

"CONCEPTO DE SISTEMA FUNCIONAL COMO BASE FISIOLÓGICA DE LA FORMACION DE LOS HABITOS DEPORTIVOS"

Por: Nicolás P. Dudin*
Jaime Cruz**

SINOPSIS

La teoría del reflejo, ha sido sin lugar a dudas un gran aporte para la comprensión de la actividad nerviosa; sin embargo, esta teoría no explica muchas de las formas de conducta, como tampoco explica, el papel que desempeña la necesidad en la organización de la conducta, la cual está determinada no tanto por los estímulos externos como por los planes surgidos por tal o cual necesidad. Este nuevo aporte lo ha dado el académico P.K. ANOJIN, discípulo de PAVLOV, en sus concepciones fisiológicas del "sistema funcional". El conocimiento de estos nuevos conceptos es esencial, para explicar más detalladamente los mecanismos fisiológicos que ocurren en la elaboración de los hábitos motores.

INTRODUCCION

En el presente artículo se explican los conceptos fundamentales de la teoría del sistema funcional, elaborada por P. ANOJIN, la cual explica entre otras cosas los mecanismos fisiológicos que tienen lugar durante la formación de los hábitos motores. El sistema funcional comprende un conjunto de procesos nerviosos, los cuales tienen como objetivo satisfacer las necesidades vitales en un momento dado.

COMPONENTES DEL SISTEMA FUNCIONAL (S.F.)

El sistema funcional (S.F.) con sus componentes: sensorial, central, ejecutor y vegetativo, es la base estructural y funcional de cualquier acto de conducta. Este concepto adquiere una gran importancia en la práctica deportiva y resulta bastante cómodo analizar el sistema funcional en la actividad motora de los deportistas especializados en deportes de situación, es decir, en aquellos deportes, en los cuales el movimiento no está determinado de antemano, sino que depende de la situación del juego en un momento dado.

En una forma general, podemos esquematizar el sistema funcional de la siguiente manera. (Fig. 1).

En la figura 1 podemos apreciar las partes principales que constituyen el S.F.:

- 1) Síntesis de la información aferente.
- 2) Formación del objetivo de la acción.
- 3) Aparato programador y comparador: acceptor de acción.
- 4) Resultado de la acción con sus parámetros.
- 5) Conexión inversa.

* Nicolás P. Dudin, Profesor de la cátedra de Fisiología del Instituto Superior de Educación Física, Deporte de Kiev (U.R.S.S.)

