

Módulo 3. Retroalimentación y ajuste motor

Unidad 3.1 Neurocibernética

3.1.3 Reflexiones introductorias

Hacia finales de la década de los 80 y comienzos de la década de los 90, coexistían en el mundo occidental dos paradigmas dominantes. En la década de los 60 y 70, la fisiología del ejercicio había hecho del consumo máximo de oxígeno prácticamente su eje. En los 80 y 90, el lactato era, en cambio, el epicentro de la fisiología del ejercicio. Nos encontrábamos frente a un enfoque subcelular del movimiento humano, en donde incluso médicos que nos enseñaban fisiología nos decían: “ustedes no entrenan personas, entrenan enzimas y mitocondrias”. De modo que, a la hora de tomar decisiones en el ámbito de las prácticas de entrenamiento, nos circunscribíamos a aspectos fisiológicos prácticamente subcelulares (enzimas y mitocondrias).

Por otro lado, desde la teoría del control motor, había un interés y una profundización fundamentalmente en los mecanismos de ejecución, es decir, en la eferencia. Teníamos mucha información acerca de que la orden partía desde la corteza motora primaria hasta que llegaba al músculo, pero con una pobreza grande en cuanto a lo que era el conocimiento de los mecanismos sensoriales aferentes, es decir, todo lo que sucedía con el trayecto de “ida” desde los receptores. La información era escasa en lo relativo a la organización aferente del movimiento.

Personalmente, durante toda la década del 90 trabajamos con gimnastas, particularmente con gimnasia rítmica. Cuando nos encontrábamos con alumnas genéticamente favorecidas para el entrenamiento de la flexibilidad, no teníamos inconvenientes. Pero, ¿qué hacíamos con las no favorecidas genéticamente? Encontramos en el estudio del sistema nervioso, y particularmente en patrones de estimulación de propioceptores, la posibilidad de desencadenar reflejos inhibitorios que, neutralizando la respuesta refleja contráctil al estiramiento (miotático de tracción), permitía que esas niñas con problemas de flexibilidad pudieran relajarse y lograr grandes resultados.

También, en ese momento, hicimos experiencias con todos los trabajos de representación ideo-motora, a pesar de que todavía no sabíamos sobre los correlatos neurales del acto de imaginar. Realizábamos trabajos de representación ideo-motora, es decir, la capacidad de imaginar lo que iba a suceder. A partir de esto, encontramos en gimnastas,



futbolistas, jugadores de *rugby*, una mejora de la *performance* motriz, incluso una mejora de los mecanismos de anticipación. Mientras ellos entrenaban, con confianza en estas metodologías, se pudo evidenciar una mejora en la regulación del acto motor solo por el hecho de imaginar el movimiento, algo que hoy se conoce como **imagery o representación ideo-motora**. Por esto es que en la década de los 90 comenzamos a sospechar que el acto mental de la representación ideo-motora generaba consecuencias neurales periféricas facilitadoras del acto de contracción muscular. Hoy en día, a partir de los avances en la neurofisiología, el estudio de este campo se ha profundizado.

En flexibilidad, la mayoría de los estudios de neurofisiología fueron publicados en el libro *Amplitud de movimiento* (Di Santo, 2013), con una gran cantidad de combinaciones de estimulación propioceptiva, cuyo objetivo era el desencadenamiento de reflejos inhibitorios.

Tuvimos una primera experiencia como materia en la Universidad Provincial de Córdoba entre 1998 y 2002. En esa primera experiencia de 4 o 5 años estudiando correlatos neurales del acto motor, se desprendieron metodologías para su aplicación. Esta materia se llamó Psicomotricidad Aplicada y se desarrolló con el siguiente criterio: elegimos tomar los distintos pasos del procesamiento de información secuencial que sustentan el movimiento humano voluntario y apuntamos a profundizar la fisiología-anatomía específica de cada uno de los pasos seriales (admitiendo también que existen procesos paralelos). Luego, a partir del estudio de ellos, procuramos desprender una didáctica especial. En la medida en que más nos interiorizábamos, por ejemplo, en la estructura de la retina, más se enriquecía la metodología especial de entrenamiento visual. Otro ejemplo es que del estudio de la ultra-estructura del quiasma óptico se podría desprender como alternativa el diseño de anteojos especiales para bloquear mitades nasales y temporales de la retina de los hemisferios para, de esa manera, incrementar el empleo del procesamiento de la información visual por parte de uno de los dos lóbulos occipitales. A partir del estudio del cristalino, podríamos generar ejercicios para enfocar objetos centrales en relación con objetos periféricos y lo mismo con las otras funciones u otros procesos seriales en los que la profundización biológica podría llegar a potenciar la didáctica.

En este curso, comenzaremos a ver cuáles son los procesos seriales y cuáles son las funciones identificables y distintas entre sí que acreditan una didáctica especial para su entrenamiento.

3.1.2 Modelo cibernético

El modelo neurocibernético del procesamiento de la información acredita que, por lo menos, reconocemos 3 grandes instancias que son, precisamente:

- 1) **Organización aferente o input**, es decir, todo lo que sucede con los datos recogidos del medio externo, pero también del medio interno, hasta que son procesados en lugares muy puntuales de la corteza cerebral.



- 2) Una segunda instancia que llamamos **procesamiento central**, que tiene que ver, fundamentalmente, con las funciones inherentes a la lógica motriz, toma de decisiones y programación neuromotora.
- 3) Una última instancia que se denomina **organización eferente output**.

Incluso, si lo detallamos de un modo más exhaustivo, reconocemos 6 grandes fenómenos que llamamos seriales, en el sentido de que uno gatilla al siguiente y la calidad del primero condiciona la calidad del segundo. Estos pasos seriales que analizamos y estudiamos en detalle para, a partir de allí, desprender una didáctica son:

- Sensación.
- Percepción.
- Representación.
- Lógica motriz y toma de decisiones.
- Programación neuromotora.
- Ejecución y control motor.

Los fenómenos paralelos como la retroinformación o retroalimentación son aquellos procesos que permiten ir ajustando y calibrando estos fenómenos seriales. También existen otros fenómenos paralelos, como, por ejemplo, la memoria (presente en todo momento), los fenómenos emocionales, la discusión acerca de la motivación como un proceso serial o paralelo (si está presente en todo momento de la ejecución de un acto motor voluntario o si eventualmente forma parte de una estación muy puntual del proceso secuencial), el fenómeno de la atención y distintos correlatos neurales del acto motor que nos sirven para articular una didáctica especial.

Procesamiento de la información

La teoría del procesamiento de la información surge como reacción al conductismo y a la psicología gestáltica. Su principal inquietud refiere a la denominada **“capacidad de canal”**, esto es: cuánta información puede procesar pertinentemente el sistema nervioso cuando ejecutamos un movimiento voluntario inteligente. Dependiendo de este análisis, podremos tener grandes consecuencias didácticas, sobre todo para reflexionar acerca de la cantidad de información que puedo proveer a un sujeto en las diferentes etapas del aprendizaje motor y en el entrenamiento de la técnica, como así también acerca de la cantidad de información que se podrá proveer para adquirir, perfeccionar o estabilizar. Su impacto mayor ha sido, junto con la cibernética, en la teoría y práctica de la corrección de fallos.

La noción del modelo cibernético alude, básicamente, al esquema de procesamiento de información que el deportista desarrolla durante la ejecución de una praxis motora. Nos preguntamos, en definitiva, por lo que sucede en el cerebro y en el resto del sistema nervioso de un sujeto cuando ejecuta un movimiento. También supone la clara detección de etapas diferenciales y susceptibles de ser estudiadas por separado, pero, por, sobre todo, con interesantes consecuencias didácticas en tanto entrenadas como unidades funcionales específicas. El sentido del estudio de los correlatos neurales tiene que ver con la entrenabilidad de las funciones.



