

MODELOS CONCEPTUALES EN EL COMPORTAMIENTO DEL EQUILIBRIO HUMANO. PRAXIS MOTRIZ

*Javier Hernández Vázquez,
Profesor de Educación Física Especial, INEFC-Barcelona.*

Resumen

El ser humano necesita cotidianamente para desplazarse por sus propios medios y sin ayudas externas, encontrar su cuerpo en una situación en el espacio que conocemos como bipedestación. Esta situación la denominamos comportamiento motriz del equilibrio, y puede ser sin desplazamiento o en traslación (lineal y rotación).

Para que se produzca este comportamiento motriz son necesarias diferentes formas de conducta, entre otras consideramos la conducta biomecánica, la conducta biológica y la conducta psicológica.

Definimos la conducta biomecánica del comportamiento motriz del equilibrio, no como un equilibrio en el sentido físico del término, sino como aquella estabilidad que tiene el sujeto cuando mantiene una postura determinada y aproximadamente estable. Su

centro de gravedad está sobre la base de sustentación, la línea de gravedad generalmente pasa ligeramente por detrás o por delante de la cavidad cotiloidea, así como por unos elementos esqueléticos teóricamente determinados, que no son constantes, sino predominantes, y son las acciones musculares y ligamentosas las que ejecutan que la línea de gravedad se desplace continuamente, realizando una serie de oscilaciones alrededor de una posición media del sujeto, esta posición representa la solución personal a su problema de estabilidad teniendo siempre presentes las leyes gravitacionales.

Definimos la conducta biológica del comportamiento motriz del equilibrio como todos aquellos comportamientos reactivos y las interacciones que se producen entre los mismos en un primer nivel de análisis, lo que conocemos por una respuesta determinada que denominamos sensaciones multimodales, que permiten el comporta-

miento sensorreactivo del equilibrio humano. Asimismo, definimos la conducta psicológica del equilibrio motriz como el comportamiento perceptivo motriz que aparece ante una estimulación y esta respuesta motriz se manifiesta y caracteriza por la anticipación, la orientación y adaptación en el espacio ante una estimulación variable (configuración).

Cada una de ellas es un modelo presente en el comportamiento del equilibrio y a la vez representa diferentes formas de interpretar el equilibrio en el ser humano.

Es objeto de este trabajo teórico descriptivo explicar cada una de estas conductas de equilibrio desde estas tres perspectivas. La primera parte plantea situaciones referenciales que a su vez son básicas, puesto que cualquiera de los métodos de valoración que se utilizan tanto en la conducta biológica como en la conducta biomecánica o en la conducta psicológica solucionarán



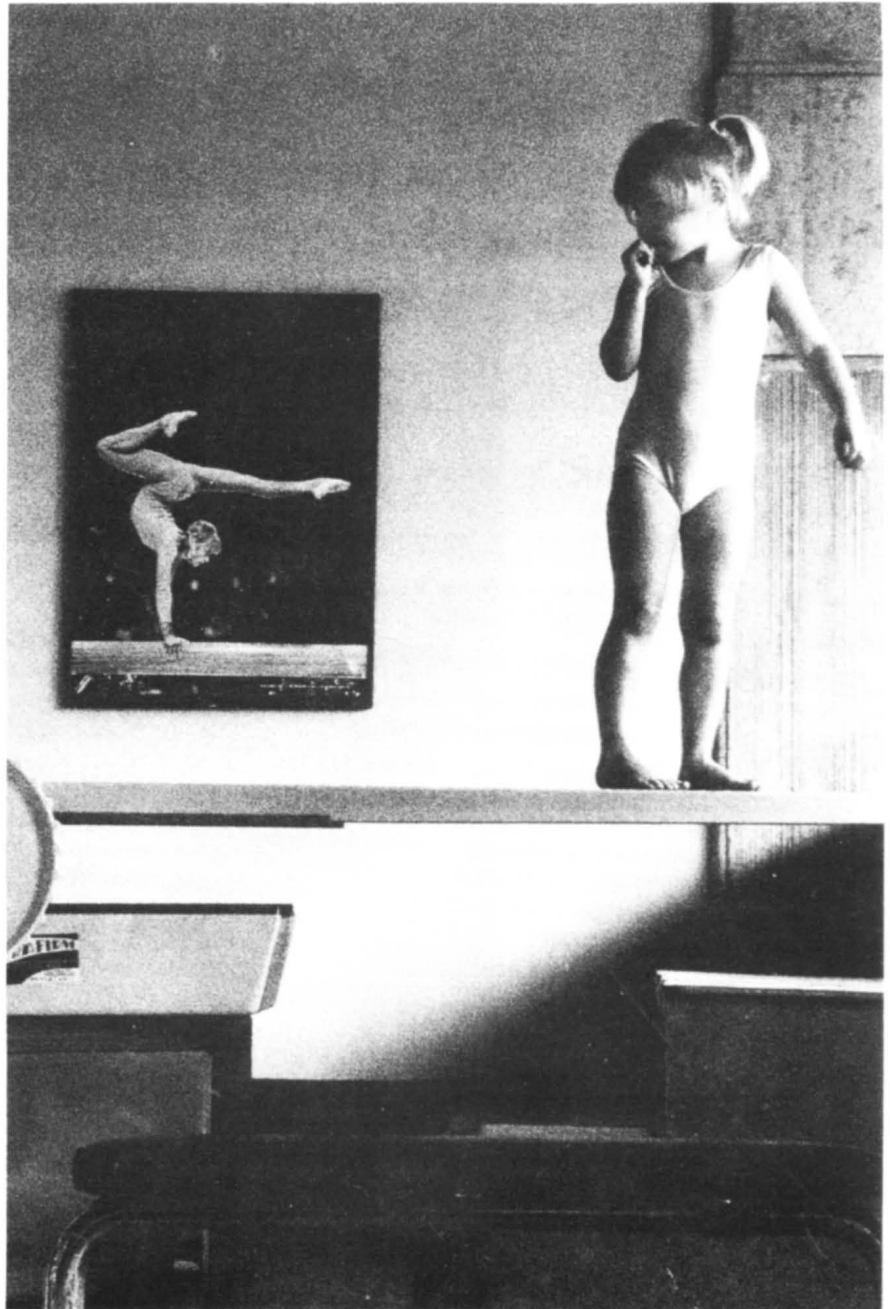
parcialmente al educador o entrenador de la motricidad los mecanismos necesarios para su aplicación y puesta en práctica. Por otra parte, describe una estructura teórica o modelos sobre una realidad que es bastante compleja y que difícilmente se puede simplificar salvo que no sea en aspectos puntuales.