** Jaime Cruz, estudiante colombiano del mismo Instituto.

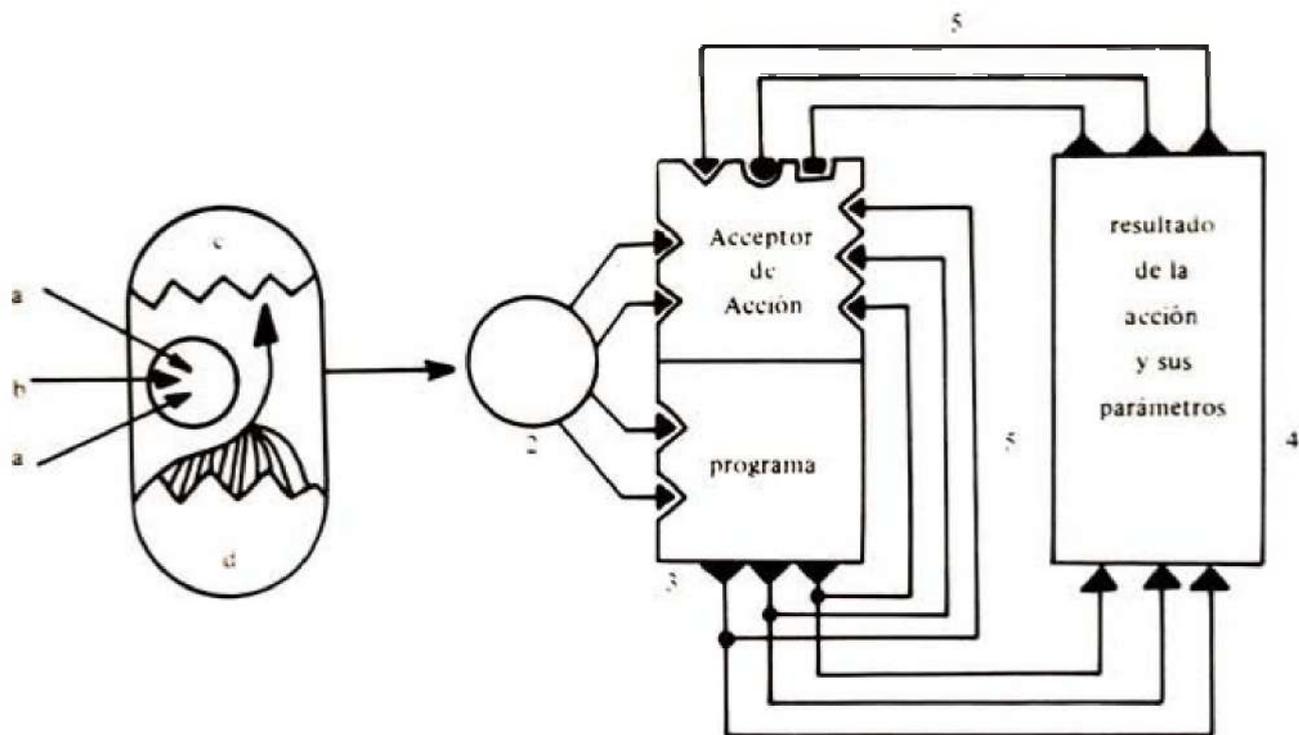


Fig. 1: Esquema general del sistema funcional, según el académico P.K. ANOJIN.

La síntesis aferente, es lo que primero tiene lugar en la formación de cualquier acto de conducta; esta consiste en el análisis y la síntesis de toda la información sensorial que ingresa al sistema nervioso central procedente del medio interno y externo del organismo. La síntesis aferente sucede bajo la interacción de cuatro factores principales: a) información procedente del medio ambiente, b) información de arranque, c) motivación y d) memoria. (Ver Fig. 1)

La información ambiental incluye todo un conjunto de estímulos, los cuales actúan sobre el deportista antes y durante la realización del acto motor; con estos estímulos se relacionan, la sala deportiva, el estadio, los árbitros, los otros deportistas, los espectadores, etc. A este tipo de información pertenecen también diferentes sensaciones que como la fatiga, el dolor muscular, la disnea, surgen durante el ejercicio y expresan los cambios del estado funcional del organismo.

La información de arranque, se presenta como la señaladora del inicio de la acción; en el deporte, como ejemplos de estímulos de arranque pueden servir las órdenes del entre-

nador, diferentes señales auditivas (el sonido del pito, del disparo) y visuales (la bandera, la cual le indica al saltador que puede iniciar el salto), etc.

La motivación como parte de la síntesis aferente es originada por aquella información que refleja el estado general del organismo en un momento dado y que actúa sobre el cerebro, provocando excitaciones específicas. Este estado del organismo puede formarse bajo la acción de diferentes factores endo y exógenos, así como sociales, etc.

En los niños y jóvenes, se presenta una motivación congénita por la actividad motora, la cual se manifiesta durante el crecimiento como una gran necesidad de realizar movimientos musculares; la motivación es un componente muy importante del sistema funcional, la cual puede subordinar y dirigir no sólo la síntesis aferente, sino también todas las demás partes que constituyen el sistema funcional.

En el deporte un gran significado tiene la experiencia motriz anterior, la cual juega un papel muy importante en la formación de los hábitos motores y en el perfeccionamiento

de los ya formados; entre más abundante sea esta experiencia, más rápido y fácil ocurrirá la síntesis aferente y en general la formación del sistema funcional del hábito motor.

La síntesis aferente es un mecanismo complejo; la evolución del cerebro humano, en particular la de sus secciones superiores, está relacionada con una síntesis aferente cada vez más compleja. Durante esta fase del sistema funcional, se resuelven tres interrogantes principales: ¿Qué hacer?, ¿Cómo hacer? y ¿Cuándo hacer?

Dentro de la síntesis aferente se incluye también un mecanismo —las reacciones de orientación—, las cuales activan las estructuras cerebrales, seleccionando de esta manera la información necesaria: los reflejos de orientación son muy característicos en los deportes de situación (baloncesto, bolonmano, etc.). Con la ayuda de estas reacciones, se escoge la solución más efectiva en un momento determinado. Una vez que se halla realizado el análisis y la síntesis de la información aferente, se produce la formación del objetivo de la acción: bien podríamos decir, que esta fase se presenta como un momento crítico en el sistema funcional, la cual tiene algunas particularidades: (a) este objetivo representa el resultado de la síntesis aferente, (b) juega un papel limitador, ya que escoge una sola acción de muchas variables posibles a escoger, (c) este objetivo evidencia que en el sistema nervioso central están impresas las características específicas de la acción futura y de sus resultados y (d) la formación del objetivo y la toma de una resolución, provoca la formación del programa de acción.

