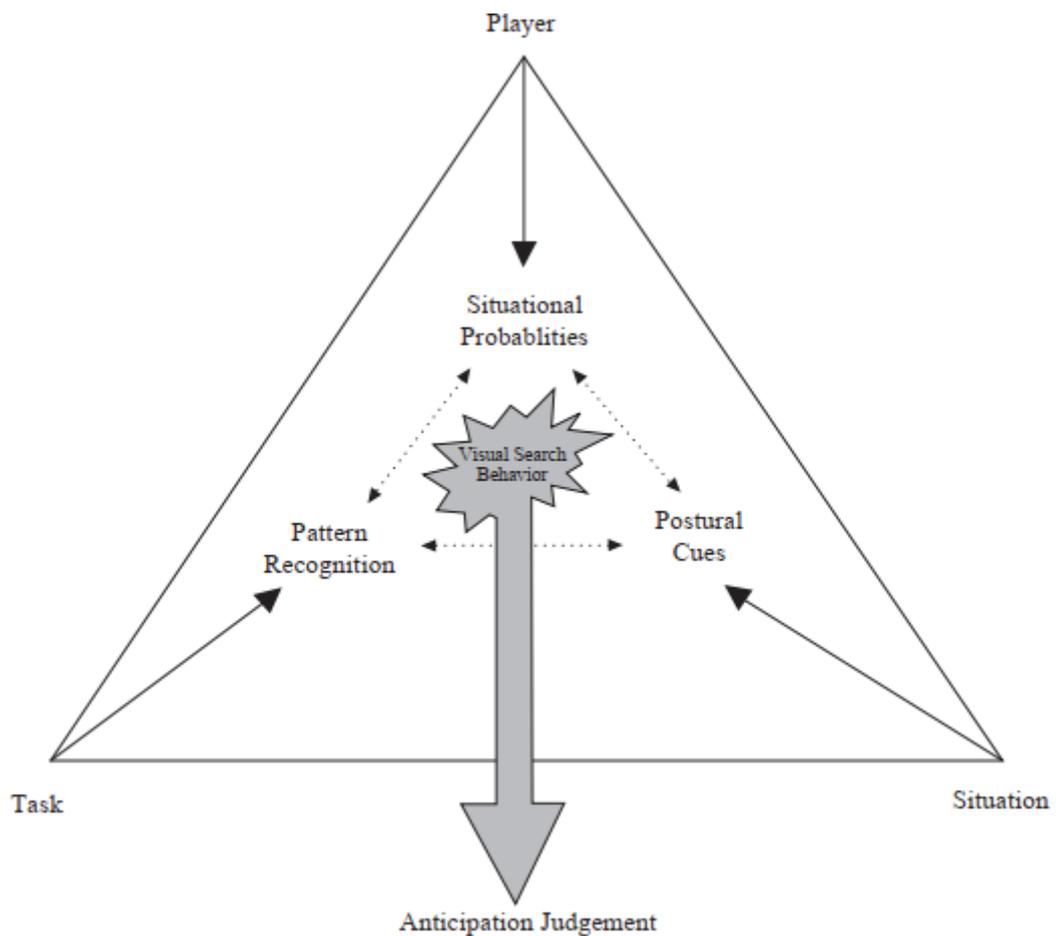


Figura 17 La relación interactiva entre varias habilidades perceptivo-cognitivas y limitaciones relacionadas con la tarea, la situación y el jugador al hacer juicios de anticipación. (67)

8.3. ANTICIPACION SEGÚN LA TEORIA DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES

El tercer enfoque que se revisó durante esta investigación, corresponde al papel funcional que adquiere la anticipación en la planificación motora de la acción, comprendida en el marco de la Teoría de los sistemas funcionales (TSF).

En línea con la teoría propuesta por Ahokhin, tanto Sudakov (uno de sus principales discípulos) como Tsygankov, Alexandrov y Tsitlovsky hablan de una teoría superadora al **paradigma de la reactividad** (reflejo), proponiendo un nuevo **paradigma de la actividad** (sistema), que además tiene un correlato con el pasaje de una idea localizacionista de la neurofisiología a otra antilocalizacionista.

El conocimiento de los principios generales de organización sistémica de las funciones fisiológicas permite comprender que estas funciones no dependen únicamente de un mecanismo reflejo (del estímulo a la acción) sino principalmente por los principios de autoorganización y autorregulación. Lo más relevante para la presente revisión es que los sistemas funcionales elaboran mecanismos que permiten anticipar los resultados de una acción y corregirlos comparando sus parámetros con los requeridos para la satisfacción de las necesidades dominantes del organismo.

En definitiva, la teoría de los sistemas funcionales sostiene que la integración holística de sistemas funcionales de cualquier complejidad muestra una arquitectura más compleja que los mecanismos centrales del arco reflejo (Figura 7). En esencia, el arco reflejo es solo un componente de la organización sistémica de las funciones fisiológicas y se destaca al aceptador de la acción como la parte más importante de la arquitectura central de los sistemas funcionales. Esta estructura posibilita la estrategia que anticipa los resultados necesarios y los compara con los que finalmente se logran, mediante una

Los estudios de Anokhin y sus discípulos remarcaron el papel del sistema funcional como un componente clave de la vida, que surge a partir de las necesidades internas del organismo, las demandas del contexto, las experiencias previas aprendidas y la planificación continua de los resultados de las acciones futuras. Dentro de este marco de análisis del comportamiento motor, se resalta como la escuela de Anokhin estableció a la reflexión anticipada de eventos futuros y / o la preparación anticipada como fases determinantes durante cada etapa de la formación de un sistema funcional y sus variaciones. Esta línea de pensamiento formuló que los conceptos de anticipación y de sistema funcional son inseparables. (6)

Anokhin, edificó el problema central de su teoría basándose en la interpretación y explicación de la propiedad de los sistemas vivos para modificar su estado de acuerdo situaciones futuras. Para ello, desarrolló un modelo de planificación motora (Figura 18), que se forma y autorregula sobre la base de la anticipación y la aferencia de retorno. Y destacó los términos de reflexión anticipada de eventos futuros y su anticipación para fundamentar la capacidad de los organismos vivos para organizar su comportamiento motor en relaciona a situaciones fututas.

A partir de la lectura científica sobre el modelo de planificación motora, abordado desde la Teoría de los Sistemas Funcionales, podemos dilucidar la diferencia entre el proceso de anticipación y el mecanismo de reflexión anticipatorio. En primer lugar, es necesario aclarar que la anticipación como tal, es un proceso que se elabora por fases, mientras que la reflexión anticipada es una de las partes de ese proceso y claramente la más determinante para el comportamiento motor.

