

Physical activity as means of cultivating intelligence in a school context*

La actividad física como medio para cultivar la inteligencia en el contexto escolar

Alberto RUIZ-ARIZA, PhD. Assistant Professor. Universidad de Jaén (arariza@ujaen.es).

Sara SUÁREZ-MANZANO. Ministry of Science, Innovation, and Universities Academic Training Contract. Universidad de Jaén (ssuarez@ujaen.es).

Sebastián LÓPEZ-SERRANO, PhD. Teaching Fellow. Universidad de Jaén (lserran@ujaen.es).

Emilio J. MARTÍNEZ-LÓPEZ, PhD. Professor. Universidad de Jaén (emilioml@ujaen.es).

Abstract:

Intelligence is considered to be the ability to understand, reason, and make decisions based on a given situation. Neuroeducational advances in recent decades show that physical activity is a key variable for adequate development of intelligence, especially during the complex stage of adolescence. Numerous cross-sectional studies have considered the link between physical activity and intelligence, and the effects on intelligence of longitudinal physical activity intervention programmes have been analysed in several systematic reviews and meta-analyses. However, there have

been fewer studies focussing on a more theoretical/epistemological approach and the development of specific practical proposals for didactic interventions within the educational setting. This work aims to show the most relevant scientific results relating to the association between and effects of physical activity on intelligence and it offers didactic guidelines and suggestions for the use of physical activity as a means of cultivating intelligence in a school setting. For this purpose, strategies based on increasing daily physical activity and physical fitness, the comprehensive use of physical education classes, active commuting

* This work has been supported and funded under an R&D&I project of Spain's Ministry of Science, Innovation, and Universities (RTI2018-095878-B-I00) and by Research Group HUM-943: Physical Activity Applied to Health and Education (Universidad de Jaén, Spain).

Revision accepted: 2020-09-30.

This is the English version of an article originally printed in Spanish in issue 278 of the **revista española de pedagogía**. For this reason, the abbreviation EV has been added to the page numbers. Please, cite this article as follows: Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., López-Serrano, S., & Martínez-López, E. J. (2021). La actividad física como medio para cultivar la inteligencia en el contexto escolar | *Physical activity as means of cultivating intelligence in a school context*. *Revista Española de Pedagogía*, 79 (278), 161-177. <https://doi.org/10.22550/REP79-1-2021-04>

<https://revistadepedagogia.org/>

ISSN: 0034-9461 (Print), 2174-0909 (Online)

to school and active school starts, active breaks and recesses, and finally the combined teaching of physically active academic sessions, are shown.

Keywords: physical activity, physically active classes, cognition, active breaks, physical education, intelligence, movement.

Resumen:

La inteligencia es considerada como la capacidad de entender, razonar, comprender y tomar decisiones con base en una situación determinada. Los avances neuroeducativos de las últimas décadas muestran que la actividad física es una variable clave para un adecuado desarrollo de la inteligencia, sobre todo durante la compleja etapa de la adolescencia. La asociación de la actividad física con la inteligencia ha sido abordada en múltiples estudios transversales, y los efectos de programas de intervención longitudinales entre actividad física e inteligencia han sido analizados en va-

rios estudios de revisión sistemática y meta-análisis. Sin embargo, son menos los estudios dedicados a un enfoque más teórico/epistemológico y al desarrollo de propuestas prácticas específicas de intervenciones didácticas dentro del contexto educativo. Este ensayo pretende mostrar los resultados científicos más relevantes de asociación y efectos de la actividad física en la inteligencia, así como ofrecer pautas y sugerencias didácticas para el empleo de la actividad física como medio para cultivar la inteligencia en el contexto escolar. Para ello, se muestran estrategias basadas en el aumento de la actividad física diaria y la condición física, el uso integral de las clases de Educación Física, el desplazamiento activo al colegio y los inicios escolares activos, los descansos y recreos activos, y finalmente la impartición combinada de sesiones académicas físicamente activas.

Descriptor: actividad física, clases físicamente activas, cognición, descansos activos, Educación Física, inteligencia, movimiento.

1. Introduction

Cultivating intelligence has been a focus of interest for educational professionals throughout history (Tomprowski et al., 2008). In recent decades the concept of intelligence has developed considerably from a concept associated with the intelligence quotient (IQ) (Hogan, 1978) to a broader one explained by different domains (Pérez-Sánchez et al., 2012). This latter tendency has precursors in new multifactor models such as Gardner's multiple intelligences (1983) or Sternberg's

triarchic intelligence (1985). The new trends in the study of intelligence have also moved away from a traditional link to logical-mathematical ability, memory, or linguistic aspects to a more global assessment including aspects relating to kinaesthetic-corporal intelligence, spatial intelligence, emotional intelligence, and creativity (Petrides et al., 2016; Ruiz-Ariza et al., 2019).

In the field of education, intelligence is regarded as a vital element for assimilating,

reasoning, and correctly processing information, and it has a decisive role in the control of executive functions and appropriate behaviour for learning (Esteban-Cornejo et al., 2015; Ruiz-Ariza et al., 2017b). It has been found that intelligence can improve all through the educational phase and is associated with better academic performance and more future professional success (Petrides et al., 2016; Tomporowski et al., 2008). The child's brain displaying great plasticity and a great capacity for learning in school years (Hillman et al., 2008). Nonetheless, adolescence is believed to be a critical stage from a developmental, hormonal, and social perspective, and sometimes results in stagnation of intellectual abilities and academic decline (Esteban-Cornejo et al., 2015). For some researchers, routine practice of physical activity (PA) can help with appropriate maturation during this stage and significantly influence the young people's intellectual development (Åberg et al., 2009).

Many systematic reviews and meta-analyses in the last decade have shown that systematic PA improves mental performance, processes that relate to human intelligence, and students' academic performance (Chaddock-Heyman et al., 2014; Esteban-Cornejo et al., 2015; Tomporowski et al., 2008). However, the concept of PA and its educational area of application is very broad, encompassing multiple activities such as integrated use of physical education classes (Arday et al., 2014; Costigan et al., 2016), encouraging the practice of PA out of school (Bradley

et al., 2013), active commuting to school or active school starts (García-Hermoso et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2011), active breaks and recesses (Ma et al., 2014), and physically active academic classes that combine active play with academic content in integrated tasks (Mavilidi et al., 2018).

In more detail, the practice of PA in school hours has demonstrated cognitive improvements in students such as neural efficiency, attention, concentration, decision making (Chaddock-Heyman et al., 2014), mathematical calculations (Martínez-López et al., 2018), and emotional intelligence and creativity (Ruiz-Ariza et al., 2019). Recent studies have shown that PA stimuli encourage cerebral synaptogenesis and increase levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF), increasing the cerebral connections that are involved in learning (Sleiman et al., 2016). Other authors support this relationship between PA and intelligence, based on theories of cognitive load and embodied cognition, which underpin the success of learning through the combination from early ages of motor play and the teaching of academic content through integrated PA (Mavilidi et al., 2018, 2019).

Nonetheless, most schools still use a traditional sedentary teaching model most of the time at school (Steele et al., 2010). Young people starting adolescence generally only spend 5% of the school timetable on moderate to intensive PA and they display very low levels of motor practice during breaks and recesses (Da

Costa et al., 2017). Having reached this point, it is important that teachers know specific didactic proposals to take advantage of the intellectual benefits of the various PA stimuli described, and how academic and motor aspects can be combined to boost learning (Martínez-López et al., 2020). The present work sets out to show the most notable scientific results concerning the PA-intelligence relationship, as well as offering didactic guidance for teachers. Strategies aimed at increasing daily PA and improving students' physical fitness, integrated design of physical education classes, active commuting and active school starts, active breaks and recesses, and the combination of PA and academic sessions are shown.

2. The Peripatetic school was right: From philosophers' habits to current scientific findings regarding physical activity and intelligence

Throughout history PA has been an essential element for human survival and development. As far back as Ancient Greece, it was believed that PA was somehow linked to intellectual ability (Tomporowski et al., 2008). Aristotle (335 BC) used to walk in the garden of the Lycaeum, *the Peripatos*, with his disciples while reflecting. This act of walking is expressed in Greek as *peripatein*. The name of "the Peripatetic school" derived from these two terms and his followers received the unusual name of "the Peripatetics" owing to their habit of philosophising on different subjects while walking. The Peripatetics seem to have believed that in this way their minds reasoned better and that

the brain learnt and processed information more quickly when in movement. Soon afterwards, between the first and second centuries AD, the Latin poet Juvenal coined the phrase: "*mens sana in corpore sano*" (Satire X, line 356), associated with the integral relationship between the body and mind, and now used by many neuroscientists to emphasise the importance of movement for the human brain.

In the 18th century, Rousseau (1712-1778) was an aficionado of walking and habitually took long daily walks during which he would contemplate the landscape and think and reflect, in the tranquillity of nature, stating that his inspiration was strengthened in this way. Contemporary and later philosophers also applied the cognitive benefits of movement to their own lives. Kant (1724-1804) walked in the area around his town (Königsberg, now Kaliningrad) every afternoon and on his return home, he would immediately start thinking and writing. As he said, this was the moment in which he felt the greatest cognitive activation and had the best ideas. Shortly afterwards, in the 19th century, Nietzsche claimed that "Only thoughts that come by walking have any value". To seek inspiration and concentration, he used to walk around the mountains, lakes, and waterfalls that surrounded his village in the Alps (Sils Maria).

Recent studies, done in the last two decades, have shown that the Peripatetics were right. Their results show that

PA provides intellectual benefits that are fundamental for attention, concentration, information processing, memory, and learning. The study by Hillman et al. (2009), a pioneer in the field of neuroimaging, showed that cerebral activation in young participants increased after they walked for 20 minutes at 60% intensity, resulting in improved attention and mental processing speed compared with a control group that rested. Other more recent studies also show how doing PA is positively related to emotional intelligence and creativity (Ruiz-Ariza et al., 2019). Therefore, as Aristotle noted, a simple walk at a moderate intensity can lead to an increase in cerebral blood flow and so improve cognitive, emotional, and creative processes (Hillman et al., 2008). The following sections break down the PA-intelligence relationship and offer guidelines and proposals for including it in education.

3. Previous experiments based on encouraging daily physical activity, physical fitness, and evaluating young people's intellectual performance

Previous studies have shown that PA is closely linked to improvements in intellect, especially when done at a moderate or vigorous intensity (MVPA) (Hillman et al., 2008; Tomporowski et al., 2008). The World Health Organization defines physically active young people as those who do at least one hour of MVPA per day every day of the week. However, PA practice has undergone a gradual decline in recent years among young people in Spain, espe-

cially among those aged between 12 and 18, who only spend 10% of their time on this type of activity (Vicente-Rodríguez et al., 2016).

Pioneering studies in the 1960s analysed the effects of PA on intelligence measured using IQ. Corder (1966) used the Wechsler intelligence scale to evaluate the effect of a 20 day programme of 60 minutes of PA (bodyweight exercises and running) on children aged between 12 and 16 with mild intellectual disabilities (mean IQ = 66). The PA programme resulted in improvements in the test's overall index and verbal index. Brown (1977) worked with 40 children aged 12 (mean IQ = 35) with a six-week PA programme. The participants in the experimental group were found to have improved their IQ and social maturity afterwards, measured using the Stanford-Binet intelligence test and the Vineland scale, respectively. These improvements are explained by physical exercise causing parallel mental demands, on which the participants focussed, using their memory and the processes of reasoning, and controlling motor movements. Although most studies along these lines show a positive association and effect between PA and intelligence, it is sometimes not possible to determine the intensity of the PA carried out, nor is it clear what methods of instruction were used. Another possible explanation is that IQ tests used only provide overall measurements and might not be sensitive enough to detect specific changes in particular aspects of cognitive functioning caused by PA (Tomporowski et al., 2008).

Another of the principal effects of the systematic practice of PA is to improve the physical fitness of the individual. Although this effect requires a process of physiological adaptation that takes time, there is now a line of research of fairly well-established value that links improved physical level to intellectual maturation (Åberg et al., 2009). Physical fitness consists of cardiorespiratory capacity, speed, muscular strength, and flexibility. In the school setting, these are commonly evaluated using batteries of tests such as ALPHA-Fitness and EUROFIT. Over the last 20 years, many studies have shown that a good level of physical fitness has a positive influence on young people's intellectual abilities (Chaddock-Heyman et al., 2014; Ruiz-Ariza et al., 2017b). For example, Mezcuahidalgo et al. (2020) recently found that cardiorespiratory endurance is the physical ability most closely related with the intellect. They found that adolescents who have better cardiorespiratory capacity display higher levels of memory, mathematical calculation, verbal reasoning speed, and creativity, independently of their age, sex, and body mass index. Interestingly, a very representative study with over a million participants showed that the cardiorespiratory capacity attained between the ages of 15 and 18 predicted intelligence when reaching adulthood (Åberg et al., 2009).

