

ダイナミック・ディレクショナル・パッドが 児童の脊椎安定化筋に与える効果

Martin Holinka M. D. (著者)

Karvinska Hornicka Nemocnice a.s(所属病院)

チェコ共和国 Brno 市, Zakladni skola Mokra (実施された小学校)

はじめに

児童のセデンタリーライフスタイル（座りがちで身体を動かさない生活様式）はここ数十年で増加しており、この傾向は先進国でとくに顕著である。これは、長時間のテレビ視聴、コンピューター／タブレットゲーム、ソーシャルネットワークキングなど現代のテクノロジーの影響が大きい。人類発生論的プロセスでは身体活動が重要であり、こうした現状は対極にある。児童時代のセデンタリーライフスタイルは運動不足を招き、それに伴い肥満や糖尿病、姿勢発達異常、循環器疾患、代謝異常などのリスクが増大する（新3、6）。文献によれば、児童および青少年が1日のうち座っている時間は6～9時間で、起きている時間の約60%を占める（新4、5）。最近の研究文献は、現代の運動不足危機の解決策として、身体活動を増やすだけでなく、セダンテリーライフスタイルの悪影響を減らす努力も必要だと提唱している（新3、予防プログラムの必要性を指摘する他の文献も参照）。

今は学校教育の現場でも児童は座って授業を受ける時間が長く、学年が上がるにつれ、座っている時間がさらに長くなる。放課後や週末の余暇も座って行う活動が多く、この傾向に拍車をかけている。長時間座っていると、姿勢を支える筋肉系にかかる静的負荷が姿勢制御能力を低下させる。脊椎の安定化筋はちょうどショックアブソーバーのような働きをし、動的負荷がかかると外部からのエネルギーを吸収する。それとは対象的に、おもに静的負荷がかかっている場合、負荷は脊椎部を直撃する。したがって長時間の着座で脊椎にかかる静的負荷を取り除けば、児童の姿勢発達の改善につながるものと思われる。

この調査の目的は、学校の座席にダイナミック・ディレクショナル（DD）パッドを使用し、静的負荷が児童の脊椎に及ぼす悪影響を最小限に抑えることである。姿勢検査、筋肉テスト、腰部多裂筋の超音波測定により、所定の解決策の効果を検証する。さらに、観察対象の児童の身体活動量、1日のうち座って過ごす時間も評価した。

使用材料と調査方法

調査期間は2016年3月から2017年5月までで、チェコ共和国の初等学校1年生から5年生までの児童、すなわち6歳から11歳まで159人を対象にした。観察対象児童の属性は表1に示してある。児童の検査は2016年3月、6月、12月、2017年5月に実施した。A と B の2つのクラスに分け、クラス A の児童には通常のスクールチェアを使用させ、クラス B の児童にはDDパッドを取り付けたスクールチェアを使用した（表2）。

表1：観察対象児童の属性—クラスAとクラスBの数値はスラッシュで分けて表示

	人数	年齢	BMI (平均)	学校で座っている時間 (分、平均)
クラス1A/1B	13/10	6-7	17,2/15,9	180
クラス2A/2B	19/15	7-8	17,0/16,3	198
クラス3A/3B	17/25	8-9	18,1/16,1	225
クラス4A/4B	11/15	9-10	16,6/17,1	225
クラス5A/5B	21/13	10-11	18,2/19,7	234
合計、平均、レンジ	81/78 合計 159	6-11	17.5 (12.4-26.2)	212 (180-234)

表2：調査進行スケジュールとDDパッド付チェアの使用時期

時期	クラスA (対照グループ)	クラスB (DDパッド)
2016年3月	<ul style="list-style-type: none"> 所定の検査 	<ul style="list-style-type: none"> 所定の検査
↓	児童は通常の座席で普段どおり授業を受ける	パッドを使用する児童には、あらかじめパッドの使用方法を教えた
2016年6月 DDパッドを3カ月間使用した後	<ul style="list-style-type: none"> 所定の検査 	<ul style="list-style-type: none"> 所定の検査 学校でDDパッドを使用した時間の評価
↓	児童は通常の座席で普段どおり授業を受ける	児童は引き続き、学校ではDDパッドを使用する。夏休み。
2016年12月 夏休み(6~8月)が明けた後に、DDパッドを3カ月間使用した後	<ul style="list-style-type: none"> 所定の検査 	<ul style="list-style-type: none"> 所定の検査 学校でDDパッドを使用した時間の評価
↓	児童は通常の座席で普段どおり授業を受ける	児童は引き続き学校でDDパッドを使用する
2017年5月 DDパッドを12カ月間使用した、学年度終了時	<ul style="list-style-type: none"> 所定の検査 	<ul style="list-style-type: none"> 所定の検査 学校でDDパッドを使用した時間の評価
	調査完了	調査完了

