

〔二次出版〕

教室におけるスタンディングデスクの導入が児童の経時的な身体活動および座位活動に及ぼす影響

—International Journal of Environmental Research and Public Health に
掲載された英語論文の日本語による二次出版—

城所哲宏¹⁾, 清水安夫¹⁾, 枝元香菜子²⁾, アニア・マイケル¹⁾

SUMMARY

本研究は、教室におけるスタンディングデスクの導入が、児童の経時的な身体活動および座位活動に及ぼす影響を検討することを目的とした。長野県の小学校における対象学級(2学級)に在籍する11~12歳の児童38名(男子22名, 女子16名)を対象とした。1クラスを介入クラス, もう1クラスを対照クラスと割り当てた。介入クラスの児童および教員に対し6か月間, 昇降式スタンディングデスク1台が支給された。座位時間, 低強度身体活動(LPA), 中高強度身体活動(MVPA)は, 加速度計を用いて測定した。介入クラスにおいては, スタンディングデスクを導入後, 座位時間が有意に減少した(18.3分/日)。また, 座位時間の減少に伴い, MVPAが有意に増加した(19.9分/日)。経時的な身体活動および座位活動を評価した解析の結果, 介入クラスでは, 学校内における座位時間は有意に減少し, 学校外での座位活動には有意な変化はなかった。本研究の結果より, 小学校の教室にスタンディングデスクを導入することは, 代償行動なく, 座位時間を減少できる可能性が示唆された。

Key words: 昇降デスク, 座位時間, アクチグラフ, 介入, 時間変動, 学齢期児童, 健康

緒言

座位活動(1.5メッツ未満の活動¹⁾)の増加は, 日本を含め現代社会における世界的な問題である^{2,3)}。これまで多くの研究より, 長時間の座位活動と心血管疾患リスクに負の関連性が認められている^{4,5)}。また, 長時間の座位活動が, 児童の自尊心や学力成績の低下と関連していることが報告されている^{4,5)}。更に, 子ども期の座位活動パターンは, 青年期や成人後の座位活動パターンに

関連するとされている^{6,7)}。これらの研究は, 早い時期における行動変容の必要性を示唆している。したがって, 子ども期における座位活動を減らすための効果的な介入は, 子どもの現在および将来の健康に対して極めて重要であり, 学校はこうした介入を実施するための重要な場であると考えられる。

日本における学齢期の児童は, 起きている時間の50%以上を教室内で過ごすとされている⁸⁾。一方, 教室におけるほとんどの時間において, 児

1) 国際基督教大学教養学部 Department of Health & Physical, Education College of Arts & Science, International Christian University, Tokyo, Japan.
2) 金沢学院大学文学部教育学科 Department of Education, Faculty of Letters, Kanazawa Gakuin University, Kanazawa, Japan.

本論文は以下の論文を忠実に日本語翻訳した二次出版です。引用を行う場合には原典を確認のうえ, 下記を引用してください。

Kidokoro T, Shimizu Y, Edamoto K, Annear M. Classroom standing desks and time-series variation in sedentary behavior and physical activity among primary school children. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019; 16(11): E1892.

童は座っていることが求められている。その結果として、教室内は、児童たちの座位活動が蔓延する場となっている。これまでの研究より、児童は授業中における50～70%の時間を座って過ごすことが報告されている⁹⁻¹¹⁾。また、「学校内」における座位時間は、「学校外」における座位時間と比較して、有意に長いことが報告されている⁹⁻¹¹⁾。したがって、こうした教室環境をより活動的な空間に変換することは、児童の座位時間を減少させるうえで有効な可能性が考えられる。これを実現させるための1つの方法として、従来の「座ることが基本である机(通常の机)」を「昇降式のスタンディングデスク(立ちながらでも作業が可能となる机)」と入れ替え、児童が立位姿勢で身体を動かしながら学習する環境を作ることが挙げられる。これにより、学習時の座位活動が低強度身体活動(LPA)や中高強度身体活動(MVPA)に置き換わることにより、座位時間が減少する可能性が期待できる。これまでの予備的研究によると、スタンディングデスクの導入が、児童の座位時間を有意に減少させることが報告されている¹¹⁻¹⁴⁾。また、スタンディングデスクの導入により、児童の認知機能および学力成績に好ましい影響がある可能性が報告されている¹⁵⁻¹⁷⁾。更に、スタンディングデスクを使用することで、エネルギー消費量が高まり、過体重や肥満のリスクが軽減される可能性が報告されている^{18,19)}。

こうしたスタンディングデスクに関する肯定的な効果¹¹⁻¹⁴⁾が報告されている一方で、スタンディングデスクの導入が児童における経時的な座位活動に及ぼす影響については検討されていない。特に、これまでの研究では、主要評価項目として、1日トータルの座位時間が用いられており、経時的な座位活動に対して、スタンディングデスクの導入がどのような影響を及ぼすかについては明らかにされていない。スタンディングデスク導入が、児童の座位活動に「いつ」「どのように」して影響を及ぼすかを明らかにすることは、今後のスタンディングデスクの導入による介入の際に、有益な情報となり得る。そこで、本研究は、小学校の教

室へのスタンディングデスクの導入が、児童の座位活動を減少し、身体活動を増加させるかについて明らかにすることを目的とした。また、学校内における座位時間の変化が、学校外における座位時間に、どのような影響を及ぼすかを検討した。先行研究における肯定的な効果¹¹⁻¹⁴⁾を踏まえると、スタンディングデスクの導入は、児童の身体活動レベルを増加させるという仮説を立て、研究を実施した。

方法と方法論

A. 対象者

対象者は、長野県佐久市にあるA小学校に通う児童とした。A小学校における学校長および教頭との議論を踏まえ、第6学年(11～12歳)の2クラスに在籍する児童を本研究における研究対象者とした。研究実施にあたり、介入クラスにおいて既存のデスクを昇降式のスタンディングデスクに取り換える旨を保護者に対して書面にて説明し、児童の研究参加について同意を得た。本研究は、ヘルシンキ宣言に則り、国際基督教大学の研究倫理委員会にて研究実施の承諾を得た(ID:2018-16)。