Furthermore, other studies have shown a relationship between speed-agility and academic performance in mathematics and language (Esteban-Cornejo et al., 2014; Martínez-López et al., 2018). Haa-

pala (2013) showed that this component is associated with memory, inhibitory control, and attention, and, as a consequence, low levels of speed-agility could hinder intellectual and academic development. The results relating to muscular strength are contradictory. Although some studies have shown a positive relationship between the level of muscular strength and academic performance, others have found that this relationship lost its significance when analysed together with cardiorespiratory capacity and speed-agility (Ruiz-Ariza et al., 2017b). Finally, no positive relationship has been found between different levels of flexibility and intelligence (Ruiz-Ariza et al., 2017b). Strength and flexibility appear not to be strongly related to intellect, and so it is suggested that intervention programmes should mainly focus on cardiorespiratory capacity and speed-agility. With this in mind, the use of intermittent teaching units focussed on improving cardiorespiratory physical fitness (Guijarro-Romero et al., 2019) or the inclusion of high intensity interval programmes at the start of physical education classes is recommended. These programmes should preferably be based on cooperative exercises that include motor skills, coordination, and work on the aerobic component (Martínez-López et al., 2018).

4. Modes of practice of physical activity as a means for cultivating intelligence in the school setting

4.1. The integrated use of physical education classes

The interdisciplinarity demanded by the laws governing education is an ex-

cellent opportunity for teachers to work holistically on different subjects. Indeed according to Ardoy et al. (2014), physical education is an ideal context for integrated cultivation of the body and mind. In recent years, there has been a proliferation in research intended to offer intellectual improvements through specific programmes directed from physical education classes (Costigan et al., 2016). There is ever greater consensus supporting the use of high intensity levels as one of the main variables in the search for physical and intellectual benefits (Ardoy et al., 2014; Ruiz-Ariza et al., 2019). Furthermore, the inclusion of sessions with a high load of cognitive demand has opened the doors to new research proposing the use of hybrid programmes that work on mathematics or language content in combination during practical PA sessions (Schmidt et al., 2015).

In 2014, Ardoy et al. showed that increasing physical education from 2 to 4 classes a week combined with greater intensity produced improvements in cognitive performance. Since these findings, new high intensity interval and cooperative proposals and interventions in physical education have appeared. For example, it has been demonstrated that a 12-week programme based on cooperative PA at an intensity of >85% of maximum heart rate (C-HIIT), during the first 16 minutes of PE classes (changing work-rest ratios from 20-40 seconds to 40-20 seconds in the last two weeks), produces improvements in cognitive performance variables, creativity, and emotional intelligence in adolescents, espe-

cially in those who were less physically active (Martínez-López et al., 2018 and Ruiz-Ariza et al., 2019). This programme included the use of observed and centralised wireless heart rate monitoring, projected onto a big screen via Bluetooth (*Seego Realtracksystems*®, Spain). This increased participants' motivation for the programme and they maintained greater interest in the required ranges of intensity. For these researchers, the social character of the cooperative exercises and playful and group decision making, are decisive factors for cognitive activation.

The increase in intellectual performance could partly relate to the improvements in mental well-being that young people achieve, as Costigan et al. (2016) found after a HIIT programme of 3 sessions of 8-10 minutes each per week over 8 weeks, with work-rest ratios of 30:30 seconds. Furthermore, the use of this type of idea allows physical education teachers to dedicate the rest of the class time to working on other content specified in the programmed teaching units. All of this is of interest for education as the inclusion of more hours of physical education and a new focus towards these stimuli would not negatively affect young people's educational performance but could in many cases actually improve it.

4.2. Active commuting to school and physical activity before the school day

For several years a number of researchers have been analysing the importance of PA for intellectual performance

from the start of the day. Accordingly, active commuting to school has appeared as an ideal stimulus for physical and cognitive activation before the school day (Martínez-Gómez et al., 2011; Ruiz-Ariza et al., 2017a). Recently, Ruiz-Ariza et al. (2015) and Domazet et al. (2016) have concluded that active commuting is beneficial for mental well-being and academic performance in mathematics in secondary education. In fact, young people aged 12 and 13 from rural schools who spend between 30 and 60 minutes on active commuting are more likely to achieve high academic performance in language and mathematics (García-Hermoso et al., 2017). Furthermore, it seems that girls who do more active journeys of more than 15 minutes per week have better academic performance in mathematics and better general academic performance while for boys, there was no significant association (Ruiz-Ariza et al., 2017a).

Starting the school day with a stimulus of 16 minutes of C-HIIT has an immediate effect on attention and concentration in the two hours immediately afterwards (Mezcua-Hidalgo et al., 2019). According to García-Hermoso et al. (2020), children aged between 8 and 10 experience significant improvements in attention, concentration, and performance in mathematics when the school day starts with 30 minutes of recreational coordination and decision-making games involving concentration (Active-Start Programme). Therefore, implementing PA programmes before school, such as C-HIIT or Active-Start,

can improve cardio-respiratory capacity and in parallel benefit attention-concentration capacity and academic success among schoolchildren.

4.3. Active breaks and recesses during the school day

Recent findings in neuroscience have shown that prolonged sedentary classes have a significant negative impact on students' academic performance (Martínez-López et al., 2020). Active breaks are a strategy that splits up the sedentary passage of the classes and contributes to the intellectual activation of young people (Mavilidi et al., 2020). Some studies have shown that a 5-10 minute PA session during the break between classes or pauses during the classes themselves produces improvements in students' mental response and reduces the time needed for successful completion of tasks (Howie et al., 2014). There is a consensus that when students display fatigue or slowness in class, they are showing symptoms of the need for an active break. Donnelly et al. (2017) found an improvement in intellectual skills after the TAKE 10! programme (10 min. \times 2 time/day \times 5 days/week). Using a similar programme, Mullender-Wijnsma et al. (2016) also observed improvements, but in more specific aspects of mathematics. It has also been shown that an active break of 15 minutes, as well as proposals with 2-3 breaks with active videogames, of 10 minutes each, are highly beneficial for selective attention (Van den Berg et al., 2019). However, for some researchers, active breaks of 4 minutes at a moderate or high intensity would be

sufficient to improve aspects such as memory, attention, concentration, or mathematical calculation (Ma et al., 2014). Including active breaks in the school day is therefore suggested in order to obtain benefits in intellectual variables that are very important for young people's learning and integrated development. Stimuli of 4 minutes (*FUNtervals* of 20 seconds at a high intensity + 10 seconds of rest, repeated eight times), or other programmes such as TAKE10! would be recommended.

But the main active break during the school day should be integrated into the recess. Active recesses are based on activation of the recess time using specific PA programmes. Altenburg et al. (2015) suggest that 15-20 minutes of PA at a moderate to vigorous intensity in every recess during the week is enough to improve the executive functions and the selective attention of children aged 8 to 13. This research group also found that having 2 active recesses of 20 minutes during the school day produces greater intellectual improvements than only having one. Although there is a growing body of evidence, there are still few interventions focussed on including two recess sessions during the school day.

Ultimately, moderate-high intensity active breaks and recesses with a recreational basis can be key to increasing the number of physically active young people and better intellectual performance. According to Drummy et al. (2016), active breaks can increase the amount of PA during the school day by 9.5 minutes. It

has also been shown that the greatest improvements in intellectual and academic aspects are obtained by combining active rests with tasks that entail cognitive engagement (Mavilidi et al., 2019). Based on this, schools should include at least one active rest of 4 minutes at a high intensity and one or two active breaks of 15-20 minutes in the school day. In addition, physically active academic sessions, carried out regularly, could also be the ideal stimulus for boosting intelligence in the educational setting (Mavilidi et al., 2015).

4.4. Physically active lessons

Physically active lessons comprise the integration of active games or tasks that involve movement in class at the same time as working on specific content. Mavilidi et al. (2015) found that vocabulary acquisition in a foreign language improved when learning was done through integrated active games. Reed et al. (2010) incorporated 30 minutes of PA into mathematics, language, and science classes (3 days/week for 3 months), finding improvements in intellectual fluidity. Two other international programmes, the F&V programme (PA for 10-15 min \times 3 days/week) (Mullender-Wijnsma et al., 2015, 2016) and the TEXAS-I CAN!® programme (10-15 min \times 5 days/week) (Bartholomew et al., 2018) found positive effects in academic performance from the fourth week of intervention.

A recent systematic review by Martínez-López et al. (2020) reported that the majority of the studies that used physically active academic sessions to improve

intellectual aspects related to intellectual fluidity, executive functions, or literacy obtained positive results. The results of other interventions, however, were not as consistent (Donnelly et al., 2017; Mavilidi et al., 2018; Mullender-Wijnsma et al., 2016). In general, programmes involving fine motor movements had greater cognitive effects than the gross motor programmes (Martínez-López et al., 2020). For example, in schoolchildren aged 6 to 12, using physically active lessons of 15 minutes' duration in which participants make different geometric shapes with their bodies while walking or jumping outdoors improves their intellectual abilities relating to mathematics and spatial perception (Donnelly & Lambourne, 2011). Mavilidi et al. (2015, 2018) carried out a set of studies in which they encouraged children to do different situations based on active learning. Children had to count numbers while jumping or walking along a path of numbers set out on the floor, dance while learning different words, imitate the movements of the animals that live in each continent while learning about the animals and their homes, or do journeys from the Sun to Mercury and repeat the process until they have passed through all of the planets, while learning their names and their distance from the Sun. These children generally scored higher on cognitive tests, were more active, and enjoyed the teaching-learning process more than their peers who were taught in traditional ways. These findings could also be adapted to secondary education and, at least at some moments, this resource could be integrated by activating the content of any subject.

5. Scientific-educational arguments that support the use of physical activity stimuli to cultivate intelligence

Numerous researchers have set out potential reasons why the different educational stimuli in PA shown above can have a significant influence on young people's intelligence. It seems that an increase in PA or in the level of physical fitness, especially cardiorespiratory fitness, promotes the buildup of d-β-hydroxybutyrate in the hippocampus or the expression of the *Fndc5* gene through the PGC1-α/ERR-α, transcriptional complex which lead to an increase in BDNF, which is key for intellectual capacity and cerebral plasticity (Sleiman et al., 2016). Doing PA and having increased physical fitness also improve the microstructure of the brain's white matter, increasing the efficiency of intellectual activity (Chaddock-Heyman et al., 2014). Furthermore, systematic PA practice promotes angiogenesis, neurogenesis, and synaptogenesis, which are phenomena that improve capillary density, cerebral vascularisation, the number of neurones, and the quality of synaptic connections, affecting the intellect (Adkins et al., 2006; Ruiz-Ariza et al., 2017b). Esteban-Cornejo et al. (2014) and Haapala (2013) reported that biological maturity can also shape the PA-intelligence relationship as young people with a higher level of maturity might have a more developed neuromuscular system, and so in parallel could achieve better scores in physical and intelligence tests. In the 1980s, Goldstein (1987) found that adolescents with a more mature skeleton had greater intellectual performance in comparison with those who displayed less

skeletal maturity. It appears that improvements in speed-agility capacity could benefit the neuromotor system and influence preactivation of the neocerebellum and the prefrontal cortex, leading to better cerebral processing and better intellectual abilities (Haapala et al., 2013). In addition, more practice of PA and participation in sporting activities reduces stress and anxiety at the same time as increasing self-esteem. This is because levels of serotonin, noradrenaline, and endorphins favour positive emotional sensations, improving behaviour in class and interest in learning (Ruiz-Ariza et al., 2019).

With regards to PA work integrated with academic-cognitive content, Schmidt et al. (2015) and Mavilidi et al. (2018) agree that information processes are shared at a motor and intellectual level and that parallel work could boost intellectual performance to a large extent. For example, running to a place where there are various cards with disordered letters and then creating the longest word possible when you arrive requires thinking, reasoning, discrimination between different visual stimuli, and choosing the most appropriate decision. This integrated activity would then activate participants physically and intellectually with the benefits this entails. Furthermore, the process of learning through bodily movement might make a decisive contribution to transforming abstract information into concrete and tangible concepts for schoolchildren (Mavilidi et al., 2019).

