

研究論文

初等・中等教育の学業問題に対する 体育・スポーツ心理学的アプローチ —ナラティブレビューに基づく考察—

山津 幸司*, **

Sport psychological approach to academic success in compulsory education
: Narrative review on physical fitness and academic achievement

Koji YAMATSU*, **

【要約】

高体力と高学力の両立は相反すると考えられがちであるが、高体力が良好な学業成績を導くとする研究が国内外で報告されている。本論文の一つ目の目的は、体力と学業成績の関連性に関する先行研究を概観するために、2017年9月時点で最新のシステムティックレビューを解説するとともに、そのレビュー以降に報告された研究知見を含めて現状と課題を総合的に考察することである。また、高体力が良好な学業成績を導く根拠となるメカニズムは不明な点が多い。本論文の二つ目の目的は、体力と学業成績の因果関係を説明可能なメカニズムを概観することである。

【キーワード】

体育・スポーツ心理学, 体力, 学業成績, 学校体育

1. はじめに

高体力の維持や定期的な身体活動の実施が青少年の心身の健康に重要な影響を与えることは広く知られている (Sallis and Owen, 1999)。近年、体力と学業成績の関係に注目が集まっており、Hillman et al. (2008) がその関連性を報じて以来、国外のみならず国内でも複数の研究報告が出始めている (山津, 2010; 笹山ら, 2013; Morita et al., 2016)。体力と学業成績の関連性については、すでにいくつかのレビュー論文も報告 (Keeley and Fox, 2009; Haapala, 2013; Esteban-Cornejo et al., 2015; Donnelly et al., 2016; Santana et al., 2017) されている。その中でも、Santana et al. (2017) によるシステムティックレビューでは体力と学業成績の関連性に関する従来の研究知見が網羅されている。

体力と学業成績に関する研究は、社会的インパクトの大きさからか、特に海外で劇的に報告が増加しているものの、その因果関係やメカニズムの解明については不明な点も多く残されている。

そこで、本論文の目的の一つ目として、2017年9月時点で最新のシステムティックレビュー (Santana et al., 2017) を概観し、そのレビュー以降の研究報告を新に紹介しながら、体力と学業成績に関する研究の現状と課題について総合的に考察する。また、体力と学業成績の因果関係に関し有力視されているメカニズムの知見を概観することを第二の目的とする。

2. Santana et al. (2017) 論文の概要と結論

今回紹介するシステムティックレビューは、体力と学業成績に関する現時点 (2017年9月) で入

*佐賀大学教育学部

**佐賀大学大学院医学系研究科

手可能な最新の報告である (Santana et al., 2017)。その概要は次の通りである。

このレビュー論文で分析に採用された論文の要件は、i) 英語で出版されていること、ii) 20歳未満の青少年を対象としていること、iii) 有酸素性作業能力 (cardiorespiratory fitness)、筋力と筋持久力 (muscle strength and endurance)、柔軟性 (flexibility) と学業成績 (Grade Point Average) のような客観指標、標準テストの得点、教師の評価によって測定されたもの) の関連性を報告していること、iv) 2016年6月までに出版されていること、の四つであった。

上記の条件にて検索された論文は当初1404編であったが、最終的に54編が条件に合致し分析の対象となった。54編を分析した結果、横断研究が77.8%、前向き縦断研究が22.2%であり、米国からの報告が51.1%を占めていた。

体力別に学業成績との関連性を検討した結果は以下の通りである。有酸素性作業能力と学業成績の関連性を報告した横断研究30編のうちの90.0%、縦断研究7編のうちの57.0%が正の関連性、すなわち有酸素性作業能力が高いと学業成績も高い、との結果であった。