B. 研究デザイン

介入期間は、2018年7月から12月までの6か月間とした。本研究は、1クラスを介入クラス、もう1クラスを対照クラスと割り当てた準実験研究であった。介入クラス(n=22名、男子13名、女子9名)の児童および教員は、各1台の昇降式のスタンディングデスク(StaFit, 株式会社オカムラ)がそれぞれ支給された。このスタンディングデスクは、学齢期の児童専用開発されたデスクであり、児童は姿勢に応じて容易にデスクの高さを調整することが可能である。更に、スタンディングデスクの脚にはキャスターがついており、児童はスタンディングデスクごと容易に教室を動き回ることが可能であった。なお、既存の椅子は、そのまま使用することとしたため、従来と同様、座って学習することも可能であった。介入を実施するにあたり、介入クラスの教員を対象に、スタ

ンディングデスクの使用方法や期待される効果に関する対面での講習会を研究の開始前に2回実施した。1回目の講習会においては、スタンディングデスクを使用することで期待される健康および教育的効果に関する科学的根拠について説明をした。次に、2回目の講習会においては、授業中における具体的なスタンディングデスクの使用方法について説明をした。更に、これまでの研究²⁰⁾を参考に、研究チームが作成したデスクの使用マニュアルをクラス担任に配布した。本マニュアルには、期待される便益や、具体的な使用方法に関する情報を記載した(例、グループワーク、プレゼンテーション、ディスカッション)。加えて、介入クラスの児童に対しても、スタンディングデスク使用による期待される効果を説明し、行動変容が起こるように促した。介入クラスの児童および教員に対しては、「極力、長時間の座位時間を避けて下さい」と依頼した一方、どの程度使用するか(時間、頻度)については、介入クラスの児童および教員に一任した。スタンディングデスクを導入する以外では、クラス環境およびカリキュラムに一切の変更はなかった。一方、対照クラス(n=21名、男子14名、女子7名)においては、教室環境の変化は一切なく、従来どおりの生活を送るように依頼した。なお、日本の小学校においては、国の教育基準によって学習カリキュラムが決められている²¹⁾。本研究における介入クラスおよび対照クラスの学習カリキュラムは同一であり、介入期間中に両クラスとも変更はなかった。

C. 評価項目

研究調査は、介入クラスおよび対照クラスにおいて、ベースライン調査(スタンディングデスク導入前、2018年6月)およびフォローアップ調査(スタンディングデスク導入から19~20週間後、2018年12月)に行った。フォローアップ調査は、研究協力校の年間スケジュール(例、体育祭、文化祭など)を考慮したうえで実施日程を決定した。座位時間および身体活動は3軸加速度計を用いて評価した(ActiGraph, wGT3X-BT, LLC, Pensacola, FL, USA)。本加速度計は、子どもにおける身体

活動および座位活動の評価において、その妥当性および信頼性が認められている^{22,23)}。対象者には、睡眠中および水中活動(例、入浴、水泳)を除き、連続した5日間(月曜日から金曜日)、ベルトを使用して右腰に加速度計を装着するよう依頼した。加速度データは15秒おきに収集した。これまでの研究²⁴⁾を参考に、60分以上ゼロカウントが継続した場合に、「加速度計非装着」と定義した。装着時間が1日10時間以上あった日を有効日とし、有効日が4日間以上あった対象者を、有効データとした²⁵⁾。身体活動は、Evenson²²⁾のカットオフ値を用い、次の3カテゴリーに分類した：座位活動(101カウント/分未満)、LPA(101~2295カウント/分)、MVPA(2296カウント/分以上)。加速度計により得られたデータは、ActiLife(バージョン6.13.3)を用いて解析した。

D. 質問紙項目

フォローアップ調査において、介入クラスの児童を対象に、スタンディングデスク使用に関する質問紙調査を行った。具体的には、「私はスタンディングデスクを使った授業が好きである」および「私はこれからもスタンディングデスクを使いたいと思う」という質問に対し、「全く当てはまらない」から「とても当てはまる」の4段階での回答を依頼した。これらの回答結果については、表1に示した。

また、介入期間における「スタンディングデスクの使用頻度」について、対象者に以下の質問に回答するよう依頼した。質問：「ふだん、1週間(月曜~金曜日)でどのくらいスタンディングデスクを使っていますか?」。回答：「全く使っていない(0と入力)」、「ほとんど使っていない(0.5と入力)」、「1週間に1回(1と入力)」、「1週間に2回(2と入力)」、「1週間に3回(3と入力)」、「1週間に4回(4と入力)」、「毎日(5と入力)」。更に、「1回当たりの使用時間」について、対象者に以下の質問に回答するよう依頼した。質問：「スタンディングデスクを使ったとき、1回当たりどのくらいの時間使っていますか?」。回答：「0~5分(2.5と入力)」、「5~15分(10と入力)」、「15

表 1. 児童のスタンディングデスクに対する考え方

児童の考え方	とても当てはまる	当てはまる	当てはまらない	全く 当てはまらない
スタンディングデスクに対する態度				
私はスタンディングデスクを使った授業が好きである, % (n)	16.7(3)	50.0(9)	27.8(5)	5.6(1)
私はこれからもスタンディングデスクを使いたいと思う, % (n)	27.8(5)	44.4(8)	16.7(3)	11.1(2)
スタンディングデスク教室では…				
自分の感じていることをうまく相手に表現することができる, % (n)	5.6(1)	61.1(11)	22.2(4)	11.1(2)
作業がやりやすい, % (n)	44.4(8)	33.3(6)	11.1(2)	11.1(2)
疲れてぐったりする, % (n)	5.6(1)	5.6(1)	38.9(7)	50.0(9)
眠くならない, % (n)	55.6(10)	38.9(7)	5.6(1)	0(0)

