



Revista de investigación e innovación en ciencias de la salud

ISSN: 2665-2056

Fundación Universitaria María Cano

Salvador Bertone, Matías; Loskin, Ulises Ezequiel; Sandoval Obando, Eduardo; Acosta, Martín  
Mecanismos Neurocognitivos de la motivación en el entrenamiento físico

Revista de investigación e innovación en ciencias de la salud, vol. 2, núm. 1, 2020, Enero-Junio, pp. 82-97  
Fundación Universitaria María Cano

DOI: <https://doi.org/10.46634/riics.44>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=673271064006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Mecanismos Neurocognitivos de la motivación en el entrenamiento físico

## Neurocognitive mechanisms of motivation in physical training

Matías Salvador Bertone<sup>1</sup> , Ulises Ezequiel Loskin<sup>2</sup> , Eduardo Sandoval Obando<sup>3</sup> ,  
 Martín Acosta<sup>4</sup> .

<sup>1</sup>Universidad de Belgrano; Buenos Aires; Argentina. Buró Internacional de Neurociencia Cognitiva BINCA, Argentina.

<sup>2</sup>Asociación de Psiquiatras; Chubut; Argentina.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chile; Santiago de Chile; Chile.

<sup>4</sup>Ministerio de Educación de la Provincia de Buenos Aires; Buenos Aires; Argentina.

### Correspondencia



matias.bertone@comunidad.ub.edu.ar

### Cómo citar

Bertone MS, Loskin UE, Sandoval Obando E, Acosta M. Mecanismos Neurocognitivos de la motivación en el entrenamiento físico. Rev. Investig. Innov. Cienc. Salud. 2020;2(1): 82-97. <https://doi.org/10.46634/riics.44>

**Recibido:** 10/04/2020

**Revisado:** 30/04/2020

**Aceptado:** 15/05/2020

### Editor

Jorge Mauricio Cuartas Arias, Ph.D. 

### Coeditor

Fraidy-Alonso Alzate-Pamplona, MSc. 

### Corrección de estilo

Nicolasa Marín González

**Copyright** © 2020. Fundación Universitaria María Cano. La *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud* proporciona acceso abierto a todo su contenido bajo los términos de la [licencia creative commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) Atribución-NoComercial-Sin-Derivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

### Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no hay conflicto de intereses.

### Disponibilidad de datos

Todos los datos relevantes se encuentran en el artículo. Para información más detallada, escribir al autor de correspondencia.

### Fondos

No. Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

### Agradecimientos

A la Secretaría de Neurociencias Cognitivas CICAL Argentina - UNITAR/ONU por su colaboración y apoyo.

## Resumen

La inactividad física y el sedentarismo son en la actualidad un problema de salud global que preocupa por su crecimiento sistemático. Provoca consecuencias sanitarias en los adultos y, con un incremento alarmante, en la población más joven. Por el contrario, la realización periódica de actividad física ha demostrado beneficios a la salud física, neurológica y mental. A pesar de los incontrovertibles datos sobre sus efectos positivos, menos de la mitad de la población mundial se ejercita regularmente. El objetivo de este trabajo es realizar una breve descripción sobre los mecanismos neurocognitivos que se encuentran implicados en los procesos de motivación, en especial los que se vinculan a la actividad física, con la finalidad de presentar una serie de recomendaciones pragmáticas para aumentar la adherencia a programas de entrenamiento físico, basados en técnicas de la psicología cognitiva y analizados desde la perspectiva neurocognitiva.

## Palabras clave

Actividad física; motivación; reestructuración cognitiva; neurociencia cognitiva

## Abstract

Physical inactivity and sedentary lifestyle are currently a global health problem that concerns because of its systematic growth, the health consequences it causes for adults and, in alarming escalation, also for the younger population. On the contrary, regular physical activity has shown benefits to physical, neurological and mental health. Despite the incontrovertible information about its positive effects, less than half of the world's population exercises regularly. This work's objective is to make a brief description of the neurocognitive mechanisms that are involved in the motivational processes, especially those linked to physical activity, in order to present pragmatic recommendations that increase adherence to physical training programs, based on techniques of cognitive psychology and analyzed from a neurocognitive perspective.

## Key words

Physical activity; motivation; cognitive restructuring; cognitive neuroscience

## Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la inactividad física es el cuarto factor de riesgo en lo que respecta a la mortalidad mundial (6% de las muertes registradas en todo el mundo). Además, se estima que es la causa principal de aproximadamente un 21-25% de los cánceres de mama y de colon, el 27% de los casos de diabetes y aproximadamente el 30% de la carga de cardiopatía isquémica [1].

Cuando hablamos de actividad física, la motivación parece ser un tema crucial para poder comprender el desempeño y constancia de los atletas y deportistas amateurs. Entender la motivación como una función neurocognitiva, describir ese circuito y conocer su naturaleza, nos permitirá controlar con mayor efectividad ese factor a la hora de estimular el entrenamiento físico del deportista.

Respecto a los circuitos neurocognitivos de la motivación, podemos remitirnos a las experiencias del tristemente célebre António Caetano de Abreu Freire, conocido como “Egas Moniz”, quien en 1936 comenzó a realizar las famosas lobotomías frontales que le valieron el Premio Nobel de Medicina en el año 1949. Previo a sus trabajos, en 1928, el Dr. John Fulton ya había realizado intervenciones de esa naturaleza en primates con resultados similares. Lo que buscaban con este tipo de psicocirugías era provocar una lesión en el tejido conectivo de áreas prefrontales, sobre todo mediales, que daba como resultado una disminución del output motor, por lo cual, pacientes con síntomas psicóticos se presentaban más calmos y, en algunos casos, parecían aumentar su cociente intelectual [2].

Estos presuntos beneficios de las lobotomías fueron finalmente desacreditados y, con la aparición de los fármacos antipsicóticos, gradualmente dejaron de utilizarse como método de tratamiento en salud mental.

Lo que pudimos aprender de dicho método es que la región fronto medial tiene un rol central en la activación de la conducta motivada y que los circuitos neurocognitivos que integran las regiones anteriores del cíngulo anterior, corteza paralímbica y áreas premotoras se asocian directamente con la actividad volitiva [3,4].

Si bien al hablar de motivación debemos entender que existen diferencias individuales y subjetivas, es preciso analizar cuáles son los mecanismos comunes y compartidos, para poder crear estrategias de estimulación para el deportista.