La cibernética surge de las **teorías del procesamiento de la información**. Es una rama del procesamiento de la información que toma como principal foco de análisis a los mecanismos retroalimentarios (*feedback*). En ese marco, estudia detalladamente la manera en que la información re-ingresante es procesada para la regulación del movimiento y para la continuidad del proceso de aprendizaje motor. Su objetivo es hacer que el sujeto pueda atender y capitalizar adecuadamente la retroinformación a los efectos de prescindir progresivamente del control exógeno. Para ello, resulta clave capitalizar la retroinformación que contribuirá a una mayor calidad de programación motora en las próximas ejecuciones. Orientar la atención del ejecutante constituye uno de los propósitos más importantes de la intervención pedagógica. La selectividad dirigida de la atención permitirá descartar la información irrelevante y emplear efectivamente la necesaria para, de ese modo, mejorar la *performance* en las subsiguientes ejecuciones. El ejecutante debe saber a qué conjunto de informaciones dirigir su atención y, a partir del conocimiento de los rasgos constitutivos del movimiento bien hecho, comparar su ejecución y corregir los programas motores.

Hace algunas décadas, toda nuestra formación fue dirigida a la comprensión del movimiento humano desde un sentido subcelular, con el objetivo de dejar de lado los procesos centrales que son los que, en definitiva, dirigen todas las demás reacciones. Entendemos que hoy surge un nuevo paradigma que es alternativo -aunque no más importante- al paradigma del enfoque subcelular del movimiento humano relacionado íntimamente con el estudio de las neurociencias.

3.1.3 Procesos seriales y paralelos

Dentro de lo que llamamos modelo cibernético, podemos distinguir entre **procesos secuenciales o seriales** y **procesos concomitantes o paralelos**, los cuales van a influir, de una u otra forma, en el acto motor.

Procesos secuenciales o seriales

Reconocemos 8 grandes fenómenos secuenciales. Estos se dan en un determinado orden y uno gatilla al siguiente: la calidad del primero condiciona la calidad del segundo, y así sucesivamente.

Pensemos en lo siguiente: “de la calidad de la sensación depende la calidad de la construcción del objeto completo por parte de la percepción”. A su vez, la sensación es entrenable, por lo cual podemos trabajar para entrenar la capacidad discriminativa de nuestros receptores -mediante la estimulación de las funciones sensoriales- con la finalidad de obtener mayor calidad perceptual posterior.

Dicho lo anterior, podemos discernir que nunca podremos percibir mejor de lo que sentimos, ya que cada proceso depende de la calidad del anterior.

- 1) **Sensación:** La sensación es todo lo que ocurre desde el cambio o alteración del potencial de reposo de un receptor hasta que todo ese dato, toda esa información,



acceda a la corteza primaria. En estas áreas de proyección primarias, existe un aumento del espesor de las capas granulares para la recepción de la información (áreas 17, 3, 1, 2, 41). La sensación no nos provee datos unificados del objeto. La sensación es este primer paso que nos permite recaudar información para luego construir objetos integrados.

2) Percepción: En la percepción encontramos gran cantidad de teorías enfrentadas. Recordemos que la tarea de la percepción es la unificación del objeto para la conciencia en donde entra en juego la influencia de las experiencias pasadas y de la relación con datos similares de otros objetos y las emociones asociadas.

Los correlatos neurales del fenómeno de la percepción están identificados. Por ejemplo, en el área 17 se han identificado neuronas para prácticamente cada uno de los rasgos individuales del objeto, neuronas que se activan según el espectro de ondas visuales, neuronas para líneas de distintas angulaciones (nosotros luego completamos a partir de un acto creativo lo que falta para terminar de percibir el objeto). Tanto en el área temporal para la audición (áreas 40, 41), como así también para las áreas visuales se han detectado neuronas individuales que reaccionan a rasgos específicos del objeto.

Sin embargo, la percepción sigue siendo un misterio respecto a cómo nuestro cerebro junta esa información, la integra y construye un objeto unificado para la conciencia. Sabemos que la percepción es más entrenable que la sensación y que el acto de percibir en sí mismo es un acto de activación muscular. En el momento en que se descubrieron las neuronas espejos, llamó mucho la atención cómo la corteza motora primaria de un primate generaba la activación de las columnas que inervaban luego por vía córtico-espinal a los músculos específicos que actuaban en el objeto que se movía. El primate activaba músculos por ver un movimiento, pero sin moverse.

Cuando vemos un movimiento, entonces, aunque no nos movamos, activamos los mismos músculos del sujeto que se está moviendo. Lo interesante de esto es que de la calidad de lo que vemos depende la calidad de lo que inmediatamente activamos. El acto de percibir es un acto de activación neuromotriz y esto justifica lo que se llama **entrenamiento por representación**. Cuando mejoramos la calidad de la observación, esto nos enseña a descartar lo irrelevante y podemos dirigir nuestra atención visual en algunos rasgos muy específicos del movimiento humano. Con esto facilitamos la pre-activación de las vías neurales que luego coordinan. El movimiento.

El acto de percibir es un acto de facilitar las vías neurales que regulan el acto motor; por lo tanto, también podemos **entrenar por observación**, complementando otros recursos para pulir la calidad de la técnica del movimiento. Esta es una herramienta muy importante junto con la representación y verbalización de la observación. En su momento, surgieron algunas directrices interesantes en cuanto a cómo podemos entrenar la observación motriz para aprovechar estos subsistemas neurales que permiten facilitar. Y cuando hablamos de facilitar el sistema nervioso, estamos hablando de sensibilización de la membrana post-sináptica de las neuronas que forman esas vías, para generar luego una mayor accesibilidad de activación de esas mismas vías por esta pre-facilitación.

3) Representación: De la calidad de la percepción depende la calidad de la representación ideomotora posterior. A modo de pregunta: ¿siempre representamos post-perceptualmente a pesar de que no haya un acto de voluntad que implique



generar, mantener y transformar una imagen para la conciencia? Uno puede voluntariamente hacer el esfuerzo de construir una imagen de movimiento y tratar de mantenerla con la menor variabilidad posible, o bien transformarla en el sentido de ejecutar mejor en la mente el movimiento que de la forma en que efectivamente lo ejecutamos en la realidad para, a partir de allí, poder generar consecuencias motrices muy específicas.

La discusión es: ¿siempre post-descargamos neuralmente después de haber percibido? ¿Las mismas neuronas que se encargan del sistema perceptual descargan post-perceptualmente y generan imágenes? Aparentemente, sí. Siempre hay una imagen posterior a la percepción.

El **entrenamiento ideomotor** toma este fenómeno y lo entrena voluntariamente. El acto de representación ideomotora es un acto con tremendas consecuencias neurales que puede ser facilitador del movimiento, o bien puede empeorarlo cuando existe desconfianza en cuanto al uso de esta herramienta o cuando no logramos representar el movimiento en nuestra mente de una manera correcta, es decir, sin fluidez o con interrupciones.

La visión es importante en la construcción de la imagen, pero también una imagen es mucho más completa cuando la persona puede generar información para la conciencia no solamente visual, sino también kinestésica. Recordemos que cuando representamos lo que la percepción presentó inicialmente, y esto a través de un acto de voluntad que genera y sostiene para la conciencia la imagen de un movimiento, no solamente estamos facilitando las vías neurales que luego lo ajustan, controlan y regulan, sino que también existen expresiones de microactividad muscular con estimulación de propioceptores. Hoy sabemos que hasta la misma fibra intrafusar y el órgano de Golgi se activan cuando imaginamos con calidad el movimiento, a pesar de que no lo estemos ejecutando.

Existen áreas muy específicas de la corteza cerebral que se activan entre el área de programación neuromotriz y las áreas de ejecución o motoras primarias cuando imaginamos el movimiento como una actividad muy fluida. También existen diferencias en cuanto al empleo de sustratos neurofisiológicos para imaginar cuando somos inexpertos o principiantes y cuando tenemos una experiencia sólida. Por ejemplo, el empleo del cerebelo en la regulación del movimiento es mucho más fluido en el experto que en el inexperto. El cerebelo puede bloquear las activaciones parasitarias en el acto de imaginar. La solicitud de sectores parietales para los multiplanos de una imagen de movimientos es mayor en el experimentado que en el inexperto. Grandes consecuencias didácticas se desprenden del estudio del acto de imaginar y esta puede ser una herramienta facilitadora, o bien no serlo cuando no sabemos emplearla bien o cuando existe escepticismo, desconfianza o mal humor en su empleo.