凡例：所定の検査—身体活動の質問票への記入、姿勢検査、腰部多裂筋の超音波測定、筋肉テストを含む

4回の調査はそれぞれ、まず身長と体重を計測し、学校での着席時間、余暇活動(PC、テレビ、タブレット)や家庭学習時の着席時間を評価した。次に、各児童の身体活動のスクリーニングとして、前週の身体活動を評価するための質問票に記入してもらった。姿勢検査では、肩甲骨と骨盤の位置の評価、傍脊椎横突起の有無を確認した。さらに、仰臥位と負荷を加えた状態での腰部多裂筋の幅を超音波測定した。最後に、筋肉テストで脊椎安定化筋の機能を調べた。これは仰臥位で腰部に負荷をかけた状態での腹部引き込み検査とマティアス姿勢テストである。DDパッドを使用したクラスBについては、前回検査以降の期間における学校での1日のパッド使用時間を算出した。

身体活動質問票記入と姿勢検査

身体活動の評価については、国際的に適用されている質問票(コワルスキー他)を用い、前週の身体活動の総時間(学校、放課後、週末)を調べた(1)。著者らによれば、質問票は8~14歳を対象にしている。学年度終了時の検査時点でも1年生の児童はまだ7歳なので、質問をよく理解して答えられるように、回答の際にプロジェクトチームがサポートした。

最終的なスコアは5段階で評価し、1は「身体活動をまったくしていない」、5は「身体活動を最大限行った」である。前週に体調不良であった児童の数値は統計から除外した。

姿勢検査は、肩甲骨下角と腸骨棘を垂直に測定し、両側で比較した（センチメートル単位で評価）。前方に湾曲している傍脊椎突起の有無とその程度を調べた（傾斜計を使用し、角度で確定）。

腰部多裂筋の測定方法

筋肉の幅を測定する前に、検査を受ける児童を安心させ、リラックスさせた。次に筋肉を収縮させ（体幹伸展）、筋肉が適切に弛緩するかチェックした。動態に基づき筋弛緩が確認できたらすぐに、筋肉幅を両側から測定した。腰部多裂筋の幅の測定は、児童がうつ伏せに寝た状態で測定した。超音波プローブは棘突起 L4上の腸骨稜接合部に矢状に置き、次に L4/5面関節が現れるまで横方向に動かした。多裂筋の幅は、関節凸部の頂点（面関節骨がプローブにもっとも近い位置）で測定した。骨は、このスポットから横方向、肋骨突起に向かって深く入っていき、内側で椎弓板になる。これらの領域ではプローブはすでに最適な位置から外れているので、筋肉幅の数値は実際よりも多めに測定される可能性がある。プローブの位置はまた、傍脊椎筋アーチの凸部頂点域にほぼ一致する（図1）。