In addition, the significant effect of physical-cognitive interventions could

mainly be explained by theories of cognitive load or embodied cognition (Schmidt et al., 2019). Embodied cognition can be defined as bodily movements and positions that derive from the body's interactions with its environment and make it possible to process incoming information simultaneously through different systems (Schmidt et al., 2019). In this respect, it is argued that incorporating learning about motor actions helps with constructing higher quality mental representations, thus facilitating memory and learning (Madan & Singhal, 2012). The theory of cognitive load which, at a biological level, categorises the acquisition of information as primary and secondary, complements embodied cognition (Paas & Sweller, 2012). Biologically primary knowledge evolves naturally without explicit instruction, for example mother tongue acquisition or the use of unconscious movements. Biologically secondary knowledge is generally learnt through explicit instruction during formal education (for example, mathematics or sciences). Primary knowledge can be used to support the learning of complex secondary knowledge tasks (Mavilidi et al., 2018). Research into cognitive load has shown that certain semantic aspects are activated during specific motor tasks, thus demonstrating the relationship between sensorimotor mechanisms and intellectual processes (Mavilidi et al., 2018).

6. Final practical reflections and conclusion

This work has set out to analyse the effects of and associations between the

different types of PA practice, principally at school, on intellectual response in children and adolescents. Research that has implemented specific PA programmes at moments such as arrival at school, the start of the school day, breaks between classes and recess, as well as the use of PA integrated into ordinary class sessions, has mainly shown a positive effect on the intellectual capacities of children and adolescents that could make a significant contribution to improving their learning. Putting into practice programmes to promote daily PA that include 25 minutes or more of active commuting to school and/or active school starts, the inclusion of at least some active breaks of 4-5 minutes, sessions of between 30-45 minutes of physically active integrated academic classes, for two or three days a week, as well as the use of active recesses is suggested. Establishing long-term programmes that stimulate PA outside school and improve physical fitness levels would be ideal to boost cognitive-academic benefits further. To this end, cooperative work between families, schools, and teachers is key within this educational process. Physical education teachers can provide integrated coordination and guidance for these interventions.

References

- Åberg, M. A. I., Pedersen, N. L., Torén, K., Svartengren, M., Bäckstrand, B., Johnsson, T., Cooper-Kuhn, C. M., Åberg, N. D., Nilsson, M., & Kuhn, H. G. (2009). Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106* (49), 20906-20911. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905307106>
- Adkins, D. L., Boychuk, J., Remple, M. S., & Kleim, J. A. (2006). Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *Journal of Applied Physiology*, *101* (6), 1776-1782. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00515.2006>
- Altenburg, T. M., Chinapaw, M. J. M., & Singh, A. S. (2015). Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *19* (10), 820-824. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.12.003>
- Arday, D. N., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R., & Ortega, F. B. (2014). A Physical Education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: The EDUFIT study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *24* (1), e52-e61. <https://doi.org/10.1111/sms.12093>
- Bartholomew, J. B., Golaszewski, N. M., Jowers, E., Korinek, E., Roberts, G., Fall, A., & Vaughn, S. (2018). Active learning improves on-task behaviors in 4th grade children. *Preventive Medicine*, *111*, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.02.023>
- Bradley, J., Keane, F., & Crawford, S. (2013). School sport and academic achievement. *Journal of School Health*, *83* (1), 8-13. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2012.00741.x>
- Brown, B. J. (1977). The effect of an isometric strength program on the intellectual and social development of trainable retarded males. *American Corrective Therapy Journal*, *31* (2), 44-48.
- Chaddock-Heyman, L., Hillman, C. H., Cohen, N. J., & Kramer, A. F. (2014). III. The importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *79* (4), 25-50. <https://doi.org/10.1111/mono.12129>
- Corder, W. O. (1966). Effects of physical education on the intellectual, physical, and social development of educable mentally retarded boys. *Exceptional Children*, *32* (6), 357-366.

- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Hillman, C. H., & Lubans, D. R. (2016). High-intensity interval training for cognitive and mental health in adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48 (10), 1985-1993. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000993>
- Da Costa, B. G., da Silva, K. S., da Silva, J. A., Minatto, G., de Lima, L. R., & Petroski, E. L. (2017). Sociodemographic, biological, and psychosocial correlates of light-and moderate-to-vigorous-intensity physical activity during school time, recesses, and physical education classes. *Journal of Sport and Health Science*, 8 (2), 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.05.002>
- Domazet, S. L., Tarp, J., Huang, T., Gejl, A. K., Andersen, L. B., Froberg, K., & Bugge, A. (2016). Associations of physical activity, sports participation and active commuting on mathematic performance and inhibitory control in adolescents. *PloS One*, 11 (1), e0146319.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Greene, J. L., Hansen, D. M., Gibson, C. A., Sullivan, D. K., & Herrmann, S. D. (2017). Physical activity and academic achievement across the curriculum: Results from a 3-year cluster-randomized trial. *Preventive Medicine*, 99, 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.02.006>
- Donnelly, J. E., & Lambourne, K. (2011). Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. *Preventive Medicine*, 52, S36-S42. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.021>
- Drummy, C., Murtagh, E. M., McKee, D. P., Breslin, G., Davison, G. W., & Murphy, M. H. (2016). The effect of a classroom activity break on physical activity levels and adiposity in primary school children. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 52 (7), 745-749. <https://doi.org/10.1111/jpc.13182>
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Martínez-Gómez, D., Del-Campo, J., González-Galo, A., Padilla-Moledo, C., & Veiga, O. L. (2014). Independent and combined influence of the components of physical fitness on academic performance in youth. *The Journal of Pediatrics*, 165 (2), 306-312.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.04.044>
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Sallis, J. F., & Veiga, O. L. (2015). Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18 (5), 534-539. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.07.007>
- García-Hermoso, A., Hormazábal-Aguayo, I., Fernández-Vergara, O., González-Calderón, N., Russell-Guzmán, J., Vicencio-Rojas, F., & Ramírez-Vélez, R. (2020). A before-school physical activity intervention to improve cognitive parameters in children: The Active-Start study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30 (1), 108-116. <https://doi.org/10.1111/sms.13537>
- García-Hermoso, A., Saavedra, J. M., Olloquequi, J., & Ramírez-Vélez, R. (2017). Associations between the duration of active commuting to school and academic achievement in rural Chilean adolescents. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 22, Article 31. <https://doi.org/10.1186/s12199-017-0628-5>
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York, Basic Books.
- Goldstein, H. S. (1987). Skeletal maturity and cognitive development of 12- to 17-year old males. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 29 (3), 348-50.
- Guijarro-Romero, S., Mayorga-Vega, D., Casado-Robles, C., & Viciano, J. (2019). Una unidad didáctica intermitente de acondicionamiento físico solo mejora los niveles de capacidad cardiorrespiratoria de los estudiantes con un perfil no saludable de condición física [An intermittent physical conditioning teaching unit only improves the cardiorespiratory capacity levels of students with an unhealthy physical condition profile.]. *Retos*, 38 (38), 8-15. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.73605>
- Haapala, E. (2013). Cardiorespiratory fitness and motor skills in relation to cognition and academic performance in children - A review. *Journal of Human Kinetics*, 36 (1), 55-68. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0006>

- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental Psychology, 45* (1), 114-129. <https://doi.org/10.1037/a0014437>
- Hillman C. H., Erickson K. I., & Kramer A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience, 9* (1), 58-65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Hogan, H. (1978). IQ self-estimates of males and females, *Journal of Social Psychology, 106*, 137-138.
- Howie, E. K., Beets, M. W., & Pate, R. R. (2014). Acute classroom exercise breaks improve on-task behavior in 4th and 5th grade students: A dose-response. *Mental Health and Physical Activity, 7* (2), 65-71. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.05.002>
- Ma, J. K., Le Mare, L., & Gurd, B. J. (2014). Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9-to 11-year olds. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 40* (3), 238-244. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0309>
- Madan, C. R., & Singhal, A. (2012). Using actions to enhance memory: Effects of enactment, gestures, and exercise on human memory. *Frontiers in Psychology, 3*, Article 507. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00507>
- Martínez-Gómez, D., Ruiz, J. R., Gómez-Martínez, S., Chillón, P., Rey-López, J. P., Díaz, L. E., & Marcos, A. (2011). Active commuting to school and cognitive performance in adolescents: The AVENA study. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 165* (4), 300-305. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2010.244>
- Martínez-López, E. J., de la Torre-Cruz, M. J., Suarez-Manzano, S., & Ruiz-Ariza, A. (2018). 24 sessions of monitored cooperative high-intensity interval training improves attention-concentration and mathematical calculation in secondary school. *Journal of Physical Education and Sport, 18* (3), 1572-1582. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.03232>
- Martínez-López, E. J., Ruiz-Ariza, A., de la Torre-Cruz, M., & Suárez-Manzano, S. (2020). Alternatives of physical activity within school times and effects on cognition. A systematic review and educational practical guide. *Psicología Educativa*. Advance online publication. <https://doi.org/10.5093/psed2020a16>
- Mavilidi, M. F., Drew, R., Morgan, P. J., Lubans, D. R., Schmidt, M., & Riley, N. (2020). Effects of different types of classroom physical activity breaks on children's on-task behaviour, academic achievement and cognition. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics, 109* (1), 158-165. <https://doi.org/10.1111/apa.14892>
- Mavilidi, M., Lubans, D., Eather, N., Morgan, P., & Riley, N. (2018). Preliminary efficacy and feasibility of "Thinking While Moving in English": A program with physical activity integrated into primary school English lessons. *Children, 5* (8), Article 109. <https://doi.org/10.3390/children5080109>
- Mavilidi, M. F., Lubans, D. R., Morgan, P. J., Miller, A., Eather, N., Karayanidis, F., & Riley, N. (2019). Integrating physical activity into the primary school curriculum: Rationale and study protocol for the "Thinking while Moving in English" cluster randomized controlled trial. *BMC Public Health, 19*, Article 379. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6635-2>
- Mavilidi, M. F., Okely, A. D., Chandler, P., Cliff, D. P., & Paas, F. (2015). Effects of integrated physical exercises and gestures on preschool children's foreign language vocabulary learning. *Educational Psychology Review, 27*, 413-426. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9337-z>
- Mezcua-Hidalgo, A., Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., & Martínez-López, E. J. (2019). 48-hour effects of monitored cooperative high-intensity interval training on adolescent cognitive functioning. *Perceptual and Motor Skills, 126* (2), 202-222. <https://doi.org/10.1177/0031512518825197>
- Mezcua-Hidalgo, A., Ruiz-Ariza, A., Loureiro, V., & Martínez-López, E. J. (2020). Capacidades físicas y su relación con la memoria, cálculo matemático, razonamiento lingüístico y creatividad en adolescentes [Physical capacities and their relationship to memory, mathe-

- mathematical calculation, linguistic reasoning and creativity in adolescents]. *Retos*, 37, 473-479.
- Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Doolaard, S., & Visscher, C. (2015). Moderate-to-vigorous physically active academic lessons and academic engagement in children with and without a social disadvantage: A within subject experimental design. *BMC Public Health*, 15, Article 404. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1745-y>
- Mullender-Wijnsma, M. J., Marijke, J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Doolaard, S., Bosker, R. J., & Visscher, C. (2016). Physically active math and language lessons improve academic achievement: A cluster randomized controlled trial. *Pediatrics*, 137 (3), 1-9. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-2743>
- Paas, F., & Sweller, J. (2012). An evolutionary upgrade of cognitive load theory: Using the human motor system and collaboration to support the learning of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 24 (1), 27-45. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9179-2>
- Pérez-Sánchez, L., Carpintero-Molina, E., Beltrán-Llera J., & Baillo-Rodríguez De Las Heras, M. C. (2012). Estimación de la inteligencia en los adolescentes [Estimating intelligence in adolescents]. **revista española de pedagogía**, 70 (253), 461-478.
- Petrides, K. V., Mikolajczak, M., Mavroveli, S., Sanchez-Ruiz, M. J., Furnham, A., & Pérez-González, J. C. (2016). Developments in trait emotional intelligence research. *Emotion Review*, 8 (4), 335-341. <https://doi.org/10.1177/1754073916650493>
- Reed, J. A., Einstein, G., Hahn, E., Hooker, S. P., Gross, V. P., & Kravitz, J. (2010). Examining the impact of integrating physical activity on fluid intelligence and academic performance in an elementary school setting: A preliminary investigation. *Journal of Physical Activity and Health*, 7 (3), 343-351. <https://doi.org/10.1123/jpah.7.3.343>
- Ruiz-Ariza, A., de la Torre-Cruz, M. J., Redecillas-Peiro, M. T., & Martínez-López, E. J. (2015). Influence of active commuting on happiness, well-being, psychological distress and body shape in adolescents. *Gaceta Sanitaria*, 29 (6), 454-457. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.06.002>
- Ruiz-Ariza, A., De la Torre-Cruz, M. J., Suárez-Manzano, S., & Martínez-López, E. J. (2017a). Active commuting to school influences on academic performance of Spanish adolescent girls. *Retos*, 32, 39-43. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i32.51614>
- Ruiz-Ariza, A., Grao-Cruces, A., de Loureiro, N. E. M., & Martínez-López, E. J. (2017b). Influence of physical fitness on cognitive and academic performance in adolescents: A systematic review from 2005-2015. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 10 (1), 108-133. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2016.1184699>
- Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., López-Serrano, S. & Martínez-López, E. J. (2019). The effect of cooperative high-intensity interval training on creativity and emotional intelligence in secondary school: A randomised controlled trial. *European Physical Education Review*, 25 (2), 355-373. <https://doi.org/10.1177/1356336X17739271>
- Schmidt, M., Benzing, V., Wallman-Jones, A. R., Mavilidi, M.-F., Lubans, D., & Paas, F. (2019). Embodied learning in the classroom: Effects on primary school children's attention and foreign language vocabulary learning. *Psychology of Sport & Exercise*, 43, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.12.017>
- Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebbers, C. M., & Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise affects executive functions in primary school children: A group-randomized controlled trial. *Journal Sport Exercise Psychol*, 37 (6), 575-591. <https://doi.org/10.1123/jsep.2015-0069>
- Sleiman, S. F., Henry, J., Al-Haddad, R., El Hayek, L., Haidar, E. A., Stringer, T., & Ninan, I. (2016). Exercise promotes the expression of brain derived neurotrophic factor (BDNF) through the action of the ketone body -hydroxybutyrate. *Elife*, 5, Article e15092. <https://doi.org/10.7554/eLife.15092>
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of intelligence*. Cambridge University Press.
- Steele, R. M., van Sluijs, E. M., Sharp, S. J., Landsbaugh, J. R., Ekelund, U., & Griffin,