Simultáneamente a todo esto, en el sistema nervioso se forma un aparato específico, el cual contiene las características de la acción programada; este aparato fue llamado por ANOJIN "acceptor de acción", el cual realiza dos funciones principales: la corrección del acto de conducta durante su realización y la evaluación del resultado del acto, es decir, su utilidad; este resultado, por el grado de su utilidad debe ser estable; precisamente el perfeccionamiento del sistema funcional depende de la estabilidad del resultado, lo

cual puede lograrse por vías diferentes dependiendo de la plasticidad del sistema nervioso. Por ejemplo, la victoria sobre el rival es el resultado deseado (útil) de toda una serie de movimientos que realiza un luchador, un esgrimista, etc. La victoria en diferentes combates se logra empleando varios tipos de movimientos; la efectividad de estos hábitos motores será mayor, cuando más probable sea la victoria sobre el rival; por lo tanto, el perfeccionamiento de los movimientos del deportista dependerá, como expusimos antes, de la plasticidad de su sistema nervioso.

Diremos ahora, que el sistema funcional podrá funcionar correctamente, sólo si existe la conexión inversa, es decir, una información más o menos exacta de los resultados finales. La conexión inversa en el sistema funcional, es realizada por los impulsos nerviosos que regresan al sistema nervioso central procedentes de los órganos que toman parte activa en el acto motor (músculos, corazón, pulmones, etc.).

Precisamente en estos impulsos nerviosos está cifrada, codificada, la información de los resultados del acto motor realizado. Tal información ingresa en el acceptor de acción, en donde se produce la comparación entre lo que ha sucedido a la salida del sistema y el programa impreso de antemano. En otras palabras se produce la comparación entre lo que había programado el sistema nervioso y lo que realmente se realizó. Si el resultado coincide con el modelo predeterminado por la síntesis aferente, entonces el acto motor termina, el organismo lo asimila, al tiempo que se prepara para la formación de otro; por el contrario, en el caso, que no coincidan los parámetros del resultado con el modelo aferente programado, aparecen inmediatamente las reacciones de orientación, las cuales provocan una mayor activación de las secciones superiores del cerebro.

De los órganos de los sentidos que informan constantemente al sistema nervioso central sobre el resultado de la acción, el papel más importante le corresponde al sentido de la vista; la exclusión total de la información

visual en los deportistas hace imposible la ejecución del movimiento. En los juegos deportivos, el sistema funcional puede funcionar con tal o cual grado de exactitud, solamente en los casos cuando se ha realizado la síntesis aferente y se han formado el objetivo y el programa de la acción. Por ejemplo, el lanzamiento del balón a la cesta, los golpes en el karate, etc. serán posibles de ejecutarse, si antes de iniciar el movimiento el deportista ha tenido la oportunidad de apreciar la situación.

Se sabe, que durante la realización de cualquier acto motor, se consume una cantidad apreciable de energía, la cual se obtiene por la activación de los subsistemas vegetativos: la circulación, la respiración, etc. El sistema funcional será estable solamente en los casos cuando el abastecimiento energético es suficiente. En el deporte, la expresión de los recursos energéticos está condicionada por las capacidades anaeróbicas y aeróbicas del organismo, las cuales a su vez dependen de las posibilidades funcionales del corazón.

Diremos entonces, que la estabilidad de todo el sistema funcional, depende de la efectividad con que son utilizados los recursos energéticos del organismo; en otras palabras, cuanto mayor sea el recurso energético, tanto menos se fatigarán los diferentes subsistemas y tanto mejor se realizarán todas las partes que constituyen el sistema funcional.

En los juegos deportivos, el control del abastecimiento energético durante los actos motores es un factor muy importante, ya que este control da la posibilidad de organizar más racionalmente la actividad motora de los deportistas durante la competencia. En los juegos por ejemplo, el conocimiento de la correlación entre el recurso energético del deportista y su rendimiento es necesario para la organización táctica del juego, es decir, para efectuar en el momento oportuno el cambio del jugador. Gráficamente la dependencia que existe entre el rendimiento de un jugador y sus recursos energéticos, puede expresarse de la siguiente manera. (Fig. 2).