Según Anokhin, desde el momento de la construcción del estadio de la síntesis aferente (etapa inicial del proceso cíclico de planificación motora), comienza a pronosticarse los parámetros del resultado de la acción. Durante la

elaboración de esta estructura funcional, la persona define cuáles son sus necesidades, cuando y como satisfacerlas, mediante la información detectada, analizada y transformada de la aferencia situacional, la motivación dominante, la aferencia detonante y la memoria.

La motivación dominante se interpreta como las necesidades biológicas que activan específicamente ciertas estructuras sinápticas corticales y se inhiben otras, para que el cerebro pueda determinar una opción adecuada y conveniente. En definitiva, este es el componente que indica al sistema “que” cosa hacer. *La aferencia situacional* se refiere a todas las informaciones provenientes del medio externo al organismo. Estas señales del contexto se combinan con la motivación dominante y permiten a la persona resolver el “como” actuar, pero este estado se mantiene latente hasta la llegada de un estímulo detonante. A continuación, la *aferencia detonante* es la que integra todas las informaciones, tanto motivacionales como situacionales, e indica al organismo “cuando” actuar, provocando el acto comportamental. El último componente de la síntesis aferente es *la memoria*, que permite sumar a todas las informaciones percibidas previamente, las experiencias y los aprendizajes previos que lograron satisfacer la necesidad dominante. Por lo tanto, en esta fase de la planificación, de una manera muy difusa, ya comienzan a anticiparse los resultados que precisa el organismo de la ejecución de la futura actividad adaptativa. (7)

Todos los parámetros, descritos en el párrafo anterior, que inician la construcción del modelo predictivo escalonado, se integran y se diferencian dando lugar a la siguiente fase de toma de decisión que establece el objetivo de la acción. En esencia, esta toma de decisión representa la gestación de la acción comportamental, la cual a continuación se confronta con el componente que ocupa la ubicación primordial en el proceso anticipatorio: *el aceptador de la acción*, cuya función esencial es la reflexión anticipatoria de los parámetros del resultado de la acción. La culminación de este proceso posibilita la formación de un programa de la acción, dirigido a efectuar los movimientos adaptativos que satisfagan las necesidades.

La última fase de la planificación motora se caracteriza por el mecanismo de aferenciación inversa (retroalimentación o feedback), que envía toda la información de la acción ejecutada hacia el aceptador de la acción, estructura funcional, que la compara con la reflexión anticipatoria elaborada en el proceso de planificación motora. Por lo tanto, si el resultado de una acción finalizada es diferente a los parámetros del resultado imaginado, es necesario reiniciar el proceso anticipatorio y modificar el modelo predictivo (síntesis aferente, mecanismo de toma de decisiones, aceptor de la acción), se parametriza un nuevo programa de acción, se logra un nuevo comportamiento y nuevamente por aferencia de retorno la información sobre el resultado de la acción se compara en el aparato aceptor, y así sucesivamente en un sistema circular (diferenciándose del sistema lineal: estímulo respuesta). De esta manera, se logran correcciones adecuadas hasta que se alcanza un resultado adaptativo esperado. (7)

En la presentación que realizó Sudakov, sobre los diferentes principios básicos de la organización dinámica de los sistemas funcionales, podemos descubrir elementos claves para la elaboración del proceso de anticipación y su estructura específica: el aceptador de la acción. Uno de ellos, el principio holográfico, plantea que, cuando surge una necesidad del organismo, los elementos individuales activados por la motivación, se unen para trabajar como sistemas funcionales y todos reflejan (como un holograma) de manera anticipatoria las cualidades del resultado necesario para satisfacer la necesidad en el aceptador de la acción. (6)

Sudakov destacó, en otro principio, que además de propiedades físicas y químicas, los sistemas funcionales presentan propiedades informativas. Se refirió a que los parámetros informativos de los resultados de la acción se comparan cíclicamente con la anticipación de los resultados establecidos en el aceptor de la acción, que procesa información tanto sobre la necesidad inicial, los parámetros del resultado, como las formas de lograrlos en base a la experiencia previa. Esta explicación demuestra como el principio de las

propiedades informativas se relaciona con el principio holográfico al destacar el papel principal de reflexión anticipada de eventos futuros por parte del aceptador de la acción, estructura funcional donde se logra la interferencia de informaciones sobre la necesidad motivante del organismo y su satisfacción. (6)

Otra característica relevante que expresó Sudakov, es la comprensión del aceptador de la acción como un componente de los sistemas funcionales que se construye constantemente a lo largo de la vida y su relación con las propiedades informativas que dejan huellas para la planificación motora. Por lo tanto, la arquitectura del aceptor de la acción se modifica dinámicamente durante la vida de la persona de acuerdo con los cambios en los parámetros de las informaciones de refuerzo, producto de la aferenciación inversa. Cada refuerzo, de los parámetros de los resultados de la acción, deja su propia huella informativa en las estructuras del aceptor de la acción y da como resultado un sistema funcional correspondiente. Estas huellas de la realidad, como lo definió Sudakov, que se crean en el aceptador de la acción de diferentes sistemas funcionales permiten al organismo una planificación motora orientada a la satisfacción adecuada de sus necesidades vitales y desempeñan el papel de brújula en la conducta motora de la persona. (6)

Continuando con la escuela rusa, que profundizó en la Teoría de los sistemas funcionales de Anokhin, y enfocándonos en el proceso de anticipación, encontramos que tanto Vladimir D. Tsygankov como Lev E. Tsitolovsky, Yuri I. Alexandrov y Evgenii E. Vityaev plantearon el enfoque sistémico del problema de la generación de metas en la planificación motora e intentaron resolver el interrogante de como un resultado de la acción que ocurrirá en el futuro puede determinar una actividad actual y además ser su causa.

Vladimir D. Tsygankov opinó que el problema de la anticipación debe abordarse primero en el contexto de sistemas complejos. Explicó que estos sistemas son capaces de tomar conciencia, de plantearse objetivos, elegir entre alternativas y tomar decisiones. Este investigador ruso entiende a la teoría de los sistemas funcionales como un algoritmo estratégico, un programa y un principio

rector que permite comprender el proceso de la anticipación, y definió como fases claves la toma de decisiones, la formación de una meta y la elaboración de lo que denomina una estructura anticipatoria virtual que conduce al logro de la meta que se materializa en el aceptador de la acción.

Además, Tsygankov definió al aceptador de la acción como un modelo representativo en el cerebro, destacando como un papel especial, la modulación de los procesos perceptivos y atencionales. Con el fin de optimizar la anticipación de los parámetros del resultado de la acción, lograr ejecutar correctamente y conseguir la meta, el investigador ruso refirió que el aceptador de la acción, en esencia, guía la atención y la percepción a determinadas informaciones, en relación a la motivación dominante y la experiencia previa y de esta manera orienta la anticipación en función de un objetivo.