S. J. (2010). An investigation of patterns of children's sedentary and vigorous physical activity throughout the week. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7 (1), 88. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-88>

Tomporowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational Psychology Review*, 20 (2), 111-131. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9057-0>

Van den Berg, V., Saliassi, E., de Groot, R. H., Chinapaw, M. J., & Singh, A. S. (2019). Improving cognitive performance of 9-12 years old children: Just dance? A randomized controlled trial. *Frontiers in Psychology*, 10, 174. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00174>

Vicente-Rodríguez, G., Benito, P. J., Casajús, J. A., Ara, I., Aznar, S., Castillo, M. J., Dorado, C., González-Agüero, A., González-Gallego, J., González-Gross, M., Gracia-Marco, L., Gutiérrez, A., Gusi, N., Jiménez-Pavón, D., Lucía, A., Márquez, S., Moreno, L., Ortega, F. B., de Paz, J. A.,... Valtueña, J. (2016). Actividad física, ejercicio y deporte en la lucha contra la obesidad infantil y juvenil [Physical activity, exercise and sport practice to fight against youth and childhood obesity]. *Nutrición Hospitalaria*, 33 (9), 1-21. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.828>

Authors' biographies

Alberto Ruiz-Ariza. International Doctorate in Didactic Innovation and Teacher Training. He is currently an Assistant Professor at the Universidad de Jaén. He has been visiting researcher in various countries, most notably at the Playful Learning Center at the Faculty of Education, Helsinki (Finland). He has published in JCR-Q1 journals in the area of "Education and Educational Research" and in SJR-Q1 in the area of "Education". He has also won several research prizes.

 <https://orcid.org/0000-0003-0351-1490>

Sara Suárez-Manzano. Academic Training contract with the Ministry of Science, Innovation, and Universities. She is currently working on her International Doctorate in Teaching Innovation and Teacher Training. She has been visiting researcher in various countries, most notably at the Faculty of Education, Helsinki (Finland). She has published in JCR-Q1 journals in the area of "Education and Educational Research" and in SJR-Q1 in the area of "Education". She has made numerous contributions at international conferences and over a dozen book chapters with publishers with the highest level.

 <https://orcid.org/0000-0002-8753-240X>

Sebastián López-Serrano. International Doctorate in Didactic Innovation and Teacher Training. He has worked as a Teaching Fellow at the Universidad de Jaén. He has been visiting researcher in various countries, most notably at the Escola Superior de Educação, Beja (Portugal). He has published more than a dozen articles in JCR and SJR ranked publications, all of them on subjects related to active methodologies and educational innovation. He has also won various research and scientific-educational outreach prizes.

 <https://orcid.org/0000-0001-5692-223X>

Emilio J. Martínez-López. Doctorate in Physical Education from the Universidad de Granada. Full Professor in the Faculty of Humanities and Educational Sciences of the Universidad de Jaén.

Director of the AFAES (Physical Activity Applied to Education and Health) research group. Lead researcher on the ongoing R&D&I project “Flipped classroom, active homework and Physical Education. Effects on emotional intelligence, acquisition of competences and techno-stress

(FCAHPE Study)” funded by the Spanish Ministry of Science, Innovation, and Universities (Code: RTI2018-095878-B-100). He has many publications, including several JCR-Q1 and SJR-Q1.



<https://orcid.org/0000-0001-6395-0263>

La actividad física como medio para cultivar la inteligencia en el contexto escolar*

Physical activity as means of cultivating intelligence in a school context

Dr. Alberto RUIZ-ARIZA. Profesor Ayudante Doctor. Universidad de Jaén (arariza@ujaen.es).

Sara SUÁREZ-MANZANO. Contratada FPU del Ministerio. Universidad de Jaén (ssuarez@ujaen.es).

Dr. Sebastián LÓPEZ-SERRANO. Profesor Sustituto Interino. Universidad de Jaén (slserran@ujaen.es).

Dr. Emilio J. MARTÍNEZ-LÓPEZ. Catedrático de Universidad. Universidad de Jaén (emilioml@ujaen.es).

Resumen:

La inteligencia es considerada como la capacidad de entender, razonar, comprender y tomar decisiones con base en una situación determinada. Los avances neuroeducativos de las últimas décadas muestran que la actividad física es una variable clave para un adecuado desarrollo de la inteligencia, sobre todo durante la compleja etapa de la adolescencia. La asociación de la actividad física con la inteligencia ha sido abordada en múltiples estudios transversales, y los efectos de programas de intervención longitudinales entre actividad física e inteligencia han sido analizados en varios estudios de revisión sistemática y metanálisis. Sin embargo, son menos los estudios dedicados a un enfoque más teórico/episte-

mológico y al desarrollo de propuestas prácticas específicas de intervenciones didácticas dentro del contexto educativo. Este ensayo pretende mostrar los resultados científicos más relevantes de asociación y efectos de la actividad física en la inteligencia, así como ofrecer pautas y sugerencias didácticas para el empleo de la actividad física como medio para cultivar la inteligencia en el contexto escolar. Para ello, se muestran estrategias basadas en el aumento de la actividad física diaria y la condición física, el uso integral de las clases de Educación Física, el desplazamiento activo al colegio y los inicios escolares activos, los descansos y recreos activos, y finalmente la impartición combinada de sesiones académicas físicamente activas.

* Este trabajo ha sido apoyado y financiado por el Proyecto I+D+I del Ministerio de Ciencia Innovación y Universidades de España (RTI2018-095878-B-I00) y por el Grupo de Investigación HUM-943: Actividad Física Aplicada a la Educación y la Salud (Universidad de Jaén, España).

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 30-09-2020.

Cómo citar este artículo: Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., López-Serrano, S. y Martínez-López, E. J. (2021). La actividad física como medio para cultivar la inteligencia en el contexto escolar | *Physical activity as means of cultivating intelligence in a school context*. *Revista Española de Pedagogía*, 79 (278), 161-177. doi: <https://doi.org/10.22550/REP79-1-2021-04>

<https://revistadepedagogia.org/>

ISSN: 0034-9461 (Impreso), 2174-0909 (Online)

Descriptor: actividad física, clases físicamente activas, cognición, descansos activos, Educación Física, inteligencia, movimiento.

Abstract:

Intelligence is considered to be the ability to understand, reason, and make decisions based on a given situation. Neuroeducational advances in recent decades show that physical activity is a key variable for adequate development of intelligence, especially during the complex stage of adolescence. Numerous cross-sectional studies have considered the link between physical activity and intelligence, and the effects on intelligence of longitudinal physical activity intervention programmes have been analysed in several systematic reviews and meta-analyses. However, there have been fewer studies focussing on a more theoretical/epistemolog-

ical approach and the development of specific practical proposals for didactic interventions within the educational setting. This work aims to show the most relevant scientific results relating to the association between and effects of physical activity on intelligence and it offers didactic guidelines and suggestions for the use of physical activity as a means of cultivating intelligence in a school setting. For this purpose, strategies based on increasing daily physical activity and physical fitness, the comprehensive use of physical education classes, active commuting to school and active school starts, active breaks and recesses, and finally the combined teaching of physically active academic sessions, are shown.

Keywords: physical activity, physically active classes, cognition, active breaks, physical education, intelligence, movement.

1. Introducción

El cultivo de la inteligencia ha sido foco de interés para los profesionales de la educación a lo largo de la historia (Tomporowski et al., 2008). En las últimas décadas, el concepto de inteligencia ha evolucionado considerablemente desde una concepción asociada al coeficiente intelectual [CI] (Hogan, 1978) hasta una división más amplia explicada por diferentes dominios (Pérez-Sánchez et al., 2012). Esta última tendencia ha encontrado precursores en nuevos modelos multifactoriales, como las inteligencias múltiples de Gardner (1983) o la inteligencia triárquica de Sternberg (1985). Los nuevos patrones de estudio de la inteligencia han pasado también de

estar tradicionalmente ligados a aspectos lógico-matemáticos, memorísticos o lingüísticos, a una valoración más global que incluye aspectos relacionados con la inteligencia cinestésico-corporal, espacial, inteligencia emocional o la creatividad (Petrides et al., 2016; Ruiz-Ariza et al., 2019).

Dentro del ámbito educativo, la inteligencia es considerada un elemento clave para asimilar, razonar y procesar correctamente la información, e interviene decisivamente en el control de las funciones ejecutivas y el comportamiento más adecuado para el aprendizaje (Esteban-Cornejo et al., 2015; Ruiz-Ariza et al., 2017b). Se ha comprobado que la inteligencia puede mejorar durante

toda la etapa educativa y está asociada a un mejor rendimiento escolar y un mayor éxito laboral en el futuro (Petrides et al., 2016; Tomporowski et al., 2008). La etapa escolar se caracteriza porque el cerebro del niño muestra una gran plasticidad y una gran capacidad de aprendizaje (Hillman et al., 2008). Sin embargo, la adolescencia es considerada una etapa crítica desde un punto de vista evolutivo, hormonal y social que en ocasiones desemboca en un estancamiento de las habilidades intelectuales, así como en un empeoramiento académico (Esteban-Cornejo et al., 2015). Para algunos investigadores, la práctica sistemática de actividad física [AF] puede contribuir a la maduración adecuada durante esta etapa e influir significativamente en el desarrollo intelectual de estos jóvenes (Åberg et al., 2009).

Numerosas revisiones sistemáticas y metanálisis de la última década han mostrado que la AF sistemática mejora el funcionamiento mental, los procesos relacionados con la inteligencia humana y el rendimiento académico escolar (Chaddock-Heyman et al., 2014; Esteban-Cornejo et al., 2015; Tomporowski et al., 2008). Sin embargo, el concepto de AF y su ámbito educativo de aplicación es muy amplio y engloba múltiples actuaciones como el uso integral de la clases de Educación Física (Ardoy et al., 2014; Costigan et al., 2016), el fomento de la práctica de AF extraescolar (Bradley et al., 2013), el desplazamiento activo al centro educativo o los inicios escolares activos (García-Hermoso et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2011), los descansos y recreos activos (Ma et al., 2014), o las clases académicas físicamente activas que combinan el juego activo con contenidos académicos en tareas integradas (Mavilidi et al., 2018).

De una forma más detallada, la práctica de AF durante el horario escolar ha mostrado mejoras cognitivas en los estudiantes tales como la eficiencia neuronal, la atención, la concentración, la toma de decisiones (Chaddock-Heyman et al., 2014), el cálculo matemático (Martínez-López et al., 2018), así como la inteligencia emocional y la creatividad (Ruiz-Ariza et al., 2019). Estudios recientes han mostrado que los estímulos de AF favorecen la sinaptogénesis cerebral e incrementan los niveles del factor neurotrófico derivado del cerebro [BDNF], multiplicando las conexiones cerebrales que intervienen durante el aprendizaje (Sleiman et al., 2016). Otros autores, sustentan esta relación, entre AF e inteligencia, con base en las teorías de la carga cognitiva y la cognición corpórea, que fundamentan el éxito del aprendizaje en la combinación desde las primeras edades del juego motor y la impartición de contenidos académicos mediante la AF integrada (Mavilidi et al., 2018, 2019).