表 2. 介入クラスにおけるスタンディングデスクの使用状況

スタンディングデスクの使用	平均 ± 標準偏差 または% (n)
使用頻度	
平均の使用時間(分/日)	21.4±5.9
授業中において姿勢を変える頻度(回/クラス)	1.8±0.8
どの科目のときに、立って授業を受けることが多かったですか？(複数回答)	
算数, % (n)	5.6(1)
社会, % (n)	77.8(14)
国語, % (n)	94.4(17)
理科, % (n)	0(0)
英語, % (n)	0(0)
音楽, % (n)	0(0)
家庭科, % (n)	0(0)
技術, % (n)	0(0)
美術, % (n)	22.2(4)
道徳, % (n)	66.7(12)
書道, % (n)	44.4(8)
図画工作, % (n)	50.0(9)
どんなときに立っていることが多かったですか？(複数回答)	
朝活動のとき, % (n)	0(0)
眠くなったとき, % (n)	22.2(4)
疲れたとき, % (n)	11.1(2)
集中したいとき, % (n)	16.7(3)
グループ活動をするとき, % (n)	94.4(17)
本を読むとき, % (n)	22.2(4)
字を書くとき, % (n)	22.2(4)
工作など作業をするとき, % (n)	44.4(8)
絵を描くとき, % (n)	0(0)
計算をするとき, % (n)	0(0)
友達と話すとき, % (n)	33.3(6)
自分の意見を発表するとき, % (n)	16.7(3)
遠くの友達に話に行くとき, % (n)	33.3(6)
その他, % (n)	0(0)

～30分(22.5と入力)」、「30～45分(37.5と入力)」。

データ取得後、以下の数式を用いて、1日当たりのスタンディングデスク使用時間を算出した。

$$\text{スタンディングデスク使用時間(分/日)} = \text{スタンディングデスクの使用頻度} \times 1 \text{ 回当たりの使用時間}$$

更に、「スタンディングデスクを最も多く使用した科目」および「スタンディングデスクを最も使用した場面」について、対象者にそれぞれ尋ねた。具体的には、「あなたはどの科目のときに、立って授業を受けることが多かったですか？」および「あなたはどんなときに立っていることが多かったですか？」との質問に対し、それぞれ複数回答可の形式で回答を依頼した。これらの回答結果と1日当たりのスタンディングデスク使用時間の平均値は表2に示した。

E. データ分析

介入クラスおよび対照クラスにおける差を検討するため、対応のない t 検定を実施した。また、両クラスにおけるスポーツクラブへの所属状況の差を検討するため、カイ二乗検定を実施した。なお、対象者間における加速度計の装着時間の違いを考慮するため、座位時間、LPA および MVPA は、パーセントデータとして算出をした。両クラスにおけるベースライン調査からフォローアップ調査への座位活動および身体活動の変化の違いを検討するため、二要因分散分析(クラス×時間)を実施した。効果量(η^2)は以下の公式を用いて算出した。

$$\eta^2 = \text{評価項目の主効果もしくは交互作用 / 全体平方和}$$

経時的な身体活動および座位活動は、各時間帯における平均値(%)を用いて算出した。例えば、午前7時における身体活動は、午前6時30分から7時30分における身体活動の平均値を用いて評価した。研究協力校における時間割によると、正課時間は午前8時20分から午後4時(日本の公立小学校における一般的な授業時間)であった。両クラスにおける経時的な身体活動の差を検討するため、二要因分散分析(クラス×時間)を実施した。本研究と類似した手法を用いている先行研究¹²⁾に

おいて、効果量(Cohen's D)が0.66であると報告されていることから、検出力80%およびアルファレベル5%において、本研究では少なくとも13名以上のサンプル数が必要であることが算出された²⁶⁾。統計分析にはSPSS(バージョン24, SPSS, Inc., IBM, Armonk, NY, USA)を用いた。 P 値が0.05未満を有意差ありとし、適切な場合は効果量も報告した。

結 果

ベースライン調査およびフォローアップ調査において、介入クラスにおける22名のうち、4名の児童が加速度計における有効データ基準を満たさなかった(18.2%, 男子4名)。一方、対照クラスにおいて、1名の児童が有効データ基準を満たさなかった(4.8%, 男子1名)。両クラスにおける加速度計の有効データ割合に関して、有意な差はなかった(カイ二乗検定, $P = 0.170$)。最終的な分析対象者は、介入クラスは18名の児童(男子9名, 女子9名)と対照クラスは20名の児童(男子13名, 女子7名)であった。

両クラスにおけるベースライン調査の MVPA,

表3. ベースライン調査における対象者の特性

対象者の特性	介入クラス (n=18)	対照クラス (n=20)	P 値
年齢, 歳	11.3±0.5	11.3±0.5	0.805
身長, cm	144.6±7.0	145.3±6.6	0.748
体重, kg	38.7±9.7	37.0±8.5	0.534
BMI, kg/m ²	18.3±3.1	17.4±3.3	0.379
男子の割合, %(n)	50.0(9)	65.0(13)	0.350
SB, %	61.7±7.9	67.1±6.1	0.023
LPA, %	28.8±4.9	24.2±4.4	0.005
MPA, %	6.2±2.6	5.6±2.2	0.429
VPA, %	3.3±1.8	3.1±1.7	0.695
MVPA, %	9.5±3.8	8.7±3.7	0.490
歩数(歩/日)	11295±3229	11796±2140	0.573
加速度計装着時間(分/日)	764.5±95.4	827.2±89.6	0.045
スポーツクラブ 所属状況, %(n)	38.9(7)	40.0(8)	0.944

結果は平均値と標準偏差で示している。SB(座位時間), LPA(低強度身体活動), MPA(中強度身体活動), VPA(高強度身体活動), MVPA(中高強度身体活動)