En el enfoque sistémico del problema de la generación de metas, Lev E. Tsitolovsky, remarcó a las motivaciones y los objetivos como el papel central del comportamiento motor de los seres vivos. Planteó que el fenómeno de la motivación debe explicarse como un fenómeno fisiológico que consiste en el pasaje de una necesidad objetiva a una motivación subjetiva. Y, sobre todo, destacó la importancia de comprender cómo un ser vivo determina qué resultado es relevante para el sistema en la actualidad, mediante el proceso de anticipación. Tsitolovsky postuló que los seres vivos contrarrestan activamente su degradación en un entorno en constante cambio. Por lo tanto, el funcionamiento del organismo está diseñado para mantener su integridad, y consecuentemente el comportamiento motor dirigido a objetivos está destinado a la preservación de la homeostasis de los sistemas vivos. Homeostasis, según este autor, hace referencia a la capacidad de los organismos vivos para mantener la viabilidad, es decir, la estabilidad de las funciones fisiológicas en un entorno externo cambiante, y a nivel sistémico se presenta como el disparador del proceso anticipatorio de la acción, que paradójicamente se convierte en el generador de metas. (6)

Yuri I. Alexandrov, al referirse a los organismos vivos, adhirió a la teoría de que no son los eventos pasados o los estímulos relacionados con ellos (teoría refleja), sino los eventos futuros y sus resultados los que determinan el comportamiento anticipatorio desde el punto de vista de TFS. De esta manera, a la persona, la considera como un individuo integral que lleva a cabo una conducta motora adaptativa, en la cual su representación del mundo, de su cuerpo y de su acción son anticipatorias. En definitiva, su planificación motora en todo momento no es una respuesta al pasado, sino una preparación y parametrización de acciones futuras (6). La idea anterior surgió del modelo de resultado futuro que estableció Anokhin para resolver la paradoja del tiempo durante la planificación de la acción. Este modelo define al objetivo como determinante del acto, con un aceptador de los resultados de acción correspondiente que se forma antes del resultado real y que contiene sus parámetros predecibles. Nuevamente, en esta propuesta, se demostró la relevancia del proceso anticipatorio en la conducta motora y como el aceptador de la acción es la piedra angular que concluye la reflexión anticipatoria de la realidad y resulta en formador de sistemas fisiológicos para lograr una actividad útil para el organismo.

Un concepto interesante que propuso Alexandrov y resulta relevante para la presente revisión, es el de continuidad conductual. El investigador definió al comportamiento motor como un continuo que se forma a partir de diferentes actos conductuales sucesivos a lo largo de la vida, que implican una planificación permanente con su proceso de evaluación correspondiente, de manera cíclica. Esto nos revela a la evaluación (esa construcción fisiológica posible por el aceptador de la acción que compara los resultados anticipados con los realmente obtenidos) como parte indispensable de los procesos organizativos y anticipatorios del próximo acto, por lo tanto, estos procesos pueden interpretarse como transitorios, entre una actividad motora y la subsiguiente. Alexandrov aclaró, que dentro de esta teoría de continuum conductual no existe el estímulo como tal. Ejemplificó, de forma simple, que las variaciones del entorno de la persona, que tradicionalmente se las interpreta como un estímulo para la programación motora, en realidad están relacionadas por el principio informativo

de Sudakov con el comportamiento anterior, en el cual, durante su evolución estos cambios ambientales fueron anticipados y planeados en el modelo de resultado conductual futuro, que es origen y a su vez resultado del objetivo del comportamiento motor. (6)

Las ideas de los párrafos previos, exponen como la escuela científica de Anokhin y sus seguidores, evolucionaron de un paradigma de la reactividad a otro de la actividad. De un modelo que fundamenta la conducta motora de la persona como consecuencia de una reacción a estímulos, a otro que propone que el comportamiento de un organismo, no es una respuesta, sino una forma de modificar la relación con el entorno, o sea la acción que posibilita resolver las diferencias entre las necesidades de la persona y la realidad del ambiente. Este cambio, inexorablemente modifica, a escala micro la interpretación que se realiza sobre la actividad neuronal. La cual, según el primer paradigma, únicamente es un componente del arco reflejo, cuya función es simplemente la propagación de una onda excitatoria. A otro análisis, en donde, la neurona no se comporta únicamente como conductor, sino como un organismo dentro del organismo, que satisface sus necesidades uniéndose con otros elementos para formar un sistema funcional. En esencia, se caracteriza a la célula con las mismas posibilidades anticipatorias que al organismo a escala macro.

Otro punto que destacó Alexandrov es que la percepción es un proceso subjetivo en todo su desarrollo, debido a que siempre es una interpretación guiada por necesidades motivantes del organismo. Este concepto nos lleva a comprender también al proceso anticipatorio como proceso subjetivo, cuya reorganización y activación de los procesos nerviosos (tanto centrales como periféricos) se genera de acuerdo con los objetivos del comportamiento motor.

Evgenii E. Vityaev presentó la TFS como una teoría de sistemas funcionales anticipatorios caracterizados por una actividad con propósito. Principalmente destacó que las acciones siempre están dirigidas a un objetivo y que básicamente la actividad dirigida a objetivos consiste en organizar las conductas motoras que satisfagan algunas de las necesidades del organismo. A partir de

esta idea, el investigador remarcó que, en la TFS, se examina en profundidad cómo el cerebro soluciona cíclicamente la paradoja del objetivo.

Vityaev afirmó que es posible explicar, en el marco de la TFS, cómo el organismo establece fisiológicamente las tareas y los objetivos y como la necesidad motivante de un organismo determina el objetivo de la planificación motora y constituye el mecanismo fisiológico de su génesis. Además, aclaró que, dentro de esta teoría, los conceptos de necesidad y resultado interactúan entre sí, y esta conexión es posible por la noción de meta, donde el resultado consiste en registrar que la meta ha sido alcanzada y la necesidad satisfecha. Entre los conceptos de meta y resultado, se establece una relación en la cual el resultado se obtiene cuando se alcanza la meta, pero cuando se establece la meta, se crea la meta, pero no el resultado. Vityaev caracterizó a la meta como paradójica, fundamentando que el comportamiento motor de satisfacer alguna necesidad no presupone necesariamente el conocimiento de cómo alcanzar la meta y que se puede establecer una meta sin definir cómo alcanzarla, cuándo y con qué. A esta condición del concepto de meta llama paradoja de la meta. En consecuencia, propone que para solucionar de la paradoja el organismo precisa de una experiencia (guardada en la memoria), que se base en el “principio de reflexión anticipatoria de la realidad” y que permita definir por qué medios, cuándo y cómo se pueden alcanzar los objetivos. (6)