筋力と学業成績の関連性を報告した論文は16編であった。横断研究14編のうちの35.7%、縦断研究2編のうちの50.0%が正の関連性を報告していた。柔軟性と学業成績の関連性を報告した論文は10編であった。横断研究8編のうちの25.0%、縦断研究2編のうちの50.0%が正の関連性を認めていた。新体力テストに代表されるような包括的な体力 (a clustered of physical fitness components) と学業成績の関連性を報告した論文は8編であった。横断研究5編のうちの80.0%、縦断研究3編のうちの100.0%が正の関連性を示していた。

以上の結果から、Santana et al. (2017) は有酸素性作業能力と学業成績の横断研究のみ、包括的な体力と学業成績に関しては横断研究も縦断研究においても強い根拠を有していると結論づけている。一方、有酸素性作業能力と学業成績の縦断研究、筋力と学業成績の横断研究および縦断研究、柔軟性と学業成績の横断研究および縦断研究には

根拠が乏しく、今後さらなる研究が必要であると結論を出している。

3. Santana et al. (2017)論文以降の研究成績

Santana et al. (2017) のシステマティックレビューが対象とした研究知見は2016年6月までの業績である。そこで、本研究では2016年7月以降の体力と学業成績の関連性に関する研究を新に探索した。

1) 小学校年代の体力と学業成績の関係

その結果、小学校年代の体力と学業成績の関連性については、新たに横断研究が2編、縦断研究が2編確認された。横断研究の一つ目は、Kao et al. (2017) の9から11歳までを対象とした研究で有酸素能力と学業成績に有意な関連性が認められたが、筋力との関係性は認められなかった。二つ目の横断研究は、12歳を対象としたブラジルの研究で、女子では有酸素能力と学業成績 (算数とポルトガル語) に有意な関連性を認めたが、男子では認められなかった (de Almeida Santana et al., 2017)。

小学校年代を対象とした縦断研究の一つ目は小学6年生を対象に中学2年生 (8年生) まで持久性体力と学業成績 (reading and mathematics) を縦断的に追跡した米国の研究であり、持久性体力の変化が学業成績の変化を導く可能性を示していた (Raine et al., in press)。

二つ目の縦断研究は、厳密に言うとは体力ではなく運動技能 (cardiovascular endurance, muscular strength, motor coordination) を対象としており、測定した3項目全てが学業成績に関連するが、motor coordinationのみ認知機能に媒介されることを明らかにした (Schmidt et al., 2017)。

以上の新たな論文を概観した結果、Santana et al. (2017) が「有酸素能力と学業成績の横断研究に根拠あり」とした結論をサポートする新たな二論文が報告されていて、有酸素能力と学業成績の縦断研究の正の関連性を示す論文が1編追加されていた。Schmidt et al. (2017) のように、運動技能と学業成績の関連性について検証を試みた研究は多くはなく、運動技能が学業成績にとってネ

ガティブな効果を有するとの報告 (Kantomaa et al., 2013) もあるため、今後さらに研究を進める必要があると考えられた。

2) 中学・高等学校年代の体力と学業成績の関係

中学・高等学校年代の体力と学業成績の関連性については、横断研究2編、縦断研究2編が新たに報告されていた。

横断研究の一つ目は、8年生(日本の中学2年生に相当)を対象としたチリの研究で筋力と学業成績に関連性が認められるが、有酸素性作業能力との関連性は認められなかったことを報告していた (Kalantari and Esmailzadeh, 2016)。二つ目のポルトガルの10から18歳を対象とした研究では、持久的体力と学業成績(母国語の成績)との関連性は有意であったが、数学との関連性は認められなかったことを報告している (Oliveira et al., 2017)。

縦断研究では、平均年齢14歳の1011名を縦断的に検証した一つ目の論文にて、ベースライン時では有酸素能力と学業成績に関連性を認めたが、縦断的な関連性は認められなかった。しかしながら、ベースライン時で不十分な運動量しか行っていない生徒がガイドラインを満たした場合には学業成績が改善するとの知見も報告していた

(Suchert et al., 2016)。

二つ目の縦断研究では、デンマークの中学生における持久性体力が高いことが義務教育卒業後の高等教育卒業の可能性を高めることを報告していた (Andersen et al., 2017)。