Sin embargo, la segunda parte analiza un modelo de aplicación mediante la combinación de parámetros, que por metodología del estudio y también por simplificación van eliminándose unos y eligiéndose otros comportamientos motrices de equilibrio, que clasificamos según el criterio de priorización de equilibrios humanos (criterio basado en su mayor parte y fundamentalmente en la utilización y generalización). Definimos el modelo de aplicación del equilibrio como el comportamiento motriz en bipedestación tónico y cinético, más generalizable y utilizado, que combina los parámetros (órganos de los sentidos y movimiento), priorizando la visión, propiocepción, función vestibular, y dando como resultado unas respuestas motrices que denominamos fundamentales para dimensionar las diferentes posibilidades del equilibrio. A continuación describimos cada uno de estos modelos, biomecánico, biológico, psicológico y de aplicación.

Palabras clave: Equilibrio, postura, sensibilidad, percepción.

Conducta biomecánica del comportamiento motriz del equilibrio

Todo estado de equilibrio en el ser humano es una actividad extremadamente compleja, basta mirar a un niño pequeño realizar esta nueva actividad



Big aspirations. FOREL, Roger ARPS. Gran Bretaña. Foto Sport 90.

para darse cuenta de las dificultades que debe superar el andador en potencia. El comportamiento del equilibrio en el ser humano es una actividad aprendida y también integrada a nivel involuntario, filogénesis y ontogénesis de la motricidad (Da Fonseca, 1988, págs. 35-47).

El comportamiento del equilibrio es una actividad motriz muy antigua, los descubrimientos de los antropólogos indican que el ser humano realizó una gran evolución para llegar a la bipedestación (Simons, 1972, págs. 10-28). Desde la perspectiva mecánica y según aspectos cinéticos, consideramos que el ser humano desplaza su cuerpo desde un punto a otro. Su cuerpo será asimilado a una masa —el centro de gravedad— sometido a traslaciones que imprimen los músculos inferiores y que sufre la acción de la gravedad, de la inercia y de la aceleración.

“El comportamiento del equilibrio se aborda en biomecánica a partir de componentes esqueléticos y musculares. El modelo mecánico a seguir para su descripción es semejante a desplazar una masa sobre unos rodillos o sobre ruedas, y este modelo es el más económico. Siguiendo este criterio de economía, debemos disminuir el número de ruedas y hacer coincidir el centro de gravedad con el centro de las ruedas, si reemplazamos la masa teórica por el cuerpo humano. El centro de gravedad de la rueda es el centro de gravedad del cuerpo humano y los radios de la rueda representan *esquemáticamente* los músculos inferiores.

Reduciendo el número de radios a la posible trayectoria del músculo, tenemos entonces una aproximación de los mecanismos que se ponen en juego en el equilibrio humano, en el que se desplaza el centro de gravedad

del cuerpo siguiendo una forma de apoyar-levantar y el de rueda única. En el modelo expresado de rueda de radios, se colocan los eslabones corporales de longitud constante igual a la longitud total de los músculos inferiores. Estos músculos rectilíneos son paralelos y se sitúan verticalmente en las articulaciones de la cadera e imprimen un desplazamiento teórico vertical y horizontal. Son varios los factores biomecánicos que no sólo garantizan la estabilidad de la unidad locomotora, sino que permiten el sincronismo de movilidad/estabilidad, entre estos están: la rotación de la pelvis alrededor del eje vertical, basculación de la pelvis en el lado sin carga, flexión de la rodilla durante el apoyo, movimiento de pie y de tobillo, etc. Otros factores que también garantizan la estabilidad son las acciones musculares en bipedestación o en la marcha en bipedestación, divididas normalmente para su descripción didáctica en contacto del talón con el suelo, pie plano contra el suelo, despegue de talón, despegue de los dedos del pie, avance del miembro inferior oscilante, extensión total de la rodilla.” (Plas, Viel, Blanc, 1984, págs. 4-7).

El comportamiento del equilibrio sufre modificaciones en función de una serie de factores: calzado, terreno, carga, actividad de la persona considerada; desde una perspectiva mecánica, factores como: leyes gravitacionales, centro de gravedad, base de sustentación, fuerza centrífuga y centrípeta, etc. Cada uno de estos factores influye en mayor o menor medida en el equilibrio de la bipedestación.

Fijar las condiciones puramente mecánicas del equilibrio es trabajo del biomecánico: esta descripción de la posición del equilibrio vertical, simétrica o

no, demostrará qué juego de muelles y de palancas interviene para obtener el equilibrio; bajo qué diferentes formas se podrá conseguir o conservar. Sin duda, este estudio puramente mecánico es importante, pero no agota todo el tema; queda por demostrar cómo todo este mecanismo es puesto en marcha por la inervación motora, con vista precisamente del equilibrio mecánico a obtener o conservar.

A continuación planteamos los otros dos modelos de conceptualizar el comportamiento del equilibrio en el ser humano. El primero de ellos es el modelo biológico y posteriormente describiremos el psicológico.

Conducta biológica del comportamiento motriz del equilibrio. Sensaciones

Para que esta inervación, que conduce al equilibrio o lo mantiene, se realice, es necesario un orden que, evidentemente, no es mecánico. Algo activo interviene que pone las diversas partes del cuerpo en las condiciones requeridas para que en oposición a las fuerzas exteriores de la gravedad se establezca y se conserve cierto estado de equilibrio. Pero si esta acción vital acaba, también acaban las tensiones puestas en marcha por ella y el equilibrio que le corresponde es roto.