Si tomamos el área del lenguaje articulado, el tercio inferior de la circunvolución frontal ascendente (área de Broca) y reconocemos la tremenda relación entre la capacidad de verbalizar aspectos críticos de movimiento y la calidad su programación y ejecución, es decir, cuando sabemos que describir verbalmente ciertos rasgos biomecánicos, energéticos, perceptuales y motivacionales del movimiento, observar el movimiento porque nos ensañaron a detectar puntos críticos y descartar lo irrelevante, cómo imaginar el movimiento porque se nos ha entrenado para ello, la integración de estas tres herramientas (observar, imaginar y verbalizar) permite que los deportistas mejoren la calidad de la representación ideomotora, la



calidad de regulación del acto motor y, a su vez, les permite saber cuándo dejar de emplearlo para no interferir en el acto de programación y generar lo que se denomina **parálisis por análisis**. Estos grandes fenómenos forman parte de lo que se denomina organización aferente del movimiento humano: sensación, percepción y representación con el aliado de la verbalización.

4) Lógica motriz y toma de decisiones: Estos correlatos forman parte del proceso de toma de decisiones. No es extraño encontrar deportistas timoratos que arman excelentes programas motores, pero tardan en decidir su implementación o se arrepienten en medio de la ejecución de un movimiento. ¿Qué es lo que falla en ellos y funciona bien en otros para no decidirse a ejecutar, retrasar el inicio de las acciones o bloquear su transcurso? Este es el momento donde profundizamos el estudio del área 6, que es la encargada de planificar y programar el movimiento, y del área motora suplementaria para entender porque finalmente decidimos ejecutar o no. La programación neuromotriz tiene discusiones: ¿los programas motores están en la corteza cerebral? ¿Acreditamos un registro anatómico muy puntual que podríamos hasta ver? ¿O bien no hay programas motores y se trata de procesos de construcción? Nos inclinamos hacia la segunda posición y entendemos que más que hablar de programas motores, como estructuras subyacentes anatómicas, la programación neuromotora es una acción, un proceso, que consiste en parametrar invariantes.

¿Qué del movimiento humano tenemos registro en la memoria? ¿Dónde queda alojado el movimiento humano? ¿Existe algo así como un acervo motor con una localización anatómica puntual? Muy difícilmente. Los movimientos humanos se encuentran distribuidos formando circuitos, sistema de conexión, bucles cortos y bucles largos. Algunos llaman a estos bucles engramas, en tanto forman parte de un circuito con una disposición espacial muy puntual al relacionarse con distintas neuronas. Tenemos engramas en los sectores parietales, temporales y occipitales, aunque esto no está consensuado por todos. A pesar de ello, entendemos que existe una memoria motriz y que tiene un registro a largo plazo con una configuración anatómica específica.

En esta **memoria motriz**, el engrama tiene componentes muy específicos que son los que determinan la organización espacial y temporal del movimiento, pero recordemos que no forman parte del engrama (y, por ende, de la memoria motriz) los protagonistas de la acción: grupo muscular, músculo, fibra y ni siquiera el tiempo total de la acción. El engrama solamente aloja del movimiento el dato espacial que tiene que ver con la relación de los núcleos articulares y el dato temporal o estructura temporal que es la secuenciación o proporcionalidad temporal.

5) Programación neuromotora: ¿Qué es programar? Es el acto de decisión regulado o comandado por la corteza frontal, particularmente por el área 6 o sector psicomotriz, quien protagoniza la acción. Programar es, precisamente, *parametrar un engrama*, es decir, decidir qué músculos lo despliegan, qué fascículos, qué unidades motoras, cuál es la velocidad total de ejecución del movimiento. Programar un movimiento es parametrar invariantes, es escoger la melodía kinestésica adecuada para cada acción, siempre en relación con los procesos previos.

6) Ejecución y control motor: Este punto se centra en la puesta en marcha de todos los procesos anteriormente descritos. Aquí es actor principal el músculo estriado



esquelético, siempre con la coparticipación del SNC, el cual está encargado de realizar ajustes sobre el programa motor, o bien directamente cambiarlo por otro si la situación lo amerita.

Es extremadamente importante la información que el SNC pueda recibir de los exteroceptores e interoceptores, para determinar si es necesario alguna modificación del programa motor iniciado.

7) Valor final o resolutivo: Aquí podemos distinguir al accionar del cerebelo, entendiendo que este va a comparar el programa motor que estamos realizando con el programa motor que pretendemos.

Los fenómenos paralelos no pueden ser encasillados en un determinado momento, sino que condicionan la actividad durante todo su desarrollo. Dentro de estos, podemos mencionar los siguientes:

- *feedback* o retroalimentación.
- Atención.
- Memoria motriz.
- Motivación.
- Estados y procesos emocionales.

Las **emociones** influyen en la regulación no solamente del tono muscular, sino también del acto motor propiamente dicho. Pero intentamos no estudiar *emocionalmente las emociones*; antes bien, tratamos de evitar la acepción romántica y estudiarlas como fenómenos neurofisiológicos perfilados en la historia evolutiva como ventaja para la supervivencia. Todas las emociones dependen de correlatos neurales diferentes. Distintas poblaciones neurales procesan distintos estados emocionales, muchas de ellas en el lóbulo límbico, pero muchas coaliciones neurales se generan a partir de la participación de subpoblaciones neurales en lóbulo frontal, parietal, temporal y occipital. Un rasgo común en todos los estados emocionales es que todos los axones que procesan distintos estados emocionales afieren a los ganglios de la base. Podemos disfrazar emociones a través de gestos o de lo que decimos, pero algo que desde el punto de vista de las emociones no podemos ocultar es el tono muscular. No hay dimensión emocional que no provoque un cambio en el tono muscular, fundamentalmente en los músculos del rostro. Las emociones influyen en todos los procesos de regulación del movimiento humano en la calidad de sensación, percepción, representación, lógica motriz, programación motora, ejecución y control. Por lo tanto, estudiamos las emociones en tanto repercuten e intervienen en la regulación del acto motor, como así también las estrategias para el control de ellas. Hoy estamos en una etapa de la historia evolutiva donde los canales que comunican emoción con razón están más desarrollados que los canales que comunican razón con emoción, por eso es tan fácil alterar un proceso racional con un proceso emocional y, por lo mismo, es tan difícil controlar un proceso emocional a través de un acto racional.

Podríamos discutir si la motivación es un fenómeno serial o paralelo, fundamentalmente desde el punto de vista neuroquímico (dopamina), y cómo influye en distintas áreas de la corteza cerebral, sobre todo en el área motora suplementaria, facilitando el inicio de las



acciones e impidiendo su bloqueo. Estudiamos a la motivación más desde el punto de vista biológico que desde el punto de vista operativo-didáctico.

Neurotrofinas y movimiento

El entrenamiento regular aumenta la concentración de neurotrofinas. Estas trascienden la barrera hematoencefálica y operan como fertilizantes de la **neuroplasticidad**. Neuroplasticidad no es lo mismo que neurogénesis. La plasticidad implica una neurorramificación, una neoreconexión, una producción de nuevas sinapsis en donde ese sector, ya no utilizado por una lesión o lo que fuere, es recubierto por nuevas ramificaciones sinápticas, por lo que incrementa su actividad. El ejercicio estimula la producción de factores químicos que regulan la neuroplasticidad y hasta puede volver a emplear sectores de la corteza que dejaron de ser empleados por desuso o lesión. Estos factores neurotróficos cerebrales estimulados por el movimiento fueron estudiados fundamentalmente en el hipocampo, sede de la memoria, una estructura bilateral importante en la producción de nuevas memorias. Hoy sabemos que también otros sectores de la corteza cerebral se ven beneficiados por el aumento de la concentración de neurotrofinas, estimuladas por el ejercicio fundamentalmente aeróbico. Sabemos, además, que cuando nos movemos tenemos mayor concentración de neurotrofinas, pero que cuando nos movemos y, al mismo tiempo, resolvemos problemas cognitivos, es decir, pensamos, el aumento de la concentración de neurotrofinas es mayor. Actualmente, en una situación en donde las enfermedades degenerativas del cerebro provocan más problemas que los factores de riesgo cardiometabólicos, es muy importante articular una didáctica de entrenamiento físico que incorpore funciones cognitivas para, de ese modo, combatir las enfermedades degenerativas cerebrales que tanto daño están causando en la población mundial.