La motivación está sujeta a procesos tanto cognitivos como afectivos. Es posible que las personas entrenen impulsadas por alguna recomendación médica o cuestiones vinculadas a la estética como factor cognitivo o intelectual de influencia. También es posible que aspectos afectivos inhiban o alienten el hábito de entrenar [5].

Estos procesos afectivos, indudablemente, también presentan características tanto individuales como genéricas y compartidas. El circuito meso-cortico-límbico o los sistemas de recompensa pueden incitar mayor entusiasmo hacia el entrenamiento cuando, mediante la estimulación dopaminérgica, activan la sensación del placer en el núcleo accumbens, que, subsiguientemente, mediante proyecciones prefrontales, aumenta la probabilidad de repetición de la conducta, tal como ocurre con las adicciones [6].

La pregunta que nos podemos plantear entonces es: ¿por qué algunas personas parecen disfrutar del ejercicio físico y otras sufrir? Como se mencionó anteriormente, existen diferencias individuales pero, también mecanismos comunes para todos como lo son las diversas formas de activación de sistemas de analgesia que, junto al sistema dopaminérgico de recompensa, podrían alentar la realización de actividad física. Estos sistemas de analgesia se activan

en forma diferenciada de acuerdo al tipo de entrenamiento que realice el sujeto y pueden funcionar como un mecanismo estimulante para la actividad física [7].

Retomando las cuestiones relacionadas al aspecto cognitivo, en este documento se explicarán diferentes mecanismos que favorecen la motivación y por ende la realización de actividad física y otras pseudo-racionalizaciones que, por el contrario, interfieren en forma negativa.

## Circuitos neurocognitivos de la motivación

La cara medial de los lóbulos frontales cumple un rol significativo en los procesos motivacionales. Son conocidas las disfunciones que surgen de las lesiones de la región dorsal de la corteza cingulada anterior y del estriado ventral, que dan como resultado síndromes apáticos y amotivacionales [3].

Sin embargo, como es de esperarse al tratar de comprender una función compleja como la motivación, encontramos que en el proceso participan diversas regiones con funciones asociadas y algunas subfunciones que pueden incluir: la activación vinculada a la recompensa, la toma de decisiones a partir de esa activación inicial y la dirección de la conducta para concretar dicha meta [8]. En virtud de estos tres procesos secuenciados sabemos que la motivación primaria está definida por un proceso afectivo, asociado con la obtención de placer y provocado por la estimulación dopaminérgica del área tegmental ventral al núcleo accumbens. En un momento posterior intervienen las cortezas orbitarias en el proceso de valoración y toma de decisiones para que, finalmente, el output motor sea definido por un proceso principalmente intelectual, mediado por las regiones dorsolaterales y la corteza cingulada anterior, que se encargará del monitoreo de la tarea, la planificación y la respuesta a la retroalimentación ambiental [8,9].

La activación primaria de la motivación, mediada por el sistema de recompensa, puede ocurrir previo al inicio de la actividad. Esta tiene que ver con las expectativas y la construcción de significados propios y personales, lo que confiere cierta complejidad a la tarea de desarrollar estrategias grupales de motivación, pero se debe dejar en claro que estos procesos son dinámicos y que, si bien se definen por procesos biológicos y neurocognitivos, son modificables a través del entrenamiento cognitivo, la reestructuración cognitiva y la cognición motivada. La última se define como la motivación nacida de los objetivos, necesidades y metas que la persona construya (o se le haya ayudado a construir) [5].

Comprender esto es de vital importancia para jerarquizar la función del entrenador deportivo y entender que su formación y actividad es incompleta si no existe instrucción en técnicas eficientes para animar a sus alumnos.

## Toma de decisiones, motivación y entrenamiento físico

Tomar la decisión de comenzar, continuar o elegir un tipo de entrenamiento no representa la meta, sino la línea de partida. En deportistas no profesionales, ejercitarse con regularidad es un desafío difícil de cumplir.

El proceso de toma de decisiones involucra aspectos emocionales y cognitivos. Sabemos que el procesamiento emocional aventaja al cognitivo. Este último deberá valorar, en forma integral, beneficios, premios, castigos y riesgos de esa decisión. En la Teoría del Marcador Somático, desarrollada por Antonio Damasio en la década del 90, se describe con claridad ese proceso que involucra: el circuito de recompensa como red límbica de activación; las re-

acciones de la amígdala cerebral, para aportar el componente aversivo de miedo y ansiedad ante un eventual riesgo; las cortezas insulares que decodifican el estado somático y las cortezas ventromediales que integran y analizan esas señales para definir una respuesta inhibitoria o activadora [9,10].

Para que nuestros cerebros formulen escenarios prospectivos que generen estados afectivos de valía placentera o displacentera, debemos contar con experiencias previas que se hayan almacenado con una connotación positiva o negativa, ya sean propias o ajenas (aprendizaje vicariante).

En caso de que el escenario mental o la imagen prospectiva del entrenamiento genere en la persona un estado emocional placentero, aumenta la posibilidad de que la conducta (entrenar) se realice. De modo contrario, el surgimiento de estados afectivos displacenteros aumentará la aversión y el rechazo [10,11].

Sin embargo, el proceso de toma de decisiones no está constituido únicamente por procesos de índole emocional; por lo tanto, estimular, instruir y entrenar al alumno en técnicas de identificación de pensamientos disfuncionales y modificación de los mismos, podrá originar un efecto positivo sobre su compromiso con las rutinas de preparación física [12].

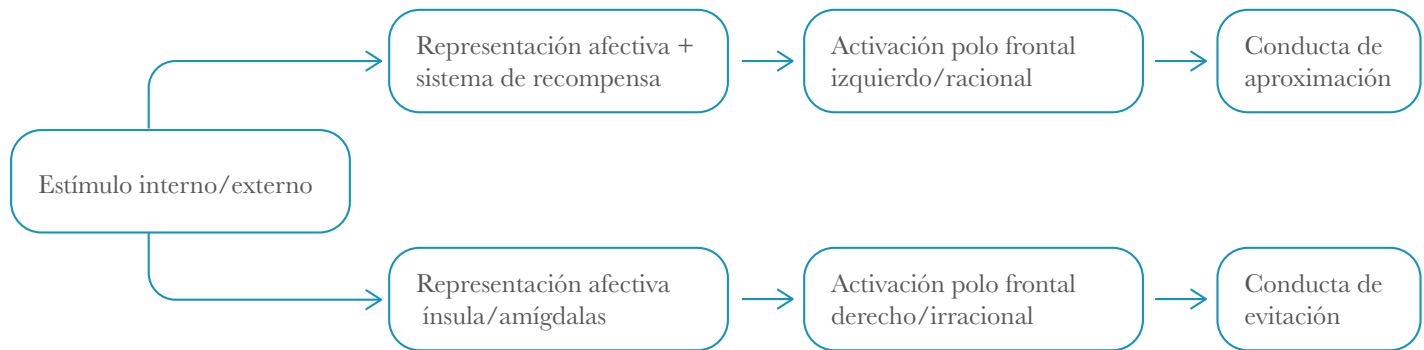
## Asimetrías cerebrales en los procesos afectivo-cognitivos

Existen diferencias significativas en la forma en la que nuestros cerebros procesan la información [13], pero para nuestro tema resulta relevante describir en detalle las asimetrías entre los procesos cognitivos elaborados por el polo frontal derecho y el polo frontal izquierdo.