“Las sensaciones son la fuente principal de conocimiento acerca del mundo exterior y de nuestro propio cuerpo. Son numerosas las observaciones que demuestran que las alteraciones de la entrada de información de la primera infancia, sordera y ceguera generalmente, motivan retrasos en el desarrollo psíquico del sujeto. Ahora bien, ¿cómo se producen estas



sensaciones? Un análisis de la evolución de los órganos de los sentidos demuestra cómo en un largo proceso histórico fueron constituyéndose órganos receptivos especiales que iban especializándose en el reflejo de ciertos tipos y formas de movimiento de la materia; los receptores cutáneos reflejando las influencias mecánicas, las auditivas, las vibraciones sonoras, las visuales determinadas por el diapason de oscilaciones electromagnéticas.” (Luria, 1978, págs. 18-30).

En la evolución de los organismos superiores aparecen aparatos especializados de la recepción de distintos tipos de energía y de hecho tenemos no energías concretas de los propios órganos de los sentidos, sino órganos específicos que reaccionan objetivamente a distintos tipos de energía. El hecho de que el actuar sobre el ojo o el oído estimula inadecuadamente a dichos órganos, surja o no una sensación específica (visual o auditiva), nos indica el alto grado de especialización de dichos aparatos receptores y de la incapacidad de reflejar los efectos para cuya recepción no están especializados.

La alta especialización de los distintos aparatos receptores tiene como base no ya las peculiaridades estructurales de los receptores periféricos (órganos de los sentidos), sino también la elevadísima especialización de las neuronas que integran los mecanismos centrales a los que llegan las señales perceptibles por los órganos periféricos de los sentidos.

Es común dividir las sensaciones en tres tipos fundamentales: sensaciones interoceptivas, propioceptivas y exteroceptivas. A todas ellas las conocemos como conducta biológica. Las primeras agrupan las señales que llegan del

medio interno de nuestro organismo y aseguran la regulación de las necesidades elementales. Las segundas garantizan la información necesaria sobre la situación del cuerpo en el espacio y la situación del aparato motriz sustentador y, por último, el tercer grupo asegura la obtención de señales procedentes del exterior y crea la base de nuestro comportamiento consciente.

Para el comportamiento motor del equilibrio, las segundas y las terceras divisiones son fundamentales, o sea, las propioceptivas y las exteroceptivas.

Comentaremos en primer lugar las propioceptivas, que garantizan la situación del cuerpo en el espacio y, sobre todo, la postura en el espacio del aparato motriz-sustentador.

“Los receptores periféricos o profundos se hallan en los músculos y superficies articulares (tendones y ligamentos). Las excitaciones que se producen reflejan cambios que se operan durante la distensión muscular y al modificarse la postura de las articulaciones son conducidas a la médula espinal. Dentro también de este grupo de sensaciones están las que señalizan la posición del cuerpo en el espacio. Son receptores periféricos que están situados en los canales semicirculares, utrículo y sáculo y en el líquido endolinfático”.

“El líquido endolinfático llena estos conductos y cambia su situación dependiendo de la posición de la cabeza; se excitan las células sensoriales que se desplazan bajo el efecto de la corriente del mencionado líquido y de este modo señaliza los cambios de posición de la cabeza en el espacio. A diferencia de la sensibilidad profunda, la función vestibular, que está estrechamente relacionada con la vista, participa, conjuntamente con ella, en

el proceso de equilibración y orientación en el espacio” (Luria, 1978, págs. 18-30).

El tercer y mayor grupo de sensaciones son las exteroceptivas. Nos ofrecen la información procedente del exterior y constituyen el grupo fundamental de sensaciones del medio ambiente (vista y oído).

El planteamiento hasta ahora es descriptivo y cualitativo en cuanto a los diversos tipos de sensaciones. Pero también tiene importancia la medición cuantitativa. Existen métodos para la medición de las sensaciones: el método de valoración subjetiva y el método de estimación objetiva de los indicios que señalan la presencia de la sensación. En “*el método de valoración subjetiva*” se somete al sujeto a la acción del estímulo correspondiente, en el órgano o aparato vestibular que reacciona a este tipo de energía. Se requiere contestar cuando empieza a sentir la sensación correspondiente. Asimismo, el valor mínimo viene determinado por la sensación que el sujeto indica en su informe oral, a lo que se llama umbral inferior de la sensación. Por umbral superior de la sensación se entiende la máxima magnitud del estímulo más allá de la cual o bien no se estimula o adquiere de inicio uno nuevo, el reemplazo de hecho de una sensación diferente.

Es característico de los umbrales inferiores de las sensaciones que no permanezcan constantes, sino que cambien en función de factores, entre ellos podemos describir: habituación o adaptación al estímulo, posibilidad de postefectos, etc.

Existe el método objetivo: mediante la valoración de los indicios que indican el surgimiento de las sensaciones. Es conocido que todo estímulo gene-

radador de sensaciones suscita procesos de origen reflejo, como el estrechamiento de los vasos, el cambio de frecuencias de la actividad eléctrica del cerebro, la vuelta de los ojos al lado de la excitación (nistagmus), la tensión de los músculos cervicales (reflejo cervical), etc. Todos estos indicios aparecen cuando el estímulo llega al órgano reactivo del sujeto y despierta sensaciones.

Cuando el estímulo que actúa sobre el sujeto es lo bastante débil no motiva sensación alguna, cuando la intensidad del estímulo se eleva, traspasa los límites del umbral inferior y comienza a despertar sensaciones y aparecen las reacciones vasculares, electrofisiológicas, musculares (reflejos posturales, reflejos de equilibrio, etc.) y oculares (nistagmus) (Luria, 1978, págs. 18-30).

En la conducta biológica del equilibrio que nos encontramos existe una situación peculiar: la adaptación vestibular o la habituación vestibular. La adaptación vestibular se produce cuando la permanencia del contacto entre el estímulo y el receptor sensorial es constante y es lo que conocemos como adaptación. "Siempre y cuando sea continua, la adaptación hace referencia al hecho de que la historia de contacto previo afecta a la reacción sensorial presente y lo hace como factor presente en ella en términos de efectos concretos sobre la conducta reactiva" (Roca, 1990, págs. 7-10). "Un ejemplo de adaptación vestibular a la inclinación de giro es la que se produce en algunas ocasiones en determinados vuelos, cuando el avión se encuentra dentro de una nube e inicia un viraje y después de un espacio corto de tiempo el piloto cree que se encuentra en posición de vuelo nor-



Marta Cantón

mal cuando todavía está inclinado" (Rosario, 1983, págs. 49-52).

