

札幌市における小学5年生の反復横跳びと20mシャトルランの向上を目的とした運動プログラムの実践的な介入効果の検討

千葉 佳苗^{1,2}, 神林 勲³

Practical intervention effect of exercise program on side-steps and 20m shuttle running of 5th grade elementary school children in Sapporo

Kanae Chiba^{1,2}, Isao Kambayashi³

Abstract

The purpose of this study was to examine the exercise intensity of an exercise program designed to improve the side steps (SS) and 20m shuttle running (20m SR), which are notably lower than the national average in the physical fitness and motor abilities of 5th-grade students in Sapporo, and to examine its practical intervention effects on school education. The exercise program was designed regarding TABATA training and consisted of a 2-minute run followed by a 30-second rest, then a 15-second in-situ full-body exercise, followed by a 15-second rest, for a total of five sets of approximately 5 minutes. Full-body exercises included burpees, squat jumps, gallops, skater's lunges, and jump hops. The exercise intensity was defined as a pulse rate of at least 25 beats per 10 seconds after 2 minutes of running and at least 30 beats per 10 seconds at the end of 5 full-body exercises. Before examining the effect of the intervention in elementary schools, the exercise intensity of the exercise program was examined in 10 5th-grade students, which was $76.2 \pm 2.7\%$ of the maximum heart rate and $72.6 \pm 2.6\%$ of the maximum oxygen uptake for the entire exercise program. The program was called "Heat-up exercise" to familiarize the children with it and was conducted with 5th-graders at four elementary schools in Sapporo (275 students in the intervention schools) over five months from October to March to examine the effects of the intervention. The exercise program was conducted 2 to 3 times a week, mainly as a preparatory exercise for physical education classes, and was supervised by the teacher of the class in charge of the exercise program. The effects of the Heat-up exercise intervention were examined using SS and 20m SR scores administered in October and March and compared to 5th-graders in two elementary schools (147 students in the control school) that did not receive the intervention. The results showed that the intervention schools' SS and 20m SR results improved significantly before and after the intervention, exceeding the national average. The control school outperformed the national average results before the intervention; however, it did not improve its performance over approximately five months. These results suggest that the exercise program designed in this study, Heat-up exercise, may effectively improve SS and 20mSR in school education, which is the issue in the physical fitness and motor skills of 5th-grade elementary school students in Sapporo.

key words: Agility, Endurance ability, TABATA training, Elementary school, Exercise intensity

1. 北海道教育大学大学院教育学研究科修士課程
〒002-8502札幌市北区あいの里5条3丁目1-5
2. 札幌市立あいの里西小学校
〒002-8072札幌市北区あいの里2条3丁目9-1
3. 北海道教育大学札幌校
〒002-8502札幌市北区あいの里5条3丁目1-5

1. Graduate School of Education, Hokkaido University of Education
5-3-1-5 Ainosato Kita-ku Sapporo 002-8502
2. Sapporo Ainosato-Nishi Elementary School
2-3-9-1 Ainosato Kita-ku Sapporo 002-8072
3. Hokkaido University of Education Sapporo
5-3-1-5 Ainosato Kita-ku Sapporo 002-8502

著者連絡先 千葉 佳苗
kanae.ch0322@gmail.com

緒 言

小学5年生を対象にした文部科学省準拠「新体力テスト」の結果が毎年、都道府県と政令指定都市毎に公表されている。札幌市の結果をみると、8種目の内、全国や北海道の結果に比較して低い種目が多く、8種目を得点化して合計した体力合計点も低い状況にある（札幌市教育委員会, 2022a）。令和元年度から3年度の結果をT得点でみてみると、特に札幌市の小学5年生では反復横跳び（以下SS）と20mシャトルラン（以下20mSR）が45-47と低くなっている（札幌市教育委員会, 2022b）。このため、札幌市教育委員会では、この2種目を高めることを喫緊の課題としている。

札幌市の小学5年生で特に低いSSと20mSRが評価している体力は敏捷性と全身持久力である（北川, 2009, p. 70-89）。小学生を対象にラダートレーニングを実施した先行研究（杉山ほか, 2013, p. 65-92, 2014a, p. 55-61, 2014b, p. 111-118）ではトレーニング後にSSの向上が報告されている。また、スロージョギング持久走を授業の一環で実施した研究（足立ほか, 2014, p. 61-66）では20mSRの折り返し回数が増加が認められている。このように異なる体力を高めるためには、その体力にあったトレーニングを実施する必要がある。一方で、「体づくり運動」の単元としてコーディネーショントレーニングを体育授業で3ヶ月間実施した研究（神丸, 2011, p. 45-57）では、実施後にSSと20mSRの両方の向上を報告している。しかしながら、この研究では学習指導要領上、体育授業をすべてコーディネーショントレーニングによる「体づくり運動」にすることはできず、年間を通じて導入できる方策を検討する必要性を示唆している。

このように、体力向上を教育現場で取り組む場合、限られた授業時数や指導する教諭の負担を考慮すると、できる限り短時間で手間のかからない方法が望ましい。例えば、体育授業でのウォーミングアップとして実施できるような運動プログラムにより、SSと20mSRの両方を向上できれば実用性が高い。