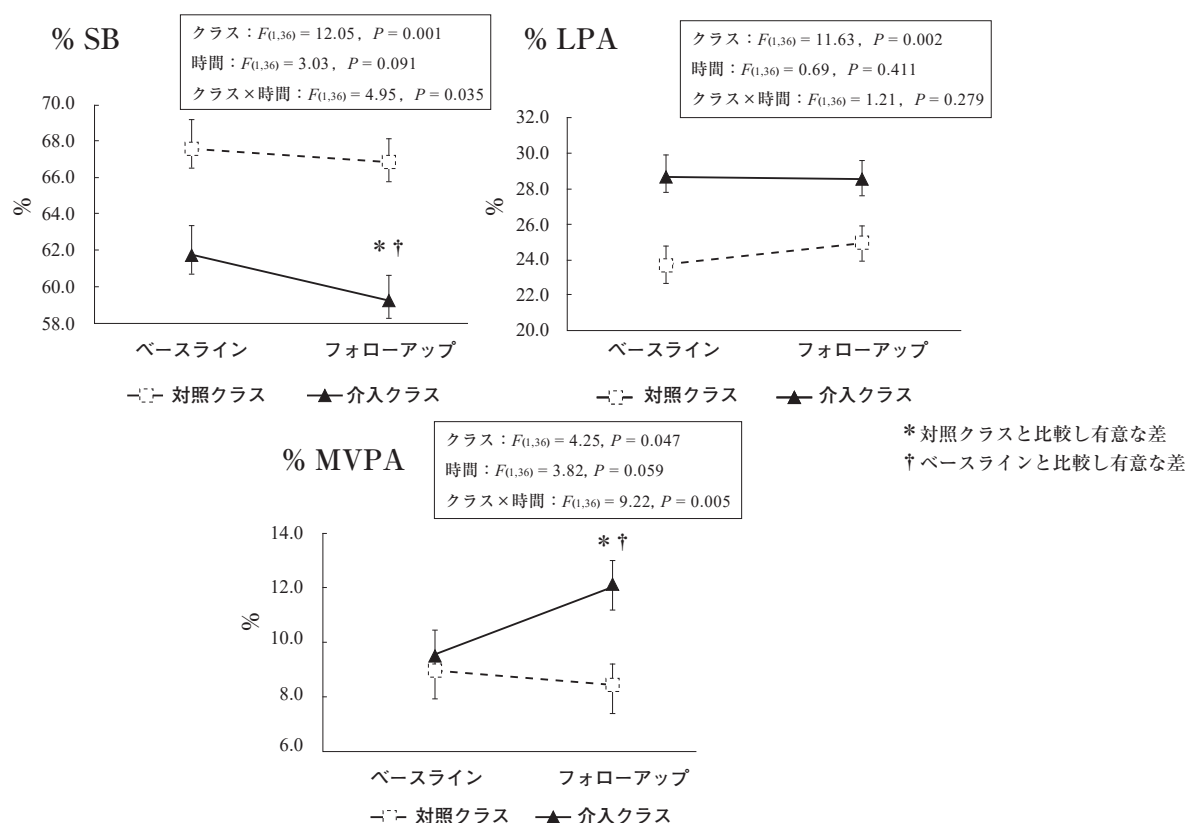


図1. 介入期間における身体活動および座位活動の変化

結果は平均値および標準誤差で示している。介入期間中の身体活動および座位活動の変化を検討するため、二要因分散分析(クラス×時間)を実施した。交互作用が確認された場合、下位検定を行い、各要因の主効果を確認した。

SB: 座位時間, LPA: 低強度身体活動, MVPA: 中高強度身体活動

歩数、加速度計装着時間、スポーツクラブへの所属状況には有意な差は認められなかった(表3)。しかしながら、介入クラスにおけるベースライン調査の座位時間は、対照クラスと比べ、有意に低い値を示した($P = 0.023$)。また、介入クラスの児童において、対照クラスの児童と比べ、ベースライン調査のLPAが有意に高い値を示した($P = 0.005$)。

図1には、両クラスにおけるベースライン調査からフォローアップ調査での身体活動および座位活動の変化を示した。介入クラスにおいては、フォローアップ調査で座位時間が有意に減少した。一方、対照クラスでは座位時間に有意な変化はなかった($F_{(1,36)} = 4.95, P = 0.035, \eta^2 = 0.082$)。介入クラスにおける座位時間の減少程度は、1日18.3分であった。また、介入クラスにおいて、介入期間中にMVPAが有意に増加した。一方、対照ク

ラスでは有意な変化は認められなかった($F_{(1,36)} = 9.22, P = 0.005, \eta^2 = 0.213$)。介入クラスにおけるMVPAの増加程度は、1日19.9分だった。介入期間中のLPAに関して、両クラスともに有意な変化はなかった($P = 0.279$)。

図2では、介入クラスにおける経時的な身体活動および座位活動の変化を示した。結果、介入期間中において、座位時間、LPA、MVPAに有意な変化が認められた(すべて $P < 0.05$)。特に、フォローアップ調査における午前9時から10時の座位時間は、ベースライン調査と比べて、有意に低値を示した。一方、フォローアップ調査における午前9時から10時のMVPAは、ベースライン調査と比べて、有意に高値を示した(すべて $P < 0.05$)。他の時間帯においては、身体活動レベルに有意な変化が認められなかった(図2)。図3では、対照クラスにおける経時的な身体活動量の変化を示し