La habituación o adaptación vestibular se describe también como un proceso en el que disminuyen o desaparecen las reacciones innatas a través del reaccionar repetido y no asociativo.

Existen diversos tipos de habituaciones respecto al equilibrio o relacionados con él. Ejemplo de ello son las estimulaciones calóricas, estimulaciones rotatorias, estimulaciones acústicas. La habituación vestibular, más conocida como supresión vestibular, consiste en una progresiva disminución de la respuesta cuando el estímulo se repite varias veces. La habituación del nistagmus producida por estimulación rotatoria que se adquiere después de 25 estimulaciones, se expresa en una disminución de la velocidad, amplitud

y frecuencia de componentes lentos y rápidos durante la aceleración prerrotatoria y en la desequilibración postrotatoria.

"Las desviaciones a la velocidad o amplitud de los componentes nistágmicos pueden ser reducidos al 30-40% del valor original" (Brunas; Marelly, 1985, págs. 148-160).

En el ámbito de la conducta biológica, y concretamente, en el comportamiento del equilibrio, existen dos casos o subfunciones, el primer caso es la reacción sensorial y postural que define las características de la estimulación y el estado de los órganos que responden y reaccionan. El segundo caso es la interposición sensorial. Destaca su relación de ocurrencia de interacciones entre dimensiones de estimulación; generalmente se producen en determinadas modalidades sensoriales (mareos fisiológicos).

Hemos descrito las formas elementales, sensaciones, que serían el soporte de la conducta biológica y puntualmente del comportamiento perceptivo del equilibrio; resumimos, definiendo la conducta biológica del equilibrio en el ser humano como un comportamiento sensorreactivo multimodal (aparato vestibular, propiocepción, visión, etc.) producido por situaciones mecánicas y condicionadas por las leyes de la gravedad, que convergen y se integran en determinadas áreas corticales (médula, núcleo vestibular, cerebelo, tálamo, corteza cerebral) y controlan los movimientos reflejos del tronco, del cuello, músculos y miembros, y junto con los órganos reactivos producen la sensación de equilibrio que es el soporte para la percepción del equilibrio.

Una vez descrita la conducta biológica del comportamiento del equilibrio



humano, la tercera conducta a describir es la conducta psicológica.

Conducta psicológica del comportamiento motriz del equilibrio

Ahora bien, no todo se reduce a aspectos biomecánicos y a factores biológicos. Es importante describir cómo se realiza, mantiene y conserva el equilibrio. Desde un punto de vista psicológico, la percepción del equilibrio, como comportamiento del ser humano, no es innata ni anterior a la experiencia: se deriva de la experiencia como su fuente natural. También en cierta medida se suele atribuir a un instinto o a una tendencia espontánea de los elementos nerviosos o del organismo, esta última explicación es muy poco satisfactoria.

“Tradicionalmente se entiende la percepción como un producto de la mente o del cerebro, sin que se haya podido demostrar cómo y de qué manera se produce tal cosa” (Kantor, 1980, págs. 3-16). Percibir, como reaccionar, es un comportamiento, y toda reactividad sensorial es una forma de comportamiento; para describirla es necesario mencionar los diferentes cambios físico-químicos y el funcionalismo de los órganos sensoriales y observar como interaccionan entre ellos. “El comportamiento de percibir se establece en base a regularidades o consistencias en un organismo particular, éste ya no reacciona, sino que en función de aquella consistencia se anticipa en el tiempo y en el modo o espacio a cualquier cambio de energía. Podemos en primera instancia describir constancias perceptivas en el tiempo y en el espacio, las

cuales son de gran interés para la comparación de las habilidades y destrezas motrices” (Roca, 1990, págs. 7-10). Anticiparse en el tiempo o en el modo o temporo-espacialmente significa que todos los movimientos que participan en el comportamiento del equilibrio son perceptivos y lo que caracteriza es la consistencia (constancia) de la estimulación (primeros aprendizajes posturales).

“Por otro lado, describimos unos términos de anticipación, respecto de consistencias cambiantes de forma continua, fenómenos como anticipación coincidente y otras percepciones, como orientarse y adaptarse en el espacio, en definitiva el comportamiento perceptivo del equilibrio, llamado también configuración” (Roca, 1990, págs. 215-243).

El equilibrio del cuerpo humano no se establece sólo físicamente; son funciones de los centros coordinadores del movimiento los que lo informan. *La verticalidad del cuerpo es constantemente rectificada por las reacciones sensoriales multimodales y reflejos posturales preexistentes* y es la percepción la que realiza la orientación y adaptación del cuerpo (debido a la regularidad y consistencia de estimular).

Si descomponemos la marcha en sus diversos instantes y consideramos la posición del cuerpo en cada uno de ellos, veremos que, al pasar de una posición a la siguiente, cuando, por ejemplo, vamos a poner el pie o lanzamos el cuerpo hacia delante, las reacciones sensoriales multimodales y los reflejos posturales (comportamiento biológico) provocan la relación compleja de variables temporales y modales que se puedan dar, configuración (comportamiento psi-

cológico) que conocemos como percepción del equilibrio.

Comprendemos también que sea así pues moverse es desplazar el centro de gravedad, lo que llevaría a la caída si, previamente, las reacciones sensoriales multimodales junto con los reflejos posturales y la percepción del equilibrio no llegarán a determinar la verticalidad correspondiente del cuerpo.

Por lo tanto, debemos admitir que “*la verticalidad mecánica del cuerpo humano no es determinante*”, y sólo es posible que la verticalidad y la marcha se realicen cuando se produzca una sensación y percepción del equilibrio. A medida que el cuerpo se desplaza, se produce la reacción motriz y sensorial, así como la adaptación y orientación con los reajustes necesarios para mantener la verticalidad.

La persistencia de la percepción del equilibrio y las reacciones sensoriales multimodales en todos los movimientos y en cada instante de un movimiento nos indican claramente que la inervación motora que equilibra el cuerpo es una función vital y que actúa sobre la totalidad de los órganos reactivos.

En todo proceso perceptivo existe un conjunto de rasgos influyentes: color, forma, peso, gusto, determinado movimiento, etc., y éstos, entre otros, son los que conocemos como indicios rectores fundamentales. Prescindiendo de los índices insustanciales y unificando estos indicios rectores podemos establecer una hipótesis del movimiento a realizar y reconocemos el movimiento que adaptamos y modificamos en función de lo preexistente y de lo real.