以上のように新規論文を概観した結果、有酸素能力と学業成績の横断研究における正の関係をサポートする新規論文が追加されたが、縦断研究については有意差を認める知見は追加されなかった。筋力と学業成績の横断研究で正の関連性を示した論文が1編追加されたが、Santana et al. (2017)の根拠に乏しいとの結論を覆すには至っていないと考えられた。

4. 体力と学業成績に類似する先行研究

体力以外の体育・スポーツ心理学指標と学業成

績の関係に関する最近の研究知見を紹介する。

まず最初に、身体活動促進の介入が生徒の学業成績に影響を及ぼすかの検証を試みた介入研究が3編報告されていた。身体活動介入が学業成績の改善に効果ありとしたのが2編、効果なしとしたのが1編であった。効果ありと報告した2編は、Bunketorp et al. (2015)の運動介入を行った学校の子供学生ではテストの合格率が高く学業成績を向上させる可能性を示した報告と

Mullender-Wijnsma et al.

(2016)の12の小学校で行った2年間の体育の授業内での身体活動介入を行うことによって算数の成績が向上したとの報告が確認された。しかしながら、Donnelly et al. (2017)は米国の17の小学校584名にて体育の授業の中で3年間の身体活動介入を行った結果、中等度以上の身体活動 (Moderate and Vigorous Physical Activity; MVPA) が週平均55分増加したものの、学業成績 (math, reading, spelling) は対照群に対して良くも悪くもならなかったと報告している。

上記の3編以外に、小学1年生を対象に9ヶ月の学校での身体活動介入が算数の学業成績を向上させるかを検証する介入研究が進行中であることも確認できた (Have et al., 2016)。

次に、学業成績とは少し異なる評価指標を用いた研究が2編確認できた。一つ目は、体力の高さと創造力が関連する可能性があるとのスペインの小学生を対象とした研究 (Latorre Román et al., 2017)、二つ目は15歳から23歳まで8年間追跡したアイスランドの研究で女子生徒の低体力と高等教育からの脱落に関連性が認められるとの報告であった (Svansdottir et al., 2015)。

最後に、スポーツ心理学関連指標と体力の相互作用を検討した研究も2編認められた。身体活動と非スクリーンタイムの座位時間は直接的かつ体力を介して間接的に学業成績に好影響を及ぼし、スクリーンタイムは就寝時間を介して間接的に学業成績に悪影響を及ぼす可能性があるとの報告

(Syväoja et al., in press) や、誕生時の体重と学業成績に関連するが、その関連性は体力に媒介されているとの報告も認められた (García-Hermoso.,

2016)。

以上の研究成果をまとめると、身体活動介入が学業成績に好影響をもたらすとする2編の論文 (Bunketorp et al., 2015; Mullender-Wijnsma et al., 2016) が確認されたが、身体活動の増加により健康指標を改善させるが学業成績を悪くもしないが良くもしないとの逆の結果 (Donnelly et al., 2017) も報告されていた。そのため、身体活動介入研究による学業成績改善効果の検証は今後も続けていく必要がある。また、学業成績に関連しそうな創造力や高等教育への進学や退学などにも体育・スポーツの影響が及んでいる可能性があり、このテーマも重要な課題といえよう。さらには、非スクリーンタイムなどの座位行動や出生時の体重が学業成績に対し直接かつ体力を介して間接的に影響を示す可能性も明らかにしていくべき課題といえる。

5. 体力と学業成績を裏付けるメカニズム

体力と学業成績の関係を裏付けるメカニズムについては今も不明な点が多く残されているが、根拠となる知見が徐々に蓄積され始めている。例えば、体力の脳機能への影響は体力の種類により異なると報告されている。具体的には、有酸素能力 (cardiorespiratory fitness) は運動野 (motor cortex) の血管形成 (angiogenesis) を促進し、脳血流を高め、脳の血管新生 (vascularization) を改善し認知機能に影響すると考えられている (Hillman et al., 2008)。筋力 (muscular strength) は脊髄運動神経 (spinal motoneuron) の興奮性を高め、脊髄内のシナプス形成 (synaptogenesis) を誘発するようである (Adkins et al., 2006)。柔軟性と学業成績の関連性を裏付けるメカニズムに関する報告は見つけられなかった。

