HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	テニスレッスンが子どもの高次認知機能に与える効果［全文の要約］
Author(s)	石原，暢
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(教育学)
Dissertation Number	甲第12746号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/66183
Type	doctoral thesis
File Information	Toru_Ishihara_summary.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要約

博士の専攻分野の名称　博士（教育学）　　氏名　石原 暢

学位論文名「テニスレッスンが子どもの高次認知機能に与える効果」

緒言

先進諸国では高度な経済成長に伴い利便性の高い生活を得たことと引き換えに，身体的不活動の広がりが深刻な問題となっている．青年期や中高齢期における低体力は健康・死亡リスクを増大させ (Blair, Cheng, & Holder, 2001)，子ども時代の身体活動は生涯にわたる身体活動を予測し，間接的に死亡リスクと関連することが示唆されている (Hallal, Victora, Azevedo, & Wells, 2006)．また，青年期における高体力が生涯に渡る全死因による死亡率の低下と関連することが報告されている (Sato, Kodama, Sugawara, Saito, & Sone, 2009)．これらの研究結果は，生涯を通して健康な生活を送るためには，幼少期からの運動の習慣化が重要であることを示している．このような背景から，健康スポーツ科学分野および健康教育学分野において，人間の健康で豊かな生活を支えるための基盤となる研究知見の蓄積が望まれている．

子どもにおける身体活動に伴う体力の向上や適正体重の維持は，身体的健康リスクの軽減のみならず良好な学業成績と関連することが示されている (Kantomaa et al., 2013; Torrijos-Niño et al., 2014)．我が国の子どもにおいても体力・運動能力が高い者ほど学業成績も高いという関連が示されている (Morita et al., 2016).

運動・体力および適正体重の維持と学業成績の関連の背景にあるメカニズムの 1 つとして，運動に伴う遂行機能 (Executive Function) の向上が挙げられる (Hillman et al., 2014; Kamijo et al., 2011; Kamijo, Takeda, Takai, & Haramura, 2015)．遂行機能は，問題解決，論理的思考，計画など目標志向的な制御を要する高次認知機能を支える機能である (Diamond, 2013)．現在のところ，遂行機能は以下の 3 つの下位要素から構成されるとされている (Miyake et al., 2000)．1) 抑制機能 : 当該の状況で優勢な行動を意図的

に抑止し，自分の注意，行為，思考，および感情を制御する機能，2) ワーキングメモリー：情報を短期的に保持・更新し，その情報を適切に使用する機能，3) 認知の柔軟性：新しい規則や優先事項に順応し，物事を新しい視点で捉えたり注意を向ける対象を切り替える能力．これらの 3 つの機能が協働して論理的な思考，問題解決や計画的な行動を実現していると考えられている (Diamond, 2013).

学童期における遂行機能は良好な学習態度ひいては学業成績に重要な役割を果たすことが報告されている (Blair & Diamond, 2008)．また，遂行機能は学業成績のみならず，肥満リスクに関わる行動の制御 (食行動や身体活動; (Riggs, Chou, Spruijt-Metz, & Pentz, 2010)，スポーツ競技パフォーマンス (Vestberg, Reinebo, Maurex, Ingvar, & Petrovic, 2017)，仕事や恋愛の成功 (Bailey, 2007; Eakin et al., 2004; Pronk, Karremans, & Wigboldus, 2011) といった生活の様々な側面において重要な役割を果たすことが報告されている (Diamond, 2013, 2016, for reviews)．さらに，子ども時代に高い遂行機能を保持することは成人後の良好な健康状態，社会経済状況，犯罪の可能性の低下を予測することが報告されている (Moffitt et al., 2011)．これらの知見は，子どもにおいて運動を通して遂行機能を向上させることは，生涯に渡り良好な生活習慣を構築し，健康的かつ豊かな生活を営むための 1 つの手段となり得ることを示している．

運動が子どもの遂行機能に与える効果を無作為比較試験により明らかにした研究において，9 か月間の運動介入 (週 5 日，1 回 2 時間) によって子どもの遂行機能の 3 つの下位要素全て (抑制機能，ワーキングメモリー，認知の柔軟性) が向上したことが示されている (Hillman et al., 2014; Kamijo et al., 2011)．しかし，これらの研究は習慣的運動による有酸素能の向上が遂行機能を改善させることを示しているだけである．つまり，どのような運動が子どもの遂行機能の発達促進に効果が高いのかは不明であり，効果的な運動プログラムに関するコンセンサスの構築には至っていない．