Para Vityaev, el momento más relevante en la construcción de la teoría de sistemas funcionales fue la formulación de Anokhin del concepto de resultado de la acción, que pasó a considerarse como una categoría fisiológica independiente. Mediante esta manera de interpretarlo, el resultado de la acción permite determinar si se ha cumplido los parámetros de consecución de la meta, y si el proceso de anticipación fue adecuado, retroalimentado por la aferenciación inversa. Pero, como lograr los resultados motores útiles requiere cumplir ciertos criterios, surge la obligación de contar con una estructura, en el sentido fisiológico que permita registrar los resultados de la acción. Este componente clave de los sistemas funcionales es el aceptador de la acción. Anokhin lo

describió como un aparato receptor especial que posibilita la observación continua del resultado adaptativo final y a su vez se convierte en el disparador del mecanismo de autorregulación de cada sistema funcional que inicia la construcción de un nuevo proceso anticipatorio. (6)

Otro punto que encontramos relevante, es una clasificación de los sistemas funcionales propuesta por Vityaev en la cual los divide básicamente en dos grupos. Por un lado, se refirió a los sistemas que precisan recurrir a una interacción con el ambiente y otros organismos, y por otra parte diferencia a los sistemas funcionales que no necesitan ese intercambio. El primer grupo, por ejemplo, hace referencia a los sistemas que tienen como meta obtener alimentos y lograr saciedad, mientras que el otro grupo se refiere a sistemas que cumplen con objetivos como la digestión, excreción, regulación de la presión arterial. En consecuencia, planteó que los sistemas funcionales del segundo grupo presentan algunos mecanismos genéticos para resolver sus objetivos y lograr resultados, y por lo tanto para anticipar y elaborar el que, el cómo y el cuándo satisfacer la necesidad del organismo. En cuanto a los sistemas del primer grupo, que actúan en contextos complejos, necesitan de procesos de aprendizaje para poder resolver la paradoja de la meta y deben recurrir a estrategias anticipatorias diferentes para cumplir los objetivos y obtener resultados útiles para el organismo.

Una idea interesante que nos reveló la investigación de Vityaev es que el proceso de anticipación de la planificación motora en la teoría de los sistemas funcionales inicia, en la extracción de una experiencia pasada de la memoria, basándose en el principio de reflexión anticipatoria de la realidad, activado por una excitación motivacional. Y culmina en un proceso cíclico en un registro, construyendo una huella con todas las informaciones que han llevado a la meta y la consecución del resultado, y así el programa de acción ejecutado se logra incorporar en la memoria. Destacamos que es el aceptador de la acción, la estructura fisiológica que define los parámetros de los resultados esperados que se extraen de la memoria y que buscan satisfacer las necesidades del organismo por lo tanto es este componente de los sistemas funcionales el que transforma

la motivación dominante en una excitación neural anticipatoria. En definitiva, es el componente de la arquitectura central de un comportamiento motor que desempeña el mecanismo fisiológico de establecer una meta y que se encarga de la formación de pronósticos de resultados futuros que satisfacen la necesidad dominante. Debido a que habitualmente el resultado real final de la conducta motora presenta algunos parámetros diferentes a los elaborados en el proceso de anticipación, aparecen discrepancias con el modelo futuro construido en el aceptador de la acción y la información que provee la aferenciación inversa de las consecuencias de las acciones realizadas. Esto inexorablemente, guía al organismo a una autorganización de los sistemas funcionales que inicia otro proceso anticipatorio en la planificación de la acción.

En conclusión, la bibliografía revisada, nos describe como la TSF, fundamenta que las estructura fisiológicas denominadas síntesis aferente, toma de decisiones y aceptador de la acción son las fases formativas consecutivas de un modelo predictivo cada vez más preciso de un evento biológicamente determinante. Este modelo determina la formación del programa de acción y puede corregirse de acuerdo a la información de los resultados de la acción vía aferenciación inversa. En esencia, el enfoque presentado fundamenta una comprensión de la anticipación, en la cual, los sistemas responsables de su realización precisan construir modelos predictivos internos de sí mismos, de su entorno y de la acción, y utilizarlos para desarrollar el comportamiento motor. Por lo tanto, de acuerdo con la TFS, cada acto conductual de la persona está determinado por la capacidad del ser humano de elaborar una anticipación adecuada, que se puede modificar de forma adaptativa a través de la aferencia de retorno en un proceso activo, permanente y cíclico.

9. Discusión

Resulta enriquecedor develar, como desde diferentes enfoques e incluso diferentes disciplinas científicas, a lo largo de años y décadas, incluso desde regiones geográficas y socio culturales variadas, surgió la necesidad de comprender e investigar sobre la capacidad de anticipar de los seres humanos. Lejos se encuentra, de nuestra finalidad, exponer una presentación minuciosa de todo el trabajo existente sobre esta maravillosa área de estudio; tampoco proclamamos que los enfoques revisados son los más relevantes en este vasto campo de investigación. Pero si, nuestro objetivo es precisamente, estudiar tres caminos diferentes que la ciencia recorrió para interpretar el proceso de anticipación en la planificación motora, y creemos importantes conocer, para el crecimiento de la Kinesiología.

Esta revisión nos muestra evidencia científica del concepto de anticipación que construyeron cada uno de los ejes de estudio investigados, tanto desde la Teoría de los sistemas funcionales de Anokhin, la anticipación en el deporte y el enfoque sobre los ajustes anticipatorios en el control postural. Uno de los puntos de quiebre en las teorías del control motor, que permite interpretar la anticipación como construcción fisiológica, fue el inicio del estudio sobre la neurofisiología de la acción, en lugar del comportamiento motor como sistema reactivo únicamente, a partir de la biocibernética, las teorías del procesamiento de la información y la teoría de los sistemas funcionales de Anokhin.

Previamente, muchas investigaciones han estudiado, descrito y comprobado modelos mecanicistas sobre el comportamiento motor, así como sobre la producción de lesiones traumatológicas sin contacto, la manera de evaluar, diagnosticar e intervenir en la kinesiología. Nuestro análisis expone otra manera de interpretar los puntos anteriores, y brinda al terapeuta la posibilidad de pensar

y construir nuevas herramientas kinésicas para el tratamiento de las personas, al considerar el constructo de la anticipación como parte de un sistema funcional que permite un emergente motriz.