A pesar de lo anterior, la mayoría de centros educativos aún mantienen una enseñanza tradicional sedentaria durante la mayoría del tiempo escolar (Steele et al., 2010). En general, los jóvenes que comienzan la adolescencia solo emplean un 5% del horario escolar a AF de intensidad moderada a vigorosa y presentan niveles muy bajos de práctica motriz durante los descansos o recreos (Da Costa et al., 2017). Llegados a este punto, es importante que los docentes conozcan propuestas didácticas específicas para aprovechar los beneficios intelectuales que producen los diferentes estímulos de AF descritos, y cómo se podrían hibridar aspectos académicos y motrices para potenciar el aprendizaje (Martínez-López et al., 2020). El

presente trabajo pretende mostrar los resultados científicos más destacados de la relación AF-inteligencia, así como ofrecer pautas didácticas a los docentes. Se muestran estrategias dirigidas al incremento de la AF diaria y mejora de la condición física de los estudiantes, al diseño integral de las clases de Educación Física, el desplazamiento activo y los inicios escolares activos, los descansos y recreos activos, así como la combinación de sesiones académicas físicamente activas.

2. Los peripatéticos tenían razón: Desde las costumbres de los filósofos hasta los actuales hallazgos científicos sobre actividad física e inteligencia

A lo largo de la historia, la AF ha sido un elemento esencial para la supervivencia y el desarrollo humano. Ya en la época de los antiguos griegos, existía la creencia de que la AF estaba vinculada de alguna forma con las habilidades intelectuales (Tomporowski et al., 2008). Aristóteles (335 a.C), acostumbraba a pasear con sus discípulos por el jardín del Liceo, *el peripatos*, al mismo tiempo que reflexionaban. Esta acción de *pasear* se traduce en griego como *peripatêin*. De ambos términos surgió el nombre de la *escuela peripatética* y sus seguidores recibieron el peculiar nombre de *los peripatéticos*, debido a la costumbre de filosofar sobre distintos temas mientras caminaban. Parece ser que los peripatéticos estaban convencidos de que de esta manera su mente razonaba mejor y que, en movimiento, el cerebro aprendía y procesaba más rápidamente la información. Poco después, entre el s. I y II, el poeta latino Juvenal acuñó la cita: «*mens sana in corpore sano*» (Sátira X, línea 356), asociada a la

relación integral entre cuerpo y la mente, utilizada hoy día por multitud de neurocientíficos para resaltar la importancia del movimiento para el cerebro humano.

Ya en el s. XVIII, otro pensador como Rousseau (1712-1778) se aficionó al paseo e incluyó entre sus hábitos realizar largas caminatas diarias que aprovechaba para contemplar el paisaje, pensar y reflexionar entre la tranquilidad de la naturaleza, manifestando que de esta manera su inspiración se potenciaba. Filósofos contemporáneos y posteriores aplicaban también a su propia vida los beneficios cognitivos del movimiento. Kant (1724-1804) paseaba todas las tardes por las inmediaciones de su pueblo (Königsberg, actual Kaliningrado) y cuando regresaba a su casa, inmediatamente se ponía a pensar y escribir. Según manifestaba, era el momento en el que sentía una mayor activación cognitiva y mejores ideas. Poco después, en el s. XIX, Nietzsche mantenía que «los mejores pensamientos son los que se conciben paseando». Este filósofo, para buscar inspiración y concentración, salía a pasear por las montañas, lagos y cascadas que rodeaban su pueblo en los Alpes (Sils-María).

Recientes estudios, llevados a cabo en las dos últimas décadas, demuestran que los peripatéticos tenían razón. Los resultados muestran que la AF aporta beneficios intelectuales que son fundamentales para la atención, concentración, el procesamiento de la información, la memoria y el aprendizaje. El estudio de Hillman et al. (2009), pionero en el campo de la neuroimagen, mostró que, tras realizar una caminata de 20 minutos al 60 % de intensidad, aumentaba la activación cerebral de los jóvenes participantes,

provocando mejoras en la atención y la velocidad de procesamiento mental, en comparación con el grupo control que se mantuvo en reposo. Otros estudios más recientes, muestran también cómo la práctica de AF está positivamente relacionada con la inteligencia emocional y la creatividad (Ruiz-Ariza et al., 2019). Por tanto, tal y como afirmaba Aristóteles, una simple caminata a intensidad moderada puede producir un incremento del flujo sanguíneo cerebral y mejorar, por tanto, los procesos cognitivos, emocionales o creativos (Hillman et al., 2008). En los siguientes apartados se desglosa la relación AF-inteligencia y se ofrecen pautas y propuestas para su inclusión a nivel educativo.

3. Experiencias previas basadas en el fomento de la actividad física diaria, la condición física y la evaluación del rendimiento intelectual en jóvenes

Estudios previos han mostrado que la AF está altamente relacionada con mejoras en el intelecto, especialmente si se lleva a cabo a una intensidad moderada o vigorosa [AFMV] (Hillman et al., 2008; Tomporowski et al., 2008). La Organización Mundial de la Salud ha reconocido como jóvenes físicamente activos a aquellos que realicen al menos 1h de AFMV al día durante todos los días de la semana. Sin embargo, la práctica de AF ha sufrido un descenso progresivo durante los últimos años en los jóvenes españoles, especialmente entre los 12 y 18 años, que invierten únicamente un 10 % del tiempo a este tipo de actividad (Vicente-Rodríguez et al., 2016).

Estudios pioneros de la década de 1960, ya analizaron los efectos de la AF sobre la

inteligencia medida mediante el CI. Corder (1966), utilizó la Escala de Inteligencia Wechsler para evaluar el efecto de 20 días de un programa de AF de 60 minutos (ejercicios con el propio cuerpo y carreras) en niños de entre 12 y 16 años con discapacidad intelectual leve (CI medio=66). Como resultado, el programa de AF provocó mejoras en la escala total y en la escala verbal del test. Por su parte, Brown (1977) trabajó con 40 niños de 12 años (CI medio=35) con un programa de 6 semanas de AF. Tras el mismo, se comprobó que los participantes del grupo experimental mejoraron su CI y la madurez social, medidos con la prueba de inteligencia de Stanford-Binet y la escala de Vineland, respectivamente. Las mejoras se justificaron basándose en que el ejercicio físico provocaba demandas mentales de forma paralela y hacía que los participantes estuvieran atentos, usaran la memoria y los procesos de razonamiento, y controlaran los movimientos motores. Aunque la mayoría de estudios en esta línea muestran una asociación y un efecto positivos entre AF e inteligencia, a veces no es posible determinar la intensidad de la AF realizada, ni está claro qué métodos de instrucción se emplearon. Además, otra explicación posible es que las pruebas usadas de CI solo proporcionan medidas globales que pueden no ser lo suficientemente sensibles para detectar cambios específicos en aspectos concretos del funcionamiento cognitivo provocados por la AF (Tomporowski et al., 2008).

Por otro lado, la práctica sistemática de AF tiene entre sus principales efectos la mejora de la condición física del individuo. Aunque este efecto requiere un proceso de adaptación fisiológica que requiere tiempo, existe hoy día toda una línea de investiga-

ción bastante contrastada que relaciona la mejora del nivel físico con la maduración intelectual (Åberg et al., 2009). La condición física está compuesta por la capacidad cardiorrespiratoria, velocidad, fuerza muscular y la flexibilidad, que en el contexto escolar son evaluadas habitualmente mediante baterías de tests como ALPHA-Fitness o EUROFIT. Durante los últimos 20 años, son muchos los estudios que han mostrado que un buen nivel de condición física influye positivamente en las habilidades intelectuales de los jóvenes (Chaddock-Heyman et al., 2014; Ruiz-Ariza et al., 2017b). Por ejemplo, Mezcua-Hidalgo et al. (2020), recientemente han comprobado que la resistencia cardiorrespiratoria es la capacidad física que en mayor medida se asocia con el intelecto. Hallaron que los adolescentes que tienen mejor capacidad cardiorrespiratoria presentan unos niveles más altos de memoria, cálculo matemático, velocidad de razonamiento lingüístico y creatividad, independientemente de su edad, sexo e índice de masa corporal. Como curiosidad, un estudio muy representativo con más de un millón de participantes, mostró que la capacidad cardiorrespiratoria, alcanzada entre los 15-18 años, predecía la inteligencia al superar la mayoría de edad (Åberg et al., 2009).

Por otra parte, otros estudios obtuvieron relación entre la velocidad-agilidad y el rendimiento escolar en Matemáticas o Lengua (Esteban-Cornejo et al., 2014; Martínez-López et al., 2018). Haapala (2013) demostró que este componente se asocia con la memoria, con el control inhibitorio y la atención, y que consecuentemente, bajos niveles de velocidad-agilidad podrían entorpecer el desarrollo intelectual y académico. En relación a la fuerza muscular los resultados son

contradictorios. Aunque algunos estudios han mostrado relación positiva entre el nivel de fuerza muscular y el rendimiento académico, otros comprobaron que dicha relación perdía la significatividad cuando se analizaba de forma combinada con la capacidad cardiorrespiratoria y la velocidad-agilidad (Ruiz-Ariza et al., 2017b). Por último, no se ha constatado relación positiva entre diferentes niveles de flexibilidad y la inteligencia (Ruiz-Ariza et al., 2017b). La fuerza y flexibilidad parecen no estar muy relacionadas con el intelecto y, por tanto, se sugiere que los programas de intervención vayan enfocados mayormente a la capacidad cardiorrespiratoria y a la velocidad-agilidad. De acuerdo con lo anterior, se recomienda el empleo de unidades didácticas intermitentes enfocadas a la mejora de la condición física cardiorrespiratoria (Guijarro-Romero et al., 2019) o la inclusión de programas interválicos de alta intensidad al inicio de las clases de Educación Física. Estos programas deberían estar basados preferentemente en ejercicios cooperativos que conlleven habilidades motrices, coordinación y trabajo del componente aeróbico (Martínez-López et al., 2018).

4. Modalidades de práctica de actividad física como medio para cultivar la inteligencia en el contexto escolar

4.1. El uso integral de las clases de Educación Física

La interdisciplinariedad que se demanda desde las leyes educativas presenta una excelente oportunidad en el profesorado para trabajar las distintas asignaturas de manera holística. En este sentido, según Ardoy et al. (2014), la Educación Física es un contexto

ideal para cultivar el cuerpo y la mente de forma integral. En los últimos años han proliferado las investigaciones que pretenden ofrecer mejoras intelectuales mediante programas específicos dirigidos desde las clases de Educación Física (Costigan et al., 2016). Cada vez existe más consenso que apoya el empleo de la alta intensidad como una de las principales variables en la búsqueda de beneficios físicos e intelectuales (Arday et al., 2014; Ruiz-Ariza et al., 2019). Además, la inclusión de sesiones con alta carga de demanda cognitiva ha abierto las puertas de nuevas investigaciones que proponen el empleo de programas híbridos donde se trabajen de forma combinada contenidos de Matemáticas o Lengua durante sesiones prácticas de AF (Schmidt et al., 2015).

En 2014, Arday et al. mostraron que el aumento de 2 a 4 clases semanales de Educación Física, combinado con una mayor intensidad de las mismas, produjo mejoras en el rendimiento cognitivo. Tras estos hallazgos, han aparecido nuevas propuestas e intervenciones de alta intensidad interválica y cooperativa en Educación Física. Por ejemplo, se ha constatado que un programa de 12 semanas basado en AF cooperativa a una intensidad de >85 % de la frecuencia cardiaca máxima (C-HIIT), durante los primeros 16 minutos de las clases de EF (adaptación de los ratios de trabajo-descanso desde 20-40 segundos hasta 40-20 segundos en las 2 últimas semanas), produce mejoras en variables de rendimiento cognitivo, en la creatividad y en la inteligencia emocional de los adolescentes, especialmente en aquellos que eran menos activos físicamente (Martínez-López et al., 2018 y Ruiz-Ariza et al., 2019). En este programa se incluyó el uso de pulsometría

inalámbrica, monitorizada y centralizada, que era proyectada mediante *bluetooth* en una pantalla gigante (*Seego Realtracksystems®*, Spain). De esta manera, los participantes aumentaban la motivación por el programa y se mantenían con mayor interés en los rangos de intensidad requeridos. Para estos investigadores, el carácter social de los ejercicios cooperativos y la toma de decisiones lúdicas y grupales, son factores determinantes para la activación cognitiva.