以上の背景を踏まえて，本研究は子どもの遂行機能の発達を支援する効果的な運動

プログラムの提案に資する知見を得ることを目的とした．この目的を達成するため，テニスを 1 つの例として取り上げ，運動の種類，実施頻度，運動に対する感情的側面に焦点を当てた 5 つの研究課題を設定し，実験を行った．

研究課題 1「一過性のテニスレッスンが子どもの遂行機能に与える効果」

一過性の運動が子どもの遂行機能に与える効果に関する研究は数多く行われており，運動後に一時的に遂行機能が高まることが報告されている (Ludyga, Gerber, Brand, Holsboer-Trachsler, & Pühse, 2016; Soga, Kamijo, & Masaki, 2016; Verburgh, Königs, Scherder, & Oosterlaan, 2014). 一過性の運動が子どもの遂行機能に与える効果を運動の種類に焦点を当てた研究は限られており，統一された見解が得られていない．研究課題 1 においては 50 分間のゲーム中心のテニスレッスンと技術練習中心のテニスレッスンが子どもの遂行機能に与える効果を検討し，どちらのレッスンも遂行機能を向上させるが，技術練習中心のレッスンと比較してゲーム中心のレッスンはその効果が高いことが示された．学校教育現場においてテニスのようなスポーツを実施する際に，ゲーム中心のプログラムを実施することで子どもの遂行機能を向上させ，その後の学習効果を高めることが可能であるかもしれない．

研究課題 2「子どもの体力・運動能力，テニスレッスン歴と遂行機能の関連」

過去の横断的研究において，身体活動量，体力・運動能力，スポーツ経験は子どもの遂行機能とポジティブな関連を示すことが明らかとなっているが (Alesi et al., 2014; Booth et al., 2013; Scudder et al., 2016)，それぞれの個別的な関連は検討されていない．研究課題 2 においては，身体活動量，体力・運動能力，テニスレッスン歴と子どもの遂行機能の関連を包括的に検討し，テニスレッスン歴が身体活動量，体力・運動能力と独立して認知の柔軟性と関連することが示された．以上の結果から，テニスのようなスポーツは子どもの遂行機能の向上に効果的な運動であることが示された．

研究課題 3「テニスレッスン内容と子どもの遂行機能の関連」

研究課題 3 では，テニスのどのような側面が子どもの遂行機能と関連するかを横断的に検討した．その結果，普段受講するテニスレッスンの内，ゲームと協調運動の実施時間が長い子どもほどそれぞれ抑制機能とワーキングメモリーが優れていることが示された．グループゲーム，協調運動が子どもの遂行機能の向上に寄与することを示した縦断的研究 (Koutsandréou, Wegner, Niemann, & Budde, 2016; Schmidt, Jäger, Egger, Roebers, & Conzelmann, 2015) と併せて考えると，ゲーム性および協調運動に主眼を置いた運動プログラムは子どもの遂行機能の発達を支援すると考えられる．

研究課題 4「テニスレッスン実施頻度と子どもの遂行機能の関連」

運動頻度と子どもの遂行機能に関しては統一された見解が得られていない (Ardoy et al., 2014; Davis et al., 2011)．研究課題 4 ではテニス実施頻度と遂行機能の関連を横断的に検討し，平均週 5 回テニスレッスンに通う子どもは週 1 回の子どもと比較し，抑制機能とワーキングメモリーが優れていることが示された．

研究課題 5「テニスレッスン実施頻度および感情的側面と子どもの遂行機能の関連」

研究課題 5 では研究課題 4 の結果を受けて，テニスレッスン実施頻度と遂行機能の関連を縦断的に検討した．その結果，テニス実施頻度が増加した群は維持した群と比較して 12 か月後にワーキングメモリーが大きく向上する結果が示され，研究課題 4 と一致した見解が得られた．さらに，研究課題 5 では運動に対する感情的要因 (モチベーションと運動有能感) と遂行機能の発達の関連も検討した．その結果，12 か月間の感情的要因の変化と遂行機能の変化にポジティブな関連が示された．

本研究のまとめ

本研究により明らかとなった点を以下にまとめる.