Basándonos en los hallazgos de este estudio, el primer enfoque analizado describe a los ajustes posturales anticipatorios (APA), como los programas motores que utiliza la persona como recurso postural proactivo, en definitiva, se los considera un control postural de avance, es decir un movimiento que busca mitigar alteraciones posturales y del equilibrio asociados con un movimiento siguiente. Al relacionar esta caracterización de la anticipación con la Teoría de los sistemas funcionales, consideramos que los APA se organizan en el sistema funcional de la programación de la acción según Anokhin (Figura 7). En esta fase de la planificación se construye la síntesis eferente, que establece secuencialmente los movimientos de la acción, su parametrización y se programan cronológicamente los ajustes sinérgicos anticipatorios (ASA), los ajustes posturales tempranos (EPA) y los ajustes posturales anticipatorios (APA), los cuales se suceden ordenadamente previo al movimiento principal. En definitiva, estas estrategias posturales corresponden a la instancia final de la planificación motora según el modelo de Anokhin, al momento visible de la acción, y su estudio se realiza priorizando el componente musculo esquelético principalmente, dejando de lado el proceso cognitivo de la persona.

En cuanto al eje de estudio enfocado en la anticipación de la acción, el mismo interpreta a la anticipación como una capacidad perceptiva, cognitiva y social que permite al deportista tomar decisiones y resolver situaciones que presentan déficit temporal e incertidumbre en el marco de su actividad deportiva. Cuando relacionamos este enfoque con el modelo de la Teoría de los sistemas funcionales distinguimos que el concepto de anticipación de la acción (del otro), corresponde con la fase de la síntesis aferente. Específicamente, al componente de la aferenciación situacional, el cual se elabora a partir de los datos sensoriales del contexto, mediante el proceso de percepción, en donde se reconocen tanto informaciones cinemáticas de la otra persona como informaciones del ambiente.

Y la otra fuente de información que se suma a esta capacidad de anticipación de la acción es la memoria, otro componente de la síntesis aferente. Por lo tanto, la anticipación de la acción corresponde a una instancia de construcción, de la primera fase del modelo de planificación motora según La teoría de los sistemas funcionales.

Con respecto a la relación que remarcamos en el párrafo anterior, un punto interesante, es que tanto el enfoque de la anticipación de la acción (enfoque deportivo) como el estudio desde la Teoría de los sistemas funcionales destacan que la percepción es una experiencia subjetiva en todo su desarrollo, ya que somos sujetos de experiencia y lo que percibimos es dependiente de nuestros objetivos. En consecuencia, esta idea también nos orienta a interpretar al proceso anticipatorio como proceso subjetivo guiado por necesidades individuales. Un espacio de reflexión, donde nuevamente coinciden las disciplinas que estudian la anticipación de la acción como las que profundizan en la Teoría de los sistemas funcionales, es la necesidad de comprender los procesos de anticipación dentro de la planificación motora con un abordaje cognitivista, en el cual la percepción y la acción forman parte de un binomio indisoluble en la vida de la persona. Por lo tanto, la percepción permite construir una anticipación, que guía la programación motriz, de la ejecución motora final.

Un razonamiento cautivador que evidenció la revisión, es el de Información situacional probabilística (ISP). La interpretación de este concepto explica a la anticipación de la acción como un conjunto de habilidades perceptivo cognitivas que facilita una planificación motora de calidad para satisfacer una necesidad que surge de una situación problema (situación deportiva). Esta afirmación nos permiten cuestionar si desde la terapia física, tanto en procesos de rehabilitación como kinofilácticos, es suficiente repetir movimientos analíticos y descontextualizados para mejorar los actos motores de una persona, o si es beneficioso asimismo incorporar estrategias terapéuticas que planteen la repetición de situaciones motrices problemáticas, las cuales el paciente debe resolver, para que participe de manera activa en la construcción de herramientas

cognitivas, como la anticipación, para lograr movimientos de calidad. Esta apreciación abre el interrogante, si desde la Kinesiología, es idóneo abordar a la persona desde sus componentes anatómicos, biomecánicos y sus capacidades condicionales para que se mueva con calidad, o si además es necesario incorporar el aspecto cognitivo del comportamiento motor e intervenir en el aprendizaje de los procesos que benefician la búsqueda de informaciones, su integración y su transformación para la construcción de anticipaciones que mejoren el acto motor.

Una crítica a la investigación sobre la anticipación de la acción, surge a partir que los estudios se basaron principalmente en reconocer únicamente información de tipo unimodal, datos visuales. Esto resulta incompleto, si entendemos que el cerebro funciona de forma integral, es decir que la percepción es multisensorial, multimodal (visual, táctil, auditiva, cinestésica entre otras) y por lo tanto la construcción de la anticipación también lo es. Otra limitación relevante es la escasa validez ecológica de los estudios que utilizan tareas de anticipación en espacios de laboratorio. Además, con respuestas por parte del evaluado que son verbales, escritas, desplazándose sobre una plataforma o presionando alguna tecla o botón, lo cual es totalmente diferente a la acción que utilizaría en el campo y en definitiva ese objetivo final puede marcar una diferencia en la elaboración de la anticipación necesaria.

Con respecto al tercer enfoque, troncal en nuestra revisión, encontramos que dentro de la misma escuela de investigación de Anokhin resulta relevante diferenciar, que originalmente Anokhin, consideró como sistema funcional anticipatorio específicamente al aceptador de la acción. Este componente de la planificación motora, es concebido como una formación neuronal dinámica y transitoria que posibilita la simulación de la futura acción de la persona. Mientras que varios de sus discípulos científicos, interpretaron como proceso anticipatorio, desde la fase de construcción de la síntesis aferente, pasando por la toma de decisiones hasta el aceptador de la acción.

Una característica sobre la anticipación, que comparten los tres ejes de investigación revisados es que la capacidad de anticiparse de los individuos se construye y se desarrolla en relación de las características del contexto, de la tarea y de la propia persona.

Como punto final, la bibliografía revisada confirma que la calidad de la eferencia motora nunca va a ser superior a la calidad de la aferencia sensorial. Con lo cual la calidad del movimiento depende de la capacidad de percibir de la persona. De aquí la importancia de la adecuada construcción de una síntesis aferente que sea el puente hacia una apropiada anticipación, para finalizar en una saludable eferencia motora. En definitiva, este razonamiento presenta un posicionamiento epistémico frente a la persona y nuestra intervención que diferencia entre enseñar a moverse o enseñar percibir, para lograr anticipar correctamente y que su emergente sea un movimiento de calidad.