SSと20mSRを行う場合、運動時のエネルギー供給という観点ではそれぞれの運動時間から、SSは無酸素能力、20mSRは有酸素能力が主となる（中谷, 2019, p. 32-35）。近年、無酸素能力と有酸素能力の両方を高める運動プログラムとして高強度インターバルトレーニングが注目されている。この中でも特に広範に実施されている「TABATAトレーニング」（田畑, 2015, p. 1-18）は、20秒間の全身運動と10秒間の休息を1セットとし、それを8セット、計4分間という短時間で実施するものである。Kim(2018)は、小学5年生を対象にTABATAトレーニングを6週間実施したところ、筋力や瞬発力、心肺持久力などの項目で向上が認められたことを報告している。しかしながら、TABATAトレーニングの運動強度は最大酸素摂取量の170%相当で非常に高い（田畑, 2020,

p. 117-122）。このため、様々な体力レベルの児童がいる教育現場では用いるのは難しい。また、体格によるトレーニング効果の違いも報告されている（Domaradzki et al., 2020, p. 485-497）。

そこで本研究は、札幌市の小学5年生を対象にSSと20mSRの向上を目的に、TABATAトレーニングを応用した運動プログラムを考案し、その教育現場での介入効果を検討することを目的とした。なお、この運動プログラムを教育現場で実施する際は、児童に親しみをもってもらうため「ヒートアップ運動」という名称で実施した。よって、以下、本稿では運動プログラムをヒートアップ運動として論述していく。

方 法

1. ヒートアップ運動の構成

ヒートアップ運動はTABATAトレーニング（田畑, 2015, p. 1-18）を参考に考案した。全体で約5分間の運動とし、始めに2分間のランニングをしたのち30秒間の休憩を入れ、その後15秒間のその場での全身運動（児童には「その場で頑張る運動」という名称で紹介）と15秒間の休憩を1セットとして5セットの構成とした。休憩もその場で立ち止まったり、軽く足踏みを行ったりした。その場での全身運動は、スクワットジャンプ、ジャンプホップ、ギャロップ、スケーターズランジおよびバーピーの5種目と、主に脚部への負荷が大きく、かつSSの向上をねらいとし横方向への動きがある運動を選択した。なお、運動強度の日安として、10秒間の脈拍数がランニング終了後には25回（心拍数換算で150bpm）、全身運動が5セット終了した時点では30回（心拍数換算で180bpm）に設定した。

2. ヒートアップ運動の運動強度の推定

小学5年生を対象に、ヒートアップ運動中の心拍数と酸素摂取量を測定し、その値が最大心拍数（以下、HRmax）と最大酸素摂取量（以下、 $\dot{V}O_{2max}$ ）に対してどの程度であるかを測定した。なお、HRmaxは「20-年齢」を用いて推定し、対象者が小学5年生（10-11歳）であったことから、HRmaxは一律210bpmとした。

1) 対象者

札幌市内の小学校に在籍する児童10名（男子6名、女子4名）とした。身長と体重の平均値は、男子で138.6±1.9cmと31.6±1.1kg、女子で148.4±3.9cmと39.3±2.9kgであった。10名の内、心拍数と酸素摂取量の測定に参加したのは4名（男子3名、女子1名）であり、残りの6名（男子3名、女子3名）は心拍数のみの測定を行った。この測定は、主旨や方法などを文書と口頭で保護者と児童に説明し、保護者と児童の両方から同意書へ署名を得てから実施した。なお、本測定は大学の研究倫理委員会の承

認 (20211101007) を得て実施された。

2) $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定

走トレッドミル (竹井器機工業株式会社製WELL ROAD 200E) による最大下でのランニングから $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定した。4名の対象者は2度、測定を行う実験室を訪れた。1度目は、実験室や測定器具に慣れるための予備測定、2度目を本測定とした。なお、どちらとも保護者の同伴で実施された。予備測定では心拍計 (Polar社製 Polar OH1) を装着し走トレッドミルにおいて数種類の速度でのランニング、安静状態で呼吸ガスマスクの装着やサイズの確認等を行った。本測定の実施は予備測定後、最低1週間の間隔を空けて行った。

本測定は、対象者の年齢と安全性に配慮し、最大下の多段階漸増負荷試験を走トレッドミルで行った。対象者は実験室に到着後、身長と体重を測定し、その後、前述と同様の心拍計を上腕へ取り付けた。また、酸素摂取量を測定するため携帯型自動呼吸ガス分析装置 (S&ME社製 VO2MASTER MW-1100) を装着した。両方の機器によって測定されたデータは、Bluetooth接続によりタブレット端末 (Apple社製 iPad 第6世代) にダウンロードされた専用ソフトへリアルタイムで転送された。