Neuroentrenamiento

Entrenar desde la neurobiología sería, entre otras cosas, no repetir ni copiar, sino trabajar desde la alternancia y variabilidad, la aplicación versátil de distintos programas motores, promover la toma de decisiones y que el proceso de seleccionar un programa motor sea eje en nuestras intervenciones; en suma, entrenar herramientas como observar, imaginar y verbalizar, complementando, al mismo tiempo, el proceso de ejecución motora, impidiendo siempre el fenómeno de parálisis por análisis, y siempre exigiendo un razonamiento, es decir, involucrarnos cognitivamente en el acto motor propiamente dicho. Entendemos que esto es lo que hace diferente a este sistema de entrenamiento. Así, el *target* no es solo la fibra muscular, las enzimas y las mitocondrias, sino que los focos atencionales pasan a ser las funciones corticales superiores, perceptuales y decisionales, esto es, cognitivas en tanto objetos principales de nuestra intervención. A estos los comprendemos no con actividades simples, sino con actividades complejas, entendiendo que no es lo mismo complejidad que riesgo. Complejidad tiene que ver con no hacer fácil la selección de los programas, por cuanto se los puede realizar en contextos seguros no riesgosos. Nosotros alentamos la promoción de la complejidad, entendiendo que el principal riesgo es no atreverse a ella. El órgano que padece la falta de complejidad es el



cerebro y hacer difícil lo que antes era fácil, sin caer en el riesgo, es uno de los grandes objetivos de este tipo de intervenciones.

En el siglo XXI, estudiar las funciones corticales superiores para elaborar una didáctica de entrenamiento que las incorpore y que las trabaje es importante no solamente para mejorar la calidad de vida, sino para combatir estas tremendas patologías degenerativas del cerebro y, por lo mismo, postergar su manifestación y promover las actividades resolutivas no solo en el adulto mayor, sino en toda la población (Di Santo, 2015).

3.1.4 Reflexiones didácticas

Neurocibernética del acto motor

- ¿Podremos incorporar estos conceptos a la educación física, inclusive a la escolar? Debemos procurar integrar los conocimientos de la neurofisiología y de la mecanobiología.
- Pierre Vayer y Pierre Toulouse: “La escuela ignora la existencia del sistema nervioso”. Quizás, nuestra educación física también.
- Eso es lo que intentamos: sustentar el proceso de enseñanza no solo en la estructura del objeto, sino también en la del sujeto, esto es, en tanto no solo como sujeto social, sino ¡como sujeto biológico! Y, por sobre todas las cosas, teniendo en cuenta el estado actual de la disposición biológica del sujeto para el aprendizaje motor.
- No podemos negar la biología en el movimiento humano (Di Santo, 2015).



Unidad 3.2 Feedback

3.2.1 Conceptos introductorios

El tema de *feedback* o retroalimentación es uno de los más atrapantes, con grandes consecuencias didácticas. La primera utilidad de su análisis refiere a facilitar la comprensión de los procesos de control y regulación del acto motor: la manera en que la información reafereente es empleada para corregir, ya sea el mismo movimiento antes de que termine o el siguiente. La segunda utilidad refiere a la corrección de fallos y a entender su didáctica especial para favorecer el aprendizaje e incrementar la motivación. El concepto de *feedback* está íntimamente relacionado con la neurocibernética que, recordemos, surge de la **teoría del procesamiento de la información** (capacidad de canal) como alternativa a la Gestalt y al conductismo, ambos imperantes hasta mediados del siglo XX.

La importancia de la retroalimentación tiene que ver con lo siguiente:

- Hay una condición indispensable para aprender en sí, además de que, con esta ayuda, se puede valorar tanto el transcurso como el resultado del movimiento.
- No parece ser una condición imprescindible para la ejecución de los movimientos ya aprendidos, automatizados.
- No solo importa conocerla y saber administrarla como docente, sino, y, sobre todo, enseñarle al deportista.
- importa enseñar al deportista a atenderlas, distinguirlas y emplearlas adecuadamente para la autocorrección.
- Para los autores soviéticos, especialistas en el estudio del movimiento, el ser humano necesita conocer el efecto y la utilidad de sus acciones, es decir, el reconocimiento de los resultados. El reconocimiento de los resultados es fundamental para el aprendizaje motor y el entrenamiento de la técnica.

Ruíz Pérez (1994) resume la función de conocer los resultados en su capacidad para lo siguiente:

- Informar.
- Incentivar.
- Reforzar.

El concepto de una vida revisada es antiguo. Muchos filósofos lo plantearon como fundamental, tanto en la vida deportiva como en cualquiera de sus múltiples aspectos. Conocer los resultados de las propias acciones resulta más que importante. Sócrates decía: "Una vida sin revisión no merece ser vivida".

Iniciamos con tres grandes clasificaciones expuestas por tres excelentes autores:



- Jacques Corraze (1988): el autor de las *Bases neuropsicológicas del movimiento humano* promueve un óptimo análisis.
- Rigal (1987): los conceptos extraídos de sus libros *Motricidad humana* y *Motricidad: aproximación neurofisiológica* son cruciales.
- Grosser (1988): en sus dos libros relativos al entrenamiento de la técnica deportiva considera en detalle el tema.

La primera clasificación corresponde a Jacques Corraze (1988), en su libro *Las bases neuropsicologías del movimiento*, quien divide la retroalimentación y su práctica en dos, a saber:

- **Feedback terminal:** es el que se apoya sobre las reafereencias que ponen fin al movimiento.
- **Feedback concomitante:** se dirige sobre las reafereencias que acompañan a lo largo de todo el desplazamiento.

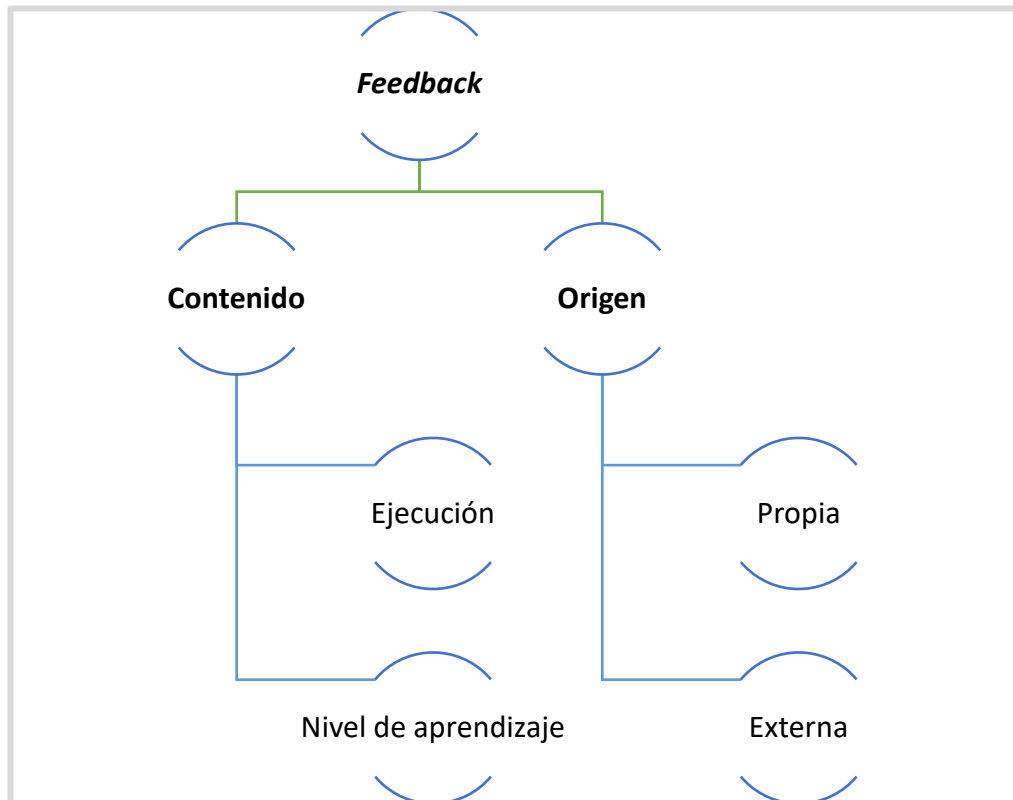
La segunda clasificación es de Robert Rigal (1987), la cual surge de comparaciones de los movimientos humanos:

- **Control en bucle cerrado:** se basa en la utilización del *feedback* o de las reafereencias. El movimiento se corrige a medida que se desarrolla (por ejemplo: el sistema de control de la temperatura de una casa mediante un *termostato*).
- **Control en bucle abierto:** está basado en una programación anterior a la acción, donde las instrucciones necesarias están programadas antes del desencadenamiento de dicha acción, la cual es ejecutada independientemente de los efectos concomitantes (ejemplo: una máquina de lavar *automática*).