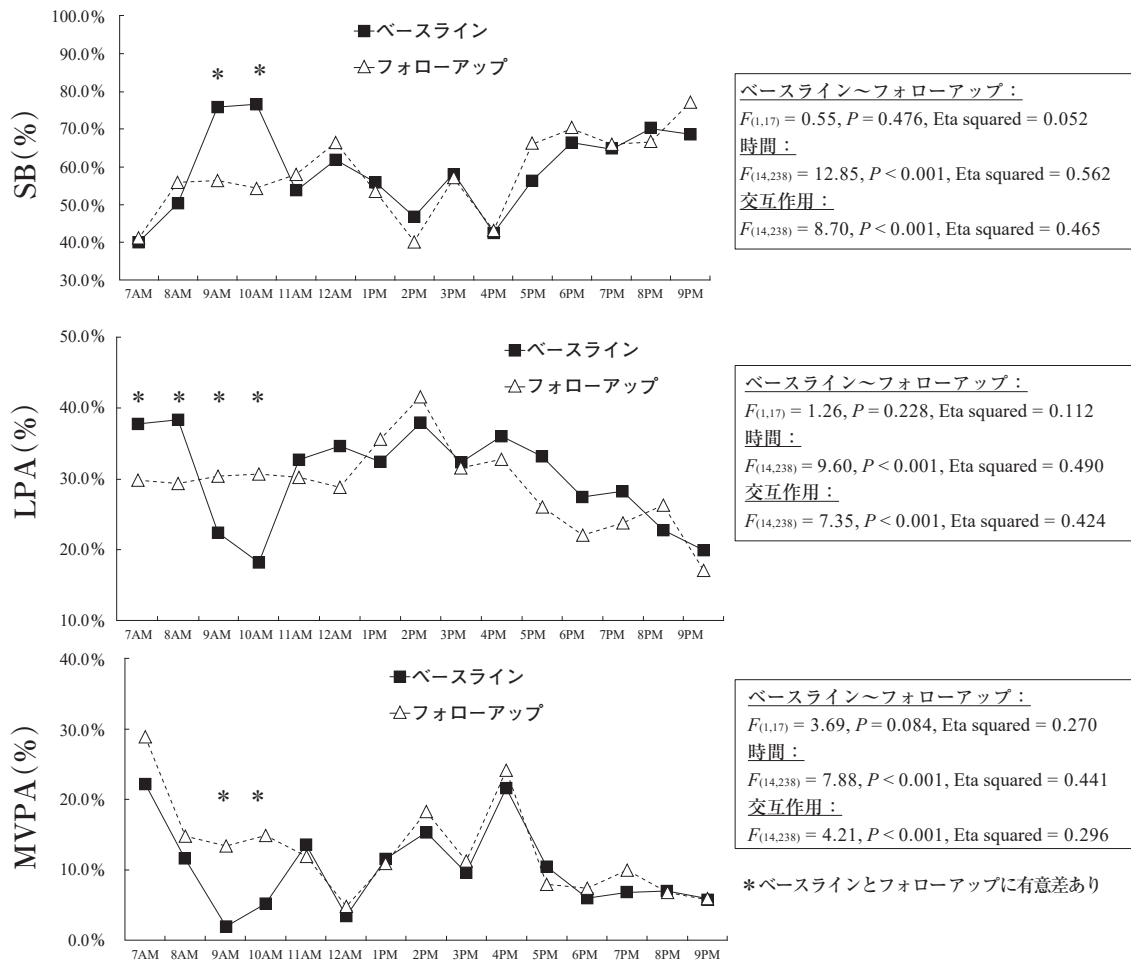


図2. 介入クラスにおける経時的な身体活動および座位活動の変化

結果はパーセンテージで示している。介入期間中における経時的な身体活動および座位活動の変化を検討するため、二要因分散分析(ベースライン～フォローアップ×時間)を実施した。交互作用が確認された場合、下位検定を行い、各要因の主効果を確認した。

SB: 座位時間, LPA: 低強度身体活動, MVPA: 中高強度身体活動

た。結果、座位時間、LPA および MVPA において、午前8時、9時、12時、午後2時および3時において、介入期間中に有意な変化が認められたものの、明確な変化のパターンについては確認されなかった(図3)。

介入クラスにおける座位活動の減少に加え、質問紙調査からも、スタンディングデスクに対する肯定的な意見が報告された(表1)。具体的には、66.7%の児童が「私はスタンディングデスクを使った授業が好きである」と回答し、72.2%の児童が「私はこれからもスタンディングデスクを使いたいと思う」と回答した。また、66.7%の児童が「自分の感じていることをうまく相手に表現す

ることができる」、77.7%の児童が「作業がやりやすい」、94.5%の児童が「眠くならない」と回答した。加えて、11.2%の児童のみ「疲れてぐったりする」と回答した。

表2では、スタンディングデスク使用に関する項目を示した。自己申告による1日当たりのスタンディングデスクの平均使用時間は 21.4 ± 5.9 分であり、加速度計で評価したMVPA増加の程度と同様の結果が得られた。また、授業中において、平均すると、 1.8 ± 0.8 回姿勢を変えていたと回答した。スタンディングデスクが最も使用された授業は国語(94.4%)であり、続いて、社会(77.8%)、道徳(66.7%)、図画工作(50.0%)、書道(44.4%)、