El equilibrio es un comportamiento motriz con predominancia perceptiva

en el que existen ese conjunto de rasgos influyentes que permiten, unificando los indicios fundamentales, la modificación, adaptación y orientación del cuerpo humano en el espacio. Estos indicios que permiten las diferentes opciones de movimiento no tienen que ser muy numerosos; más bien con pocos indicios se realizan los movimientos necesarios para mantener el equilibrio. Esta percepción íntegra del comportamiento del equilibrio surge como resultado de una compleja labor analítico-sintética, que destaca unos rasgos esenciales y mantiene inhibidos otros que no lo son y combina los detalles percibidos en un todo concienciado. Estas situaciones de integridad de las diferentes informaciones multimodales (sentidos) permiten la adaptación y orientación del cuerpo en el espacio permaneciendo como constante las leyes de la gravedad. Es lo que conocemos o denominamos percepción del equilibrio.

Podemos llegar a interpretar que la sensación y la percepción pueden considerarse como una situación pasiva de la realidad o como una situación pasiva de información que llega al organismo. Ante todo, el proceso de información no es en modo alguno el resultado simple de la excitación de los órganos de los sentidos ni el nuevo acceso a la corteza cerebral de los estímulos que surgen en los aparatos periféricos perceptores. En el proceso de la percepción del equilibrio están siempre los componentes motores, el movimiento, la motricidad y los diferentes tipos de energía (visión, audición, etc.). El proceso perceptivo está relacionado con las pautas de la experiencia anterior (historia interactiva previa del sujeto). Así las presentaciones anteriormente formadas se relacionan y están presen-

tes en el comportamiento actual y son en cierta medida condicionables por éstas. También está relacionado con la influencia de los estados actuales, con las ideas de antaño y como reflejo de éstas, están presentes en una situación determinada de la percepción. Esta relación también se hace extensiva a los indicios sustanciales realizando el análisis-síntesis tan necesario para las modificaciones constantes del equilibrio en el ser humano. Por último, esta relación se realiza en la síntesis de los rasgos perceptibles del conjunto, todas las posibles variables de rasgos conocidos y que sean perceptibles.

Es por otra parte muy importante constatar que la actividad perceptiva del equilibrio nunca se debe reducir a una modalidad orgánica, sino que incluye en su estructura el resultado de una labor mancomunada de varios órganos de los sentidos, en el proceso del cual se han integrado las representaciones materializadas en el sujeto.

En el proceso perceptivo del equilibrio es también esencial la percepción del objeto: visión, profundidad, altura, base de sustentación; ahora bien, no es la percepción del objeto lo más significativo del comportamiento del equilibrio, pues el proceso incluye la perceptibilidad del movimiento del ser humano en el espacio con su orientación y adaptación al mismo y, como base de esta percepción, la percepción del propio cuerpo. Sí podemos significar la importancia de esta perceptibilidad del movimiento y del objeto pues en cierta medida lo son también de la percepción del equilibrio.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la percepción del equilibrio humano tiene diversas peculiaridades dentro de su carácter activo y complejo.

La *primera peculiaridad* de la percepción consiste en su "carácter activo mediatizado" (Luria, 1978, págs. 57-67). Esta característica transferida al comportamiento del equilibrio tiene un significado que en gran medida viene mediatizado por los conocimientos anteriores del hombre, en su desarrollo ontogenético, cristalizados en base a la experiencia anterior y constituye en sí una compleja actividad analítico-sintética, que incluye la creación de hipótesis sobre el objeto o el movimiento percibido y si el objeto o el movimiento percibido corresponde a dicha hipótesis.

La *segunda peculiaridad* de la percepción (Luria, 1978, págs. 57-67) es su carácter objetivo y generalizado. El hombre no sólo percibe el conjunto de indicios que llegan a él, sino que también objetiva dicho conjunto como un movimiento determinado sin limitarse a establecer particularidades individuales del mismo, pero refiriéndolo a un determinado tipo de equilibrio en traslación-rotación estático.

Este carácter generalizado de la percepción del equilibrio evoluciona con la edad y el desarrollo intelectual, haciéndose cada vez más nítido y reflejando el movimiento percibido cada vez más a fondo, con los rasgos que caracterizan el movimiento y los nexos y relaciones que se establecen.

La *tercera peculiaridad* de la percepción del equilibrio humano consiste en su permanencia y su fiabilidad (Luria, 1978, págs. 57-67). A través de la experiencia con un determinado movimiento tenemos una información bastante exacta en cuanto a sus propiedades fundamentales (velocidad, desplazamiento de partes del cuerpo, distribución de los diferentes pesos del cuerpo, etc.). Este conoci-



miento anterior del movimiento se une a su percepción directa y la hace más constante o permanente e inserta además una cierta modificación a las singularidades que puede adquirir dicha percepción en condiciones cambiantes propias de todo tipo de comportamiento de equilibrio.

Otra peculiaridad de la percepción humana radica en su movilidad y maleabilidad. La percepción humana se orienta y adapta a un fenómeno móvil; estas singularidades del hecho perceptivo dependen en alto grado del papel que en la actividad perceptiva desempeña la experiencia práctica del sujeto. La percepción correcta del equilibrio no depende exclusivamente de la precisión con que funcionan nuestros órganos de los sentidos, sino también de muchas circunstancias esenciales. Entre ellas figuran: la experiencia anterior del sujeto, número de ensayos, tiempo de ensayo, la organización de la tarea que se plantea al realizar el movimiento, el carácter dinámico de la actividad *receptora*, la integridad de los movimientos activos que componen la estructura de la actividad perceptiva, la facultad de interrumpir a tiempo las conjeturas sobre la entidad del movimiento perceptible cuando éstas no armonizan con la información recibida, inhibición, etc.

Definimos la conducta psicológica del equilibrio como un comportamiento perceptivo-motriz que aparece ante determinados indicios o peculiaridades por una estimulación variable que produce como respuesta la anticipación y orientación en el espacio (configuración).