La tercera clasificación corresponde a Grosser y Neumaier (1988). Esta clasificación de Manfred Grosser y August Neumaier (*technik training*) permite un abordaje inicial a las posibilidades de *feedback* en el universo del aprendizaje motor y el entrenamiento de la técnica (Grosser, 1988).

Podemos observarla en la figura 1.

Figura 1: *Feedback*



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Neurocibernética y feedback

En el proceso de aprendizaje, el deportista necesita conocer los resultados. Entre las tareas que debe realizar el entrenador o profesor, se destaca la información que debe ir proveyendo al aprendiz sobre lo que está consiguiendo y cómo lo está haciendo.

En el proceso de aprendizaje, el deportista, a través de la vivencia de las distintas prácticas, va obteniendo diversas informaciones sensoriales sobre sus propias ejecuciones, las cuales serán almacenadas en su memoria y pueden ser objeto para progresar en su aprendizaje (Pérez, 1994).



Figura 2: Situación de aprendizaje deportivo



Fuente: Adaptado de Schmidt, 1982, citado en Pérez, 1994, p. 226.

Según palabras de Pérez (1994), quien se basó en diversas investigaciones, hay que tener en cuenta varios aspectos a la hora de transmitirles conocimiento del resultado a nuestros alumnos. A continuación, mencionamos los siguientes.

Precisión del conocimiento de resultado

En todo proceso de aprendizaje, brindar información sobre el resultado es imprescindible para la corrección de errores.

En la fase inicial, brindar información demasiado detallada sobre las ejecuciones motrices puede llegar a entorpecer el proceso; por ello, las informaciones deben ser más generales y no tan analíticas. Para dar conocimiento sobre el resultado, hay que tener en cuenta a la persona que aprende y su capacidad de analizar y procesar la información.

En la medida en que el alumno vaya ganando experiencia, la cantidad de información que pueda procesar también irá en aumento.

Cantidad de información y conocimiento del resultado

En muchas ocasiones, los encargados de suministrar información se ven tentados a dar extensas devoluciones a sus alumnos. Estas largas charlas que se dan durante la práctica pueden ir en contrapartida de los niveles atencionales de los alumnos y de su memoria para retener tanta información.

Pocas correcciones sobre aspectos relevantes son las que van a influir de manera significativa sobre el aprendizaje. Hay que evitar informar sobre cada aspecto de la puesta en práctica de una determinada habilidad o situación física; por el contrario, hay que atender a lo realmente importante. Del mismo modo, brindar escasos *feedbacks* sobre el resultado irá en contra del aprendizaje.

Momento idóneo para dar el conocimiento del resultado

“Pôlhman (1979) ha mostrado que una información retroactiva dada en un tiempo inferior a los 5 minutos puede tener efectos negativos. Su instantaneidad no permite que el aprendiz haya podido evaluar siquiera mínimamente su propia acción (*feedback sensorial*)” (Pérez, 1994, p. 230). Sin embargo, no hay que dejar pasar mucho tiempo para brindar esa información, para, de esa manera, procurar que el alumno tenga su huella motriz fresca.

Frecuencia en el conocimiento del resultado

¿Es necesario dar conocimiento del resultado en cada momento de la práctica? Dependerá del conocimiento del sujeto y de las exigencias de la tarea motriz (Pérez, 1994). Brindar conocimiento de los resultados en la totalidad de las actividades prácticas puede sobrecargar los canales de información del alumno e impedir que utilice esta información para mejorar su habilidad motora (Pérez, 1994).



Función del conocimiento del resultado

El conocimiento del resultado le informa al aprendiz sobre las actividades que está haciendo y sobre cómo las está haciendo. Las descripciones, evaluaciones o prescripciones se comunican constantemente a los individuos en las sesiones de aprendizaje deportivo. El objetivo de esto es que el alumno pueda conocer el efecto de su accionar y, así, se encuentre capacitado para saber qué hacer en las siguientes sesiones. El conocimiento del resultado incentiva al alumno al proporcionarle ánimos suficientes para seguir practicando hasta lograr el objetivo. Esto refuerza la respuesta del sujeto (Pérez, 1994).

3.2.3 Tipos de feedback

Otro concepto del que nos habla Corraze (1988) está relacionado con el **movimiento balístico**. El movimiento balístico es aquel que, a causa de su velocidad, el *feedback*, a pesar de que exista, no puede corregir el movimiento hasta que termina. Esto no quiere decir que no haya *feedback*, ya que no puede haber movimiento alguno sin él. La cuestión es que el *feedback* corrige o no el movimiento antes de que termine. Se estima que, algunas veces, un movimiento centralmente programado debería ser independiente de las aferencias en el momento de su desarrollo, pero el programa central como tal comprende planes de urgencia para una variedad de aferencias diferentes. La cuestión es: ¿cuánto tiempo puede controlar un programa motriz a un movimiento sin tener en cuenta aferencias? Los movimientos balísticos, evidentemente, no son obligatoriamente muy rápidos.

Algunos movimientos desprovistos de todo control por retroacción no son los únicos programados y no son necesariamente rápidos (como la trayectoria de un proyectil que una vez que ha salido, no puede ser modificada por retroacción). Algunos autores objetan, incluso, que, por más rápido que sea el movimiento, puede corregirse.

- Corraze (1988), por su parte, nos presenta la noción de *feedbacks* suplementarios o artificiales:
 - **Suplementario:** la agregación de reaferencias suplementarias a la tarea puede tener un efecto negativo, es decir, sustractivo y no aditivo. Se asiste, entonces, a un deterioro de la *performance*. Tales efectos son explicados con certeza en determinados casos. Añadiendo informaciones nuevas, redundantes o no, se puede crear una sobrecarga de información que sobrepasa la capacidad de tratamiento del sistema nervioso. En otros casos, la presencia de las reaferencias visuales ejerce un efecto negativo sobre las otras en razón de lo que se denomina captación o predominio (Corraze, 1988).
 - **Artificial:** un ámbito donde el *feedback* artificial podría comprobarse es aquel en el que las reaferencias permanecen excluidas del campo de la visión. En numerosos aprendizajes motrices, en efecto, una gran parte del efectuante escapa al control de nuestras vistas. Las experiencias hechas en este ámbito

utilizan registros. Lógicamente, deberían presentar, en primer lugar, un modelo visual del movimiento que hay que aprender, ejecutado por un sujeto bien adiestrado, y, en el curso de aprendizaje, confrontar a los sujetos con la película de sus propios movimientos (Corraze, 1988).

La **técnica de bio-feedback** consiste en volver posible el control de una variable fisiológica proveyendo informaciones sobre sus efectos. Puesto que en condiciones ordinarias el sistema nervioso central no percibe estos efectos, hay que dárselo por medios artificiales. Por ejemplo, dar a los sujetos una información visual o auditiva cuando ejecutan un movimiento es proveerles un *feedback* artificial. Este último tipo de efecto ha sido utilizado por la reducción en los hándicaps neuromusculares (Corraze, 1988).