Es posible que el incremento del rendimiento intelectual esté en parte relacionado con las mejoras en el bienestar mental que alcanzan los jóvenes, tal y como obtuvieron Costigan et al. (2016) tras un programa HIIT de 8-10 minutos, 3 sesiones/semana durante 8 semanas, con ratios trabajo-descanso de 30:30 segundos. Además, el uso de este tipo de propuestas permite a los profesores de Educación Física dedicar el resto del tiempo de clase al trabajo de otros contenidos establecidos en las unidades didácticas programadas. Todo esto resulta de interés para la educación, ya que la inclusión de más horas de Educación Física y un nuevo enfoque hacia estos estímulos, no perjudicaría el rendimiento escolar de los jóvenes sino que en muchas ocasiones podría mejorarlo.

4.2. El desplazamiento activo al centro educativo y actividad física previa a la jornada escolar

Desde hace varios años, algunos investigadores han analizado la importancia para el rendimiento intelectual de la AF desde el comienzo del día. En este sentido, el desplazamiento activo al Centro educativo ha aparecido como un estímulo ideal para la activación física y cognitiva antes de la

jornada escolar (Martínez-Gómez et al., 2011; Ruiz-Ariza et al., 2017a). Recientemente, Ruiz-Ariza et al. (2015) y Domazet et al. (2016) han concluido que realizar desplazamiento activo es beneficioso para el bienestar mental y el rendimiento académico en Matemáticas durante la etapa de Educación Secundaria. De hecho, los jóvenes de 12-13 años de centros rurales que emplean entre 30 y 60 minutos en desplazamiento activo, tienen más probabilidades de obtener un alto rendimiento académico en Lengua y Matemáticas (García-Hermoso et al., 2017). A pesar de lo anterior, parece que las chicas que realizan un mayor número de desplazamientos activos semanales de más de 15 minutos tienen un mayor rendimiento académico en Matemáticas y un mayor rendimiento académico general, mientras que en los chicos, ninguna asociación resultó significativa (Ruiz-Ariza et al., 2017a).

Por otra parte, comenzar el día escolar con un estímulo de 16 minutos de C-HIIT, tiene un efecto inmediato en la atención y concentración durante las dos horas inmediatamente posteriores (Mezcua-Hidalgo et al., 2019). Según García-Hermoso et al. (2020), los jóvenes de 8-10 años experimentaron mejoras significativas en la atención, concentración y rendimiento en matemáticas cuando el día escolar comienza con 30 minutos de juegos coordinativos recreativos de carácter decisional y que conlleven concentración (*Active-Start Programme*). Por tanto, la implementación de programas de AF antes de la escuela, como C-HIIT o *Active-Start*, pueden mejorar la capacidad cardiorrespiratoria y paralelamente beneficiar la capacidad de atención-concentración y el éxito académico entre los escolares.

4.3. Los descansos y recreos activos durante la jornada escolar

Hallazgos recientes en neurociencia han mostrado que las clases sedentes prologadas en el tiempo perjudican en gran medida al rendimiento académico de los estudiantes (Martínez-López et al., 2020). Los descansos activos son una estrategia que rompe con el transcurso sedentario de las clases y contribuye a la activación intelectual de los jóvenes (Mavilidi et al., 2020). Algunos estudios han mostrado que una sesión de 5-10 min de AF, durante el descanso entre clases o haciendo pausas dentro de las mismas clases, produce mejoras en la respuesta mental de los escolares y disminuye el tiempo necesario para realizar tareas con éxito (Howie et al., 2014). En general, existe un consenso en que cuando el alumnado presenta agotamiento o lentitud en clase estaría mostrando síntomas de la necesidad de realizar un descanso activo. Donnelly et al. (2017), encontraron una mejora en las habilidades intelectuales tras el programa TAKE 10! (10 min \times 2 veces/día \times 5 días/semana). Utilizando un programa similar, Mullender-Wijnsma et al. (2016) también obtuvieron mejoras, pero en aspectos más específicos de las Matemáticas. Se ha comprobado también que un descanso activo de 15 minutos, así como propuestas de 2-3 descansos con videojuegos activos, durante unos 10 minutos cada uno, son muy beneficiosos para la atención selectiva (Van den Berg et al., 2019). Sin embargo, para algunos investigadores sería suficiente con descansos activos de 4 minutos a una intensidad moderada o alta para mejorar aspectos como la memoria, la atención, la concentración o el cálculo matemático (Ma et al., 2014). Se sugiere, por tanto, la inclusión de descansos activos dentro de la jornada escolar para obtener beneficios en variables

intelectuales muy importantes para el aprendizaje y el desarrollo integral de los jóvenes. Estímulos de 4 minutos (*FUNtervals* de 20 segundos a alta intensidad + 10 segundos de descanso, repetidos ocho veces), u otros programas como el TAKE 10!, o DAME 10, estarían recomendados.

Pero el principal descanso activo dentro de la jornada escolar debería estar integrado dentro del recreo. Los recreos activos están basados en la activación del tiempo de recreo mediante programas específicos de AF. Altenburg et al. (2015), proponen que 15-20 minutos de AF de moderada a vigorosa intensidad, durante todos los recreos de la semana, es suficiente para mejorar las funciones ejecutivas y la atención selectiva en jóvenes de 8-13 años. Este grupo de investigación también encontró que proponer 2 recreos activos de 20 minutos a lo largo de la jornada escolar produce mayores mejoras intelectuales que tener solo uno. Aunque la evidencia es cada vez mayor, aún son escasas las intervenciones enfocadas a la inclusión de 2 sesiones de recreo repartidas a lo largo de la jornada escolar.

En definitiva, los descansos y recreos activos, con base lúdica y de moderada-alta intensidad, pueden ser clave para incrementar el número de jóvenes físicamente activos y un mejor rendimiento intelectual. Según Drummy et al. (2016) los descansos activos pueden aumentar en 9.5 minutos la AF realizada durante el día escolar. Se ha comprobado además que las mayores mejoras sobre aspectos intelectuales y académicos se obtienen combinando los descansos activos con tareas que conlleven compromiso cognitivo (Mavilidi et al., 2019). Según lo anterior, los

centros educativos deberían incluir durante la jornada escolar al menos un descanso activo de 4 minutos a alta intensidad y uno o dos recreos activos de 15-20 minutos. Además de lo anterior, es posible que las sesiones académicas físicamente activas, llevadas a cabo de forma regular, puedan ser el estímulo ideal para potenciar la inteligencia desde el contexto educativo (Mavilidi et al., 2015).

4.4. Las sesiones académicas físicamente activas

La sesión académica físicamente activa consiste en integrar juegos activos o tareas que conlleven movimiento dentro del aula al mismo tiempo que se trabaja un contenido en concreto. Mavilidi et al. (2015), encontraron que la adquisición de vocabulario de una lengua extranjera mejoraba cuando el aprendizaje se realizaba a través de juegos activos integrados. Reed et al. (2010), incorporaron 30 minutos de AF en las clases de Matemáticas, Lengua y Ciencias (3 días/semana × 3 meses), encontrando mejoras en la fluidez intelectual. Otros dos programas internacionales, el F&V [AF 10-15 minutos × 3 días/semana] (Mullender-Wijnsma et al., 2015, 2016) y el programa TEXAS-I CAN!® [10-15 minutos × 5 días/semana] (Bartholomew et al., 2018), hallaron efectos positivos en el rendimiento académico a partir de la cuarta semana de intervención.

Una reciente revisión sistemática llevada a cabo por Martínez-López et al. (2020), ha informado de que la mayoría de los estudios que utilizaron sesiones académicas físicamente activas para mejorar aspectos intelectuales relacionados con la fluidez intelectual, las funciones ejecutivas o la alfabetización, obtuvieron resultados posi-

tivos. Sin embargo, los resultados de otras intervenciones no fueron tan consistentes (Donnelly et al., 2017; Mavilidi et al., 2018; Mullender-Wijnsma et al., 2016). En general, los programas que involucraban movimientos de motricidad fina tuvieron mayores efectos cognitivos que los programas de motricidad gruesa (Martínez-López et al., 2020). Por ejemplo, en escolares de 6-12 años, el empleo de sesiones físicamente activas de 15 minutos de duración, donde los participantes forman diferentes figuras geométricas con sus cuerpos mientras caminan o saltan al aire libre, mejora las habilidades intelectuales relacionadas con las matemáticas o la percepción espacial (Donnelly y Lambourne, 2011). Mavilidi et al. (2015, 2018) llevaron a cabo un conjunto de estudios donde animaban a los niños a realizar diferentes situaciones basadas en aprendizaje activo. Los niños tenían que contar números mientras saltan o caminan por un sendero de números colocados en el suelo, bailar mientras aprendían diferentes palabras, imitar los movimientos de los animales que viven en cada continente mientras aprenden sobre ambos, o realizar desplazamientos desde el Sol a Mercurio y repetir el proceso hasta pasar por todos los planetas, mientras que aprenden sus nombres y la distancia con respecto al Sol. En general, estos niños mostraron puntuaciones más elevadas en los test cognitivos, fueron más activos y disfrutaron más del proceso de enseñanza-aprendizaje que sus compañeros que mantuvieron una enseñanza tradicional. Estos hallazgos también podrían ser adaptados a educación secundaria y, al menos en algunos momentos, integrar este recurso activando los contenidos de cualquier asignatura.

5. Argumentos científico-educativos que apoyan el uso de los estímulos de actividad física para cultivar la inteligencia

Numerosos investigadores han dejado constancia de los posibles razonamientos de por qué los diferentes estímulos educativos de AF mostrados anteriormente pueden influir de manera significativa en la inteligencia de los jóvenes. Parece que un aumento de la AF o del nivel de condición física, sobre todo cardiorrespiratoria, promueve la acumulación de D-b hidroxibutirato en el hipocampo o la expresión del gen *Fndc5* mediante el complejo de transcripción PGC1- alfa/Err-alfa, que sirven como inductores del BDNF, que es clave para la capacidad intelectual y la plasticidad cerebral (Sleiman et al., 2016). La práctica de AF y el aumento de la condición física también favorece la microestructura de la materia blanca del cerebro, incrementando la eficiencia de la actividad intelectual (Chaddock-Heyman et al., 2014). Además, la práctica sistemática de AF promueve la angiogénesis, neurogénesis y sinaptogénesis, que son fenómenos que mejoran la densidad capilar, la vascularización cerebral, el número de neuronas y la calidad de las conexiones sinápticas, afectando al intelecto (Adkins et al., 2006; Ruiz-Ariza et al., 2017b). Esteban-Cornejo et al. (2014) y Haapala (2013) informaron de que la madurez biológica también puede determinar la relación entre AF-inteligencia ya que los jóvenes más maduros podrían tener un sistema neuromuscular más desarrollado y, por consiguiente, conseguir paralelamente mejores puntuaciones en los test físicos y de inteligencia. En los años 80, Goldstein (1987) constató que los adolescentes con un esqueleto más maduro tenían mayor rendimiento intelectual en comparación con quienes mostraron menor madurez esqueléti-

ca. Parece que mejoras en la capacidad de velocidad-agilidad podrían beneficiar al sistema neuromotor e influir en la preactivación del neocerebelo y de la corteza prefrontal, llevando a un mejor procesamiento cerebral y de las habilidades intelectuales (Haapala et al., 2013). A lo anterior, hay que añadir que una mayor práctica de AF y participación en actividades deportivas reduce el estrés y ansiedad a la vez que aumenta la autoestima. Esto es debido a que los niveles de serotonina, noradrenalina y endorfinas favorecen las sensaciones emocionales positivas, mejorando el comportamiento en clase y el interés hacia el aprendizaje (Ruiz-Ariza et al., 2019).

Con respecto al trabajo integral de AF y contenidos cognitivo-académicos, Schmidt et al. (2015) y Mavilidi et al. (2018) coincidieron en que los procesos de información son compartidos a nivel motor e intelectual y que un trabajo paralelo podría potenciar el rendimiento intelectual en gran medida. Por ejemplo, correr hacia un punto con varias fichas de letras desordenadas y al llegar tener que crear una palabra lo más larga posible, requiere pensar, razonar, discriminar entre diferentes estímulos visuales y la elección de la decisión más adecuada. De este modo, se estaría aprovechando una actividad integrada para activar física e intelectualmente al participante con los beneficios que conlleva. Además, el procedimiento de aprender mediante movimientos corporales podría contribuir decisivamente a transformar la información abstracta en conceptos concretos y tangibles en los escolares (Mavilidi et al., 2019).