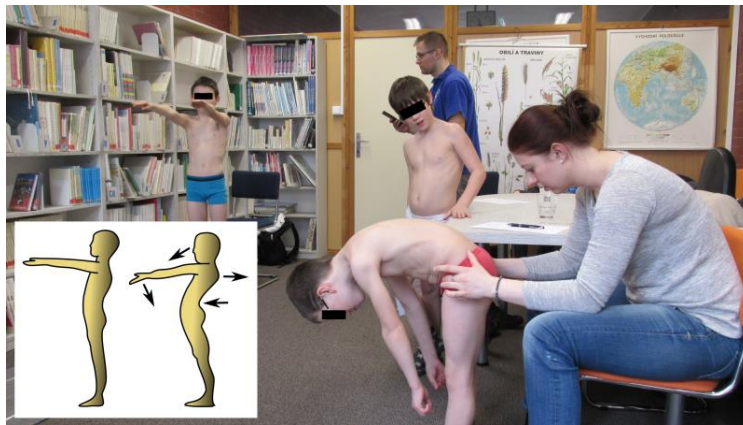
図1：左側多裂筋の超音波測定：右手親指は腸骨稜を指している。中指は棘突起 L3上に置いて脊椎軸を確定し、人差し指は棘突起 L4の位置で傍脊椎突起凸部頂点に置く。超音波プローブは、これらの基本的な方位測定点に従い、棘突起 L4から人差し指のところ（L4/5面関節が現れる箇所）まで、傍脊椎筋凸部頂点上に横向きに置く。1－皮膚および皮下組織層下の筋膜多裂筋；2－L4/5面関節；3－多裂筋の幅



筋肉テストの実施

仰臥位で肢に負荷をかけた状態での腹部引き込みテストは、以下の手順で行った。仰向けになり、膝を立てて床に足裏をつけ、頭、片、骨盤がニュートラルな位置になる姿勢をとる。この姿勢で下腹部を腰部脊椎に向けて引き込む。それと同時に、頭、肩、骨盤をニュートラルな位置にとどめながら、脚をマットから10cm上げる（われわれの設定では左脚）。その姿勢で腹壁の前外側部分を収縮させておけなくなるまで、または骨盤や腰椎のニュートラルな位置を保てなくなるまでの秒数を測定した。マティアス姿勢テストはサイドビューで行い、児童の姿勢を矢状に調整しニュートラルな姿勢にする。観察対象指標4つのうち2つ以上で、その矯正姿勢が崩れるまでの時間を計測した（図4矢印参照）。筋肉テストの時間測定の上限は150秒に設定した。

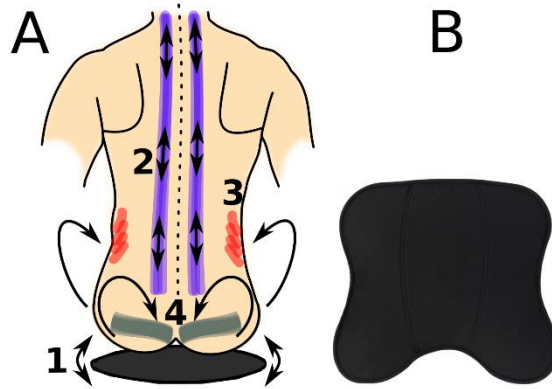
図2：マティアス姿勢テスト（左下の図は、その上の検査を受けている児童の姿勢）。サイドビューは4つの指標の観察に使用される。頭は真正面を向き、腕は体幹と直角になるように水平に伸ばし、体幹の安定化筋の収縮で胸椎後彎と腰椎前彎のバランスをとる。右側の児童には傍脊椎突起の検査を行っている。



ダイナミック・ディレクショナル・パッド

DD パッドは通常の椅子に設置する。座る人の体重がパッドにかかると、脊椎の特定の安定化筋に優先的に負荷がかかり、パッドに指向的な微小動揺が生じる。これが DD パッドの効果の原理である。児童の場合、骨盤とその周辺の解剖学的構造のサイズがまだ小さいことを考慮し、この調査にあたって Dvectis 社と協力し児童用 DD パッドを開発した。クラス B の児童には、1回目の検査のあと児童用 DD パッドを支給し、使い方を説明し、学校で DD パッドを使用するように指示した。最初の1カ月で徐々に慣れていくように、筋肉疲労を感じたらパッドを外して中断をはさみながら、1日のうちで座っている時間を長くしていくこととした。夏休みの2カ月（2016年7月、8月）の中断をはさみ、2016年3月から2017年5月までの12カ月間、DD パッドを使用した。

図3：A：DD パッド (1) の原理は、面が不安定で、座ると独特の構造によってコンスタントな微小動揺が起き、脊椎の特定の安定化筋を優先的に働かせることにある。腰部では、該当する筋肉は深背筋 (2)、前外側腹壁筋 (3)、骨盤底筋 (4) である。B：真上から見た DD パッド。