Diversas investigaciones han demostrado, a través de distintos métodos de evaluación, que existe una tendencia al procesamiento de estados afectivos positivos en el hemisferio izquierdo y un predominio del hemisferio derecho para los estímulos de valía afectiva negativa. Es importante mencionar que, además de estudiar la asimetría en el procesamiento emocional, el Dr. Richard Davidson, pionero en el estudio de este tema, concluyó que la actividad de las regiones anteriores del lóbulo frontal izquierdo se vinculaba a conductas de aproximación y abordaje y, por el contrario, la activación de regiones del polo frontal derecho se asociaba a actos de aversión y retirada [11].

Nuestra intervención en este terreno resulta más accesible que en el plano de la actividad afectiva, que depende de estructuras subcorticales del sistema límbico. En el caso del procesamiento de los polos frontales hablamos de elementos cognitivos y conscientes [14,15]. Si bien la modalidad de procesamiento del polo frontal derecho se vincula a procesos automáticos, veloces e involuntarios, cada persona puede tomar conciencia de dicho pensamiento y, en caso de ser instruido y formado, modificarlo –del mismo modo que entrena un terapeuta cognitivo a su paciente para identificar y reestructurar cogniciones disfuncionales–.

En la Figura 1 se presenta un resumen de los conceptos integrados hasta el momento.



**Figura 1.** Conceptos

## La neuroquímica de la motivación, neurotransmisores y sistemas de analgesia

### Sistema de opioides endógenos

La popular frase que reza “entrenar produce endorfinas” parece correcta y aplica tanto a los ejercicios de resistencia como a los aeróbicos, que demostraron igual aumento en los niveles plasmáticos de beta endorfina [16]. Más aún, se ha reportado que la actividad física de alta intensidad está más fuertemente asociada con los resultados de salud física en jóvenes que la de intensidad ligera y moderada [17]. El estado de analgesia, en este caso, tiene un nexo con la activación de neuronas de la sustancia gris periacueductal y el núcleo rafe Magnus que, a través de una vía dorsal del funículo lateral, inhibiría información nociceptiva del asta dorsal de la médula, provocando la disminución de la nocicepción [7].

### Óxido Nítrico (ON)

Es un gas soluble que ha demostrado cierto efecto analgésico luego de la realización de una rutina de ejercicio [18]. Se ha estudiado el aumento del ON durante entrenamientos de resistencia, este se vinculó no solo a la activación de los músculos esqueléticos, sino también a una forma de respuesta a los micro daños de la fibra muscular que ocurre en paralelo a la respuesta inflamatoria [19].

En estudios de ON vinculados a la actividad aeróbica, también se pudo conocer el efecto analgésico y su capacidad de disminuir la nocicepción en el sistema nervioso central y periférico cuando la actividad aeróbica es intensa y provoca fatiga [20,21].

### Sistema endocannabinoide

El sistema endocannabinoide cuenta con dos receptores metabotrópicos en SNC, el CB1 y CB2, que pueden encontrarse en estructuras vinculadas al control del dolor como la sustancia gris periacueductal, la médula ventromedial rostral y el asta dorsal de la médula espinal. Además de provocar un efecto analgésico, el sistema endocannabinoide mejora el desempeño en actividades aeróbicas. La administración de antagonistas del receptor CB1 disminuye la velocidad en corredores [22].

Algunos estudios sugieren que la forma más efectiva de estimulación del sistema endocannabinoide es a través de la realización de ejercicio moderado [23] ya que observaron niveles elevados de anandamidas en esa modalidad e inferiores cuando el ejercicio es intenso o suave. La analgesia provocada por la activación del sistema endocannabinoide puede verse

inhibida por la administración de fármacos antagonistas y potenciada por inhibidores de la recaptación de anandamidas. Tanto el ejercicio aeróbico como el de resistencia aumentan la expresión del receptor CB1 en la sustancia gris periacueductal, pues este es uno de los mecanismos de regulación de la nocicepción a nivel periférico [24,25].

### Sistema serotoninérgico

La función de la serotonina (5HT) y sus múltiples receptores ha sido ampliamente estudiada en distintas funciones como el estado de ánimo, la regulación de la ansiedad y la agresión, el sueño y como modulador del dolor [26-28].

El ejercicio físico produce incremento de las concentraciones de 5HT en regiones clave del cerebro para la modulación del dolor a través de un mecanismo inhibitorio del asta dorsal de la médula, regulado por el núcleo rafe Magnus [29].

En relación a la función de la serotonina y la actividad física, existe otro dato de interés que se vincula a la cada vez más creciente información sobre el rol de este neurotransmisor como coadyuvante de la dopamina en la formación de circuitos de recompensa y placer [30-32].

### Sistema noradrenérgico

El sistema noradrenérgico es un sistema esencial que se activa durante el ejercicio para ejercer funciones tales como el control cardiovascular y la liberación de hormonas. Además, el sistema noradrenérgico participa en la analgesia inducida por el ejercicio físico. Las catecolaminas pueden modular la vía nociceptiva por activación de receptores adrenérgicos  $\alpha_2$  [33,34]. También, se ha demostrado la función de analgesia que provoca la activación noradrenérgica, tanto en ejercicios aeróbicos como de resistencia [35,36].

## Aplicación e integración del modelo neurocognitivo para estimular la motivación vinculada al ejercicio físico

Si bien el robusto cuerpo teórico que han alcanzado las neurociencias cognitivas posibilita la mejor comprensión de muchos procesos mentales que resultaban ser un misterio en el pasado, no siempre esa información puede ser utilizada para generar cambios pragmáticos o desarrollar algún método de diagnóstico o intervención eficaz.