10. Conclusión

Profundizar, desde una mirada kinésica, en el proceso de anticipación nos permitió comprender e interpretar al cuerpo como una superficie receptora de múltiples informaciones, pero reconociendo que la persona no reacciona antes las mismas, sino que acciona. Recoge, organiza, integra y transforma informaciones como fases de la planificación motora que permiten elaborar anticipaciones que conforman la acción motriz.

Revisar el proceso de anticipación desde diferentes enfoques, nos permitió reconocer un paradigma diferente al hegemónico para la intervención kinésica; de un modelo mecánico a un modelo sistémico, de un modelo lineal a un modelo circular, de un modelo de la reacción a uno de la acción. Un cambio en como interpretamos la planificación motora de la persona inexorablemente nos lleva a modificar desde la evaluación hasta el tratamiento kinésico. Comprender la estructura fisiológica de la anticipación nos revela la relevancia de abordar a las personas a partir de un análisis de la acción y no solamente del movimiento. Conocer que la anticipación es una capacidad cognitiva del ser humano, que requiere un proceso de formación y es determinante para el control motor, nos abre a los kinesiólogos las puertas para trabajar en instancias de la planificación motriz imperceptibles al ojo de los seres vivos, pero de gran riqueza para lograr una acción eficiente eficaz y efectiva, en definitiva, una acción de calidad.

Sugerencias para futuras investigaciones:

- En base a los hallazgos de esta revisión, las futuras investigaciones, deberían centrarse en determinar qué tipos de intervenciones rehabilitativas mejorarían los procesos de anticipación que permitirían una restauración funcional del comportamiento motor del paciente.

- Líneas futuras de investigación, sobre teorías del aprendizaje motor, podrían favorecer al kinesiólogo la comprensión de la rehabilitación como un proceso de (re)aprendizaje y la kinefilaxia como una instancia de aprendizaje, específicamente del proceso de anticipación como recurso esencial para una planificación motora de calidad.
- Algunos de los artículos revisados, en el apartado de la anticipación en los deportes, incorporaron el concepto de neuronas espejo para interpretar la capacidad de la anticipación de la acción (en el cual no profundizamos). Por lo tanto, se sugiere en próximas revisiones buscar relaciones entre el sistema de neuronas espejo y los procesos anticipatorios.
- Otro concepto que surgió de la revisión fue el de la atención (tampoco se profundizó), con lo cual resultaría interesante en futuras investigaciones estudiar la relación entre la una adecuada planificación de la acción y los procesos atencionales.

11. Bibliografía

1. Shumway Cook A, Woollacott MH. Control motor. De la investigación a la práctica clínica. 5th ed. 2017. 660 p.
2. Gwendolen Jull, Ann Moore, Deborah Falla, Jeremy Lewis, Christopher McCarthy MS. Grieve's modern musculoskeletal physiotherapy. 4th ed. Elsevier, editor. 2015. 669 p.
3. Shumway Cook A, Woollacott MH. Control motor Teoria y aplicaciones prácticas. 1995. 239 p.
4. Schmidt RA, Lee TD. Motor learning and performance. 5ta Edicio. Vol. 53, Journal of Chemical Information and Modeling. Human Kinetics; 2014. 337 p.
5. Cano de la Cuerda R, Álvarez Badillo A. Neurorrehabilitación. Métodos específicos de valoración y tratamiento. Panamericana E, editor. 2012. 512 p.
6. Nadin M, Russian T, Contributions S. Anticipation : Learning from the Past. 2015. 520 p.
7. Anokhin PK, Bernstein NA, Sokolov EN. Neurofisiología e cibernetica. Editore U, editor. 1973. 128 p.
8. Smith DM. Neurophysiology of action anticipation in athletes: A systematic review. Neurosci Biobehav Rev [Internet]. 2016;60:115–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.11.007>
9. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Age Ageing. 2006;35(SUPPL.2):7–11.
10. Hansen MS, Dieckmann B, Jensen K, Jakobsen BW. The reliability of balance tests performed on the kinesthetic ability trainer (KAT 2000). Knee

- Surgery, Sport Traumatol Arthrosc. 2000;8(3):180–5.
11. Davlin CD. Dynamic balance in high level athletes. *Percept Mot Skills*. 2004;98(3 II):1171–6.
 12. Massion J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Prog Neurobiol*. 1992;38:35–56.
 13. Paillard J. Les Determinants Moteurs De L'Organisation De L'Espace. *Cah Psychol*. 1971;14(4):261–316.
 14. Teasdale N, Simoneau M. Attentional demands for postural control: The effects of aging and sensory reintegration. *Gait Posture*. 2001;14(3):203–10.
 15. Massion J. Postural changes accompanying voluntary movements. Normal and pathological aspects. Vol. 2, Human neurobiology. 1984. p. 261–7.
 16. Horak FB, Esselman P, Anderson ME, Lynch MK. The effects of movement velocity, mass displaced, and task certainty on associated postural adjustments made by normal and hemiplegic individuals. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1984;47(9):1020–8.
 17. Bouisset S, Zattara M. A sequence of postural movements precedes voluntary movement. *Neurosci Lett*. 1981;22(3):263–70.
 18. Bouisset S. Relation entre support postural et mouvement intentionnel: Approche biomécanique. *Arch Physiol Biochem*. 1991;99(5).
 19. Bouisset S, Do MC. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Neurophysiol Clin*. 2008;38(6):345–62.
 20. Aruin AS, Ota T, Latash ML. Anticipatory postural adjustments associated with lateral and rotational perturbations during standing. *J Electromyogr Kinesiol*. 2001;11(1):39–51.
 21. Aruin AS. The effect of asymmetry of posture on anticipatory postural adjustments. *Neurosci Lett*. 2006;401(1–2):150–3.
 22. Aimola E, Santello M, La Grua G, Casabona A. Anticipatory postural adjustments in reach-to-grasp: Effect of object mass predictability.