Se estudia en biomecánica el conjunto de fuerzas y resistencias que corresponden a un estado de equilibrio, pero el responsable de la orientación y de la

adaptación las utiliza y combina de manera que el equilibrio que se establece sea de naturaleza psicológica.

¿Cómo deben combinarse los elementos físicos del cuerpo, cada uno de ellos ocupando el sitio que le conviene, para que el cuerpo esté en equilibrio mecánico, biológico y psicológico, en definitiva, el equilibrio en bipedestación del hombre? Para que el cuerpo humano mantenga el equilibrio en cierta posición bajo la sola acción de la gravedad, hace falta y basta que el resultado del peso de sus diversas partes, resultado dirigido siguiendo una vertical, caiga en el interior de su base de apoyo. Si por la variación de los pesos parciales el resultado llega a caer fuera de esta base, el equilibrio del sistema será roto, a menos que se neutralicen los efectos de la variación de este peso por la percepción del equilibrio. Asimismo, puede neutralizar los efectos por medio de la innervación muscular o conducta biológica por dos procedimientos distintos: compensando la variación del peso por una variación exactamente contraria, o modificando por esto la actitud del cuerpo, o desarrollando una contracción muscular antagonista, el poder de la cual sea precisamente igual al que corresponde a la variación del peso considerado.

Según lo comentado, podemos decir que la percepción del equilibrio son las reacciones sensoriales multimodales que propician las percepciones que realizan las distribuciones de los pesos en el cuerpo. A partir de un estado de equilibrio, la variación de cada una de las partes del cuerpo es compensada bien por una nueva variación que le hace contrapeso, bien por una contracción muscular equivalente a un contrapeso y por lo tanto mesurable mecánicamente.

Empíricamente, estas afirmaciones se demuestran de una manera más clara a medida que la base de apoyo se hace más pequeña. Si queremos apoyarnos sobre la punta del pie, y no estamos educados para este ejercicio, se rompe el equilibrio, puesto que no sabemos distribuir el peso ni poner en marcha las contracciones musculares equivalentes, de tal manera que la vertical del centro de gravedad pasa por el punto de apoyo, pero cuando después de repetidos ensayos hemos aprendido a mantener en tal posición de equilibrio, la percepción del equilibrio es tan clara y segura como la del funambulista.

El funambulista que se mantiene sobre un hilo de acero nos demuestra que el cuerpo humano es comparable a una balanza ya que, del mismo modo que la sensibilidad de este instrumento aumenta con la agudeza del punto de apoyo, el equilibrio del cuerpo humano llega a ser el resultado de una perfecta distribución de peso y de los efectos musculares a medida que la base de apoyo se ordene.

“Una forma de explicar la percepción del equilibrio utiliza las resistencias externas para equilibrar el cuerpo reduciéndolo en una función de peso” (Turró, 1908, págs. 37-45). En efecto, el sujeto inclina la cabeza o el tronco y descentra cierto peso de la base de apoyo, puede apoyar la mano sobre un objeto ejerciendo sobre él una presión más o menos grande según el peso descentrado, en vez de desarrollar una energía antagónica o de cargar un peso igual en el sentido opuesto. De ahí observamos que al ejercitar una tracción sobre este objeto, el cuerpo toma una actitud equilibrada con tal que esta tracción evaluada en función del peso sea igual al peso del cuerpo que cae

teoría y metodología



Marta Cantón

fuera de la base de apoyo; si esta resistencia externa fuera de repente suprimida, el cuerpo sería desequilibrado por una fuerza que le sería equivalente. "La sensación del esfuerzo aplicado a una resistencia externa sólo es medible con la condición *de que se desarrolle al mismo tiempo y en sentido contrario una fuerza equivalente compensadora, de la apreciación interna de estos dos factores resulta la sensación de peso*. De ahí se muestra que la <096>consciencia<039> pesa los objetos utilizando el cuerpo humano como una balanza" (Turró, 1908, págs. 37-45).

"La percepción del equilibrio, organizada por la experiencia, posee la preintuición de los pesos que van a ser descentrados de su base de apoyo y previene sus efectos" (Turró, 1908, págs. 37-45). Cuando uno anda sobre un raíl de ferrocarril, el equilibrio se perturba fácilmente ya que uno no está acostumbrado a andar sobre una base de apoyo tan estrecha, pero, no obstante, antes de que el efecto mecánico sobrevenga, el sujeto da cuenta del quantum de peso descentrado y, a veces, percibe que le bastaría apoyarse muy ligeramente con las manos sobre algo o alguien para recuperar el equilibrio. Cuando con ensayos repetidos aprende a mantener el equilibrio deseado sin tener necesidad de contacto, se halla en el caso del funambulista, que distribuye con admirable precisión el peso de las diferentes partes del cuerpo.

En las situaciones de riesgo, la percepción del equilibrio se realiza con agudeza extraordinaria y las cantidades de peso del cuerpo que se descentran de la base de apoyo se estiman en gramos y basta una débil resistencia para recuperar el equilibrio.



En definitiva, de la misma manera que los ojos reaccionan ante la energía luminosa y el gusto ante las cualidades sápidas, los órganos sensoriales multimodales y en mayor medida los propioceptivos, vestibulares y visión, según los casos, reaccionan y perciben la distribución del peso del cuerpo humano, lo que conocemos como sensación y percepción del equilibrio. "No es admisible que las reacciones sensoriales multimodales que proporcionan la percepción del equilibrio responden a la actividad autóctona de los centros nerviosos superiores: la hipótesis que atribuye a las neuronas centrales la propiedad de reaccionar independientemente de la excitación periférica está en desacuerdo con los fundamentos mismos de la ciencia" (Turró, 1908, págs. 37-45). Las reacciones sensoriales multimodales que se presentan con regularidad y consistencia y que intervienen en la percepción del equilibrio, compensan con exactitud el peso descentrado para prevenir la ruptura del equilibrio; esto sólo puede producirse porque conoce el valor de este peso. Esta "adaequatio rei" presupone la transmisión periférica de la misma manera que la conformidad de nuestras percepciones visuales con las cualidades luminosas de los objetos presupone un sentido que las recibe. Observamos, por lo tanto, que cuando la cabeza es descentrada de un quantum de 5 gramos, se compensa esta acción por una cantidad igual a 5 gramos. Algo acusa en el sensorium el peso descentrado, algo predetermina su reacción motora y su quantum. Si bien los cambios que se producen en la distribución de los pesos y el quantum exacto de la modificación parecen ser el objeto de estudio, ¿cómo se puede llegar a medir cada

