

*Lección Inaugural Curso 2021-2022:*

***La dosis de ejercicio en el deporte. Ciencia y evidencia.***

Francisco Javier Moreno Hernández.

Quisiera comenzar agradeciendo a la Universidad Miguel Hernández y en su nombre al Sr. Rector y a su equipo de gobierno, el otorgarme su confianza para impartir la lección inaugural del curso 2021-2022. Esta oportunidad es, por una parte, una responsabilidad, pero sobre todo es para mí un verdadero honor poder dirigirme a ustedes en este acto académico.

NO PAIN, NO GAIN. Este lema lo podemos encontrar en los últimos años, de forma recurrente, en los portales de los gimnasios, en los anuncios de mágicos planes de entrenamiento e incluso en múltiples rincones de internet. El lema tendría varios equivalentes en el refranero español como, por ejemplo, “La letra, con sangre entra”. Admito la buena intención de estos lemas, el propio Instituto Cervantes<sup>1</sup> propone que se interprete como que “es necesario el trabajo y el estudio para aprender algo o para avanzar en algo”. No obstante, el citado Instituto reconoce que, a veces, se asocia únicamente al castigo corporal como estímulo para mejorar.

Llevado este lema al entrenamiento en el deporte, podríamos entender que, para mejorar nuestra condición física, es necesario sufrir, y el problema es que en ocasiones confundimos esfuerzo con sufrimiento. Y el sufrimiento, también en el deporte, puede ocasionar efectos verdaderamente negativos.

Desde las Ciencias del Deporte, hemos reivindicado numerosas veces que la falta de ejercicio físico es otra gran pandemia con efectos perniciosos sobre la calidad de vida de las personas. Pero, igualmente, una carga excesiva de ejercicio puede provocar efectos no deseados, no solo desde el punto de vista biológico sino en otras dimensiones del ser humano,

---

<sup>1</sup> <https://cvc.cervantes.es/lengua/refranero/ficha.aspx?Par=58868&Lng=0>

como la social o la psicológica. Algunos recordaremos el sonado caso de Miguel Indurain en el Giro de Italia de 1994, o más recientemente Alberto Contador en el Tour de Francia de 2011, donde un esfuerzo excesivo les causó la famosa “pájara” que supuso un descenso brusco de rendimiento, que en los casos comentados les privó de sus opciones para ganar la competición. En los pasados juegos olímpicos vimos cómo la mejor gimnasta de mundo, Simone Biles, tuvo que abandonar por bloqueo mental que le causó un problema de control corporal, probablemente relacionado con un exceso de carga emocional.

Entonces, si no moverse es perjudicial y el sacrificio extremo puede también ser contraproducente, ¿cuál es la dosis más adecuada de ejercicio en el deporte? ¿cómo podemos calcularla? Esta pregunta se ha convertido en el “Santo Grial” de las Ciencias del Deporte. Y hoy quiero reivindicar que la mejor forma de afrontarla es desde la evidencia científica.

Para entender cómo responde una persona ante un esfuerzo y cómo deberíamos modularlo para conseguir los mejores resultados, habría que comenzar entendiendo que el ser humano, como sistema neurobiológico, es un sistema complejo abierto, en continuo intercambio de energía con su entorno y sobre todo con capacidad de adaptación.

La adaptación es un concepto fundamental a partir del cual se han explicado multitud de cuestiones relacionadas con el comportamiento humano, desde el nivel molecular hasta su dimensión social. Así, la adaptación ha servido de marco de referencia para explicar la evolución de la especie, la resistencia a las enfermedades, las transformaciones de la sociedad o la respuesta del ser humano al entrenamiento deportivo.

La revista Lancet, en una editorial publicada en 2009<sup>2</sup>, puso en primera línea de discusión el libro de Georges Canguilhem, *The Normal and the Pathological*, destacando la capacidad de adaptación como un signo de salud. Así, el estado del ser humano no sería un estado fijo, sino cambiante, y la capacidad de adaptación a las condiciones del entorno es lo que determinaría su estado de salud o bienestar.

Entre los mecanismos más referidos que explican la adaptación en los sistemas neurobiológicos podemos encontrar la homeostasis<sup>3</sup> o el síndrome general de adaptación<sup>4</sup>, de

---

<sup>2</sup> The Lancet. What is health? The ability to adapt, Vol. 373, 9666, 2009, Page 781.

<sup>3</sup> Cannon WB. *The Wisdom of the Body*. New York: W. W. Norton & Company; 1932. pp. 177–201.