La intención de este apartado es realizar una integración de los conceptos planteados y plasmarlo en una serie de recomendaciones prácticas que configuren un protocolo de activación motivacional para la realización de actividad física y el entrenamiento deportivo.

## Procesamiento cognitivo-afectivo asimétrico y reestructuración cognitiva

La reestructuración cognitiva puede definirse como el proceso metacognitivo a través del cual logramos modificar nuestros pensamientos irracionales y cambiarlos por otros más adaptativos y funcionales. Desde los comienzos de la terapia cognitiva el cuerpo ha formado parte de técnicas terapéuticas aplicadas para modificar la cognición y por ende, la conducta de las personas [37].

El proceso puede ser internalizado luego de un breve periodo de tiempo, pero requerirá de práctica y repetición para aumentar su eficacia [38].



Al indagar sobre las razones por las cuales las personas no sienten motivación para entrenar, se han reportado respuestas variadas que parecen vincularse a construcciones irracionales (o pseudo racionalizaciones del polo frontal derecho) como falta de tiempo, cansancio por la actividad laboral o académica, pereza y falta de “gusto” por la actividad física [39].

Otros estudios vinculan la motivación positiva del entrenador como un elemento reforzador de la actividad física y las formas negativas como un factor que afecta perjudicialmente la adherencia a los programas de entrenamiento [40].

Generar un instrumento o protocolo de acción para los entrenadores resulta crucial para aumentar las probabilidades de que los individuos sean consistentes con un programa de entrenamiento.

En la [Tabla 1](#) se enumera, a modo de ejemplo, formas de reestructuración cognitiva que permitirían modificar pensamientos irracionales con influencia negativa sobre la realización de actividad física.

**Tabla 1. Formas de reestructuración cognitiva**

Pensamiento irracional (polo frontal derecho)	Pensamiento racional (polo frontal izquierdo)
No tengo tiempo.	Deberé intentar organizar mis actividades de forma tal que pueda disponer de tiempo para entrenar.
No tengo dinero.	Deberé buscar alternativas gratuitas o económicas que me permitan entrenar.
No tengo ganas.	En principio puede resultar difícil comenzar a realizar actividad física, pero una vez incorporada la rutina quizás podré disfrutarla.
No me gusta nada.	Deberé explorar diversas formas de entrenamiento hasta encontrar alguna disciplina o método que sea de mi agrado.
Nunca entrené, nunca hice nada.	Siempre es un buen momento para iniciar alguna actividad física que haga bien a mi salud.
Tengo otros pasatiempos, a mí me gusta pintar.	La actividad física, además de ser un pasatiempo que favorece mi salud mental como todo hobby, me ayuda a cuidar mi salud física.
Ya lo hice y no me gustó.	Deberé encontrar alguna forma de entrenamiento que sea de mi agrado y ser paciente, muchas veces cuando se inicia alguna actividad resulta compleja y frustrante, pero con el tiempo eso puede cambiar.
No puedo porque tengo una lesión en...	Deberé asesorarme profesionalmente para saber qué tipo de actividad física puedo realizar a pesar de mi lesión/dolor.
Soy muy perezoso/vago.	Las personas no son de una manera, sino que se comportan de una manera en especial. Eso puede modificarse. Deberé buscar alguna actividad que me estimule y quizás realizarla con otras personas para motivarme y comprometerme.
Lo hice, pero no noté ningún cambio.	Aunque los cambios sean sutiles y graduales, igualmente ocurren y con perseverancia la actividad física obtendré grandes beneficios para mi salud física y mental.
Con el estado físico que tengo, si comienzo a entrenar me infarto/muero.	Lo más responsable es asesorarme con un profesional y realizar la actividad física que sea indicada para mi condición. El riesgo para mi salud se vincula al sedentarismo y no al entrenamiento.



La reestructuración cognitiva, una vez internalizada por medio de las técnicas que se implementen, ocurre con mayor facilidad. Lo importante en este punto es poder transmitirle al paciente/alumno el valor de identificar rápidamente los pensamientos irracionales que boicotean el entrenamiento y brindarle las herramientas necesarias para que, posteriormente, logre modificarlos o reestructurarlos solo. [37]

En la misma línea se puede plantear instruir al paciente/alumno para que reconozca su locus de control y pueda modificarlo [41]. Este concepto hace referencia a la atribución que hacen las personas del control sobre los eventos que ocurren en sus vidas [42]. Julian Rotter, quien acuñó el concepto, definió dos formas yuxtapuestas de locus de control: el de control interno y el externo [43].

Las personas con locus de control interno sienten que sus acciones y decisiones definen su destino, se ubican en una posición proactiva en la resolución de conflictos y utilizan estilos de afrontamiento adaptativos. Por el contrario, las personas con locus de control externo, adjudican causas externas al devenir de los eventos que se presentan –causas vinculadas al destino, Dios, el karma o condicionantes sociales, históricos o políticos que se encuentra fuera de su rango de acción–. Este tipo de persona tiende a utilizar mecanismos de afrontamiento desadaptativos, con formas pasivas y/o evitativas a la hora de resolver problemas [43].

En la [Tabla 2](#) se enumera una serie de ejemplos sobre pensamientos surgidos de una estructura mental regida por el locus de control externo y cómo deberíamos ayudar a modificarlos para conseguir una respuesta activa en el paciente/alumno.

**Tabla 2. Pensamientos de una estructura mental rígida**

Locus de control externo	Locus de control interno
Dejé de entrenar porque en esta época hace frío.	Puedo buscar vestimenta térmica acorde a las condiciones climáticas para entrenar.
Dejé de entrenar porque está haciendo mucho calor.	Puedo entrenar teniendo en cuenta la hidratación y regular la exigencia acorde a la temperatura.
No nací con genética para entrenar.	Si bien existen distintos biotipos en los seres humanos, todos pueden encontrar un método de entrenamiento acorde a su condición.
Termino muy tarde/empiezo muy temprano la jornada laboral.	Podría entrenar en la mañana/cuando termino de trabajar
Ya me aburrí el running/musculación/crossfit/natación, etc.	Debo encontrar otra actividad física que me estimule.
El gimnasio a donde iba cerró.	Debo buscar otro gimnasio.
No me gustan las rutinas que me indica mi profesor.	Debo hablar con mi profesor para pedirle que me indique otras rutinas o cambiar el lugar de entrenamiento.