また、体力そのものというより、体力を高める身体活動・運動行動が認知機能を高めるメカニズムがいくつか提唱されている。Cheatham (2014) は、身体活動が認知機能を高めるメカニズムとして有力視されている仮説として糖代謝仮説 (glucose transport synthesis), 出生後神経新生

仮説 (postnatal neurogenesis synthesis), ビタミン仮説 (vitamin synthesis) の三つを提唱している。その詳細は以下の通りである。

糖代謝仮説は、身体活動が脳のエネルギー利用を改善すると仮定している。身体活動が脳血流を高め、脳血流が脳内への栄養やグルコースを運搬し、脳活動を促進し、認知機能、特に (宣言的) 記憶を改善することが知られている (Benton, Brett, and Brain, 1987)。

出生後神経新生仮説は、まとまった身体活動と栄養の相互作用により海馬の神経新生を促進するとの仮説である。神経新生は身体活動のまとまった動きの連続により刺激を受ける (Lafenetre et al., 2011) ため、身体的体力の高い子どもの海馬はより大きくなる可能性が考えられている。さらには、高脂肪食やコリン欠乏が海馬の神経新生を減少させることが知られている (Boitard et al., 2012) ため、最終的には身体活動と栄養の相互作用が神経新生、その先にある認知機能や学業成績の改善につながるものと推測されている。

ビタミン仮説は、身体活動がビタミンDを介して認知機能に影響すると説明している。ビタミンD欠乏は学業成績の低さ (Nassar et al., 2012) や肥満やメタボリックシンドローム (Van Grouw and Volpe, 2013) と関連することが知られている。ビタミンDは海馬の神経保護 (Brewer et al., 2001) やセロトニン (5-HT) 制御に関係している

(Leonard and Myint, 2006)。セロトニンは海馬の電気活動の制御を統括しており、その機能を通じて認知活動に影響を及ぼしていると考えられている (Olvera-Cortes et al., 2013)。

その他に可能性のあるメカニズムとして想定されているものには、ストレス低減仮説 (stress reduction synthesis) と後生的修飾仮説 (epigenetic modification synthesis) がある。また、Magnetic Resonance Imaging (MRI) を用いたOrtega et al. (in press) の研究により、様々な体力要素がsubcortical brain nucleiの形と関係しており、高体力が種々の脳部位 (accumbens, amygdala, caudate, hippocampus, pallidum, putamen and thalamus) の増大や縮小と関連し

ていることを明かにしている。中でも、有酸素性の体力は脳部位の増大と関連し、握力は脳部位の縮小と関連すると報告されている。体力や運動刺激と脳部位の変化に関係しているのは **brain-derived neurotrophic factor (BDNF)** が有力視されている。別の研究では、肥満児の持久的体力とアジリティ能力は脳の灰白質の重量 (**grey matter volumes**) と有意な関連性を示し、筋力との関連性はないが、三つの脳部位 (前運動野 [**premotor cortex**], 補足運動野 [**supplementary motor cortex**], 海馬) と良好な学業成績の関連性が認められたとの報告もある (Esteban-Cornejo et al., 2017)。

さらには、身体活動と注意・集中の関係の知見も最近増えている。身体活動が注意・集中に関連しているとする報告 (Vanhelst et al., 2016) は多く、また体力と **Fitness** の両方が注意力と関連しているとの知見も報告されている

(Cadenas-Sanchez et al., 2017)。今後、身体活動や運動、あるいは体力の何が学業成績を高めるのかを明かにする必要があるが、スポーツ科学、心理学、神経科学、小児科学の知見を総動員して本研究を進めていく必要があると考えられた。