<sup>4</sup> Selye, H. *The stress of life*. McGraw-Hill. 1956.

gran importancia para el desarrollo científico del entrenamiento deportivo. Explicándolo de forma sencilla, este síndrome general predice que cuando un sistema biológico es sometido a un estímulo estresante, muestra un estado de alarma durante el cual disminuye temporalmente su capacidad funcional y pone a la vez en marcha mecanismos de resistencia al estímulo que le permitirán, en el futuro, responder más eficazmente ante otro estímulo de similares características. Lo relevante a partir de aquí, es que los estímulos sean los más adecuados para provocar las adaptaciones en la dirección deseada. A partir del concepto de alostasis, se ha propuesto que la relación entre el estímulo y la adaptación mostraría una forma en U-invertida. Así, estímulos muy por debajo del nivel adecuado o niveles excesivos de éstos, provocarían estados deficientes en el sistema, situación denominada cacostasis, y conllevaría efectos perniciosos para el organismo. Mientras que cuando el estímulo está ajustado a un rango óptimo, el sistema ganaría de su experiencia y le llevaría a un mejor estado, denominando esta situación como hiperestasis<sup>5</sup>.

Trasladando estos principios al entrenamiento en el deporte, los ejercicios propuestos por el entrenador o el profesor equivaldrían al estímulo con el que esperamos provocar cambios o adaptaciones en el comportamiento motor de la persona. Si las tareas que se proponen no suponen un estímulo significativo, no se provocará la adaptación deseada o incluso se podrían observar procesos de atrofia. Si la tarea supone un estímulo excesivo, pueden provocarse adaptaciones no deseadas, que por supuesto, pasan por las lesiones o el abandono. Por eso las tareas deben estar correctamente diseñadas y ajustadas en su dosis adecuada. La cuantificación de la dosis de entrenamiento deportivo se ha llevado a cabo hasta ahora mediante las variables denominadas FITT, que se corresponden con la frecuencia, la intensidad, el tiempo y el tipo de ejercicio. Cada una de estas variables es de suma importancia, pero detenernos en ellas nos llevaría a mucho más de lo que se espera de esta lección. Así que trataré de ilustrar con algunos ejemplos breves cómo afrontamos esta búsqueda del Santo Grial desde las Ciencias del Deporte y, en particular, desde el Centro de Investigación del Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH).

Partimos de la premisa fundamental de que la dosis adecuada de entrenamiento debe tener en cuenta todas las dimensiones del ser humano (fisiológica, mecánica, cognitiva y social) y, por tanto, su abordaje debe contemplar un enfoque multidisciplinar y comprensivo.

---

<sup>5</sup> Chrousos GP. Nat Rev Endocrinol. 2009 Jul;5(7):374-81.

Desde una perspectiva fisiológica, para atender a la respuesta individual y evitar estados no recomendables de fatiga, en la UMH estamos desarrollando protocolos que utilizan la variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV, del inglés *Heart Rate Variability*), para guiar el entrenamiento día a día. La HRV es una medida accesible para el deportista que es sensible al equilibrio de la rama simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo<sup>6</sup>. La principal premisa de estos modelos *día a día*, es modular el entrenamiento, recomendando actividad física vigorosa cuando la persona está preparada para ello y, por el contrario, realizando actividad física de carácter ligero o descanso cuando existe una alteración significativa de los valores de HRV. Los modelos “día a día” obtienen mayores incrementos en la condición física que los tradicionales<sup>7</sup>, o mejoras similares, pero con una menor dosis de actividad física<sup>8</sup>, lo que supone una optimización de la actividad física realizada.

En el ajuste del tipo de ejercicio, también debe tenerse en cuenta, como he comentado, los aspectos mecánicos. Por ejemplo, los ejercicios de entrenamiento de la estabilidad de la espalda han mostrado ser eficaces para mejorar la calidad de vida, la prevención de lesiones musculoesqueléticas y también para mejorar el rendimiento deportivo. Sin embargo, la ausencia de métodos accesibles y fiables de cuantificación de la intensidad de estos ejercicios dificulta el diseño de programas de intervención y la valoración de los efectos que éstos producen. Desde la UMH, estamos aplicando procedimientos basados en el uso de los acelerómetros integrados en los teléfonos móviles, para cuantificar la intensidad de los ejercicios de estabilidad de la espalda de una forma accesible para los entrenadores<sup>9</sup>. Estos procedimientos permiten reconocer el estado individual en cada persona y establecer dosis de ejercicio individualizados.

Desde un punto de vista cognitivo, se ha demostrado que la actividad física provoca mejoras en el bienestar psicológico y en la función cognitiva. Sin embargo, nos encontramos una vez más, con que no se conoce con detalle qué intensidades de ejercicio son las más adaptativas para conseguir estas mejoras. Para explorar esta cuestión, desde la UMH estamos realizando estudios con poblaciones de diferentes edades, en particular en adolescentes y mayores, en las

---

<sup>6</sup> Singh V, Gupta A, Sohal JS, Singh A. *Med Biol Eng Comput.* 2019 Mar;57(3):741-755.

<sup>7</sup> Javaloyes A, Sarabia JM, Lamberts RP, Moya-Ramon M. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018. 29:1-28.