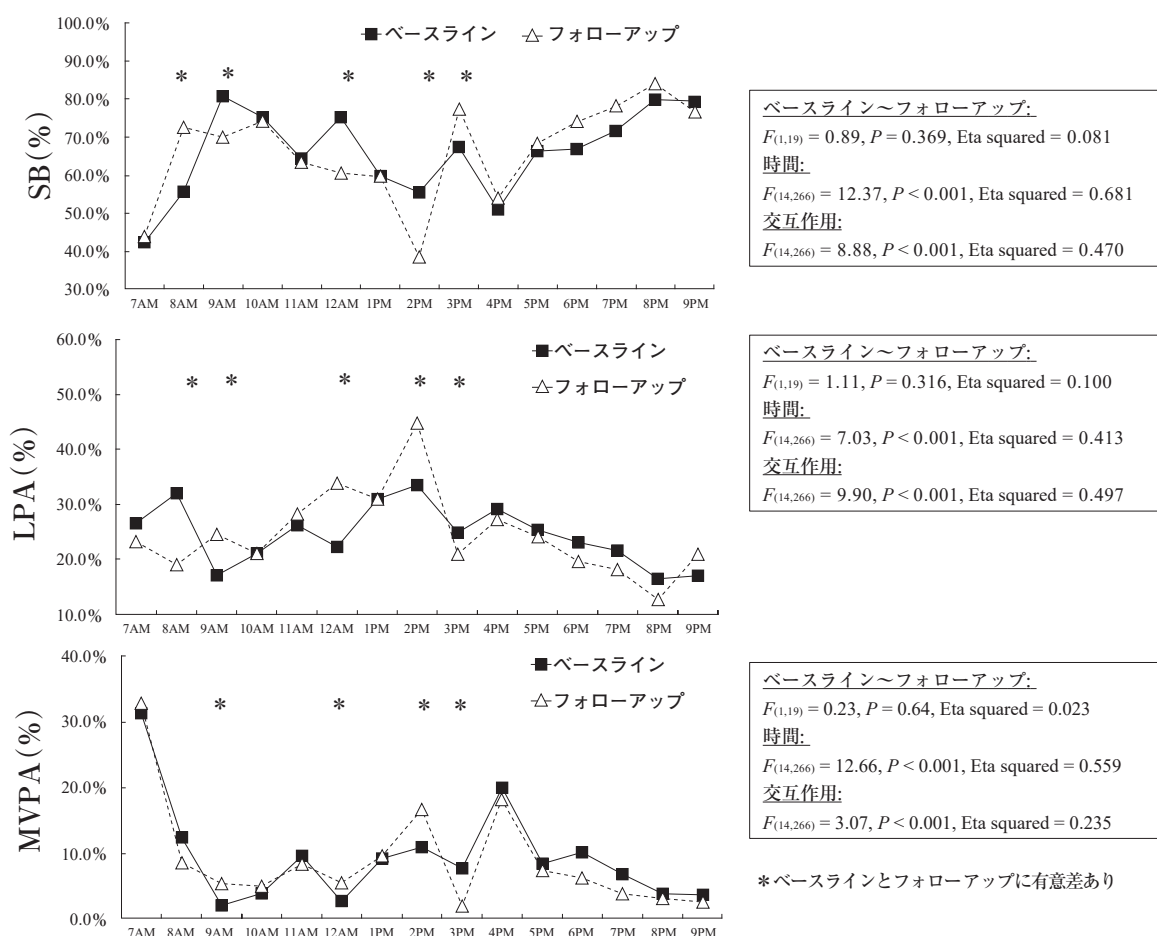


図3. 対照クラスにおける経時的な身体活動および座位活動の変化

結果はパーセンテージで示している。介入期間中における経時的な身体活動および座位活動の変化を検討するため、二要因分散分析(ベースライン～フォローアップ×時間)を実施した。交互作用が確認された場合、下位検定を行い、各要因の主効果を確認した。

SB: 座位時間, LPA: 低強度身体活動, MVPA: 中高強度身体活動

美術(22.2%), 算数(5.6%)の順で使用されていた。スタンディングデスクが使用された場面に関して、最も使用されていた場面はグループ活動をするとき(94.4%)であり、次いで、工作など作業をするとき(44.4%), 友達と話すとき(33.3%)であった。

考 察

本研究は、児童を対象とし、教室におけるスタンディングデスクの導入が、児童の経時的な座位時間に及ぼす影響を検討した初めての研究であった。本研究より、スタンディングデスクの導入は、座位時間を有意に減少し、MVPAを有意に増加させる可能性が示された。また、経時的な座位活動の変化を検討した解析より、スタンディ

ングデスクの導入は、学校内の座位時間を有意に減少させる一方、学校外の座位時間に関して、代償行動が起こらない可能性を示した。このことにより、1日のトータルの座位時間が有意に減少する結果となった。

本研究では、介入クラスにおいて、スタンディングデスク導入により、顕著な座位時間の低下が認められ(-18.3分/日)、それに伴い、同程度のMVPA増加(+19.9分/日)が確認された。本研究によって認められた座位時間の減少程度は、これまでの研究¹¹⁻¹⁴⁾と比べるとやや少ない(-55分~22分/日)が、国際的な身体活動ガイドラインが1日60分以上の身体活動を推奨している²⁷⁾ことを考慮すると、本研究で19.9分の増加が認められたことは

意義がある。つまり、スタンディングデスクを導入することで、推奨されている基準の33%を達成できる可能性が示された。一方、スタンディングデスクを導入することが臨床的にどれだけ意義があるかについて、本研究から論じることはできない。しかしながら、成人を対象とした先行研究によると、座位時間を MVPA にわずか30分置き換えることで、心血管疾患のリスク項目が10.7%改善する可能性が報告されている²⁸⁾。

本研究では、スタンディングデスクを導入することで、座位時間が有意に減少したという点で、これまでの研究¹¹⁻¹⁴⁾と一致した結果を得ている。一方、新たに明らかになったことは、学校内における座位時間の減少が、学校外の座位時間に対する負の代償行動を引き起こさなかった点である。この結果は、スタンディングデスクの使用は、児童にとって必要以上に疲労する行為ではなく、学校現場に組み込むことができる現実的なアプローチであることを示唆している。これまでの研究によると、学校現場での身体活動介入(例、体育の授業数を増やす等)は、必ずしも1日の身体活動レベルを高めない可能性が報告されている²⁹⁻³¹⁾。これは学校内での介入が、学校外での活動に代償行動として影響を及ぼす可能性を示唆しており、例えば、児童が学校内で十分に活動したと感じた場合、学校外での活動を減少させることが1つの原因ではないかと考えられている²⁹⁾。この点、スタンディングデスクを用いて、座位活動を減らすことを目的とした本研究での介入は、児童への身体的負荷も少なく(もしくは、十分に身体を動かしたという感覚も少なく)、その結果、代償行動が起こらなかった可能性が考えられる。実際、質問紙調査では、わずか11.2%の児童が、スタンディングデスクを使用することで疲れたとの回答をしており、多くの児童にとっては、身体的負荷が大きくなかった可能性が推察される。本研究では、児童および教員が、自身の判断で姿勢を変えることを依頼しており、こうした介入プログラムの柔軟性の高さにより、疲労度が少なかった可能性もある。先行研究においても、スタンディング

デスクの使用は、身体的な負荷が少ないことが報告されており³²⁾、本研究結果と一致している。更に、レビュー論文によると、スタンディングデスクの導入は、小さいながらも有意にトータルの座位時間を減少させる可能性が報告されている³³⁾。加えて、学校現場における介入研究の有効性を検討したシステムティックレビュー論文によると、教室内にスタンディングデスクを導入する手法は、いくつもある介入手法のなかでも最も有効な手法の1つであると結論づけられている³⁴⁾。このことは、学校外と比べても座位時間が長い教室内の環境は、身体活動介入として多くの改善点があることを反映しているのかもしれない⁹⁻¹¹⁾。

本研究における介入クラスの座位時間の減少は、MVPAの増加によって説明できる可能性がある。この結果は、これまでのメタ・アナリシス論文による結果とは一致していない³⁵⁾。つまり、このメタ・アナリシス論文では、子どもにおいては、座位時間とMVPAには有意な関連性はなく、これらの行動がそれぞれに置き換わることがないことが報告されている³⁵⁾。身体活動のエネルギー消費に関して、歩行は中強度身体活動(MPA)に分類され、立位はLPAに分類される³⁶⁾。今回、介入クラスにおいて、LPAに有意な変化が確認されなかったことを考慮すると、スタンディングデスク(動かせるタイプ)の導入は、立位時間を増やすよりも、児童の動き回る時間(例：歩いて机を動かす)を増やした可能性が推察される。実際、質問紙調査より、94.4%の児童がグループ活動時にスタンディングデスクを使用したと回答した。また、わずか22.2%以下の児童が字を書いたり、読書をしたりなど、直立姿勢の状態でスタンディングデスクを使用したと回答した。更に、クラス担任を対象としたインタビューより、スタンディングデスクは、主にグループ活動時に交流を促すために活用していたと回答した。これらを踏まえると、こうしたスタンディングデスクの使用手法により、授業中の座位時間がMPAに置き換わった可能性が考えられる。しかしながら、詳細な作用機序については不明なため、今後の研究で明らか