Por otra parte, el gran efecto de las intervenciones físico-cognitivas podría explicarse principalmente con base en las teorías de la

carga cognitiva o de la cognición corpórea (Schmidt et al., 2019). La cognición corpórea se puede definir como los movimientos y posturas corporales que surgen de las interacciones del cuerpo con el entorno y que permite procesar la información entrante simultáneamente a través de diferentes sistemas (Schmidt et al., 2019). En este sentido, se argumenta que incorporar el aprendizaje en acciones motoras contribuye a la construcción de representaciones mentales de mayor calidad, facilitando así la memoria y el aprendizaje (Madan y Singhal, 2012). Complementaria a la cognición corpórea, se encuentra la teoría de la carga cognitiva que, a nivel biológico, categoriza la adquisición de información como primaria y secundaria (Paas y Sweller, 2012). El conocimiento biológico primario evoluciona de forma natural sin instrucción explícita, por ejemplo, el desarrollo de la lengua materna o el uso de movimientos inconscientes. El conocimiento biológico secundario generalmente se aprende mediante instrucción explícita durante la educación formal (por ejemplo, matemáticas o ciencias). El conocimiento primario se puede emplear para apoyar el aprendizaje de tareas complejas de conocimiento secundario (Mavilidi et al., 2018). Finalmente, la investigación sobre la carga cognitiva ha demostrado que ciertos aspectos semánticos se activan durante acciones motoras específicas, demostrando así la relación entre los mecanismos sensoriomotores y los procesos intelectuales (Mavilidi et al., 2018).

6. Reflexión práctica final y conclusión

El presente ensayo ha pretendido analizar los efectos y asociaciones de los diferentes tipos de práctica de AF, principalmente

escolar, en la respuesta intelectual de niños y adolescentes. Las investigaciones que han implementado programas específicos de AF en momentos como la llegada al centro educativo, el inicio de la jornada escolar, los descansos entre clases y los recreos, así como el empleo de AF integrada dentro de la sesión de clase ordinaria, han mostrado mayoritariamente un efecto positivo en las capacidades intelectuales de niños y adolescentes que podría contribuir significativamente a la mejora de su aprendizaje. Se sugiere la puesta en práctica de programas de promoción de la AF diaria que incluyan 25 minutos o más de desplazamiento activo al centro y/o inicios escolares activos, la inclusión de al menos algún descanso activo de 4-5 minutos, sesiones de entre 30-45 minutos de clases académicas integradas físicamente activas, durante dos o tres días a la semana, así como el uso de los recreos activos. Establecer programas a largo plazo que estimulen la AF extraescolar y la mejora del nivel de condición física sería ideal para potenciar aún más los beneficios cognitivo-académicos. Para ello, el trabajo cooperativo entre familias, estamentos educativos y profesorado se hace clave dentro de este proceso educativo. El profesor de Educación Física podría coordinar y asesorar de forma integral estas intervenciones.

Referencias bibliográficas

Åberg, M. A. I., Pedersen, N. L., Torén, K., Svartengren, M., Bäckstrand, B., Johnsson, T., Cooper-Kuhn, C. M., Åberg, N. D., Nilsson, M. y Kuhn, H. G. (2009). Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood [La condición cardiovascular en los primeros años de la edad adulta y el futuro comportamiento suicida en hombres estudiados durante 42 años]. *Proceedings of the*

National Academy of Sciences of the United States of America, 106 (49), 20906-20911. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905307106>

- Adkins, D. L., Boychuk, J., Remple, M. S. y Kleim, J. A. (2006). Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord [El entrenamiento motor induce patrones de plasticidad específicos en cada experiencia a través de la corteza motora y la médula espinal]. *Journal of Applied Physiology*, 101 (6), 1776-1782. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00515.2006>
- Altenburg, T. M., Chinapaw, M. J. M. y Singh, A. S. (2015). Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial [Efectos de una o dos sesiones de actividad física de intensidad moderada sobre la atención selectiva durante una mañana lectiva en los niños holandeses de primaria: un ensayo controlado aleatorio]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19 (10), 820-824. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.12.003>
- Arday, D. N., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R. y Ortega, F. B. (2014). A Physical Education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: The EDUFIT study [Un programa de Educación Física mejora el rendimiento cognitivo y académico de los adolescentes: el estudio EDUFIT]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24 (1), e52-e61. <https://doi.org/10.1111/sms.12093>
- Bartholomew, J. B., Golaszewski, N. M., Jowers, E., Korinek, E., Roberts, G., Fall, A. y Vaughn, S. (2018). Active learning improves on-task behaviors in 4th grade children [El aprendizaje activo mejora el comportamiento durante el desarrollo de las tareas en los niños de 4º grado]. *Preventive Medicine*, 111, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.02.023>
- Bradley, J., Keane, F. y Crawford, S. (2013). School sport and academic achievement [El deporte escolar y el rendimiento académico]. *Journal of School Health*, 83 (1), 8-13. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2012.00741.x>
- Brown, B. J. (1977). The effect of an isometric strength program on the intellectual and social development of trainable retarded males [El efecto de un programa de fuerza isométrica en el desarrollo in-

- lectual y social de varones con discapacidad intelectual]. *American Corrective Therapy Journal*, 31 (2), 44-48.
- Chaddock-Heyman, L., Hillman, C. H., Cohen, N. J. y Kramer, A. F. (2014). III. The importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children [La importancia de la actividad física y la aptitud aeróbica para el control cognitivo y la memoria en los niños]. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 79 (4), 25-50. <https://doi.org/10.1111/mono.12129>
- Corder, W. O. (1966). Effects of physical education on the intellectual, physical, and social development of educable mentally retarded boys [Efectos de la educación física en el desarrollo intelectual, físico y social de los niños con discapacidad intelectual]. *Exceptional Children*, 32 (6), 357-366.
- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Hillman, C. H. y Lubans, D. R. (2016). High-intensity interval training for cognitive and mental health in adolescents [El efecto del entrenamiento en intervalos de alta intensidad sobre la salud cognitiva y mental en adolescentes]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48 (10), 1985-1993. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000993>
- Da Costa, B. G., da Silva, K. S., da Silva, J. A., Minatto, G., de Lima, L. R. y Petroski, E. L. (2017). Sociodemographic, biological, and psychosocial correlates of light-and moderate-to-vigorous-intensity physical activity during school time, recesses, and physical education classes [Correlaciones sociodemográficas, biológicas y psicosociales de la actividad física de intensidad ligera y moderada a vigorosa durante el tiempo escolar, los recreos y las clases de educación física]. *Journal of Sport and Health Science*, 8 (2), 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.05.002>
- Domazet, S. L., Tarp, J., Huang, T., Gejl, A. K., Andersen, L. B., Froberg, K. y Bugge, A. (2016). Associations of physical activity, sports participation and active commuting on mathematic performance and inhibitory control in adolescents [Asociaciones de actividad física, participación deportiva y desplazamiento activo en el desempeño matemático y el control de la inhibición en adolescentes]. *PLoS One*, 11 (1), e0146319.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Greene, J. L., Hansen, D. M., Gibson, C. A., Sullivan, D. K. y Herrmann, S. D. (2017). Physical activity and academic achievement across the curriculum: Results from a 3-year cluster-randomized trial [La actividad física y los logros académicos en todo el plan de estudios: resultados de un ensayo aleatorio de 3 años de duración]. *Preventive Medicine*, 99, 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.02.006>
- Donnelly, J. E. y Lambourne, K. (2011). Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement [Actividad física, cognición y logros académicos en el aula]. *Preventive Medicine*, 52, S36-S42. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.021>
- Drummy, C., Murtagh, E. M., McKee, D. P., Breslin, G., Davison, G. W. y Murphy, M. H. (2016). The effect of a classroom activity break on physical activity levels and adiposity in primary school children [El efecto de una pausa en la actividad del aula sobre los niveles de actividad física y la adiposidad en los niños de la educación primaria]. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 52 (7), 745-749. <https://doi.org/10.1111/jpc.13182>
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Martínez-Gómez, D., Del-Campo, J., González-Galo, A., Padilla-Moledo, C. y Veiga, O. L. (2014). Independent and combined influence of the components of physical fitness on academic performance in youth [Influencia independiente y combinada de los componentes de la aptitud física en el rendimiento académico de los jóvenes]. *The Journal of Pediatrics*, 165 (2), 306-312.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.04.044>
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Sallis, J. F. y Veiga, O. L. (2015). Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review [La actividad física y la cognición en los adolescentes: Una revisión sistemática]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18 (5), 534-539. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.07.007>
- García-Hermoso, A., Hormazábal-Aguayo, I., Fernández-Vergara, O., González-Calderón, N., Russell-Guzmán, J., Vicencio-Rojas, F. y Ramírez-Vélez, R. (2020). A before-school physical activity intervention to improve cognitive parameters in children: The Active-Start study [Una intervención de actividad física antes de las clases para mejorar los parámetros cognitivos de los niños: El estudio Active-Start]. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30 (1), 108-116. <https://doi.org/10.1111/sms.13537>
- García-Hermoso, A., Saavedra, J. M., Olloquequi, J. y Ramírez-Vélez, R. (2017). Associations between the duration of active commuting to school and acade-

- mic achievement in rural Chilean adolescents [Asociaciones entre la duración de los desplazamientos activos a la escuela y el rendimiento académico de los adolescentes de las zonas rurales de Chile]. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 22, Article 31. <https://doi.org/10.1186/s12199-017-0628-5>
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences [Marcos de la Mente: La teoría de las inteligencias múltiples]*. Basic Books.
- Goldstein, H. S. (1987). Skeletal maturity and cognitive development of 12- to 17-year old males [La madurez esquelética y el desarrollo cognitivo de los varones de 12 a 17 años de edad]. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 29 (3), 348-50.
- Guijarro-Romero, S., Mayorga-Vega, D., Casado-Robles, C. y Viciano, J. (2019). Una unidad didáctica intermitente de acondicionamiento físico solo mejora los niveles de capacidad cardiorrespiratoria de los estudiantes con un perfil no saludable de condición física. *Retos*, 38 (38), 8-15. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.73605>
- Haapala, E. (2013). Cardiorespiratory fitness and motor skills in relation to cognition and academic performance in children - A review [La aptitud cardiorrespiratoria y las habilidades motoras en relación con la cognición y el rendimiento académico en los niños - Una revisión]. *Journal of Human Kinetics*, 36 (1), 55-68. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0006>
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B. y Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children [Ejercicio aeróbico y desarrollo cognitivo: Potencial cerebral relacionado con los eventos e índices de rendimiento de tareas de control ejecutivo en niños preadolescentes]. *Developmental Psychology*, 45 (1), 114-129. <https://doi.org/10.1037/a0014437>
- Hillman C. H., Erickson K. I. y Kramer A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition [Sé inteligente, ejercita tu corazón: los efectos del ejercicio en el cerebro y la cognición]. *Nature Reviews Neuroscience*, 9 (1), 58-65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Hogan, H. (1978). IQ self-estimates of males and females [Autoestimaciones del coeficiente intelectual de hombres y mujeres]. *Journal of Social Psychology*, 106, 137-138.
- Howie, E. K., Beets, M. W. y Pate, R. R. (2014). Acute classroom exercise breaks improve on-task behavior in 4th and 5th grade students: A dose-response [Pausas de actividad física intensa en el aula mejoran el comportamiento durante la realización de las tareas de los alumnos de 4.º y 5.º grado: Una dosis-respuesta]. *Mental Health and Physical Activity*, 7 (2), 65-71. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.05.002>
- Ma, J. K., Le Mare, L. y Gurd, B. J. (2014). Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9-to 11-year olds [Cuatro minutos de una actividad interválica de alta intensidad en clase mejora la atención selectiva en niños de 9 a 11 años]. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40 (3), 238-244. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0309>
- Madan, C. R. y Singhal, A. (2012). Using actions to enhance memory: Effects of enactment, gestures, and exercise on human memory [Uso de acciones para mejorar la memoria: efectos de la representación, los gestos y el ejercicio en la memoria humana]. *Frontiers in Psychology*, 3, Artículo 507. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00507>
- Martínez-Gómez, D., Ruiz, J. R., Gómez-Martínez, S., Chillón, P., Rey-López, J. P., Díaz, L. E. y Marcos, A. (2011). Active commuting to school and cognitive performance in adolescents: The AVENA study [Desplazamiento activo a la escuela y rendimiento cognitivo en adolescentes: el estudio de AVENA]. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 165 (4), 300-305. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2010.244>
- Martínez-López, E. J., de la Torre-Cruz, M. J., Suárez-Manzano, S. y Ruiz-Ariza, A. (2018). 24 sessions of monitored cooperative high-intensity interval training improves attention-concentration and mathematical calculation in secondary school [24 sesiones de entrenamiento cooperativo interválico de alta intensidad monitorizadas mejoran la atención-concentración y el cálculo matemático en la educación secundaria]. *Journal of Physical Education and Sport*, 18 (3), 1572-1582. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.03232>
- Martínez-López, E. J., Ruiz-Ariza, A., de la Torre-Cruz, M. y Suárez-Manzano, S. (2020). Alternatives of physical activity within school times and effects on cognition. A systematic review and educational practical guide [Alternativas de actividad física dentro del horario escolar y sus efectos en la cognición.