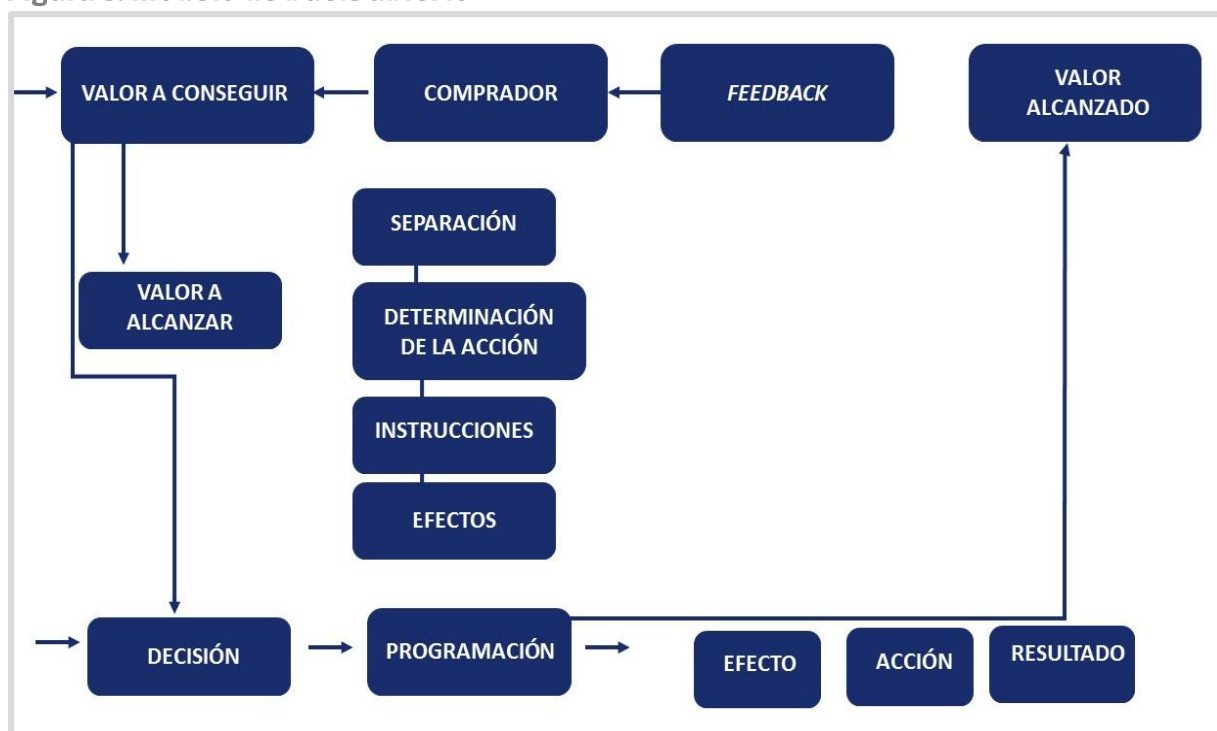
Gran parte de las funciones de nuestro cuerpo son inaccesibles a la conciencia: tensión arterial, nivel de glucemia, colesterol, infecciones o los mismos procesos cognitivos. El *bio-feedback* permite que mucha de la información que de ninguna otra manera podría acceder a la conciencia pueda, por fin, hacerlo: su objetivo es preventivo. Nos preguntamos: ¿por qué tan poco es accesible a la conciencia? ¿Es acaso una ventaja que así sea? ¿Qué es lo que mayores chances tiene de acceder sin la ayuda de dispositivos auxiliares?

- Clasificación según Rigal (1987): la mayoría del movimiento ejecutado en función de un objetivo preciso está sujeto a una u otra forma de control. De manera general, el efecto de un movimiento puede utilizarse para preparar o modificar el movimiento siguiente, o bien los movimientos requeridos pueden ser independientes unos de otro cuando cada uno ha sido programado de antemano y se desarrollan sin corrección (Rigal, 1987).
 - **Bucle cerrado:** El sistema de bucle cerrado se basa en la utilización del *feedback* o reafereencias provenientes de distintas vías, como, por ejemplo, sensaciones propioceptivas, auditivas o cinestésicas que aportan un *feedback* a partir del cual es posible corregir un movimiento mientras se desarrolla. Corresponde a la detección de una diferencia o de un error y al *feedback* que instruye el sistema de mando, sobre la similitud o la diferencia entre la intención y la acción. Así, durante la ejecución de un movimiento, las intenciones propioceptivas, visuales, auditivas o cinestésicas aportan un *feedback* o reafereencia sobre su desarrollo a partir del cual es posible corregir o modificar el movimiento (Rigal, 1987, p. 307). Por lo general, el *feedback* tiende a ser negativo, ya que este se caracteriza por intentar acercar el valor que se procura conseguir y el valor alcanzado, para, de esa manera, intentar brindarle estabilidad al sistema. El positivo, en cambio, aumenta la separación y desestabiliza el sistema (Rigal, 1987, p. 307). Tomando el ejemplo de Rigal (1987) para explicar este fenómeno, hacemos referencia al comportamiento de pánico de una muchedumbre, en la cual cuando las personas más enloquecen, más tienden a descontrolarse, lo que agrava la situación (Rigal, 1987). El modelo de bucle cerrado predomina en acciones lentas o progresivas, en las cuales existe el tiempo necesario para recibir reafereencias y realizar ajustes en el caso de ser necesario.



- **Bucle abierto:** el sistema de control de bucle abierto está basado en una programación anterior a la acción. Las instrucciones necesarias están programadas desde antes del desencadenamiento de la acción que es ejecutada independientemente de los efectos concomitantes. Ya no son las reaferencias o retroacciones, sino las eferencias o pre-acciones las que regulan el desarrollo del movimiento. Cuando decidimos hacer un movimiento, una copia eferente (o descarga corolaria) de la orden motriz, esta llega a una estructura nerviosa encefálica donde se encuentran almacenados modelos correctos de movimientos (Rigal, 1987).

Figura 3: Modelo de bucle abierto



Fuente: Rigal, 1987, p. 306.

3.2.4 Consecuencias didácticas

Las propuestas basadas en el procesamiento de la información pueden ser:

- **Orientar:** el deportista debe aprender hacia qué orientar su atención, para lo cual hay que dar informaciones previas.
- **Limitar:** el deportista solo puede asimilar información en un marco restringido, por lo que no hay que sobrecargar.
- **Distintuir:** para ello, el entrenador debe distinguir lo relevante de lo irrelevante y dar instrucciones concretas.
- **Restringir:** las informaciones e instrucciones del entrenador se deben restringir a pocos puntos, pero importantes.

Perspectivas y discusiones

Está la necesidad de seguir profundizando la didáctica general de corrección de fallos para extraer otras consecuencias metodológicas nuevas.

Enseñar a auto-detectar y auto-corregirse a través de lo siguiente:

- Control jerárquico.
- Cibernética.
- Sistemas dinámicos (Di Santo, 2015).

La retroinformación para mantener la motivación se basa en lo siguiente:

- Capacidades.
- Dolor.
- Actividades de la vida diaria.
- Técnica.

A su vez, esta retroinformación tiene que ver con los focos de emisión de la información retroalimentaria:

- Propia: desde ya que cuanto antes dispongamos de información propia, mayores posibilidades habrá de crear una consistente imagen de movimiento y mejorar la programación y el control motor. La posibilidad de información propia completa no es tan sencilla. Sectores de nuestro cuerpo permanecen inaccesibles a la visión y a otros analizadores.

Algunas aclaraciones sobre la información retroalimentaria propia

Pocas veces la información propia puede ser completa:

- **Visual:** constituye lo que de mi cuerpo veo y que inexorablemente es en tanto información propia, parcial (nunca completa) y, aun así, muy importante.
- **Auditiva:** constituye lo que de mi cuerpo escucho y, aunque muchas veces soslayadamente, muy importante para la prevención de lesiones en tomas de peso.
- **Táctil:** en tanto información integrada con la propioceptiva, da cuenta de la sensibilidad háptica, la cual es clave en los procesos de control motor.