## La creación de un mantra personal

Los pensamientos irracionales procesados en el polo frontal derecho no surgen de la experiencia, del análisis ni la síntesis de hechos fácticos, sino que son promovidos por estados emocionales en general displacenteros. Estos pensamientos son veloces, irracionales, promueven la evitación y la aversión, encadenan y se auto-estimulan, ya que refuerzan un estado emocional congruente al que los generó [11,44].

La propuesta, en este punto, es pedirle al paciente/alumno que genere uno, dos o tres “mantras personales”. Estos deberán ser pensamientos cortos, contundentes, íntimos, racionales y positivos que sirvan como “cortafuego mental” de la actividad holística e irracional del polo frontal derecho y permitan una reevaluación y posterior reestructuración cognitiva eficiente.

La regulación metacognitiva nos permite un mejor control ejecutivo y reflexionar sobre nuestros propios pensamientos [45]. Es por ese motivo que instruir o entrenar al paciente/alumno en este tipo de estrategias, favorecerá el control conciente de los procesos irracionales vinculados al polo frontal derecho y aumentará la posibilidad de conductas de aproximación [11].

### Enseñar la regla de 3

La regla de 3 es una indicación sencilla que surge de varios de los conceptos tratados hasta el momento.

Iniciar una rutina de entrenamiento es difícil y ser consistente con ella a través del tiempo a veces más difícil aún. Si bien, como hemos visto, la actividad física estimula el sistema de recompensa y provoca un estado de placer además del estado de relajación y analgesia, producto de la activación de distintos neurotransmisores y hormonas, todo esto se hace más notorio cuando la actividad física forma parte de la rutina habitual de la persona, pues, entonces, sus beneficios superan las molestias y dolores.

Por consiguiente, una forma sencilla de incitar a las personas a iniciarse en el ejercicio es explicarles la regla de 3: proponerles que una vez tomada la decisión de entrenar, lo hagan al menos 3 veces por semana (sin dejar pasar más de 3 días entre sesiones), por al menos  $\frac{3}{4}$  de hora cada vez y mantengan esa rutina por no menos de 3 meses.

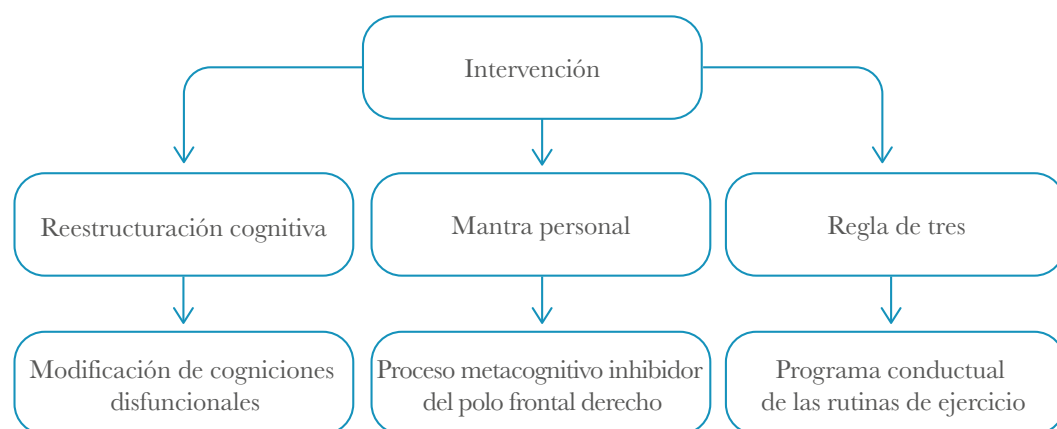
Esta indicación, que parece ingenua, permite construir un plan y una meta para la persona. Ese estímulo es de vital importancia en el proceso de toma de decisiones. La regla de 3 estructura un plan de entrenamiento que puede plasmarse en un cronograma. Este debe incluir los días y horarios en los que se realizará la actividad física, para evitar tener que recurrir a la fuerza de voluntad del paciente/alumno durante el periodo de inicio de su entrenamiento. La automatización de los entrenamientos ayuda a la persona a crear ciertas rutinas procedurales que limitarán su abandono o ausencia.

En la Figura 2 se presentan las tres intervenciones propuestas

Con la reestructuración cognitiva se busca modificar los pensamientos de tipo derrotista que limitan, condicionan o desfavorecen las conductas de aproximación a una meta (en este caso, el ejercicio físico).

En forma similar, la creación de un mantra personal le permite al paciente/alumno recurrir a un recurso metacognitivo que inhiba la producción rumiante de pensamientos irracionales que se vinculan al polo frontal derecho [46].

Por último, la “regla de tres” propone una forma de encuadre y programación conductual que se basa en la evidencia que existe respecto a los mecanismos neurobiológicos placer y recompensa, que se activan ante la practica regular de ejercicio.



**Figura 2.** Intervenciones

## Discusión

Según la OMS al menos un 60% de la población mundial no realiza la actividad física necesaria para obtener beneficios para la salud [47].

Actualmente la evidencia científica disponible demuestra que la actividad física no solo trae consigo una gran cantidad de beneficios al estado físico general (y cardiovascular en particular), sino que también provoca beneficios en la salud mental de las personas al aliviar el estrés, mejorar el sueño, regular el estado anímico, aumentar el interés en el sexo y reducir el cansancio, aumentando el estado de alerta [48-53]. También sabemos que sirve de factor protector para algunas enfermedades neurológicas como las demencias [54-58] y la integración sistemática de comportamientos saludables coherentes con el envejecer generativamente [59].

Es por esos motivos que la actividad física ha demostrado ser una herramienta terapéutica eficaz para médicos y trabajadores de la salud mental. Resulta necesario que los operadores de salud tengan conocimiento e información sobre el tema –aunque esto no sea suficiente, ya que sabemos que no todos los pacientes siguen las indicaciones que les ofrecen los profesionales de la salud–. De allí parte la necesidad de formación en estrategias, protocolos y técnicas de intervención que apunten a aumentar la motivación y consistencia con las rutinas de ejercicios físicos.

La modificación del estilo de vida puede ser la clave para combatir enfermedades crónicas como la diabetes o problemas cardiovasculares y, aunque el ejercicio físico ha demostrado ser una pieza fundamental de ese cambio, aún es poco considerado como parte de la estrategia terapéutica. Se ha demostrado que los ejercicios aeróbicos son efectivos para reducir la ansiedad y la depresión. Esta influencia fisiológica parece estar vinculada a la reactividad del eje hipotálamo hipofisario adrenal (HHA) [51].