uno de estos pesos, teniendo en cuenta la cantidad enorme de distribución de pesos que entran en juego cada vez que se produce un comportamiento de equilibrio? Además, si tenemos en cuenta que un comportamiento tónico o cinético del cuerpo produce agonismos y antagonismos musculares numerosos, ¿cuántos comportamientos de equilibrio se producirán cuando el sujeto está en traslación y/o rotación? La respuesta lógica es que tan numerosos como combinaciones se puedan dar en cada uno de los elementos por elementales que sean y estas combinaciones determinarán los comportamientos de equilibrio. Pero no hay duda de que se pueden utilizar diversas formas de medir el equilibrio y para medir esta distribución de pesos son necesarios tantos electrodos como musculatura implicada y se cuantifican mediante una plataforma de fuerzas para obtener unos resultados objetivos y puntuales. Pero de momento nos encontraríamos ante el mismo problema, la medición será puntual y de ninguna manera generalizable. Sólo permitirá conocer una minúscula parte del equilibrio en el tiempo y en el modo. Una vez realizada la conceptualización del problema y teniendo en cuenta que al comportamiento del equilibrio en sujetos en edad escolar y sujetos en los que pueden detectarse posibles talentos deportivos le corresponde un área concreta de aplicación que es la motricidad perceptiva, sólo nos queda intervenir desde una perspectiva en que podamos medir las diferentes dimensiones del equilibrio con la combinación de los parámetros o morfologías que nos posibilitan, desde un punto de vista de la praxis educativa y del alto rendimiento deportivo, cuantificar la motricidad per-

ceptiva multicomportamental del equilibrio.

Hacia un modelo de aplicación

Son múltiples y diversas las razones para conocer las posibilidades del equilibrio en el ser humano. Entre ellas vamos a destacar aquellas que se aproximan al área de conocimiento de la motricidad. Los comportamientos sensorreactivo (c.biológico), perceptivo (c.psicológico) y biomecánico (c.físico) son tres modelos de interpretar la realidad de un mismo hecho, pero esta realidad se da siempre en interacción y sin una de ellas no se produciría tal y como la conocemos. Estamos pues ante una propuesta de interrelación; en definitiva, una interdisciplinariedad del comportamiento motriz del equilibrio, de ahí que su descripción se realice desde estas tres perspectivas. ¿Cuáles son las aplicaciones de este comportamiento? En primer lugar, todos los sujetos, en su desarrollo ontogenético, alcanzan de una manera u otra unos rendimientos en el comportamiento del equilibrio que vienen determinados por su desarrollo individual. Son objeto de estudio todos los sujetos de la población escolar en los que los rendimientos de equilibrio como conducta biológica, psicológica y biomecánica pueden llegar a desarrollar o bien a condicionar o limitar su evolución motriz y posteriormente no alcanzar unos hábitos motrices adecuados (población escolarizable). En segundo lugar, el equilibrio puede considerarse como criterio para determinar las posibilidades de todos los sujetos que realicen actividades de-

portivas de alto rendimiento, según la especialidad o sea, el equilibrio, comportamiento motriz, puede ser utilizado como un criterio más discriminador para la detección precoz de talentos deportivos.

En tercer lugar, es conocido por los estudiosos de la motricidad (Da Fonseca, 1988, págs. 35-47; Cratty, 1982, págs.99-126) que el comportamiento del equilibrio en personas con algún tipo de minusvalía, especialmente perceptivo-motriz entre otras, tiene una característica muy significativa y que su valoración y posterior *performance* contribuyen a una mejora sustancial de la motricidad global de los sujetos afectados.

Conocidos los ámbitos de aplicación en el área de conocimiento de la motricidad, la siguiente cuestión es realizar la valoración de las dimensiones del equilibrio.

Las diferentes combinaciones que pueden darse en el equilibrio humano son tantas como posiciones en el espacio el ser humano sea capaz de alcanzar; por ello, el intento de cuantificar y objetivar las posibles dimensiones del equilibrio es una utopía. Sin embargo, a través de un análisis de las diferentes conductas —biológica, psicológica y biomecánica—, sabemos que existen unos elementos de análisis o parámetros que nos ayudan a poder cuantificar, si no exactamente, por la complejidad antes comentada, sí con una relativa aproximación de valoración de las dimensiones del equilibrio humano.

Conocemos que el comportamiento del equilibrio está mediatizado por las leyes de la gravedad; son leyes físicas que siempre estarán limitando cualquier situación motriz, por tanto, también el comportamiento perceptivo-motriz del equilibrio en el ser humano.

También sabemos que el ser humano tiene características diferenciales con respecto a otros seres vivos en el proceso final de la filogénesis de la motricidad. El ser humano, dentro de los seres más evolucionados, se caracteriza por su bipedestación y por su marcha en bipedestación, por ello, realizamos la consideración de que está posición en el espacio es una condición generalizable al ser humano, y por tanto, también para el objeto del presente estudio. Los comportamientos de equilibrio en bipedestación —sea tónico o cinético— son los más utilizados por el ser humano y, aunque evidentemente no son los únicos, sí son los de mayor interés en su ontogénesis y el rendimiento que puedan alcanzar durante el mismo, por el hecho de ser generalizables en el ser humano y asimismo el ser utilizados comúnmente en los desplazamientos diarios hacen de la bipedestación un comportamiento de equilibrio prioritario para su análisis. Toda esta argumentación nos ayuda a plantear que la bipedestación, al igual que las leyes de la gravedad, es una condición a la que el ser humano no puede sustraerse.

Independientemente de estas condiciones del comportamiento del equilibrio en el ser humano, para posibilitar la valoración de las diferentes dimensiones del equilibrio es necesario, por metodología del estudio, priorizar los comportamientos de equilibrio más adecuados para su análisis. En una observación de las conductas, deberíamos analizar las conductas biológicas, conductas biomecánicas y, por fin, las conductas psicológicas, pero ello, más que simplificar el trabajo, produciría una mayor complejidad y para la intencionalidad del estudio no solucionaría el problema. Por otra parte, indepen-

dientemente de su complejidad, debemos abordar en extensión los diferentes modelos de interpretar el comportamiento del equilibrio. Ello nos conduciría a una posible y puntual descripción del comportamiento del equilibrio y también a una valoración más concreta del mismo, pero difícilmente sería un modelo de aplicación.