1. 一過性のテニスレッスンは子どもの遂行機能を向上させ，その効果は遂行機能の要求度の低い技術練習中心のプログラムと比較して，遂行機能の要求度の高いゲーム中心のプログラムで大きい.
2. テニスレッスン歴は，体力・運動能力および中高強度身体活動量と独立して子どもの遂行機能とポジティブな関連を持つ.
3. 遂行機能の要求度の高いと考えられるテニスレッスンプログラム (e.g.，ゲーム，協調運動) は子どもの遂行機能とポジティブな関連を持つ.
4. テニスレッスンに通う子どもにおいて，レッスン実施頻度を増加させることで，遂行機能の発達が促進される.
5. 運動に対する感情的要因 (運動有能感，モチベーション) の変化は遂行機能の変化と関連する.

以上の知見から子どもの遂行機能の促進に効果的な運動プログラム構築に向けて以下を提案する．テニスのようにオープンスキルが要求されるスポーツは遂行機能の促進に効果的であり，さらにゲームや協調運動を多く取り入れたプログラムはその効果が大きい．また，運動に対するポジティブな感情を育む運動プログラム，例えば，難易度を個人に合わせた運動プログラムは効果が高い可能性がある．既にスポーツに取り組んでいる子どもでも，頻度を増加させることで遂行機能の向上が見込めるかもしれない.

本研究の結論

本研究の結果から，テニスのような遂行機能が要求されるスポーツは子どもの遂行機能の発達を支援すること，さらにはゲーム性が高く，協調運動を伴う運動・スポーツプログラムはその効果が大きいことが示された．週に 1 回スポーツに取り組む子どもにおいても，スポーツ実施頻度を週 4 日程度まで増加させることでさらに遂行機能が向上することが明らかとなった．運動に対するポジティブな感情的要因 (運動有能感，モチベーション) は子どもの遂行機能の発達と関連し，運動に対する肯定的感情の発達に焦点をあてた研究の必要性が示唆された．今後は，より質の高い研究デザインを用いて本研究で得られた知見を発展させ，さらには運動に伴う遂行機能の促進が子どもの生活にとってどのような意味を持つかという点に視野を拡大して研究を進め，生涯にわたる健康の維持・増進に資する知見の提供を目指す．

参考文献

Alesi, M., Bianco, A., Padulo, J., Vella, F. P., Petrucci, M., Paoli, A., … Pepi, A. (2014). Motor and cognitive development: the role of karate. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, *4*(2), 114–120. http://doi.org/10.11138/mltj/2014.4.2.114

Ardoy, 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 and Science in Sports*, *24*(1), e52-61. http://doi.org/10.1111/sms.12093

Bailey, C. E. (2007). Cognitive accuracy and intelligent executive function in the brain and in business. *Annals of the New York Academy of Sciences*. http://doi.org/10.1196/annals.1412.011

Blair, C., & Diamond, A. (2008). Biological processes in prevention and intervention: The promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. *Development and Psychopathology*, *20*(3), 899–911. http://doi.org/10.1017/S0954579408000436

Blair, S. N., Cheng, Y., & Holder, J. S. (2001). Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(6 Suppl), S379-99–20. http://doi.org/10.1097/00005768-200105001-01549

Booth, J. N., Tomporowski, P. D., Boyle, J. M., Ness, A. R., Joinson, C., Leary, S. D., & Reilly, J. J. (2013). Associations between executive attention and objectively measured physical activity in adolescence: Findings from ALSPAC, a UK cohort. *Mental Health and Physical Activity*, *6*(3), 212–219. http://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.09.002

Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., … Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychology*, *30*(1), 91–98. http://doi.org/10.1037/a0021766

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135–168.

http://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Diamond, A. (2016). Why improving and assessing executive functions early in life is critical. In P. McCardle, L. Freund, & J. A. Griffin (Eds.), *Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research.* (pp. 11–43). Washington, DC: American Psychological Association. http://doi.org/10.13140/RG.2.1.2644.6483

Eakin, L., Minde, K., Hechtman, L., Ochs, E., Krane, E., Bouffard, R., … Looper, K. (2004). The marital and family functioning of adults with ADHD and their spouses. *Journal of Attention Disorders*, *8*(1), 1–10. http://doi.org/10.1177/108705470400800101