6. まとめ

高体力と高学力は相反すると考えられがちであるが、高体力が良好な学業成績を導くとする研究報告が国内外で増加傾向である。本論文では、体力と学業成績の関連性に関する2017年9月時点で最新のシステマティックレビューとそのレビュー以降に報告された研究知見を含めて現状と課題を考察したところ、有酸素性体力と学業成績の横断研究、新体力テストのような包括的体力と学業成績の関連性においては縦断研究においても強い根拠が認められると考えられた。有酸素性体力と包括的体力以外の筋力、柔軟性などを扱う質の高い研究を今後さらに進める必要がある。特に日本において質の高い研究は1編のみ (Morita et al., 2016) に限られており、体力と学業成績に関する質の高い研究を本邦から発信していかなければならないと考えられた。

7. 付記

本研究は文部科学省科学研究費基盤研究B (研究代表: 山津幸司, 課題番号26282188) および文部科学省科学研究費挑戦的萌芽研究 (研究代表: 山津幸司, 課題番号24650379) の一部として実施された。

8. 文献

- Adkins DL, Boychuk J, Remple MS, Kleim JA. Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *J Appl Physiol.* 2006; 101(6):1776-1782. doi: 10.1152/jappphysiol.00515.2006
- Andersen MP, Mortensen RN, Vardinghus-Nielsen H, Franch J, Torp-Pedersen C, Bøggild H. Association Between Physical Fitness and Academic Achievement in a Cohort of Danish School Pupils. *J Sch Health.* 2016; 86(9): 686-695. doi: 10.1111/josh.12422.
- Andersen MP, Starkof L, Sessa M, Mortensen RN, Vardinghus-Nielsen H, Bøggild H, Lange T, Torp-Pedersen C. The indirect and direct pathways between physical fitness and academic achievement on commencement in post-compulsory education in a historical cohort of Danish school youth. *BMC Public Health.* 2017; 17(1):699. doi: 10.1186/s12889-017-4712-y.
- Benton D, Brett V, and Brain PF. Glucose improves attention and reaction to frustration in children. *Biological Psychology,* 1987; 24(2): 95-100. doi:なし
- Boitard C, Etchamendy N, Sauvant J, Aubert A, Tronel S, Marighetto A, Layé S, Ferreira G. Juvenile, but not adult exposure to high-fat diet impairs relational memory and hippocampal neurogenesis in mice. *Hippocampus.* 2012; 22(11): 2095-2100. doi: 10.1002/hipo.22032.