にされる必要がある。

本研究には、いくつかの強みがある。まず本研究は、スタンディングデスクの導入が、児童の経時的な身体活動パターンに及ぼす影響を明らかにした初めての研究であった。本研究により、スタンディングデスクの導入が、どのように子どもの活動パターンに影響を及ぼすかについて、理解を促進させる可能性が考えられ、今後の場面別(学校内・外)の座位活動介入研究や介入評価の際に有益となる可能性がある。2つ目として、これまでの当該研究分野の多くが、米国^{15,16,18,19)}、ニュージーランド^{12,13)}、オーストラリア^{11,32,37)}、ヨーロッパ諸国^{11,14,17,20)}等、西欧諸国で実施されており、アジア諸国とは異なる教育および社会環境のなかでの結果が報告されている。我々の知る限りでは、本研究は、アジア諸国の児童を対象とした初めての研究である。教育や社会環境は、国や文化によって大きく異なり、異なる文化で効果が認められた介入手法が、必ずしもすべての文化で効果が認められるとは限らない。したがって、それぞれの異なる教育・社会環境の基で研究が実施されるべきであり、このことにより比較可能な結果を提示することができる可能性がある。

本研究にはこうした強みがある一方、いくつかの限界点も存在する。まず、本研究では、研究協力校が1校のみであり、得られた結果の一般化という点で非常に限定的である。したがって、次の段階として、複数校を対象とした無作為化比較試験(RCT)を実施し、教育現場におけるさまざまな要因を考慮したうえで、介入研究を実施することが望ましい。例えば、本研究における研究協力校の学校長およびクラス担任の教員は、スタンディングデスク導入に対して非常に肯定的であり、こうした教員による支援体制が研究結果に大きく影響した可能性が考えられる³⁸⁾。特に、児童のスタンディングデスクに対する態度は、クラス担任のスタンディングデスクに対する肯定的な態度によって影響を受けた可能性も推察される。教室内の座位時間に対する教員の影響は非常に大きいことを踏まえると、今後の研究では、こうした要因

を考慮することが望ましい。また、2点目としては、本研究では、すべての交絡因子を評価しているわけではなく、未測定 of 交絡因子が影響している可能性がある(例、介入期間中の体重増加)。特に、体重の増加、具体的には体脂肪率の増加は、身体活動レベルに負の影響を与えることが報告されている³⁹⁾。したがって、こうした交絡要因については、今後の研究で検討されることが望ましい。

結 論

本研究より、教室内におけるスタンディングデスクの導入は、児童の座位時間を有意に減少させ、MVPAを有意に増加させる可能性が示された。特に、学校内における座位時間が有意に減少したことに加え、学校外における代償行動は認められなかった。トータルの座位時間だけでなく、経時的な座位時間を評価した本研究により、学校内における座位活動への介入が児童の活動パターンに及ぼす影響について、包括的に理解することが可能となった。

著者の貢献

研究着想：TK, YS, KE, and MA, データ収集：TK and KE, データ解析：TK and KE, 研究費獲得：TK, 方法論：TK, YS and MA, プロジェクト運営：TK and KE, 初稿執筆：TK, 論文推敲・編集：TK, YS, KE, and MA.

研究資金

本研究は、JSPS 科研費(18K17901 to TK)の助成を受けたものです。

謝 辞

本研究にご参加いただきました児童の皆様、および保護者の皆様、研究協力校の先生方に厚く御礼申し上げます。

利益相反

本研究で使用したスタンディングデスクは、株式会社オカムラよりご提供いただきました。研究デザインの立案、データ解析および論文執筆のすべての段階において、株式会社オカムラは、一切関与しておりません。その他、開示すべき利益相反はございません。