統計分析

最終的な統計分析については、14カ月の観察期間における全4回の測定の平均値、また DD パッド使用時間を評価するための3回の対照検査の平均値で個々のクラスを比較した。身体活動と DD パッド使用時間が観察対象パラメータに与える影響は、全児童の検査結果をもとに評価した。統計データの分析には IBM SPSS Statics バージョン22を使用した。観察対象パラメータ間の相関関係は、スピアマンの相関分析で評価した。クラス A と B の観察対象定量的パラメータは、マン・ホイットニーの U 検定で比較した。データの正規性はシャピロ・ウィルク検定で検証した。これらの検定は有意度0.05で実施した。検定は必ず相関係数 (r) と統計的有意性 (p) を明示する。

結果

検査対象の児童群の検査の結果からは、年齢に比例して座って過ごす昼間の時間が増えていくことが読み取れる。その原因は、学年が上がるにつれ学校で授業を受ける時間が長くなることと (表1)、放課後の余暇活動も座る時間が増えることにある。学校のある日は、調査対象の児童たちは1日平均5~7.6時間着座していた (表3)。睡眠時間を8時間とすると、起きている時間の31~48%になる。面談調査に基づく、平均の身体活動時間は2.3~2.6時間の狭いレンジに収まるが、個人差は大きく1~4.34時間のレンジになる。表3に示されるように、クラス A と B の身体活動の数値はほぼ同じである。すなわち、DD パッドを使用した児童群の観察対象パラメータに見られた変化と、身体活動時間の間に相関関係はない。それと同時に、統計分析ではクラス A と B の身体活動の数値に有意な差異は認められなかった ($p=0.822$)。

表3：左の欄は、放課後に座って行う余暇活動（PC、テレビ、タブレット、学習）に費やす時間の平均値。中央の欄は1日のうち座って過ごす時間で、前出のパラメータと学校での着席時間の合計。右の欄は身体活動時間の平均値。

	座って行う余暇活動 (平均、単位：時)	1日のうち座って過ごす時間の合計 (平均、単位：時)	身体活動 (平均)
クラス 1A / 1B	2.1 / 2.0	5.1 / 5.0	2.4 / 2.4
クラス2A / 2B	2.9 / 2.1	6.2 / 5.4	2.4 / 2.3
クラス3A / 3B	3.2 / 2.6	7.0 / 6.4	2.4 / 2.3
クラス4A / 4B	2.4 / 3.1	6.2 / 6.9	2.6 / 2.4
クラス5A / 5B	3.2 / 3.7	7.1 / 7.6	2.3 / 2.3

凡例：h-時。平均値には、4回の検査の全観察期間のデータが含まれている。クラスAとBの数値はスラッシュで区切り表示。

姿勢の検査では、傍脊椎突起の平均が 0.1° ~ 0.9° だった。上前腸骨棘と肩甲骨下角の垂直非対称の平均は0~0.1cm から0.2~0.6cmのレンジだった。これらの結果の詳細は表4にまとめてある。

表4：姿勢検査の結果。傍脊椎突起は角度、上前腸骨棘と肩甲骨下角の垂直非対称はセンチメートルで表示。

クラス	傍脊椎突起 (平均、角度)	ASIS 非対称 (平均、cm)	肩甲骨下角非対称 (平均、cm)
1A / 1B	0.4 / 0.2	0 / 0.1	0.5 / 0.6
2A / 2B	0.5 / 0.2	0 / 0.1	0.4 / 0.2
3A / 3B	0.2 / 0.5	0.1 / 0.1	0.4 / 0.5
4A / 4B	0.2 / 1.9	0.1 / 0.1	0.3 / 0.6
5A / 5B	0.1 / 0.5	0.1 / 0.1	0.5 / 0.4

凡例：ASIS-上前腸骨棘、cm-センチメートル。平均値には、4回の検査の全観察期間のデータが含まれている。クラスAとBの数値はスラッシュで区切り表示。

クラスBの児童が申告したDD使用時間は1日平均3.3~4.9時間だった。学年が上がるにつれ学校で過ごす時間が長くなるので、DD使用時間も長くなる。仰臥位での腹部引き込みテストとマティアス姿勢テストの平均値は、クラスAとBともに徐々に増加しているが、これは脊椎の安定化筋が徐々に発達していることを示している。測定したテスト時間の平均は74~107秒、32~72秒のレンジだった。腰部多裂筋の超音波検査でも、クラスAとBともに、脊椎安定化筋の発達に伴い年齢に比例して幅が広がっていきことが示されている。仰臥位と負荷を加えた状態での腰部多裂筋幅の平均値は、1.55~2.45cm、1.93~2.99cmのレンジだった（表5）。