Consideramos que no es la única forma de describir el comportamiento del equilibrio y, por otra parte, son métodos de valoración excesivamente analíticos que proporcionan objetividad, validez y fiabilidad muy alta, pero denotan, sin embargo, una aplicación muy restrictiva al poder ser aplicadas sólo en laboratorio.

Existen otras posibilidades para valorar el comportamiento del equilibrio. Las que más se adecuan son las combinaciones de parámetros o morfologías (órganos de los sentidos, aceleración, desaceleración, etc.). La propuesta de parámetros para analizar, una vez realizadas las observaciones, son las siguientes: visión, no visión, visión parcial, audición, no audición, interferencia de la audición, arriba, abajo, adelante, atrás, lateral, sin desplazamiento, aceleración, desaceleración, rotación, un apoyo, dos apoyos y sin apoyo. Existen otros posibles parámetros como: base de sustentación variable, temperatura, sin gravedad, con móviles, etc., pero consideramos que aumentaría el número de equilibrios y no serían fundamentales ni generalizables para todos los seres humanos, sino más bien para situaciones determinadas.

Si realizamos las combinaciones posibles entre cada uno de los parámetros expuestos, los comportamientos de equilibrio que se manifiestan son



excesivamente numerosos, entonces eliminamos, por metodología del trabajo, no audiciones, interferencias de la audición, un apoyo, dos apoyos y sin apoyo, no porque consideremos que no tienen importancia, sino porque en el conjunto de parámetros existen otros más influyentes para realizar las combinaciones y además contribuyen en mayor medida en la orientación y adaptación del equilibrio; así como también los dos apoyos —la sustentación mediante los dos pies— es la forma común anteriormente comentada que, en mayor medida, es realizada por el ser humano. Una vez limitadas las posibles combinaciones, al combinar los parámetros elegidos determinamos un total de 39 comportamientos motrices de equilibrio.

Estos comportamientos de equilibrio son las respuestas motrices que vamos a analizar y además determinarán los ítems de valoración de las dimensio-

nes de equilibrio en el ser humano, según los criterios expuestos.

Estos comportamientos están en base a un criterio de utilización predominante por el ser humano y a un segundo criterio de generalización, pues lo realizan todos los seres humanos: es la bipedestación y el desplazamiento en bipedestación (dos apoyos), como el comportamiento de equilibrio más utilizado y, por supuesto, generalizado. Así y todo las posibilidades quedan también generalizadas por un tercer criterio, que es el criterio de normalización del hombre en cuanto a la audición normal —sin realizar una combinación en este sentido— pues la no audición y la interferencia de la audición “si bien son importantes no lo son tanto como la visión, propiocepción y función vestibular para el mantenimiento del equilibrio” (Brunas-Marely, 1985, págs. 140-145). El cuarto criterio de utilización es la visión y sus diversas opciones (no visión, visión parcial) por la importan-

cia —mayor que la de los otros sentidos— que tiene este sentido en el comportamiento del equilibrio. Definimos el modelo de aplicación como el comportamiento motriz en bipedestación tónico y cinético más frecuentemente utilizado y generalizado, que combina los parámetros (órganos de los sentidos; visión, propiocepción, función vestibular, audición y los diferentes movimientos, adelante, atrás, etc.), obteniendo unas respuestas motrices que denominamos fundamentales para dimensionar las diferentes posibilidades de equilibrio.

El desarrollo de este modelo de aplicación y sus perspectivas es una propuesta compleja, pero limitada por una serie de criterios que no tienen que ser únicos, sino que más bien nos ofrecen la posibilidad de apertura aunque por organización metodológica se simplifiquen. La continuación y perspectiva de esta propuesta serán motivo de otro artículo.

BIBLIOGRAFÍA

BRUNAS, R.; MARELLY, E., *Sistema vestibular y trastornos oculomotores*. Ateneo, Buenos Aires, 1985, 2ª edición, págs. 148-160.

BRUNAS, R.; MARELLY, E., *Sistema vestibular y trastornos oculomotores*. Ateneo, Buenos Aires, 1985, 2ª edición, págs. 140-145.

CRATTY, B. J., *Desarrollo perceptual y motor en los niños*. Paidós, Buenos Aires, 1982, 1ª edición, págs. 99-126.

DA FONSECA, V., *Ontogénesis de la motricidad*. Núñez Editor, Madrid, 1988, 1ª edición, págs. 35-47.

FRAISSE, P.; PIAGET, J., *Sensación y motricidad*. Paidós, Buenos Aires, 1972, 1ª edición.

KANTOR, J.R., “Perceiving as a science and as a traditional dogma”, *Revista Mexicana de Análisis de la conducta*, nº 6, 1980, págs. 3-16.

LURIA, A., *Sensación y percepción*. Breviarios de conducta humana nº 6, Fontanella, Barcelona, 1978, 1ª edición, págs. 18-30.

LURIA, A., *Sensación y percepción*. Breviarios de conducta humana nº 6, Fontanella, Barcelona, 1978, 1ª edición, págs. 57-67.

PLAS, F.; VIEL, E.; BLANC, Y., *La marcha humana. Cine-siología dinámica, biomecánica y patomecánica*. Masson, S.A., Barcelona, 1984, 1ª edición, págs. 4-7.

ROCA, J., *Formas elementales de comportamiento*. Trillas, México, 1989 1ª edición, págs. 215-243.

ROCA, J., “La educación psicofísica”, *Apunts. Educación Física y Deportes*, nº 20, 1990, págs. 7-10.

ROSARIO, A., *Medicina aeronáutica para pilotos*. Sumaas, Madrid, 1983, págs. 49-52.

SIMONS, E.L., *Primate evolution. An introduction to man's place in nature*. Ed. The MacMillan, Physical Anthropology, Nueva York, 1972, págs. 10-28.

TURRÓ, E., “Psychologie de l'équilibre du corps humain”, *Revue de Philosophie*, París, 1908, págs. 37-45.