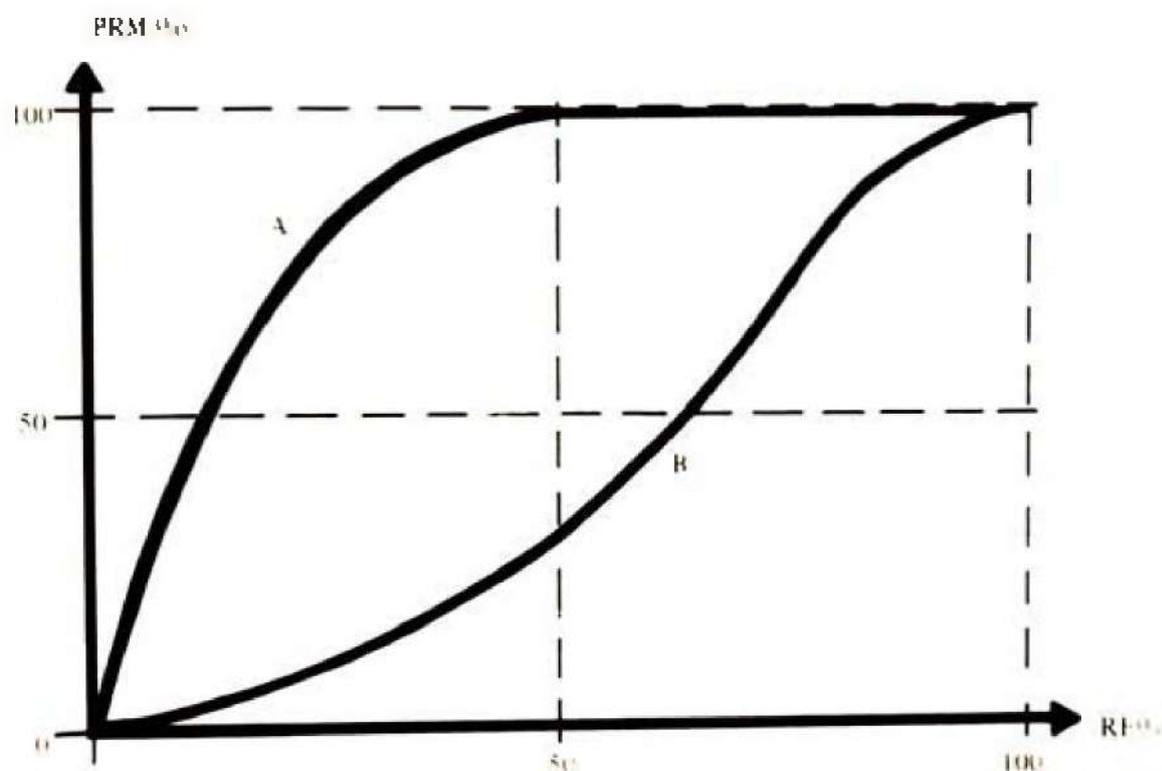


Fig. 2: Relación entre la probabilidad del resultado máximo (PRM) y el recurso energético (RE), en deportistas con diferente nivel de entrenamiento: A - de alto nivel; B - de bajo nivel.

La gráfica muestra, que la disminución del recurso energético (lo cual se manifiesta con el desarrollo de la fatiga), provoca una disminución en el rendimiento del deportista. Esta disminución se desarrolla más rápidamente y se presenta más aguda en los deportistas menos cualificados.

SISTEMA FUNCIONAL DE LOS HABITOS MOTORES ESPECIALIZADOS

Después de haber explicado brevemente los componentes del sistema funcional general, presente en cualquier acto de conducta, podemos representar esquemáticamente el sis-

tema funcional de los hábitos motores especializados, como por ejemplo aquellos que se forman en los baloncestistas. Concretamente nos referiremos al hábito motor de lanzar el balón a la cesta durante el juego de baloncesto. Este es un acto motor bastante complejo, el cual se automatiza transformándose en hábito después de muchos años de entrenamiento. Por su mecanismo fisiológico, este tipo de hábito motor presenta un sistema funcional con todos sus componentes. Este ejemplo de modelo de sistema funcional es bastante cómodo, ya que su resultado se puede determinar concretamente utilizando para esto la exactitud de los lanzamientos. (Fig. 3)