Información propia: repetir sin repetir

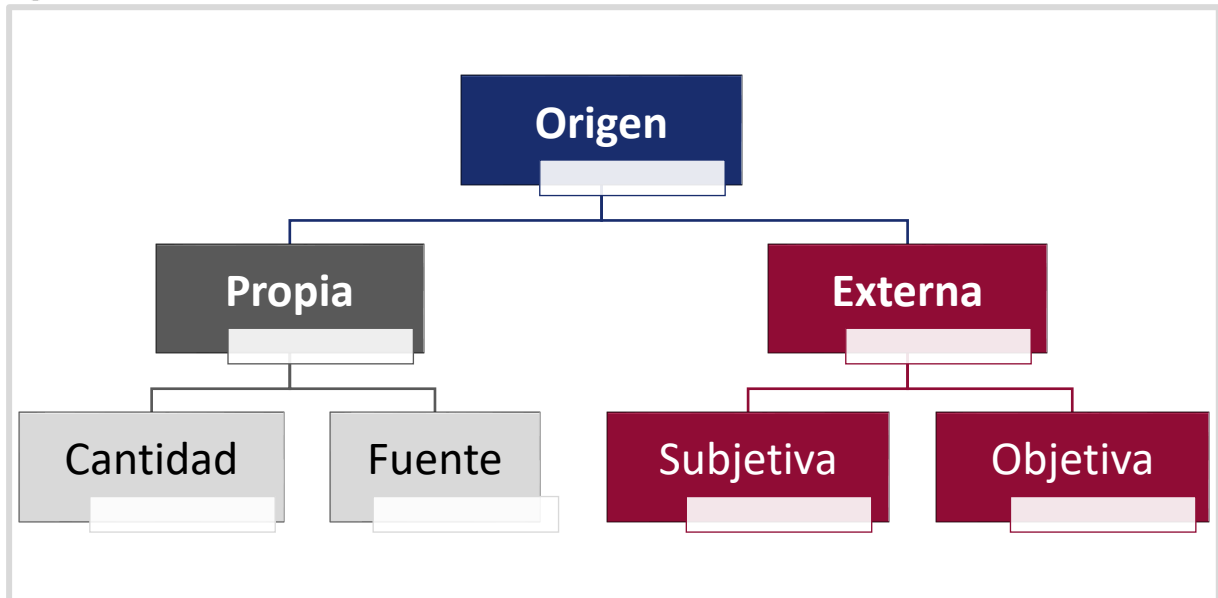
La concentración en determinadas informaciones es crucial para su concientización y elaboración, dependiendo de la capacidad del deportista para atender y de su nivel de dominio:

- La asimilación consciente de la información propia tiene una importancia decisiva en el entrenamiento de la técnica (mucho más aún que la externa).



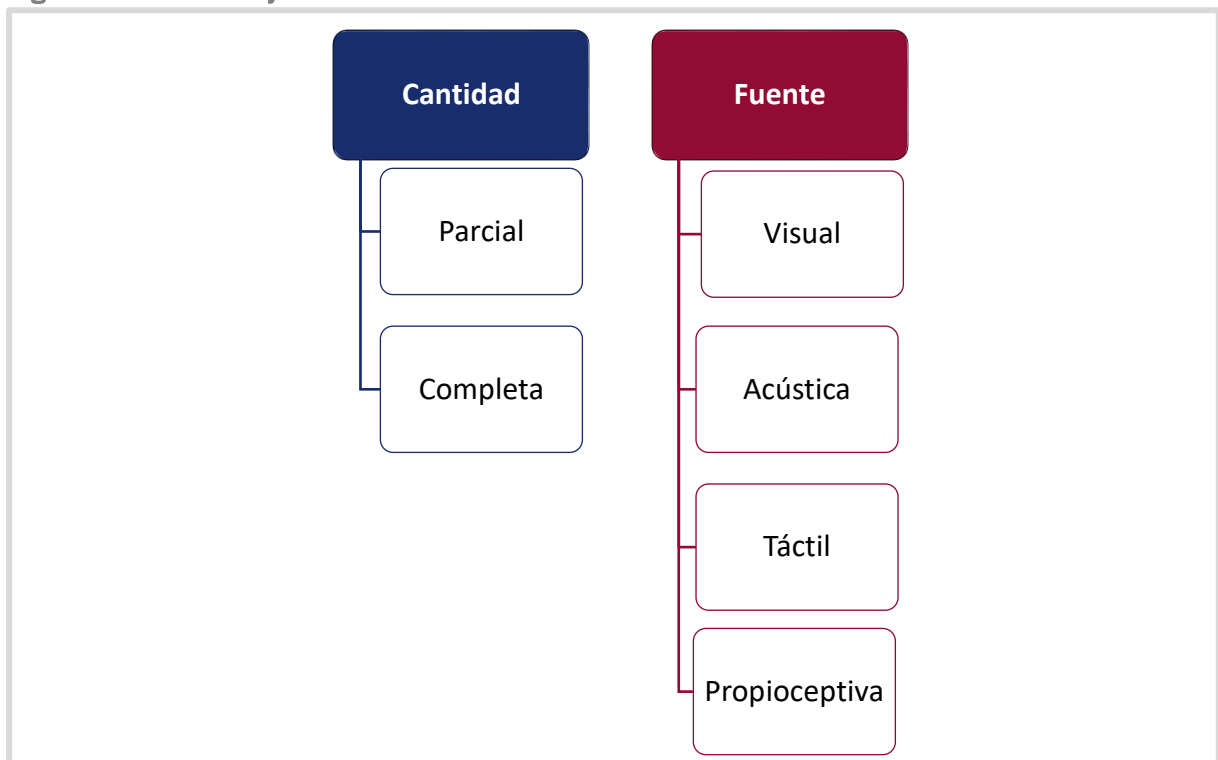
- La retroinformación subjetiva externa no es suficiente y conviene disponer cuanto antes de información objetiva sobre la propia ejecución (videos).
- El deportista tiene que aprender hacia dónde orientar su atención, no concentrarse en datos irrelevantes y descartar la información poco pertinente.

Figura 5: Consecuencia didáctica



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6: Cantidad y fuente



Fuente: Elaboración propia.



- Externa: es la información no generada por el propio sujeto, sino provista por fuentes que lo trascienden. Todas son importantes (Di Santo, 2015).

Sobre la información externa:

- La información propia del deportista es, a menudo, imprecisa, incompleta y defectuosa.
- El entrenador experimentado suele registrar más datos que el propio deportista.
- Por eso, la asimilación de la información propia, junto con la externa y complementaria, acelera el aprendizaje.
- Esa información externa puede ser tanto subjetiva como objetiva, pero es en combinación con la propia que adquiere su real valía.

Sobre la información externa subjetiva:

- La subjetiva ofrece el componente emocional que la objetiva no posee.
- Un rostro, una expresión puede más que las palabras o los videos.
- Es clave desde el punto de vista motivacional.
- Se la debe tener en cuenta sin descartar la objetiva (combinarlas).
- Por más rica que sea la información objetiva, sin la subjetiva es difícil. es como aprender de manuales.

Acerca de los comentarios verbales:

- Son los proferidos por el entrenador y los hay de diferente orientación. Los buenos profesores suelen combinar equilibradamente los diferentes tipos de comentarios verbales:
 - Perceptual.
 - Biomecánica.
 - Motivacional.
 - Energética.

Contemplar también:

- Calidad verbal.
- Ritmo verbal.
- Inflexiones.
- Resonancia.
- Yono de voz (Pérez, 1994).

Acerca de los comentarios no verbales:

- Una mirada suele tener más poder que una palabra. Es conveniente combinar tanto los comentarios verbales como los no verbales con información objetiva externa y, a su vez, acompañar los verbales con gestos corporales y faciales.