Neurosci Lett [Internet]. 2011;502(2):84–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2011.07.027>

23. Jo Armour Smith BEF. Anticipatory postural adjustments and spatial organization of motor cortex: evidence of adaptive compensations in healthy older adults. *J Neurophysiol*. 2018;120:2796 –2805.
24. Bleuse S, Cassim F, Blatt JL, Defebvre L, Derambure P, Guieu JD. Vertical torque allows recording of anticipatory postural adjustments associated with slow, arm-raising movements. *Clin Biomech*. 2005;20(7):693–9.
25. Dos Santos MJ, Gorges AL, Rios JL. Individuals with chronic ankle instability exhibit decreased postural sway while kicking in a single-leg stance. *Gait Posture*. 2014;40(1):231–6.
26. Labanca L, Laudani L, Mariani PP, Macaluso A. Postural Adjustments Following ACL Rupture and Reconstruction: A Longitudinal Study. *Int J Sports Med*. 2018;39(7):549–54.
27. Piscitelli D, Falaki A, Solnik S, Latash ML. Anticipatory postural adjustments and anticipatory synergy adjustments: preparing to a postural perturbation with predictable and unpredictable direction. *Exp Brain Res*. 2016;235(3):713–30.
28. Núñez Sánchez FJ. Efectos de la aplicación de un sistema automatizado de proyección de preíndice en la mejora de la efectividad del lanzamiento de penalti en fútbol. Universidad de Granada; 2006.
29. Hernández E, Oña Sicilia A, Ureña Espá A. La anticipación como proceso perceptivo motor que interviene en el aprendizaje de las habilidades abiertas. *Publicaciones*. 2006;36(0):135–48.
30. Yarrow K, Brown P, Krakauer JW. Inside the brain of an elite athlete: The neural processes that support high achievement in sports. *Nat Rev Neurosci*. 2009;10(8):585–96.
31. Diaz GJ, Fajen BR, Phillips F. Anticipation from biological motion: The goalkeeper problem. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2012;38(4):848–64.

32. Broadbent DP, Causer J, Williams AM, Ford PR. Perceptual-cognitive skill training and its transfer to expert performance in the field: Future research directions. *Eur J Sport Sci.* 2014;15(4):322–31.
33. North JS, Hope E, Williams AM. The relative importance of different perceptual-cognitive skills during anticipation. *Hum Mov Sci [Internet].* 2016;49:170–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2016.06.013>
34. Abreu AM, Candidi M, Aglioti SM. Catching on it early: Bodily and brain anticipatory mechanisms for excellence in sport [Internet]. 1st ed. Vol. 234, *Progress in Brain Research.* Elsevier B.V.; 2017. 53–67 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/bs.pbr.2017.08.006>
35. McKinney TL, Euler MJ. Neural anticipatory mechanisms predict faster reaction times and higher fluid intelligence. *Psychophysiology.* 2019;56(10):1–18.
36. Del Campo VL. Influencia del entrenamiento perceptivo, basado en la anticipación, sobre el comportamiento visual y la respuesta de reacción aplicado al tenis. Universidad de Extremadura; 2008.
37. Martínez M, Oña A, Moreno Hernández F. La anticipación en el deporte y su entrenamiento a través de preíndices. *Rev Psicol del Deport.* 1998;7(1):205–14.
38. Abernethy B, Russell DG. The relationship between expertise and visual search strategy in a racquet sport. *Hum Mov Sci.* 1987;6(4):283–319.
39. Williams AM. Perceptual skill in soccer: Implications for talent identification and development. *J Sports Sci.* 2000;18(9):737–50.
40. Poulton EC. On prediction in skilled movements. *Psychol bolletin.* 1957;54(6):467–78.
41. Reina Vaíllo R. Analisis del Comportamiento visual y motor de reacción de jugadores de tenis y tenis en silla de ruedas en el resto al servicio. Universidad de Extremadura; 2004.
42. Pinillos M, González F. La velocidad de anticipación en los deportes:

- Utilidad del constructo y diferencia con el tiempo de reacción. *Rev Orientación Educ* [Internet]. 2011;25(48):95–106. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=78335878&lang=es&site=ehost-live>
43. Oña Sicilia A. Las Estrategias Atencionales Y Anticipatorias bajo la respuesta de reaccion motora. *Rev psicol gral y aplic*. 1995;5(1):15–26.
 44. Nadin M. Anticipation - The underlying science of sport. Report on research in progress. *Int J Gen Syst*. 2015;44(4):422–41.
 45. Williams AM, Jackson RC. Anticipation in sport: Fifty years on, what have we learned and what research still needs to be undertaken? *Psychol Sport Exerc* [Internet]. 2019;42:16–24. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.11.014>
 46. Williams MA, Ford PR, Eccles DW, Ward P. Perceptual-Cognitive Expertise in Sport an its Acquisition: Implications for Applied Cognitive Psychology. 2011;442(June 2010):432–42.
 47. Correa Mesa JF, Álvarez Peña PA. Neurología de la anticipación y sus implicaciones en el deporte. *Rev la Fac Med*. 2016;64(1):99–109.
 48. Huys R, Cañal-Bruland R, Hagemann N, Beek PJ, Smeeton NJ, Williams AM. Global information pickup underpins anticipation of tennis shot direction. *J Mot Behav*. 2009;41(2):158–71.
 49. Abernethy B, Zawi K, Jackson RC. Expertise and attunement to kinematic constraints. *Perception*. 2008;37(6):931–48.
 50. Abernethy B, Gill DP, Parks SL, Packer ST. Expertise and the perception of kinematic and situational probability information. *Perception*. 2001;30(2):233–52.
 51. Ranganathan R, Carlton LG. Perception-action coupling and anticipatory performance in baseball batting. *J Mot Behav*. 2007;39(5):369–80.
 52. Runswick OR, Roca A, Mark Williams A, Bezodis NE, Mcrobert AP, North JS. The impact of contextual information and a secondary task on anticipation performance: An interpretation using cognitive load theory.

- Appl Cogn Psychol. 2018;32(2):141–9.
53. Navia JA, Van der Kamp J, Ruiz LM. On the use of situation and body information in goalkeeper actions during a soccer penalty kick. *Int J Sport Psychol*. 2013;44:234–51.
 54. Mann DL, Schaefers T, Cañal-Bruland R. Action preferences and the anticipation of action outcomes. *Acta Psychol (Amst)* [Internet]. 2014;152:1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.07.004>
 55. Fujii K, Shinya M, Yamashita D, Kouzaki M, Oda S. Anticipation by basketball defenders: An explanation based on the three-dimensional inverted pendulum model. *Eur J Sport Sci*. 2014;14(6):538–46.
 56. Roca A, Ford PR, McRobert AP, Williams AM. Perceptual-cognitive skills and their interaction as a function of task constraints in soccer. *J Sport Exerc Psychol*. 2013;35(2):144–55.
 57. Brault S, Bideau B, Craig C, Kulpa R. Balancing deceit and disguise: How to successfully fool the defender in a 1 vs. 1 situation in rugby. *Hum Mov Sci* [Internet]. 2010;29(3):412–25. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2009.12.004>
 58. Loffing F, Stern R, Hagemann N. Pattern-induced expectation bias in visual anticipation of action outcomes. *Acta Psychol (Amst)*. 2015;161:45–53.
 59. Abernethy B. Anticipation in squash: Differences in advance cue utilization between expert and novice players. *J Sports Sci*. 1990;8(1):17–34.
 60. Farrow D, Abernethy B, Jackson RC. Probing expert anticipation with the temporal occlusion paradigm: Experimental investigations of some methodological issues. *Motor Control*. 2005;9(3):330–49.
 61. Zawadzki P, Sabbi IK, Capeletto E. Nível De Antecipação Em Jogadores De Tênis Novatos E Inexperientes Pelo Paradigma De Oclusão Temporal. *Pensar a Prática*. 2016;19(2):300–12.
 62. Runswick OR, Roca A, Williams AM, McRobert AP, North JS. Why do bad balls get wickets? The role of congruent and incongruent information in