<sup>8</sup> Javaloyes A, Sarabia JM, Lamberts RP, Plews D, Moya-Ramon M. *J Strength Cond Res.* 2020. 34(6):1511-1518.

<sup>9</sup> Barbado D, Irlles-Vidal B, Prat-Luri A, García-Vaquero MP, Vera-García FJ. *PLoS One.* 2018 Dec 5;13(12):e0208262.

que se analiza el efecto de distintas intensidades de ejercicio en la mejora de las funciones cognitivas<sup>10</sup>. Se ha observado que la actividad física moderada es la que reporta un mejor efecto agudo, esto es, que se observa de forma más clara en el periodo inmediatamente posterior a la sesión. En ese sentido, quizás debíamos replantear las bondades de programar las sesiones de Educación Física en los centros educativos en momentos previos a asignaturas donde queramos aprovechar sus potenciales efectos positivos en funciones cognitivas como el control inhibitorio y la atención.

En relación con el ámbito educativo y la enseñanza, quisiera señalar, por último, una de las áreas del deporte que quizás ha recibido menos estudios que cuantifiquen la dosis de entrenamiento, como es el aprendizaje de las habilidades motrices. Tanto con los que se inician en el deporte como con deportistas de competición que buscan el perfeccionamiento de la técnica, debemos diseñar los ejercicios más adecuados para mejorar su destreza. Los principios de adaptación que he comentado, son igualmente aplicables en esta situación. La propuesta de una tarea que suponga muy poca dificultad, sería muy accesible para el aprendiz, pero así mismo supondría una pobre estimulación y provocaría una escasa mejora. Al contrario, el diseño de tareas muy difíciles supondría una carga excesiva, con ejercicios inaccesibles que enlentecería su progreso y rendimiento. Actualmente, la estimación de la dificultad del ejercicio (que denominamos la carga de práctica), se sigue rigiendo fundamentalmente por la experiencia del profesor o entrenador, en base a principios generales del desarrollo motor, sin criterios cuantificables que permitan su individualización.

En la UMH estamos investigando cómo la variabilidad del movimiento, podría estar relacionada con la capacidad que muestra una persona para adaptarse a las tareas propuestas. Permítanme que me detenga a explicarles a lo que me refiero con la variabilidad del movimiento. Cada vez que realizamos una serie de acciones (zancadas, lanzamientos, etc.), todas las repeticiones son distintas unas de otras. Aunque lo intenten, les resultará imposible hacer dos movimientos idénticos. Ni siquiera el campeón del mundo de tiro con arco es capaz de hacer una serie de lanzamientos exactamente al mismo lugar. Incluso cuando tratamos de mantener la postura, jamás nos mantenemos inmóviles, estamos continuamente haciendo ajustes, cambios, esto es, variando.

---

<sup>10</sup> Pastor, D., Cervelló, E., Peruyero, F. Biddle, S, Montero, C. *Curr Psychol.* 2019.

Pues bien, el uso de herramientas matemáticas de análisis no lineal de esa variabilidad nos ha permitido reconocer comportamientos exploratorios en los aprendices, que revelarían una mayor o menor capacidad para adaptarse a una tarea y, en definitiva, para aprender. En un reciente experimento analizamos el aprendizaje de una tarea de equilibrio y observamos que los aprendices que mostraban movimientos con una variabilidad más compleja, tendían a aprender más que los que mostraban movimientos, digamos, más predecibles matemáticamente<sup>11</sup>. Y, de hecho, para que estos últimos aprendieran más, se requerían tareas más retadoras, que les obligaran a realizar más ajustes en su movimiento, con lo que la intensidad, o la dificultad de los ejercicios la podríamos cuantificar y ajustar en función de las características intrínsecas de la variabilidad de cada aprendiz. Es un ejemplo más de cómo continuamos estudiando cómo modular la dificultad para ajustar la dosis de ejercicio, en este caso de aprendizaje, para optimizar las adaptaciones.

Quiero finalizar recordando que en todos los ejemplos que les he puesto, se siguen los mismos principios basados en los procesos de adaptación, en todas sus dimensiones, fisiológicas, mecánicas, cognitivas o de aprendizaje. El objetivo es diseñar ejercicios, estímulos, que provoquen la mejor adaptación. Además, como comenté al principio, estos procesos de adaptación son comunes y aplicables a otros ámbitos de la enseñanza o del comportamiento social.

De cualquier modo, cuando se dispongan a realizar ejercicio físico, pónganse en manos de un profesional en Ciencias del Deporte, y espero que cuando pasen por el gimnasio y vean un cartel que rece “no pain, no gain”, al menos se acuerden de que esto es un poco más complejo que ir y sufrir; y que la letra, como mejor entra, es con evidencias y con ciencia.

Muchas gracias

---

<sup>11</sup> Barbado D, Caballero C, Moreside J, Vera-García FJ, Moreno FJ. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2017 Mar;43(3):596-607.