参考文献

- 1) Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, Chastin SFM, Altenburg TM, Chinapaw MJM. Sedentary Behavior Research Network (SBRN)-Terminology Consensus Project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2017; 14: 75.
- 2) Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2010; 38: 105-13.
- 3) Ishii K, Shibata A, Oka K. Work engagement, productivity, and self-reported work-related sedentary behavior among Japanese adults: a cross-sectional study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2018; 60: e173-7.
- 4) Tremblay MS, LeBlanc AG, Kho ME, Saunders TJ, Larouche R, Colley RC, Goldfield G, Connor Gorber S. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2011; 8: 98.
- 5) Carson V, Hunter S, Kuzik N, Gray CE, Poitras VJ, Chaput JP, Saunders TJ, Katzmarzyk PT, Okely AD, Connor Gorber S, Kho ME, Sampson M, Lee H, Tremblay MS. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: an update. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2016; 41: S240-65.
- 6) Biddle SJ, Pearson N, Ross GM, Braithwaite R. Tracking of sedentary behaviours of young people: a systematic review. *Preventive Medicine*. 2010; 51: 345-51.
- 7) Pearson N, Salmon J, Campbell K, Crawford D, Timperio A. Tracking of children's body-mass index, television viewing and dietary intake over five-years. *Preventive Medicine*. 2011; 53: 268-70.
- 8) Sakamoto N, Gozal D, Smith DL, Yang L, Morimoto N, Wada H, Maruyama K, Ikeda A, Suzuki Y, Nakayama M, Horiguchi I, Tanigawa T. Sleep duration, snoring prevalence, obesity, and behavioral problems in a large cohort of primary school students in Japan. *Sleep*. 2017; 40.
- 9) Abbott RA, Straker LM, Mathiassen SE. Patterning of children's sedentary time at and away from school. *Obesity*. 2013; 21: E131-3.
- 10) Ridgers ND, Salmon J, Ridley K, O'Connell E, Arundell L, Timperio A. Agreement between activPAL and ActiGraph for assessing children's sedentary time. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2012; 9: 15.
- 11) Cledes SA, Barber SE, Bingham DD, Ridgers ND, Fletcher E, Pearson N, Salmon J, Dunstan DW. Reducing children's classroom sitting time using sit-to-stand desks: findings from pilot studies in UK and Australian primary schools. *Journal of Public Health*. 2016; 38: 526-33.
- 12) Aminian S, Hinckson EA, Stewart T. Modifying the classroom environment to increase standing and reduce sitting. *Building Research & Information*. 2015; 43: 631-45.
- 13) Hinckson EA, Aminian S, Ikeda E, Stewart T, Oliver M, Duncan S, Schofield G. Acceptability of standing workstations in elementary schools: a pilot study. *Preventive Medicine*. 2013; 56: 82-5.
- 14) Verloigne M, Ridgers ND, De Bourdeaudhuij I, Cardon G. Effect and process evaluation of implementing standing desks in primary and secondary schools in Belgium: a cluster-randomised controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2018; 15: 94.
- 15) Dornhecker M, Blake J, Benden M, Zhao H, Wendel M. The effect of stand-biased desks on academic engagement: an exploratory study. *International Journal of Health Promotion and Education*. 2015; 53: 271-80.
- 16) Mehta RK, Shortz AE, Benden ME. Standing up for learning: a pilot investigation on the neurocognitive benefits of stand-biased school desks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2015; 13: 59.
- 17) Wick K, Faude O, Manes S, Zahner L, Donath L. I can stand learning: a controlled pilot intervention study on the effects of increased standing time on cognitive function in primary school children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15: 356.
- 18) Benden ME, Blake JJ, Wendel ML, Huber JC Jr. The impact of stand-biased desks in classrooms on calorie expenditure in children. *American Journal of Public Health*. 2011; 101: 1433-6.
- 19) Wendel ML, Benden ME, Zhao H, Jerrey C. Stand-biased versus seated classrooms and childhood obesity: a randomized experiment in Texas. *American Journal of Public Health*. 2016; 106: 1849-54.
- 20) Cledes SA, Bingham DD, Pearson N, Chen YL, Edwardson C, McEachan R, Tolfrey K, Cale L, Richardson G, Fray M, Bandelow S, Jaicim NB, Salmon J, Dunstan D, Barber SE. Stand Out in Class: restructuring the classroom environment to reduce sedentary behaviour in 9-10-year-olds—study protocol for a pilot cluster randomised controlled trial. *Pilot and Feasibility Studies*. 2018; 4: 103.
- 21) Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Tech-

- nology, Japan. Curriculum guideline for primary school. Available online: http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/index.htm (accessed on 21 May 2019).
- 22) Evenson KR, Catellier DJ, Gill K, Ondrak KS, McMurray RG. Calibration of two objective measures of physical activity for children. *Journal of Sports Sciences*. 2008; 26: 1557-65.
- 23) Freedson P, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37: S523-30.
- 24) Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, Treuth M. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37: S544-54.
- 25) Trost SG, Pate RR, Freedson PS, Sallis JF, Taylor WC. Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed? *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32: 426-31.
- 26) Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Routledge, Abingdon-on-Thames, UK, 2013.
- 27) WHO. Global recommendations on physical activity for health. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2010.
- 28) Buman MP, Winkler EA, Kurka JM, Hekler EB, Baldwin CM, Owen N, Ainsworth BE, Healy GN, Gardiner PA. Reallocating time to sleep, sedentary behaviors, or active behaviors: associations with cardiovascular disease risk biomarkers, NHANES 2005–2006. *American Journal of Epidemiology*. 2014; 179: 323-34.
- 29) Moller NC, Tarp J, Kamelarczyk EF, Brond JC, Klakk H, Wedderkopp N. Do extra compulsory physical education lessons mean more physically active children - findings from the childhood health, activity, and motor performance school study Denmark (The CHAMPS-study DK). *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2014; 11: 121.
- 30) Kriemler S, Meyer U, Martin E, van Sluijs EM, Andersen LB, Martin BW. Effect of school-based interventions on physical activity and fitness in children and adolescents: a review of reviews and systematic update. *British Journal of Sports Medicine*. 2011; 45: 923-30.
- 31) Metcalf B, Henley W, Wilkin T. Effectiveness of intervention on physical activity of children: systematic review and meta-analysis of controlled trials with objectively measured outcomes (EarlyBird 54). *BMJ*. 2012; 345: e5888.
- 32) Sudholz B, Timperio A, Ridgers ND, Dunstan DW, Baldock R, Holland B, Salmon J. The impact and feasibility of introducing height-adjustable desks on adolescents' sitting in a secondary school classroom. *Aims Public Health*. 2016; 3: 274-87.
- 33) Biddle SJ, Petrolini I, Pearson N. Interventions designed to reduce sedentary behaviours in young people: a review of reviews. *British Journal of Sports Medicine*. 2014; 48: 182-6.
- 34) Altenburg TM, Kist-van Holthe J, Chinapaw MJ. Effectiveness of intervention strategies exclusively targeting reductions in children's sedentary time: a systematic review of the literature. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2016; 13: 65.
- 35) Pearson N, Braithwaite RE, Biddle SJ, van Sluijs EM, Atkin AJ. Associations between sedentary behaviour and physical activity in children and adolescents: a meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2014; 15: 666-75.
- 36) Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2011; 43: 1575-81.
- 37) Contardo Ayala AM, Salmon J, Timperio A, Sudholz B, Ridgers ND, Sethi P, Dunstan DW. Impact of an 8-month trial using height-adjustable desks on children's classroom sitting patterns and markers of cardio-metabolic and musculoskeletal health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016; 13: 1127.
- 38) Blazar D, Kraft MA. Teacher and teaching effects on students' attitudes and behaviors. *Educational Evaluation and Policy Analysis*. 2017; 39: 146-70.
- 39) Schwarzfischer P, Gruszfeld D, Socha P, Luque V, Closa-Monasterolo R, Rousseaux D, Moretti M, Mariani B, Verduci E, Koletzko B, Grote V. Longitudinal analysis of physical activity, sedentary behaviour and anthropometric measures from ages 6 to 11 years. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2018; 15: 126.