表5：左欄から：クラス B の児童の DD パッド使用平均時間、仰臥位での腹部引き込みテストの平均値、マティアス姿勢テストの平均値、仰臥位と負荷を加えた状態での腰部多裂筋幅の平均値。

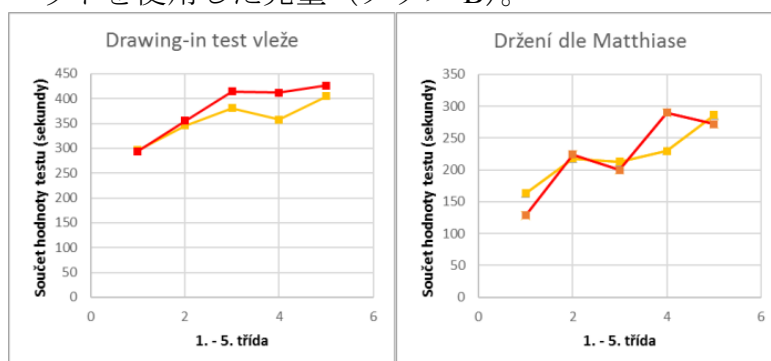
クラス	DD パッド使用時間 (クラス B、単位：時)	腹部引き込みテスト (単位：秒)	マティアス姿勢テスト (単位：秒)	仰臥位での腰部多裂筋幅 (平均、cm)	負荷を加えた状態での腰部多裂筋幅 (平均、cm)
1A / 1B	3.3	74 / 74	41 / 32	1.57 / 1.55	1.99 / 1.93
2A / 2B	4.5	86 / 89	54 / 56	1.71 / 1.77	2.05 / 2.24
3A / 3B	4.7	95 / 104	53 / 50	1.82 / 1.93	2.23 / 2.37
4A / 4B	4.5	90 / 103	57 / 72	1.94 / 2.14	2.31 / 2.63
5A / 5B	4.9	101 / 107	72 / 68	2.05 / 2.45	2.49 / 2.99

凡例：cm－センチメートル。平均値には、4回の検査の全観察期間のデータが含まれている。クラス A と B の数値はスラッシュで区切り表示。

観察対象パラメータの年齢に比例した発達

検査方法のところで述べたように（表2）、観察対象の児童は全員、調査期間中に4回の検査を受けた。仰臥位での腹部引き込みテスト、マティアス姿勢テスト、仰臥位と負荷を加えた状態での腰部多裂筋の測定をクラス A とクラス B 別々に4回行い、各クラスの全測定値の合計を算出した。このようにして、観察期間の各クラスのテスト持続時間の合計値、観察した筋肉幅の合計値を得た。1年生から5年生までの数値を比較し、グラフ1と2に示している。グラフを見ると、筋肉テスト持続時間の合計および腰部多裂筋幅の合計の伸び率はクラス B のほうが高いことは明確である（折れ線の開きの大きさ）。DD パッドを使用した児童では観察対象パラメータの向上が認められ、クラス A の児童と比べると、年齢とともに向上の度合いも大きくなっている。これらの結果は、学年が上がるにつれ DD パッドを使用する時間が長くなることと関係していると推察される。統計分析では、仰臥位での腹部引き込みテスト（ $p=0.0004$ ）および仰臥位と負荷を加えた状態での多裂筋幅（ $p=0.011$ 、 $p=0.0002$ ）については、クラス B の数値のほうが大幅に上回っていた。それとは対比的に、マティアス姿勢テスト（ $p=0.223$ ）ではそのような傾向は確認できなかった。

グラフ1：4回の検査における仰臥位での腹部引き込みテストおよびマティアス姿勢テストの合計値の比較。オレンジの折れ線は通常のスクールチェアを使用した児童（クラス A）、赤い折れ線は DD パッドを使用した児童（クラス B）。