- Brewer LD, Thibault V, Chen KC, Langub MC, Landfield PW, Porter NM. Vitamin D hormone confers neuroprotection in parallel with downregulation of L-type calcium channel expression in hippocampal neurons. *J Neurosci*. 2001; 21(1): 98-108. doi:なし
- Bunketorp Käll L, Malmgren H, Olsson E, Lindén T, Nilsson M. Effects of a Curricular Physical Activity Intervention on Children's School Performance, Wellness, and Brain Development. *J Sch Health*. 2015; 85(10): 704-713. doi: 10.1111/josh.12303.
- Cadenas-Sanchez C, Vanhelst J, Ruiz JR, Castillo-Gualda R, Libuda L, Labayen I, De Miguel-Etayo P, Marcos A, Molnár E, Catena A, Moreno LA, Sjöström M, Gottrand F, Widhalm K, Ortega FB; HELENA project group. Fitness and fatness in relation with attention capacity in European adolescents: The HELENA study. *J Sci Med Sport*. 2017; 20(4): 373-379. doi: 10.1016/j.jsams.2016.08.003.
- Cheatham C. Mechanisms and correlates of a healthy brain: A commentary. Hillman CH et al. edited. *The relation of childhood physical activity to brain health, cognition, and scholastic achievement. Monographs of the society for research in child development. Serial No.315*. 2014; 79(4): 153-165. doi: 10.1111/mono.12135
- de Almeida Santana CC, Farah BQ, de Azevedo LB, Hill JO, Gunnarsdottir T, Botero JP, do Prado EC, do Prado WL. Associations Between Cardiorespiratory Fitness and Overweight With Academic Performance in 12-Year-Old Brazilian Children. *Pediatr Exerc Sci*. 2017; 29(2): 220-227. doi: 10.1123/pes.2016-0048.
- Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, Etnier JL, Lee S, Tomporowski P, Lambourne K, Szabo-Reed AN. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc*. 2016; 48(6): 1197-1222. doi: 10.1249/MSS.0000000000000901.
- Donnelly JE, Hillman CH, Greene JL, Hansen DM, Gibson CA, Sullivan DK, Poggio J, Mayo MS, Lambourne K, Szabo-Reed AN, Herrmann SD, Honas JJ, Scudder MR, Betts JL, Henley K, Hunt SL, Washburn RA. Physical activity and academic achievement across the curriculum: Results from a 3-year cluster-randomized trial. *Prev Med*. 2017; 99: 140-145. doi: 10.1016/j.ypmed.2017.02.006.
- Esteban-Cornejo I, Cadenas-Sanchez C, Contreras-Rodriguez O, Verdejo-Roman J, Mora-Gonzalez J, Migueles JH, Henriksson P, Davis CL, Verdejo-Garcia A, Catena A, Ortega FB. A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance. The ActiveBrains project. *Neuroimage*. 2017; 159: 346-354. doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.08.011.
- Esteban-Cornejo I, Tejero-Gonzalez CM, Sallis JF, Veiga OL. Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review. *J Sci Med Sport*. 2015; 18(5):534-9. doi: 10.1016/j.jsams.2014.07.007.
- García-Hermoso A. Aerobic capacity as a mediator of the influence of birth weight and school performance. *J Dev Orig Health Dis*. 2016; 7(4): 337-341. doi: 10.1017/S204017441600012X.
- García-Hermoso A, Esteban-Cornejo I, Olloquequi J, Ramírez-Vélez R. Cardiorespiratory Fitness and Muscular Strength as Mediators of the Influence of Fatness on Academic Achievement. *J Pediatrics*, 2017; 187: 127-133. doi:

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.04.037>.
- Haapala EA. Cardiorespiratory fitness and motor skills in relation to cognition and academic performance in children: a review. *J Hum Kinet.* 2013; 36: 55-68. doi: 10.2478/hukin-2013-0006.
- Haapala EA, Väistö J, Lintu N, Westgate K, Ekelund U, Poikkeus AM, Brage S, Lakka TA. Physical activity and sedentary time in relation to academic achievement in children. *J Sci Med Sport.* 2017; 20(6): 583-589. doi: 10.1016/j.jsams.2016.11.003.
- Have M, Nielsen JH, Gejl AK, Thomsen Ernst M, Fredens K, Støckel JT, Wedderkopp N, Domazet SL, Gudex C, Grøntved A, Kristensen PL. Rationale and design of a randomized controlled trial examining the effect of classroom-based physical activity on math achievement. *BMC Public Health.* 2016; 16: 304. doi: 10.1186/s12889-016-2971-7.
- Hillman CH, Erickson KL, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci.* 2008;9(1):58-65. doi:10.1038/nrn2298
- Kalantari HA, Esmaeilzadeh S. Association between academic achievement and physical status including physical activity, aerobic and muscular fitness tests in adolescent boys. *Environ Health Prev Med.* 2016; 21(1): 27-33. doi: 10.1007/s12199-015-0495-x.
- Kantomaa MT, Stamatakis E, Kankaanpää A, Kaakinen M, Rodriguez A, Taanila A, Ahonen T, Järvelin MR, Tammelin T. Physical activity and obesity mediate the association between childhood motor function and adolescents' academic achievement. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013; 110(5): 1917-1922. doi: 10.1073/pnas.1214574110.
- Kao SC, Westfall DR, Parks AC, Pontifex MB, Keeley TJH and Fox KR. The impact of physical activity and fitness on academic achievement and cognitive performance in children. *Int Rev Sport Exercise Psychol.* 2009; 2: 198-214. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/17509840903233822>
- Kao SC, Westfall DR, Parks AC, Pontifex MB, Hillman CH. Muscular and Aerobic Fitness, Working Memory, and Academic Achievement in Children. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(3): 500-508. doi:10.1249/MSS.0000000000001132
- Keeley TJH and Fox KR. The impact of physical activity and fitness on academic achievement and cognitive performance in children. *International Review of Sport and Exercise Psychology.* 2009;2(2):198-214. doi:10.1080/17509840903233822
- Lafenetre P, Leska O, Wahle P, and Heumann R. The beneficial effects of physical activity on impaired adult neurogenesis and cognitive performance. *Frontiers in Neuroscience,* 2011; 5: 51. doi: 10.3389/fnins.2011.0051.
- Latorre Román PÁ, García Pinillos F, Pantoja Vallejo A, Berrios Aguayo B. Association between creativity and physical fitness in primary school-aged children. *Pediatr Int.* 2017;59(11):1194-1199. doi: 10.1111/ped.13391.
- Leonard BE, Myint A. Changes in the immune system in depression and dementia: causal or coincidental effects?, *Dialogues Clin Neurosci.* 2006; 8(2): 163-174. doi:なし
- Lubans D, Richards J, Hillman C, Faulkner G, Beauchamp M, Nilsson M, Kelly P, Smith J, Raine L, Biddle S. Physical Activity for Cognitive and Mental Health in Youth: A Systematic Review of Mechanisms. *Pediatrics.* 2016; 138(3). pii: e20161642. doi: 10.1542/peds.2016-1642.
- Morita N, Nakajima T, Okita K, Ishihara T, Sagawa M, Yamatsu K. Relationships among fitness, obesity, screen time and academic