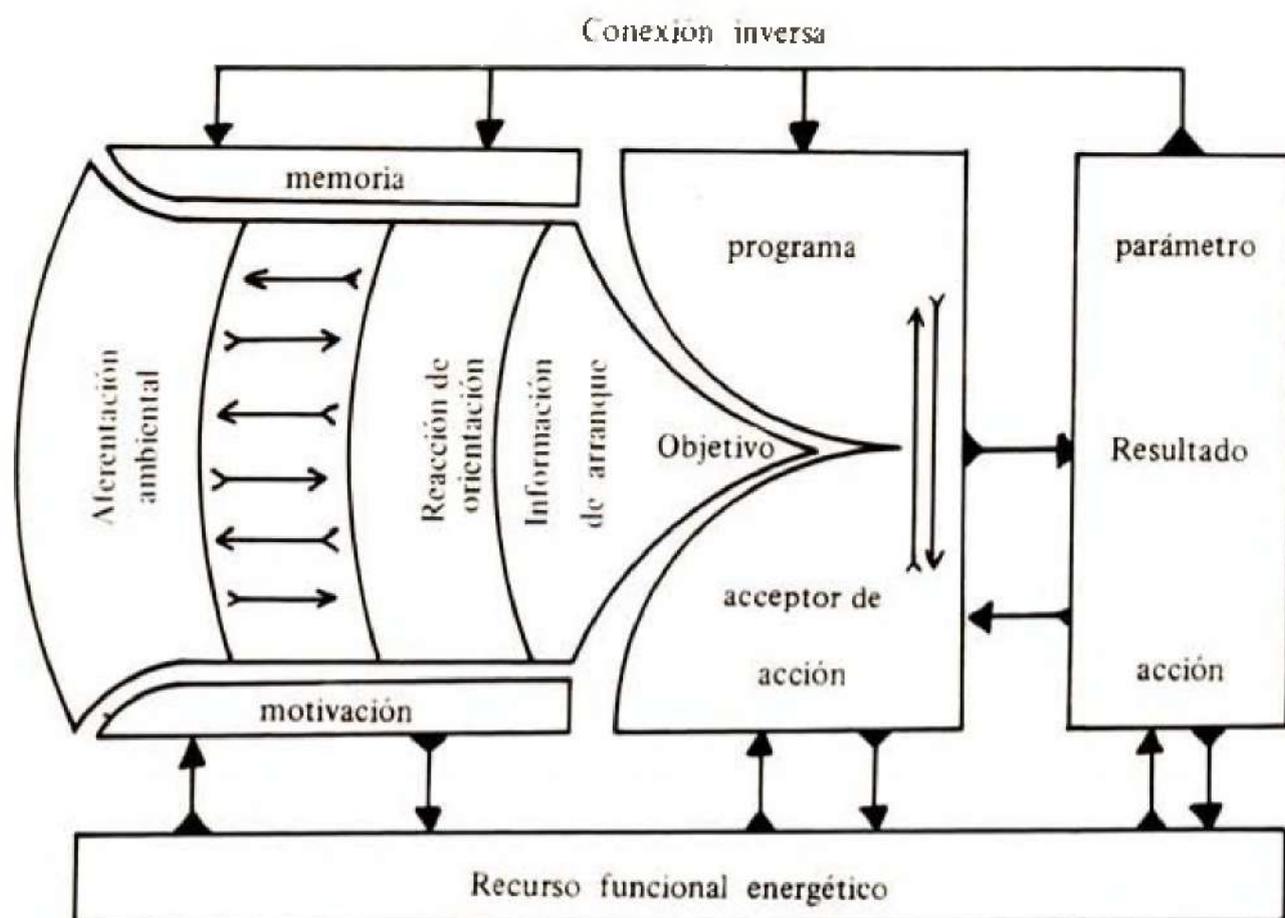


Fig. 3. Esquema del sistema funcional de los hábitos motores de lanzar el balón a la cesta en el baloncesto.