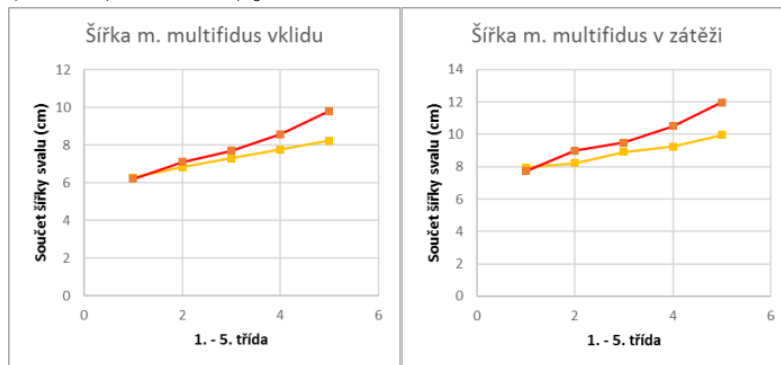


凡例：テスト結果の数値単位は秒、観察期間に行われた4回の測定の合計値。

[仰臥位での引き込みテストーテスト値合計（秒）－1～5年生

マティアス姿勢テストーテスト値合計（秒）－1～5年生]

グラフ2：仰臥位と負荷を加えた状態での腰部多裂筋の超音波測定4回の合計値の比較。オレンジの折れ線に通常のスクールチェアを使用した児童（クラス A）、赤い折れ線は DD パッドを使用した児童（クラス B）。



凡例：筋肉幅の数値単位はセンチメートル、観察期間に行われた4回の測定の合計値。

[仰臥位での多裂筋幅－筋肉幅合計 (cm) -1～5年生]

負荷を加えた状態での多裂筋幅－筋肉幅合計 (cm) -1～5年生]

身体活動との関係

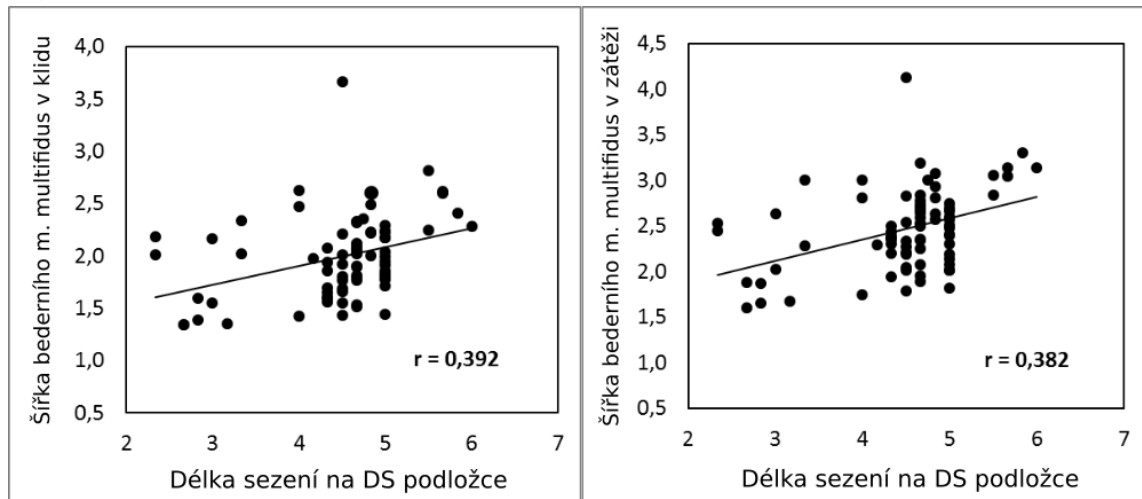
クラス A と B の両方について、仰臥位での腹部引き込みテスト、マティアス姿勢テスト、仰臥位と負荷を加えた状態での腰部多裂筋幅の結果を身体活動の程度に照らし合わせた。クラス A の筋肉テストでは、スピアマン相関分析は観察対象パラメータがほぼ一次独立であることを示している ($r=0.033$, $r=0.075$; $p=0.762$, $p=0.489$)。クラス B でも同様の結果を得た ($r=-0.049$, $r=0.030$; $p=0.673$, $p=0.797$)。観察対象の児童群について、身体活動の増加と仰臥位での腹部引き込みテストおよびマティアス姿勢テストの数値増加の依存関係は認められなかった。