- achievement in Japanese adolescents. *Physiology & Behavior*. 2016; 163: 161-166. doi:10.1016/j.physbeh.2016.04.055.
- Mullender-Wijnsma MJ, Hartman E, de Greeff JW, Doolaard S, Bosker RJ, Visscher C. Physically Active Math and Language Lessons Improve Academic Achievement: A Cluster Randomized Controlled Trial. *Pediatrics*. 2016; 137(3): e20152743. doi: 10.1542/peds.2015-2743.
- Nassar MF, Amin DA, Hamed AI, Nassar JF, Abou-Zeid AE, Attaby MA. Vitamin D status and scholastic achievement in middle age childhood. *J Egypt Soc Parasitol*. 2012; 42(2): 349-358. doi: なし
- Olivares PR, García-Rubio J. Associations between different components of fitness and fatness with academic performance in Chilean youths. *PeerJ*. 2016; 4: e2560. doi: 10.7717/peerj.2560. eCollection 2016.
- Oliveira T, Pizarro A, Costa M, Fernandes L, Silva G, Mota J, Ribeiro JC. Cardiorespiratory fitness, but not physical activity, is associated with academic achievement in children and adolescents. *Ann Hum Biol*. 2017; 44(4): 309-315. doi: 10.1080/03014460.2017.1308010.
- Olvera-Cortés ME, Gutiérrez-Guzmán BE, López-Loeza E, Hernández-Pérez JJ, López-Vázquez MA. Serotonergic modulation of hippocampal theta activity in relation to hippocampal information processing. *Exp Brain Res*. 2013; 230(4): 407-426. doi: 10.1007/s00221-013-3679-x.
- Ortega FB, Campos D, Cadenas-Sanchez C, Altmäe S, Martínez-Zaldívar C, Martín-Matillas M, Catena A, Campoy C. Physical fitness and shapes of subcortical brain structures in children. *Br J Nutr*. (in press); 1-10. doi: 10.1017/S0007114516001239.
- Pindus DM, Drollette ES, Scudder MR, Khan NA, Raine LB, Sherar LB, Esliger DW, Kramer AF, Hillman CH. Moderate-to-Vigorous Physical Activity, Indices of Cognitive Control, and Academic Achievement in Preadolescents. *J Pediatr*. 2016; 173: 136-142. doi: 10.1016/j.jpeds.2016.02.045.
- Raine LB, Biggan JR, Baym CL, Saliba BJ, Cohen NJ, Hillman CH. Adolescent Changes in Aerobic Fitness are Related to Changes in Academic Achievement. *Pediatr Exerc Sci*. (in press); 1-21. doi: 10.1123/pes.2015-0225.
- Sallis JF and Owen N. Physical activity, Longevity, and physical health, *Physical activity and behavioral medicine*. Sage Publication Inc, 1999, pp.16-40.
- Santana CCA, Azevedo LB, Cattuzzo MT, Hill JO, Andrade LP, Prado WL. Physical fitness and academic performance in youth: A systematic review. *Scand J Med Sci Sports*. 2017 ; 27(6): 579-603. doi: 10.1111/sms.12773.
- Sardinha LB, Marques A, Minderico C, Palmeira A, Martins S, Santos DA, Ekelund U. Longitudinal Relationship between Cardiorespiratory Fitness and Academic Achievement. *Med Sci Sports Exerc*. 2016; 48(5): 839-844. doi: 10.1249/MSS.0000000000000830.
- 笹山健作, 野々上敬子, 多田賢代, 足立稔. 中学生における体力と学業成績との関連: 岡山県の中学校2校を対象とした検討. *学校保健研究*, 2013; 55: 414-424. doi: なし
- Schmidt M, Egger F, Benzinger V, Jäger K, Conzelmann A, Roebbers CM, Pesce C. Disentangling the relationship between children's motor ability, executive function and academic achievement. *PLoS One*. 2017; 12(8): e0182845. doi: 10.1371/journal.pone.0182845. eCollection 2017.

- Suchert V, Hanewinkel R, Isensee B. Longitudinal Relationships of Fitness, Physical Activity, and Weight Status With Academic Achievement in Adolescents. *J Sch Health*. 2016; 86(10): 734-741. doi: 10.1111/josh.12424. Psychology Society Conference Abstracts, 2017; pp.827. doi: なし
- Svansdottir E, Arngrimsson SA, Sveinsson T, Johannsson E. Importance of physical health and health-behaviors in adolescence for risk of dropout from secondary education in young adulthood: an 8-year prospective study. *Int J Equity Health*. 2015; 14: 140. doi: 10.1186/s12939-015-0272-x.
- Syväoja HJ, Kankaanpää A, Kallio J, Hakonen H, Kulmala JS, Hillman CH, Pesonen AK, Tammelin T. The Relation of Physical Activity, Sedentary Behaviors and Academic Achievement are Mediated by Fitness and Bedtime. *J Phys Act Health*. (in press); 1-9. doi: 10.1123/jpah.2017-0135.
- Vanhelst J, Béghin L, Duhamel A, Manios Y, Molnar D, De Henauw S, Moreno LA, Ortega FB, Sjöström M, Widhalm K, Gottrand F; Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence (HELENA) Study Group; Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence HELENA Study Group. Physical Activity Is Associated with Attention Capacity in Adolescents. *J Pediatr*. 2016; 168: 126-131.e2. doi: 10.1016/j.jpeds.2015.09.029.
- Van Grouw JM, Volpe SL. Childhood obesity in America. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2013; 20(5): 396-400. doi: 10.1097/01.med.0000433064.78799.0c.
- 山津幸司. 体力と学業成績には関連性があるのか? : 社会疫学研究. *体力科学*, 2010, 59(6): 503. doi: なし
- Yamatsu K. Flexibility is better predictor of academic performance than endurance capacity in Japanese children. 31th Conference of the European Health