Los componentes más importantes del sistema funcional son aquellos que conforman la síntesis aferente; los lanzamientos del balón a la cesta se repiten cantidad de veces durante el juego y cada vez que esto tiene lugar se ejecuta el sistema funcional, buscando siempre el mismo resultado. Sin embargo, tal o cual sistema funcional, puede diferenciarse de otros, por la síntesis aferente, por el programa del movimiento, por el componente aferente, etc. Esto sucede, porque el deportista tiene una gran reserva de movimientos, los cuales utilizará de acuerdo a la situación concreta del juego. En condiciones semejantes, el resultado de la acción en un caso determinado será más efectivo, entre más preciso se realice el movimiento; por otro lado, la precisión del movimiento está condicionada por la adecuada utilización de la situación programada.

La solución y el programa surgen durante el proceso del análisis y la síntesis de las infi-

nitias situaciones cambiantes del juego, durante la búsqueda y el estudio de las situaciones que cambian activamente. La búsqueda y el estudio de estas situaciones, se presentan como si se buscara la información señaladora, la cual en un momento dado puede ser provocada por las acciones incorrectas del rival. Precisamente son estas acciones incorrectas las que señalan el momento preciso de la toma de la resolución, presentándose un poco después el comienzo de la acción correspondiente.

La complejidad de la síntesis aferente del sistema funcional, depende de la dinámica de las situaciones de juego, la que a su vez depende de la cualificación deportiva de los jugadores. Para un mismo deportista, la dependencia entre la probabilidad de realizar un buen resultado (encestar) y la complejidad de la síntesis aferente, puede expresarse de la siguiente manera. (Fig. 4)