Hallal, P. C., Victora, C. G., Azevedo, M. R., & Wells, J. C. K. (2006). Adolescent physical activity and health: A systematic review. *Sports Medicine*, *36*(12), 1019–1030. http://doi.org/10.2165/00007256-200636120-00003

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. a., Raine, L. B., Scudder, M. R., … Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *Pediatrics*, *134*(4), e1063–e1071. http://doi.org/10.1542/peds.2013-3219

Kamijo, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C. T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science*, *14*(5), 1046–1058. http://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x

Kamijo, K., Takeda, Y., Takai, Y., & Haramura, M. (2015). Greater aerobic fitness is associated with more efficient inhibition of task-irrelevant information in preadolescent children. *Biological Psychology*, *110*, 68–74. http://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.07.007

Kantomaa, M. T., Stamatakis, E., Kankaanpää, A., Kaakinen, M., Rodriguez, A., Taanila, A., … Tammelin, T. (2013). Physical activity and obesity mediate the association between

childhood motor function and adolescents' academic achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(5), 1917–1922. http://doi.org/10.1073/pnas.1214574110

Koutsandréou, F., Wegner, M., Niemann, C., & Budde, H. (2016). Effects of motor versus cardiovascular exercise training on children's working memory. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *48*(6), 1144–1152. http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000869

Ludyga, S., Gerber, M., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2016). Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: a meta-analysis. *Psychophysiology*. http://doi.org/10.1111/psyp.12736

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. http://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734

Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., … Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*, 2693–2698. http://doi.org/10.1073/pnas.1010076108

Morita, N., Nakajima, T., Okita, K., Ishihara, T., Sagawa, M., & Yamatsu, K. (2016). Relationships among fitness, obesity, screen time and academic achievement in Japanese adolescents. *Physiology and Behavior*, *163*, 161–166. http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.04.055

Pronk, T. M., Karremans, J. C., & Wigboldus, D. H. J. (2011). How can you resist? Executive control helps romantically involved individuals to stay faithful. *Journal of Personality and Social Psychology*, *100*(5), 827–837. http://doi.org/10.1037/a0021993

Riggs, N., Chou, C.-P., Spruijt-Metz, D., & Pentz, M. A. (2010). Executive cognitive function

as a correlate and predictor of child food intake and physical activity. *Child Neuropsychology : A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, *16*(3), 279–92. http://doi.org/10.1080/09297041003601488

Sato, M., Kodama, S., Sugawara, A., Saito, K., & Sone, H. (2009). Physical fitness during adolescence and adult mortality. *Epidemiology*, *20*(3), 463–464. http://doi.org/10.1097/EDE.0b013e31819ed09f [doi]¥n00001648-200905000-00027 [pii]

Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebers, C. M., & Conzelmann, A. (2015). Cognitively Engaging Chronic Physical Activity, But Not Aerobic Exercise, Affects Executive Functions in Primary School Children. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *37*(6), 575–591. http://doi.org/10.1123/jsep.2015-0069 T4 - A Group-Randomized Controlled Trial M4 - Citavi

Scudder, M. R., Drollette, E. S., Szabo-Reed, A. N., Lambourne, K., Fenton, C. I., Donnelly, J. E., & Hillman, C. H. (2016). Tracking the Relationship Between Children's Aerobic Fitness and Cognitive Control. *Health Psychology : Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, *35*(9), 967–78. http://doi.org/10.1037/hea0000343

Soga, K., Kamijo, K., & Masaki, H. (2016). Effects of acute exercise on executive function in children with and without neurodevelopmental disorders. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, *5*(1), 57–67. http://doi.org/10.7600/jpfsm.5.57

Torrijos-Niño, C., Martínez-Vizcaíno, V., Pardo-Guijarro, M. J., García-Prieto, J. C., Arias-Palencia, N. M., & Sánchez-López, M. (2014). Physical fitness, obesity, and academic achievement in schoolchildren. *Journal of Pediatrics*, *165*(1), 104–109. http://doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.02.041

Verburgh, L., Königs, M., Scherder, E. J. A., & Oosterlaan, J. (2014). Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a

meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *48*(12), 973–9. http://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091441

Vestberg, T., Reinebo, G., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2017). Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PLOS ONE*, *12*(2), e0170845. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0170845