Otros autores advierten que los beneficios de la actividad física tienen un nexo con la percepción de autoeficacia y los vínculos sociales que se entablan durante el proceso de ejercicio, estos son otros factores relevantes en la motivación para entrenarse [60].

Los beneficios a la salud mental han sido documentados en población general, pero también en pacientes con patologías psiquiátricas y ha quedado demostrado la mejoría en la autoestima y la disminución en el retraimiento social [59-61].

Es importante que el personal de salud trabaje aunadamente con los efectores de esos programas de entrenamiento como fisioterapeutas, kinesiólogos y profesores de educación física,

asegurándose de que estén capacitados e informados en programas de intervención sobre la motivación de su paciente/alumno, para que la constancia en el entrenamiento permita que se logren los beneficios a la salud que hoy conocemos.

## Conclusiones

Con este trabajo se quiso aportar una mirada actualizada acerca de los mecanismos neurocognitivos implicados en los procesos de motivación, especialmente, aquellos vinculados a la actividad física, sugiriendo una serie de recomendaciones prácticas que incidirían en una mayor adherencia a programas de entrenamiento físico desde la perspectiva neurocognitiva. Al respecto, la evidencia científica disponible demuestra el impacto positivo de técnicas como la reestructuración cognitiva, que utiliza la información disponible sobre el procesamiento cognitivo-afectivo asimétrico; la construcción de mantra personal y la regla de 3. Estas son potencialmente beneficiosas para la consistencia sistemática en la actividad física de jóvenes y adultos.

Además, las investigaciones descritas en este trabajo evidencian de manera rigurosa que la actividad física se convierte en un factor protector para mantener la salud corporal en las personas. Específicamente, se ha reportado que la actividad física regular incide positivamente en la salud neurocognitiva y la mantiene [62].

En el caso de niños/as y jóvenes, la actividad física regular provoca beneficios motrices, cognitivos y educativos significativos, particularmente durante los primeros años de su desarrollo y de manera transversal a lo largo del ciclo vital [63].

En contraposición, la literatura disponible es clara en señalar que la inactividad física es un factor de riesgo relacionado con el deterioro cognitivo [64] particularmente en personas mayores sedentarias, lo que nos lleva a proponer futuras investigaciones que profundicen en programas de entrenamiento físico para adultos mayores desde una perspectiva neurocognitiva, que describa los fundamentos neurobiológicos y cognitivo-emocionales que favorecerían una mejor salud física y mental en esta población. En este sentido, algunas investigaciones mostrarían que el aumento de la producción de energía mediante una variedad de actividades físicas estaría relacionada con mayores volúmenes de materia gris en los gerontes [65], independientemente del estado cognitivo que presentan, reafirmando el sentido y proyección potencial de esta línea de investigación.

Existe consenso respecto a los beneficios que brinda la realización de actividad física y aun así, resulta una indicación terapéutica de baja adherencia. Analizar el proceso motivacional en este sentido resulta necesario para aumentar la probabilidad de cumplimiento de los programas de entrenamiento. Conocer los factores que inciden en forma positiva y negativa en la motivación para entrenar aumenta la eficacia de dicha indicación [65]. Se debe integrar el componente cognitivo y emocional frente a la tarea, en complemento con estrategias mentales adecuadas desde la perspectiva cognitiva (tales como la construcción de mantra personal o regla de 3). Esto favorecería potencialmente una mayor adherencia regular a programas de entrenamiento físico.

## Referencias

1. Organización Mundial de la Salud [Internet]. 2002 Ago 09. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud: actividad física; fecha de publicación desconocida [citado 2020 Jun 13]. 1 pantalla. Disponible en: <https://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/es/>
2. Yong Tan S, Yip A. António Egas Moniz (1874–1955): Lobotomy pioneer and Nobel laureate. *Singapore Med J* [Internet]. 2014;55(4):175–176. DOI: <https://dx.doi.org/10.11622%2Fmedj.2014048>
3. Le Heron C, Apps MAJ, Husain M. The anatomy of apathy: a neurocognitive framework for amotivated behaviour. *Neuropsychologia* [Internet]. 2018 Sep;118(B):54-67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.07.003>
4. Sung-il K. Neuroscientific model of motivational process. *Front Psychol* [Internet]. 2013 Mar 04; 4(98) DOI: <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpsyg.2013.00098>
5. Hughes BL, Zaki J. The neuroscience of motivated cognition. *Science & Society* [Internet]. 2015 Feb 01;19(2): 62-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.12.006>
6. Adinoff B. Neurobiologic processes in drug reward and addiction. *Harv Rev Psychiatry* [Internet]. 2004 Nov-Dic;12(6):305–320. DOI: <https://dx.doi.org/10.1080%2F10673220490910844>
7. Da Silva Santos R, Galdino G. Endogenous systems involved in exercise-induced analgesia. *J Physiol Pharmacol* [Internet]. 2018;69(1):3-13. DOI: <https://doi.org/10.26402/jpp.2018.1.01>
8. Naqvi N, Shiv B, Bechara A. The role of emotion in decision making: a cognitive neuroscience perspective. *Current Directions in Psychological Science* [Internet]. 2016 Oct 1;15(5):260-264. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2006.00448.x>
9. Damasio AR. *Descartes' error: emotion, reason and the human brain*. New York: Putnam and Sons. 1994.
10. Poppa T, Bechara A. The somatic marker hypothesis: revisiting the role of the 'body-loop' in decision-making. *Current Opinion in Behavioral Sciences* [Internet]. 2018 Feb; 19:61-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.10.007>
11. Davidson R. Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition* [Internet]. 1992 Sep; 20(1): 125-151. DOI: [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90065-T](https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90065-T)
12. Chang MO, Peralta AO, Corcho OJP. Training with cognitive behavioral techniques for the control of precompetitive anxiety. *IJHMS* [Internet]. 2020 Feb 4;3(1), 29-34. Disponible en: <https://sloap.org/journal/index.php/ijhms/article/view/121>
13. Moran, A. P. *The psychology of concentration in sport performers: a cognitive analysis*. Exeter: Psychology Press. 2016.
14. Holtgraves T, Felton A. Hemispheric asymmetry in the processing of negative and positive words: a divided field study. *Cognition & Emotion* [Internet]. 2011 May 4;25(4):691-699. DOI: <https://doi.org/10.1080/02699931.2010.493758>