- anticipation. *J Sports Sci* [Internet]. 2018;37(5):537–43. Available from: <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1514165>
63. Jackson RC, Warren S, Abernethy B. Anticipation skill and susceptibility to deceptive movement. *Acta Psychol (Amst)*. 2006;123(3):355–71.
 64. Bourne M, Bennett SJ, Hayes SJ, Smeeton NJ, Williams AM. Information underpinning anticipation of goal-directed throwing. *Attention, Perception, Psychophys*. 2013;75(7):1559–69.
 65. Jackson RC, Mogan P. Advance visual information, awareness, and anticipation skill. *J Mot Behav*. 2007;39(5):341–51.
 66. Sebanz N, Shiffrar M. Detecting deception in a bluffing body: The role of expertise. *Psychon Bull Rev*. 2009;16(1):170–5.
 67. Mark Williams A, Huys R, Cañal-Bruland R, Hagemann N. The dynamical information underpinning anticipation skill. *Hum Mov Sci* [Internet]. 2009;28(3):362–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2008.10.006>
 68. Gredin NV, Bishop DT, Williams AM, Broadbent DP. Integrating explicit contextual priors and kinematic information during anticipation. *J Sports Sci* [Internet]. 2020;39(7):783–91. Available from: <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1845494>
 69. Johansson G. Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Percept Psychophys*. 1973;14(2):201–11.
 70. Troje NF. Decomposing biological motion: A framework for analysis and synthesis of human gait patterns. *J Vis*. 2002;2(5):371–87.
 71. Beardsworth T, Buckner T. The ability to recognize oneself from a video recording of one's movements without seeing one's body. *Bull Psychon Soc*. 1981;18(1):19–22.
 72. Williams AM, Hodges NJ, North JS, Barton G. Perceiving patterns of play in dynamic sport tasks: Investigating the essential information underlying skilled performance. *Perception*. 2006;35(3):317–32.

73. Williams AM, Ward P, Knowles JM, Smeeton NJ. Anticipation skill in a real-world task: Measurement, training, and transfer in tennis. *J Exp Psychol Appl.* 2002;8(4):259–70.
74. Mann DTY, Williams AM, Ward P, Janelle CM. Perceptual-Cognitive Expertise in Sport : A Meta-Analysis. 2007;457–78.
75. Williams AM, North JS, Hope ER. Identifying the mechanisms underpinning recognition of structured sequences of action. *Q J Exp Psychol.* 2012;65(10):1975–92.
76. Wu Y, Zeng Y, Zhang L, Wang S, Wang D, Tan X, et al. The role of visual perception in action anticipation in basketball athletes. *Neuroscience.* 2013;237:29–41.
77. Fujii K, Shinya M, Yamashita D, Oda S, Kouzaki M. Superior reaction to changing directions for skilled basketball defenders but not linked with specialised anticipation. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(3):209–16.
78. Müller S, Abernethy B, Eid M, McBean R, Rose M. Expertise and the spatio-temporal characteristics of anticipatory information pick-up from complex movement patterns. *Perception.* 2010;39(6):745–60.
79. Luis V. La información situacional probabilística en el deporte : un metaanálisis. *Rev Latinoam Psicol.* 2017;49:70–9.
80. Runswick OR, Roca A, Williams AM, McRobert AP, North JS. The temporal integration of information during anticipation. *Psychol Sport Exerc* [Internet]. 2018;37:100–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.05.001>
81. Fukuhara K, Maruyama T, Ida H, Ogata T, Sato B, Ishii M, et al. Can slow-motion footage of forehand strokes be used to immediately improve anticipatory judgments in tennis? *Front Psychol.* 2018;9(OCT):1–8.
82. Müller S, Abernethy B. Expert anticipatory skill in striking sports: A review and a model. *Res Q Exerc Sport.* 2012;83(2):175–87.
83. Huys R, Smeeton NJ, Hodges NJ, Beek PJ, Williams AM. On the dynamic information underlying visual anticipation skill. *Percept Psychophys.*

2008;70(7):1217–34.

84. Loffing F, Cañal-Bruland R. Anticipation in sport. *Curr Opin Psychol* [Internet]. 2017;16(16):6–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.03.008>
85. Müller S, Abernethy B, Farrow D. How do world-class cricket batsmen anticipate a bowler's intention? *Q J Exp Psychol*. 2006;59(12):2162–86.
86. Schläppi-Lienhard O, Hossner EJ. Decision making in beach volleyball defense: Crucial factors derived from interviews with top-level experts. *Psychol Sport Exerc*. 2015;16(P1):60–73.
87. Murphy CP, Jackson RC, Cooke K, Roca A, Benguigui N, Williams AM. Contextual information and perceptual-cognitive expertise in a dynamic, temporally-constrained task. *J Exp Psychol Appl*. 2016;22(4):455–70.
88. Triolet C, Benguigui N, Le Runigo C, Williams M. Quantifying the nature of anticipation in professional tennis. *J Sports Sci*. 2013;31(8):820–30.
89. Loffing F, Sölter F, Hagemann N, Strauss B. On-court position and handedness in visual anticipation of stroke direction in tennis. *Psychol Sport Exerc*. 2016;27:195–204.
90. Farrow D, Reid M. The contribution of situational probability information to anticipatory skill. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2012;15(4):368–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2011.12.007>
91. del Campo VL. La percepción de la información situacional probabilística en el deporte: Una aproximación desde la psicología. *Cuad Psicol del Deport* [Internet]. 2015;15(2):171–8. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=109287015&lang=pt-br&site=ehost-live>
92. Gredin NV, Broadbent DP, Williams AM, Bishop DT. Judgement utility modulates the use of explicit contextual priors and visual information during anticipation. *Psychol Sport Exerc* [Internet]. 2019;45(July):101578. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101578>
93. Uchida Y, Mizuguchi N, Honda M, Kanosue K. Prediction of shot success

for basketball free throws: Visual search strategy. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(5):426–32.

94. Lorains M, Ball K, MacMahon C. Expertise differences in a video decision-making task: Speed influences on performance. *Psychol Sport Exerc* [Internet]. 2013;14(2):293–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.11.004>