- Una revisión sistemática y una guía práctica educativa]. *Psicología Educativa*. Publicación anticipada en línea. <https://doi.org/10.5093/psed2020a16>
- Mavilidi, M. F., Drew, R., Morgan, P. J., Lubans, D. R., Schmidt, M. y Riley, N. (2020). Effects of different types of classroom physical activity breaks on children's on-task behaviour, academic achievement and cognition [Los efectos de los diferentes tipos de pausas de actividad física en el aula sobre el comportamiento de los niños en las tareas, el rendimiento académico y la cognición.]. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, 109 (1), 158-165. <https://doi.org/10.1111/apa.14892>
- Mavilidi, M., Lubans, D. R., Eather, N., Morgan, P. y Riley, N. (2018). Preliminary efficacy and feasibility of «Thinking While Moving in English»: A program with physical activity integrated into primary school English lessons [Eficacia y viabilidad preliminares de «Thinking While Moving in English»: Un programa con actividad física integrado en las clases de inglés de educación primaria]. *Children*, 5 (8), Artículo 109. <https://doi.org/10.3390/children5080109>
- Mavilidi, M. F., Lubans, D. R., Morgan, P. J., Miller, A., Eather, N., Karayanidis, F. y Riley, N. (2019). Integrating physical activity into the primary school curriculum: Rationale and study protocol for the «Thinking while Moving in English» cluster randomized controlled trial [Integración de la actividad física en el currículo de educación primaria: justificación y protocolo de estudio del ensayo controlado aleatorio del grupo «Thinking while Moving in English»]. *BMC Public Health*, 19, Artículo 379. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6635-2>
- Mavilidi, M. F., Okely, A. D., Chandler, P., Cliff, D. P. y Paas, F. (2015). Effects of integrated physical exercises and gestures on preschool children's foreign language vocabulary learning [Efectos de los ejercicios y gestos físicos integrados en el aprendizaje de vocabulario en lengua extranjera de los niños en edad preescolar]. *Educational Psychology Review*, 27, 413-426. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9337-z>
- Mezcua-Hidalgo, A., Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S. y Martínez-López, E. J. (2019). 48-hour effects of monitored cooperative high-intensity interval training on adolescent cognitive functioning [Efectos durante 48 horas del entrenamiento interválico de alta intensidad, cooperativo y monitorizado, sobre el funcionamiento cognitivo de los adolescentes]. *Perceptual and Motor Skills*, 126 (2), 202-222. <https://doi.org/10.1177/0031512518825197>
- Mezcua-Hidalgo, A., Ruiz-Ariza, A., Loureiro, V. y Martínez-López, E. J. (2020). Capacidades físicas y su relación con la memoria, cálculo matemático, razonamiento lingüístico y creatividad en adolescentes. *Retos*, 37, 473-479.
- Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Doolaard, S. y Visscher, C. (2015). Moderate-to-vigorous physically active academic lessons and academic engagement in children with and without a social disadvantage: A within subject experimental design [Lecciones académicas físicamente activas a moderada-vigorosa intensidad y compromiso académico en niños con y sin desventajas sociales: Un diseño experimental dentro de la asignatura]. *BMC Public Health*, 15, Artículo 404. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1745-y>
- Mullender-Wijnsma, M. J., Marijke, J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Doolaard, S., Bosker, R. J. y Visscher, C. (2016). Physically active math and language lessons improve academic achievement: A cluster randomized controlled trial [Las lecciones de matemáticas e idiomas físicamente activas mejoran el rendimiento académico: Un ensayo controlado y aleatorio por grupos]. *Pediatrics*, 137 (3), 1-9. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-2743>
- Paas, F. y Sweller, J. (2012). An evolutionary upgrade of cognitive load theory: Using the human motor system and collaboration to support the learning of complex cognitive tasks [Una actualización evolutiva de la teoría de la carga cognitiva: Usar el sistema motor humano y la colaboración para apoyar el aprendizaje de tareas cognitivas complejas]. *Educational Psychology Review*, 24, 27-45. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9179-2>
- Pérez-Sánchez, L., Carpintero-Molina, E., Beltrán-Llera J. y Baillo-Rodríguez De Las Heras, M. C. (2012). Estimación de la inteligencia en los adolescentes. *revista española de pedagogía*, 70 (253), 463-478.
- Petrides, K. V., Mikolajczak, M., Mavroveli, S., Sánchez-Ruiz, M. J., Furnham, A. y Pérez-González, J. C. (2016). Developments in trait emotional intelligence research [Avances en la investigación de los rasgos de la inteligencia emocional]. *Emotion Review*, 8 (4), 335-341. <https://doi.org/10.1177/1754073916650493>
- Reed, J. A., Einstein, G., Hahn, E., Hooker, S. P., Gross, V. P. y Kravitz, J. (2010). Examining the impact of

integrating physical activity on fluid intelligence and academic performance in an elementary school setting: A preliminary investigation [Analizando el impacto de la integración de la actividad física en la inteligencia fluida y en el rendimiento académico, en un entorno de educación básica: una investigación preliminar]. *Journal of Physical Activity and Health*, 7 (3), 343-351. <https://doi.org/10.1123/jpah.7.3.343>

- Ruiz-Ariza, A., de la Torre-Cruz, M. J., Redecillas-Peiro, M. T. y Martínez-López, E. J. (2015). Influence of active commuting on happiness, well-being, psychological distress and body shape in adolescents [Influencia de los desplazamientos activos en la felicidad, el bienestar, la angustia psicológica y la imagen corporal de los adolescentes]. *Gaceta Sanitaria*, 29 (6), 454-457. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.06.002>
- Ruiz-Ariza, A., de la Torre-Cruz, M. J., Suárez-Manzano, S. y Martínez-López, E. J. (2017a). Active commuting to school influences on academic performance of Spanish adolescent girls [Los desplazamientos activos a la escuela influyen en el rendimiento académico de las adolescentes españolas]. *Retos*, 32, 39-43. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i32.51614>
- Ruiz-Ariza, A., Grao-Cruces, A., de Loureiro, N. E. M. y Martínez-López, E. J. (2017b). Influence of physical fitness on cognitive and academic performance in adolescents: A systematic review from 2005-2015 [Influencia de la aptitud física en el rendimiento cognitivo y académico de los adolescentes: un examen sistemático de 2005 a 2015]. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 10 (1), 108-133. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2016.1184699>
- Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., López-Serrano, S. y Martínez-López, E. J. (2019). The effect of cooperative high-intensity interval training on creativity and emotional intelligence in secondary school: A randomised controlled trial [El efecto del entrenamiento cooperativo a intervalos de alta intensidad sobre la creatividad y la inteligencia emocional en la escuela secundaria: un ensayo controlado aleatorio]. *European Physical Education Review*, 25 (2), 355-373. <https://doi.org/10.1177/1356336X17739271>
- Schmidt, M., Benzing, V., Wallman-Jones, A. R., Mavilidi, M.-F., Lubans, D. y Paas, F. (2019). Embodied learning in the classroom: Effects on primary school children's attention and foreign language vocabulary learning [El aprendizaje encarnado en el aula: efectos en la atención de los niños de la escuela primaria y el aprendizaje de vocabulario en lenguas extranjeras]. *Psychology of Sport and Exercise*, 43, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.12.017>
- Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebbers, C. M. y Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise affects executive functions in primary school children: A group-randomized controlled trial [La actividad física crónica, pero no el ejercicio aeróbico, afecta a las funciones ejecutivas de los niños de la escuela primaria: un ensayo controlado aleatorio de grupo]. *Journal Sport Exercise Psychol*, 37 (6), 575-591. <https://doi.org/10.1123/jsep.2015-0069>
- Sleiman, S. F., Henry, J., Al-Haddad, R., El Hayek, L., Haidar, E. A., Stringer, T. y Ninan, I. (2016). Exercise promotes the expression of brain derived neurotrophic factor (BDNF) through the action of the ketone body -hydroxybutyrate [El ejercicio promueve la expresión del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) a través de la acción del cuerpo cetónico -hidroxibutirato]. *Elife*, 5, Artículo e15092. <https://doi.org/10.7554/eLife.15092>
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of intelligence*. [Más allá del coeficiente intelectual: una teoría triárquica de la inteligencia]. Cambridge University Press.
- Steele, R. M., van Shuijs, E. M., Sharp, S. J., Landsbaugh, J. R., Ekelund, U. y Griffin, S. J. (2010). An investigation of patterns of children's sedentary and vigorous physical activity throughout the week [Una investigación de los patrones de la actividad física sedentaria y vigorosa de los niños durante la semana]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7 (1), 88. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-88>
- Tomporowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H. y Naglieri, J. A. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement [El ejercicio y la inteligencia, la cognición y los logros académicos de los niños]. *Educational Psychology Review*, 20 (2), Artículo 111. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9057-0>
- Van den Berg, V., Saliassi, E., de Groot, R. H., Chinapaw, M. J. y Singh, A. S. (2019). Improving cogni-

tive performance of 9-12 years old children: Just dance? A randomized controlled trial [Mejorar el rendimiento cognitivo de los niños de 9 a 12 años: ¿solo bailar? Un ensayo controlado aleatorio]. *Frontiers in Psychology*, 10, Artículo 174. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00174>

Vicente-Rodríguez, G., Benito, P. J., Casajús, J. A., Ara, I., Aznar, S., Castillo, M. J., Dorado, C., González-Agüero, A., González-Gallego, J., González-Gross, M., Gracia-Marco, L., Gutiérrez, A., Gusi, N., Jiménez-Pavón, D., Lucía, A., Márquez, S., Moreno, L., Ortega, F. B., de Paz, J. A.,... Val-tueña, J. (2016). Actividad física, ejercicio y deporte en la lucha contra la obesidad infantil y juvenil. *Nutrición Hospitalaria*, 33, 1-21. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.828>

Biografía de los autores

Alberto Ruiz-Ariza. Doctor Internacional en Innovación Didáctica y Formación del Profesorado. Actualmente es Profesor Ayudante Doctor en la Universidad de Jaén. Ha realizado estancias de investigación en diversos países, destacando la llevada a cabo en el Playful Learning Center de la Facultad de Educación de Helsinki (Finlandia). Ha publicado en JCR-Q1 en el área de «Education and Educational Research» y en SJR-Q1 en el área de «Education». Ha obtenido varios premios de investigación.

 <https://orcid.org/0000-0003-0351-1490>

Sara Suárez-Manzano. Contratada FPU del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Actualmente cursa el doctorado Internacional en Innovación Didáctica y Formación del Profesorado. Ha realizado estancias de investigación en diversos países, destacando la llevada a cabo en la Facultad de Educación de Helsinki (Finlandia). Ha publicado en JCR-Q1

en el área de «Education and Educational Research» y en SJR-Q1 en el área de «Education». Cuenta con multitud de aportaciones a Congresos y numerosas publicaciones en editoriales del máximo nivel SPI.

 <https://orcid.org/0000-0002-8753-240X>

Sebastián López-Serrano. Doctor Internacional en Innovación Didáctica y Formación del Profesorado. Ha ejercido como Profesor Sustituto Interino en la Universidad de Jaén. Ha realizado estancias de investigación en diversos países, destacando la llevada a cabo en la Escuela Superior de Educación de Beja (Portugal). Ha publicado más de una decena de artículos en JCR y en SJR sobre temas relacionados con metodologías activas e innovación educativa. Ha obtenido varios premios de investigación y divulgación científico-educativa.

 <https://orcid.org/0000-0001-5692-223X>

Emilio J. Martínez-López. Doctor en Educación Física por la Universidad de Granada. Catedrático de Universidad en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación da la Universidad de Jaén. Director del Grupo de investigación AFAES (Actividad Física Aplicada a la Educación y Salud). Investigador principal del Proyecto I+D+I «*Flipped classroom, active homework and Physical Education. Effects on emotional intelligence, acquisition of competences and techno-stress* (FCAHPE Study)» (Código: RTI2018-095878-B-100). Cuenta con multitud de publicaciones, destacando varios JCR-Q1 y SJR-Q1.

 <https://orcid.org/0000-0001-6395-0263>