15. Duda P, Brown J. Lateral Asymmetry of Positive and Negative Emotions. *Cortex* [Internet]. 1984 Jun;20(2):253-261. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(84\)80042-8](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(84)80042-8)
16. Costigan SA, Lubans DR, Lonsdale C, Sanders T, del Pozo Cruz B. Associations between physical activity intensity and well-being in adolescents. *Preventive Medicine* [Internet]. 2019 Ago;125 (0):55-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.05.009>
17. Gutin B, Owens S. The influence of physical activity on cardiometabolic biomarkers in youths: a review. *Pediatric Exercise Science* [Internet]. 2001;23(2):169-185. DOI: <https://doi.org/10.1123/pes.23.2.169>
18. Da Silva Santos, R., & Galdino, G. Endogenous systems involved in exercise-induced analgesia. *Journal of Physiology and Pharmacology: An Official Journal of the Polish Physiological Society* [Internet]; 2018 Feb; 69(1): 3-13. DOI: <https://doi.org/10.26402/jpp.2018.1.01>
19. Duarte ID, Lorenzetti BB, Ferreira Sh. Peripheral analgesia and activation of the nitric oxide cyclic GMP pathway. *Eur J Pharmacol* [Internet]. 1990 Sep 21;186(2-3):289-293. DOI: [https://doi.org/10.1016/0014-2999\(90\)90446-D](https://doi.org/10.1016/0014-2999(90)90446-D)
20. Jonsdottir Ih, Jungersten L, Johansson C, Wennmalm A, Thoreau P, Hoffmann P. Increase in nitric oxide formation after chronic voluntary exercise in spontaneously hypertensive rats. *Acta Physiol Scand* [Internet]. 1998 Feb;162(2):149-153. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.1998.0285f.x>
21. Murad F. Nitric oxide and cyclic GMP in cell signaling and drug development. *N Engl J Med* [Internet]. 2006 Nov 9; 355(0): 2003-2011. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMs063904>
22. Galdino G, Romero T, Silva JF, et al. Acute resistance exercise induces antinociception by activation of the endocannabinoid system in rats. *Anesth Analg* [Internet]. 2014 Sep;119(3): 702-715. DOI: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000340>
23. Watkins, B. A. Endocannabinoids, exercise, pain, and a path to health with aging. *Molecular Aspects of Medicine* [Internet]; 2018 Dic;64(0):68-78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2018.10.001>
24. Galdino G, Romero TR, Silva jF, et al. The endocannabinoid system mediates aerobic exercise induced antinociception in rats. *Neuropharmacology* [Internet]. 2014 Feb; 77(0): 313-324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2013.09.022>
25. Millan Mj. Descending control of pain. *Prog Neurobiol*. 2002 Abr;66(6): 355-474. DOI:
26. Rivot J.P., Pointis D., Besson J.M. A comparison of the effects of morphine on 5-HT metabolism in the periaqueductal gray, ventromedial medulla and medullary dorsal horn: in vivo electrochemical studies in freely moving rats. *Brain Research*, 1989. 495 (1), pp. 140-144.27.
27. Brown BS, Payne T, Kim C, Moore G, Krebs P, Martin W. Chronic response of rat brain norepinephrine and serotonin levels to endurance training. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* [Internet]. 1979 Ene 1;46(1):19-23. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1979.46.1.19>



28. Pietrelli A, Matković L, Vacotto M, Lopez-Costa JJ, Basso N, Brusco A. Aerobic exercise upregulates the BDNF-serotonin systems and improves the cognitive function in rats. *Neurobiology of learning and Memory* [Internet]; 2018 Nov;155(0):528-542. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2018.05.007>
29. Korb A, Bonetti LV, da Silva SA, et al. Effect of treadmill exercise on serotonin immunoreactivity in medullary raphe nuclei and spinal cord following sciatic nerve transection in rats. *Neurochem Res* [Internet]. 2009 Sep 23;35(0):380-389 DOI: <https://doi.org/10.1007/s11064-009-0066-x>
30. Fischer A G, Ullsperger M. An update on the role of serotonin and its interplay with dopamine for reward. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2017 Oct 11;11(484). DOI: <https://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2017.00484>
31. Bari A, Theobald DE, Caprioli D, Mar AC, Aidoo-Micah A., Dalley JW, et al. Serotonin modulates sensitivity to reward and negative feedback in a probabilistic reversal learning task in rats. *Neuropsychopharmacology* [Internet]. 2010 Ene 27;35(0):1290–1301. DOI: <https://doi.org/10.1038/npp.2009.233>
32. Bromberg-Martin ES, Hikosaka O, Nakamura K. Coding of task reward value in the dorsal raphe nucleus. *J Neurosci* [Internet]. 2010 May 5;30(18):6262–6272. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0015-10.2010>
33. Yaksh TL. Pharmacology of spinal adrenergic systems which modulate spinal nociceptive processing. *Pharmacol Biochem Behav* 1985 May;22(5):845-858. DOI: [https://doi.org/10.1016/0091-3057\(85\)90537-4](https://doi.org/10.1016/0091-3057(85)90537-4)
34. MacDonald E, Kobilka BK, Scheinin M. Gene targeting homing in on alpha 2-adrenoceptor-subtype function. *Trends Pharmacol Sci* [Internet]. 1997 Jun 1;18(6):211-219. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-6147\(97\)01063-8](https://doi.org/10.1016/S0165-6147(97)01063-8)
35. Nicholas AP, Hokfelt T, Pieribone VA. The distribution and significance of CNS adrenoceptors examined with in situ hybridization. *Trends Pharmacol Sci* [Internet]. 1996 Jul;17(7):245-255. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-6147\(96\)10022-5](https://doi.org/10.1016/0165-6147(96)10022-5)
36. De Souza GG, Duarte ID, De Castro Perez A. Differential involvement of central and peripheral  $\alpha_2$  adrenoceptors in the antinociception induced by aerobic and resistance exercise. *Anesth Analg* [Internet]. 2013 Mar;116(3):703-711. DOI: <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e31827ab6e4>
37. Hope D.A, Burns J.A, Hyes S.A, Herbert J.D, Warner M.D. Automatic thoughts and cognitive restructuring in cognitive behavioral group therapy for social anxiety disorder. *Cognitive Therapy Research* [Internet]. 2007 Jun 2;34(0):1–12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10608-007-9147-9>
38. Chalah MA, Ayache SS. Disentangling the neural basis of cognitive behavioral therapy in psychiatric disorders: a focus on depression. *Brain Sci* [Internet]. 2018 Ago 9;8(8):150.
39. Cervelló E. La motivación y el abandono deportivo desde la perspectiva de las metas de logro. [tesis doctoral]. [Valencia]: Universidad de Valencia; 1996.
40. Boiche J, Sarrazin P. Proximal and distal factors associated with dropout versus maintained participation in organized sport. *J Sports Sci Med* [Internet]. 2009 Mar 1;8(1):9-16. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737782/>