仰臥位と負荷を加えた状態での腰部多裂筋幅を身体活動と比較したところ、クラス A と B のいずれについても依存関係は認められなかった。スピアマン相関分析は、これについても観察対象パラメータがほぼ一次独立であることを示している ($r=-0.057$; -0.047 ; -0.033 ; -0.023 ; $p=0.620$; 0.681 ; 0.760 ; 0.834)。身体活動の増加と、仰臥位と負荷を加えた状態での腰部多裂筋幅の増加との依存関係は認められなかった。

DD パッド使用時間との関係

クラス B の全児童で、DD パッドの申告使用時間と、筋肉テストおよび超音波測定による腰部多裂筋幅の結果との関係を比較した。2回目と4回目の検査では DD パッドの使用時間の情報が得られるので、この2回の検査のデータに基づいて算出した。仰臥位での腹部引き込みテストおよびマティアス姿勢テストの持続時間と DD パッドの申告使用時間との相関関係は、正の依存関係を示した ($r=0.108$; $r=0.113$)。DD パッドの使用時間が長くなるほど、対照測定での筋肉テストの数値も上がった。ただし、この相関関係は統計的有意性を欠いている ($p=0.348$; $p=0.325$)。仰臥位および負荷を加えた状態での腰部多裂筋幅の超音波測定値と DD パッドの申告使用時間との相関関係も正の依存関係を示した ($r=0.392$; $r=0.382$)。DD パッドの使用時間が長くなるほど、腰部多裂筋幅の数値も増えた。この相関関係は統計的に有意だった ($p=0.0004$; $p=0.001$)。

グラフ3：仰臥位（左）と負荷を加えた状態（右）での腰部多裂筋幅と DD パッド使用時間の比較



凡例：グラフの線が右肩上がりであるのは観察対象パラメータ間の正の相関関係を示す。

[仰臥位での多裂筋幅-DDパッド使用時間
負荷を加えた状態での多裂筋幅-DDパッド使用時間]

身体活動および DD パッド使用と筋肉テストおよび腰部多裂筋幅との依存関係を比較すると、DD パッドに関しては正の依存関係が認められるが、それとは対比的に身体活動はほぼ一次独立であることを示している。児童の DD パッド使用時間が増えるほど、観察対象の筋肉テストおよび腰部多裂筋幅の数値も増える。これらのパラメータは個人の身体活動には影響を受けていないと言えるだろう。

結論

調査対象となった児童が座って過ごす時間は1日5～7.6時間となり、これは起きている時間の31～48%になる。面接調査に基づく、DD パッドを使用した児童および対照群の児童の身体活動の数値は2.3～2.6で、いずれも同じように狭いレンジに収まっていた。DD パッドを使用した児童は、1日平均3.3～4.9時間使用したと申告していた。

筋肉テストの結果は、観察対象児童の数値が徐々に増えていることを示しており、脊椎の安定化筋が徐々に発達していることを証明している。それと同時に、DD パッドを使用した児童の筋肉テストの数値は、パッドなしの通常のスクールチェアを使用した児童よりも統計的に有意な増加が認められた。腰部多裂筋の超音波測定は、筋肉の発達による多裂筋幅の増加を示している。仰臥位と負荷を加えた状態での多裂筋幅の平均は、それぞれ1.55～2.45cm、1.93～2.99cm だった。それと同時に、DD パッドを使用した児童の腰部多裂筋幅についても、パッドなしの通常のスクールチェアを使用した児童よりも統計的に有意な増加が認められた。個人の DD パッド使用時間の合計を評価した結果、使用時間が増えるほど筋肉テストの数値も上昇し、腰部多裂筋幅も増すことが確認できた。これらのパラメータは、個人の身体活動には影響を受けていないと言えるだろう。

この結果を根拠として、姿勢の発達を改善し、長時間座っていて脊椎にかかる静的負荷を防ぎ、セダンテリーライフスタイルの悪影響を抑えるためにも、児童の DD パッド使用を推奨する。