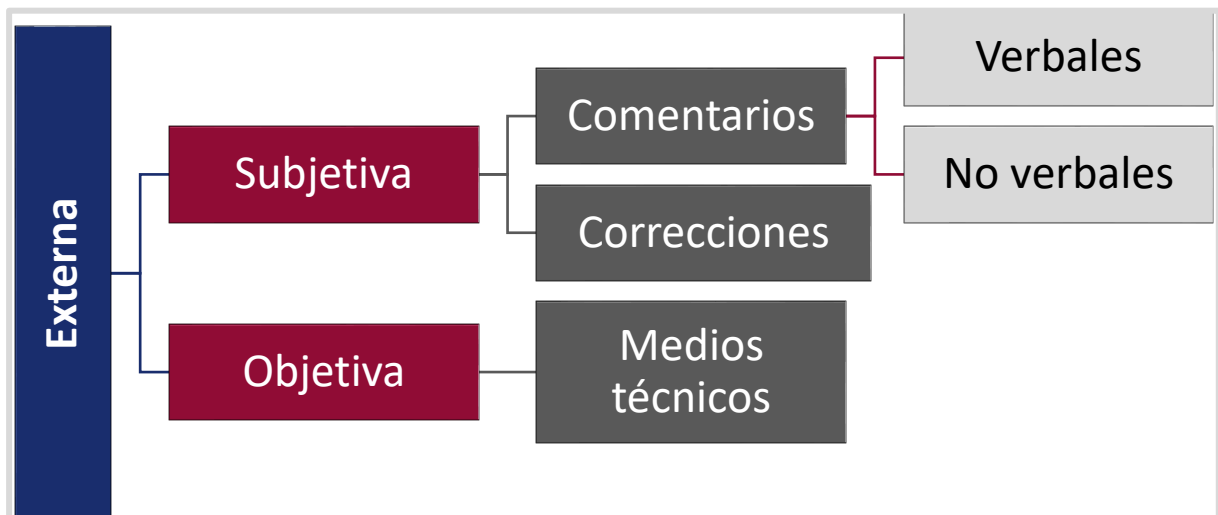
Condiciones del profesor:

- Concentración para observar.
- Determinar sujetos que serán observados.
- Rapidez en las observaciones.
- Organización de la sesión.
- Ubicación en la sesión.
- Conocimiento de la técnica (Pérez, 1994).

Sobre la información externa objetiva:

- Foto y fotogramas.
- Videos y programas especiales.
- Mejor en el contexto de entrenamiento.
- Ejecutar, observarse, interactuar y corregir (Pérez, 1994).

Figura 7: Información externa



Fuente: Elaboración propia.



Referencias

- Baddeley, A. (1983). *Working memory*. Oxford .
- Bañuelos, F. S. (1990). *Didactica de la Educacion Fisica y el Deporte*. Madrid: Gymnos.
- Bermeosolo, J. (2012). Working memory and procedural memory in Specific Learning and Language Difficulties: some finding. *Revista Chilena de Fonoudiologia*, 18.
- Boulch, J. L. (1989). *El deporte educativo; psicokinetica y aprendizaje motor*. Buenos Aires: Paidos.
- Boulche, J. L. (2002). *Hacia una ciencia de movimiento humano*. Barcelona: Paidotribo.
- Corraze, J. (1988). *Bases neuro-psicologicas del movimiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Corraze, J. (1988). *Las bases neuropsicologicas del movimiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Cratty, B. (1974). *Motricidad y psiquismo*. Madrid: Miñon.
- Damasio, A. (2006). *El error de descartes*. Buenos Aires: Critica.
- Damasio, A. (2007). *En busca de Spinoza*. Barcelona: Critica.
- Davids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition*. Canada: Human Kinetics.
- Desarrollo y aprendizaje motor. (2009). Cordoba, Cordoba, Argentina: IPEF .
- Di Santo, A. (2016). Sistema Sensorial [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Di Santo, M. (2011). *Amplitud de movimiento*. Cordoba: Paidotribo.
- Di Santo, M. (2015). "Influencia de Antonio Damasio" [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Di Santo, M. (2015). Eferencia central [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Di Santo, M. (2015). Imagen del movimiento [Grabado por N. Acosta]. Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Di Santo, M. (2015). Pensando en movimiento [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Di Santo, M. (2015). Programacion neuromotora [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Di Santo, M. (2015). Programacion neuomotriz [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Di Santo, M. (14 de octubre de 2015). Toma de desicion y logica motriz. Cordoba, Cordoba, Argentina.



- Digby , E., & Khan, M. (2010). *Vision and goal-directed movement*. Canada: Human Kinetics.
- Domjan, M. (2009). *Principios de aprendizaje y conducta*. Madrid: Rogar.
- Eccles, J. (1994). *How the Self Controls Its Brain*. Australia: Springer-Verlag.
- Educar, A. (2015). <http://www.asociacioneducar.com/>. Obtenido de <http://www.asociacioneducar.com/>.
- Educar, A. (s.f.). <http://asociacioneducar.com/>.
- Ernst, M. (2002). Neural Systems and Cue-Induced Cocaine Craving. <http://www.nature.com/npp/journal/v26/n3/full/1395814a.html>, 7.
- Etchepareboda, M., & Abad-Mas, L. (2010). <http://www.lafun.com.ar/>.
- Fairbrother, J. (2010). *Fundamentals of motor behavior*. Canada: Human Kinetics.
- Fajardo, J. T. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo.
- Gardiner, P. (2011). *Advanced neuromuscular exercise physiology*. Canada: Human kinetics.
- Grosser, M. (1988). *Principios del entrenamiento deportivo*. España: Martinez Roca.
- Guyton, C. a. (2006). *Tratado de Fisiología Médica. 11ª Edición*. Barcelona: Elsevier.
- Guyton, C., & Hall, J. (2006). *Tratado de fisiología médica*. Barcelona: Elsevier.
- Jacques, C. (1987). *Las bases neuropsicologicas del movimiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Jeanne, L., & Seidler, R. (2011). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>.
- Kandel, E. (1997). *Neurociencia y Conducta*. Madrid: Prentice Hall.
- Kurt , M., & Günter, S. (1987). *Teoria del movimiento; motricidad deportiva*. Buenos Aires: 1987.
- Lacey, S., & Lawson, R. (2013). *Multisensory imagery*. New York: Springer.
- Latash, M. (2008). *Neurophysiological basis of movement (2 ed.)*. Estados Unidos: Human Kinetics.
- Latash, M. (2012). *Fundamentals of motor control*. Estados unidos: AP.
- Loyber, I. (1988). *Funciones motoras del sistema nervioso*. Cordoba: El galeno.
- Loyber, I. (2012). *Funciones motoras del sistema nervioso*. Cordoba: El Galeno.
- Loyber, I. (2012). *Introduccion a la fisiologia del sistema nervioso*. Cordoba: El Ganelo.
- Luria, A. (1973). *The working brain, and intoduction to neuropsychology*. Londres: Penguin Books.
- Mark, L. (2008). *Synergy*. Inglaterra : Oxford University.



- Neumaier, A. (2002). *Entrenamiento de la técnica*. Barcelona: Paidotribo.
- P, C. D. (2007). *Neurociencia aplicada: sus fundamentos*. Buenos Aires: Panamericana.
- Pérez, L. M. (1994). *Deporte y aprendizaje*. Madrid: Visor.
- Purves, D. (2007). *Neurociencias*. Buenos Aires: Panamericana.
- Rachel, S., Jin, B., & Anguera, J. (2013). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3534841/>.
- Richard, S., & Timothy, L. (2014). *Motor learning and performance*. Canada: Humanic Kinetics.
- Richardson, J. (1996). *Working memori and human cognition*. Oxford: Oxford University.
- Rigal, R. (1979). *Motricidad Humana*. Madrid: Pila Teleña.
- Rigal, R. (1987). *Motricidad Humana*. Madrid: Pila Teleña.
- Ripoll, R. D. (2014). *Nuerociencia cognitiva*. Madrid: Panamericana.
- Roger M, E. (2008). *Neuromechanics of human movement*. Canada: Human Kinetics.
- Ruiz Perez, L. (1994). *Deporte y Aprendizaje*. Visor: Madrid.
- Snell, R. (1999). *Neuroanatomía clínica, cuarta edición*. Buenos Aires: Panamericana.
- Stefano, T. (2009). *Neurociencias y deportes*. Barcelona: Paidotribo.
- Tamorri, S. (2004). *Neurociencia y deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Tamorri, S. (2004). *Neurociencia y deporte. Psicología deportiva procesos mentales del atleta*. Barcelona: Paidotribo.
- Weineck, J. (2006). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.
- Zhou. (2000). El entrenamiento cruzado: una posibilidad del mantenimiento de la forma ante lesiones unilaterales. *Medicina Esport*, 15.