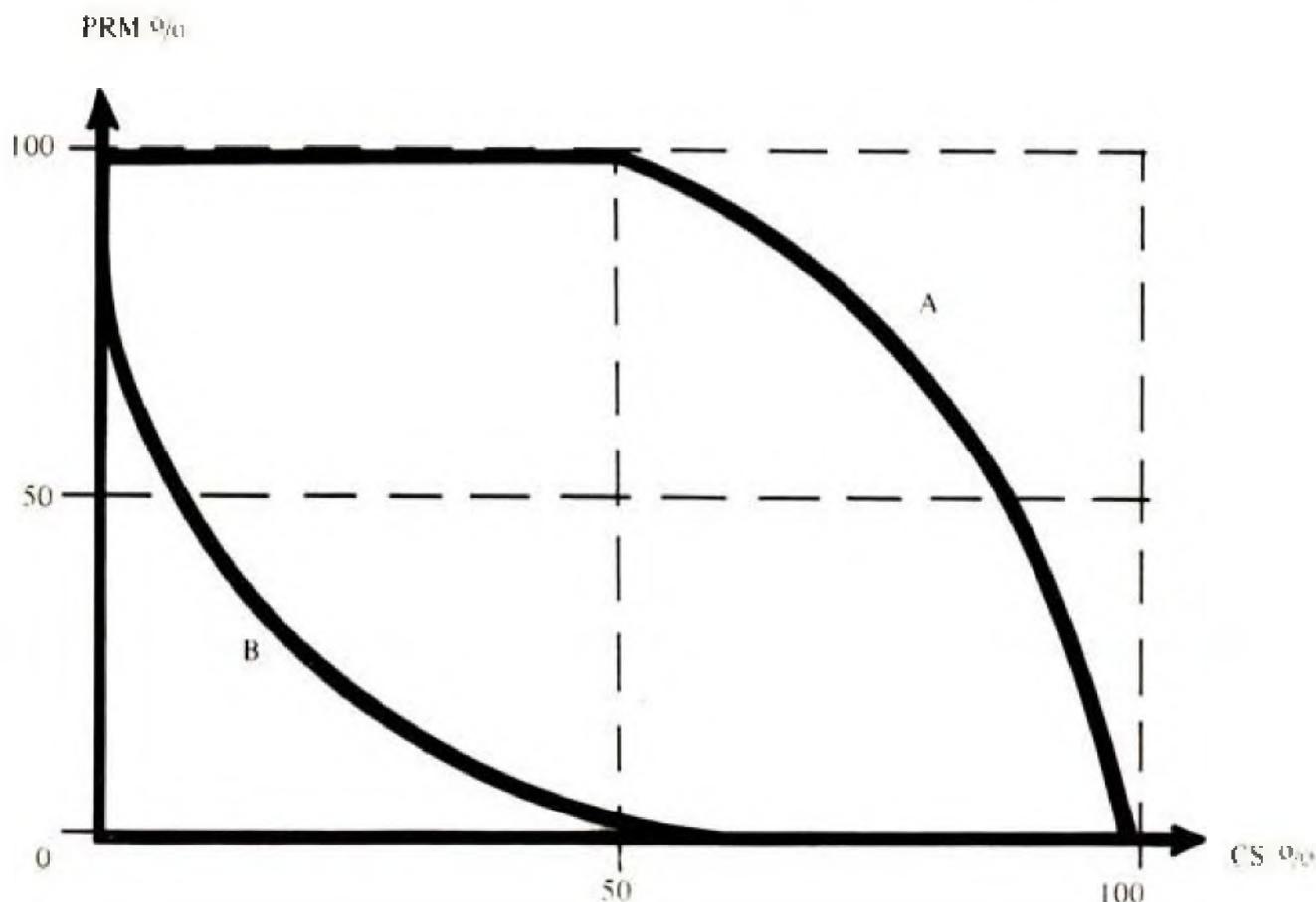


Fig. 4. Relación entre la probabilidad del resultado máximo (PRM) y la complejidad de la situación (CS), en deportistas con diferente nivel de entrenamiento: A— de alto nivel; b— de bajo nivel.

La situación más simple, es aquella en la cual se realizan los movimientos desde el puesto. La síntesis aferente en este caso presenta un nivel de complejidad elemental, el cual en forma condicional lo podemos tomar como igual a cero. En estos casos la probabilidad de encestar es de cien por ciento.

El aumento de la complejidad de la síntesis aferente depende de una, cada vez, mayor limitación tiempo-espacio, durante la cual se debe realizar el movimiento; a medida que aumente esta limitación, la tensión psicofisiológica también aumentará. En el baloncesto esto se manifiesta, en los lanzamientos del balón a la cesta desde posiciones alejadas y con la interferencia de los jugadores del equipo contrario, los cuales harán todo lo posible para no permitir el lanzamiento de tal o cual jugador. Las probabilidades de un buen resultado en estas condiciones, se aproximan a cero.

De todas formas, cualquiera que sea la complejidad de las situaciones, el sistema funcional operará de tal forma, con tal de que garantice un buen resultado. La acción ejercida por los obstáculos, se verá compensada por cambios dinámicos y cinéticos en la estructura del movimiento. Así por ejemplo, durante el lanzamiento del balón a la cesta con la acción interferente de los contrarios, el tiempo de realización del hábito motor lógicamente disminuirá, pero en cambio mayor será la altura del salto del jugador durante el lanzamiento. En estos casos, el tiempo utilizado durante el movimiento de los brazos al lanzar casi no varía. Por otro lado, cuando se realizan lanzamientos en condiciones de obstáculos sensoriales (limitación en la visión periférica, estímulos sonoros, el lanzar con guantes lo que disminuye la sensación táctil, etc.) al contrario de lo anterior, aumenta el tiempo del lanzamiento, mientras que per-

manece invariable el tiempo gastado durante el movimiento de los brazos al lanzar.

Es importante anotar, que a medida que se perfecciona el sistema funcional del hábito motor, la sensación propioceptiva va adquiriendo cada vez mayor importancia. Al tiempo que la información visual, cada vez se presenta más específica (su papel será siempre importante en la aferentación de arranque, en la valorización de las situaciones), el papel de la conexión de corrección inversa le corresponde cada vez más, a la aferentación propioceptiva.

Como sabemos, la formación del sistema funcional de los hábitos motores en los juegos deportivos y en los deportes de combate, es un proceso prolongado de muchos años. La formación del sistema de estos hábitos comienza desde la infancia y es por esto, que las particularidades morfo-funcionales del crecimiento, sin lugar a dudas ejercen una gran influencia en la formación del sistema funcional. El conocimiento y la interpretación correcta de estas particularidades, constituyen el fundamento científico-práctico del proceso del entrenamiento deportivo. Estos problemas son el objetivo de nuestras investigaciones.

BIBLIOGRAFIA

1. ANOJIN P. Ensayo sobre la fisiología de los sistemas funcionales. Moscú, 1975.
2. ANOJIN P. Biología y Neurofisiología del reflejo condicionado. Moscú, 1968.
3. SHUMILINA A. La Síntesis Aferente como parte inicial de los actos de conducta. *Revista de la Actividad Nerviosa Superior*, T. 23, Edición 2, 1973.
4. BELOVA T., GOLUBEVA E., DIMITRIEVA L. y otros, Sistemogénesis. Moscú, 1980.