41. Johnson C. Sports as a mechanism for reaching your potential: the relationship between positive psychology and sports. Sports science and human health-different approaches [Internet]. 2020 Feb 25. IntechOpen:1-18. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.91417>
42. Ng TWH, Sorensen KL, Eby LT. Locus of control at work: a meta-analysis. Journal of Organizational Behavior [Internet]; 2006 Sep 22;27(8):1057-1087. DOI: <https://doi.org/10.1002/job.416>
43. Rotter J. Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. Psychological Monographs: General and Applied [Internet]. 1896-1966;80(1):1-28. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0092976>
44. Banks SJ, Eddy KT, Angstadt M, Nathan PJ, Phan KL. Amygdala-frontal connectivity during emotion regulation. Soc Cogn Affect Neurosci [Internet]. 2007 Jul 21;2(4):303-312. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093%2Fscan%2Fnm029>
45. Shimamura AP. Toward a cognitive neuroscience of metacognition. Consciousness and Cognition [Internet]. 2000 Jun;9(2):313-323. DOI: <https://doi.org/10.1006/ccog.2000.0450>
46. Davidson, R.J. Emotion and affective style: hemispheric substrate. Psychological Science [Internet]. 1992 Ene 1;3(1): 39-43. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1992.tb00254.x>
47. Organización Mundial de la Salud [Internet]. 2002 Ago 09. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud: inactividad física: un problema de salud pública mundial; fecha de publicación desconocida [citado 2020 Jun 13]. 1 pantalla. Disponible en: [https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_inactivity/es/](https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_inactivity/es/)
48. Sharma A, Madaan V, Petty FD. Exercise for mental health. Prim Care Companion J Clin Psychiatry [Internet]. 2006;8(2):106. DOI: <https://dx.doi.org/10.4088%2Fpcc.v08n0208a>
49. Richardson CR, Faulkner G, and McDevitt J. Integrating physical activity into mental health services for persons with serious mental illness. Psychiatr Serv [Internet]. 2005 Mar 1;56(3):324-31. DOI: <https://doi.org/10.1176/appi.ps.56.3.324>
50. Callaghan P. Exercise: a neglected intervention in mental health care? J Psychiatr Ment Health Nurs [Internet]. 2004 Jul 14;11(4):476-83. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2850.2004.00751.x>
51. Guskowska M. Effects of exercise on anxiety, depression and mood. Psychiatr Pol [Internet]. 2004 Jul-Ago;38(4):611-20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15518309/>
52. Peluso MA, Andrade LH. Physical activity and mental health: the association between exercise and mood. Clinics [Internet]. 2005 Ene-Feb;60(1):61-70. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1807-59322005000100012>
53. Fogarty M, Happell B, Pinikahana J. The benefits of an exercise program for people with schizophrenia: a pilot study. Psychiatr Rehabil J [Internet]. 2004;28(2):173-6. DOI: <https://doi.org/10.2975/28.2004.173.176>

54. Luliano E, di Cagno A, Cristofano A, Angiolillo A, D'Aversa R, Ciccotelli S et al. Physical exercise for prevention of dementia (EPD) study: background, design and methods. BMC Public Health [Internet]. 2019 May 29;19(659) DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7027-3>
55. Öhman H, Savikko N, Strandberg TE, Pitkälä KH. Effect of physical exercise on cognitive performance in older adults with mild cognitive impairment or dementia: a systematic review. Dement Geriatr Cogn Dis [Internet]. 2014;38:347–365. DOI: <https://doi.org/10.1159/000365388>
56. Yau SY, Gil-Mohapel J, Christie BR, So KF. Physical exercise-induced adult neurogenesis: a good strategy to prevent cognitive decline in neurodegenerative diseases? Biomed Res Int [Internet]. 2014 Abr 9;2014(403120). DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/403120>
57. Ma CL, Ma XT, Wang JJ, Liu H, Chen YF, Yang Y. Physical exercise induces hippocampal neurogenesis and prevents cognitive decline. Behav Brain Res [Internet]. 2017 Ene 15;317(0):332–339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.09.067>
58. Hötting K, Röder B. Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. Neurosci Biobehav Rev [Internet]. 2013 Nov;37(9B):2243–2257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.04.005>
59. Sandoval-Obando, E.; Sierra, E. y Zacarés, J. Envejecer generativamente: una propuesta desde el modelo del buen vivir. Neurama. Revista Electrónica de Psicogerontología [Internet]. 2019;6(2): 16-26. Disponible en: <http://eduardosandoval.cl/2020/01/13/publicacion-del-articulo-envejecer-generativamente-una-propuesta-desde-el-modelo-del-buen-vivir/>
60. Sharma, A. Madaan, V. Petty, F D. Exercise for Mental Health. [Internet]. 2006;8(2):106. DOI: <https://doi.org/10.4088/PCC.v08n0208a>
61. Stillman CM, Cohen J, Lehman ME, Erickson KI. Mediators of physical activity on neurocognitive function: a review at multiple levels of analysis. Front Hum Neurosci [Internet]. 2016 Dic 8;10:626. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00626>
62. Khan NA, Hillman CH. The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: a review. Pediatr Exerc Sci [Internet]. 2014;26:138–146. DOI: <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0125>
63. Lytle M, Bilt J, Pandav R, Dodge H, Ganguli M. Exercise level and cognitive decline. Alzheimer Dis Assoc Disord [Internet]. 2004;18:57–64. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.wad.0000126614.87955.79>
64. Raji CA, Merrill DA, Eyre H, Mallam S, Torosyan N, Erickson KI et al. Longitudinal relationships between caloric expenditure and gray matter in the cardiovascular health study. J Alzheimer's Dis [Internet]. 2016; 52:719–29. DOI: <https://doi.org/10.3233/JAD-160057>
65. Diamond A, Ling DS. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. Dev Cogn Neurosci [Internet]. 2016;18:34–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>