多段階漸増負荷試験は、走トレッドミル上で1分間の安静後に時速4kmで2分間の歩行から開始し、その後連続的に3分間の走行と2分間の歩行 (時速4km) を繰り返した。最初の走行は時速6-8km、2番目の走行は時速8-10km、最後の走行は時速10-12kmの範囲とし、予備測定で確認した対象者の走能力に合わせて速度を決定した。なお、3つの走行では心拍数が140bpm、160bpmおよび180bpm前後になることを目標にした。走トレッドミルの背後の床と壁にはエバーマット (幅2m×長さ3m×厚さ40cm) を設置し、安全に実施できるように配慮した。心拍数と酸素摂取量の測定は、最初の歩行から走行終了まで連続的にを行い、酸素摂取量は breath-by-breath法で測定した。対象者の主観的運動強度を各速度での走行後、ボルグスケール (6-20) で評価した。

多段階漸増負荷試験で得られた心拍数と酸素摂取量から、対象者の最大酸素摂取量を推定した。3分間の走行の内、心拍数と酸素摂取量は後半1分間の平均値をその速度の代表値とし、X軸に心拍数、Y軸に酸素摂取量をプロットしたグラフを作成した。そして、3つの値から一次回帰により回帰直線を算出し、その式にHRmaxである210bpmを代入することで得られた値を $\dot{V}O_2\text{max}$ とした。

3) ヒートアップ運動中の心拍数と酸素摂取量の測定

多段階漸増負荷試験後、給水と休息 (30-40分程度) の後、対象者に体育館でヒートアップ運動を行ってもらい、その時の心拍数と酸素摂取量を前述と同様の機器に

より測定した。体育館のバスケットボール・コートの子ドライン中央にデジタルタイマーを設置し、そのストップウォッチ機能によりヒートアップ運動の時間を統制した。2分間のランニングは、バスケットボール・コートの四隅にコーンを設置し、その周囲を周回してもらった。ヒートアップ運動は対象者1名と検者1名がペアとなり行い、運動中は検者が励ましの声かけ等を行った。タブレット端末へ転送されたヒートアップ運動中の心拍数と酸素摂取量は15秒毎に平均化された後、ノート型PCへ転送され、表計算ソフトで分析に供された。そして、HRmaxと $\dot{V}O_2\text{max}$ を用いて相対値を算出した (以下、それぞれ%HRmaxと% $\dot{V}O_2\text{max}$)。相対値の算出は、ヒートアップ運動全体、ランニング中および5セットの全身運動時に分けて行った。

4) ヒートアップ運動前後の血中乳酸濃値の測定

ヒートアップ運動により無酸素系エネルギー供給の内、解糖系がどの程度賦活されるかを血中乳酸値によって評価した。本測定は侵襲的なものとなるため、対象者は健康な大学生男子3名、女子2名の計6名 (年齢21.3±0.4歳、身長165.1±1.1cm、体重60.0±1.0kg) とした。対象者は実験室に到着後、安静を保持した後、使い捨て採血用穿刺器具 (テルモ社製メディセーフファイントッチ) を使用し、指尖より血液を採取した。その後、体育館において10分間、各自でジョギングや静的・動的ストレッチを行い、ヒートアップ運動を実施した。運動終了3分後に前述の採血用穿刺器具により指尖から採血した。血中乳酸値はいずれもラクテートプロ2 (アークレイ社製) で測定した。

3. ヒートアップ運動の介入効果の検討

小学5年生を対象に小学校でヒートアップ運動を実践してもらい、その効果を介入校と対照校で比較した。なお、介入効果の検討は札幌市教育委員会と共同で実施され、介入校、対照校とも札幌市教育委員会が選定した。選定に当たっては、研究者が所属する大学の近隣に位置し、研究者が訪問しやすいことを条件に行ってもらった。また、介入校と対照校のどちらにするかについては、学校長の判断を優先した (協力はできるが、介入が難しい場合にその学校を対照校とした)。

1) 調査対象校と対象者

札幌市内の小学校6校計15クラスの5年生513名 (男子251名、女子262名) に学校長と学級担任を通じ、保護者の同意を得て体力測定やヒートアップ運動を実施した。対象となった学校のうち介入校は4校計10クラス306名 (男子152名、女子154名)、対照校は2校計5クラス207名 (男子99名、女子108名) であった。この内、分析対象は身長・体重とSS・20mSRのすべて揃った児童とし、介入校は275名 (男子134名、女子141名)、対照校

は147名（男子72名，女子75名）であった。なお，身長と体重の値から，肥満度（%）を算出した（日本学校保健会，2006）。対象者の身体特性は表1に示した。

2) 介入期間

ヒートアップ運動の実施は2020年10月-2021年3月の約5ヶ月間であった。運動の実施は週に2-3回とし，学校の実態に応じて行った。主に体育授業のウォーミングアップとして実施した。ただし，冬季のスキー学習の時期には朝の時間で取り組む場合もあった。また，対照校の体育授業におけるウォーミングアップは，授業内容に合わせたものや学校で決められた音楽に合わせた体操等が実施された。なお，介入校と対照校のどちらにおいても研究期間中，体育授業としてSSや20mSRを実施することはなかった。

3) 介入方法

介入校となった小学校の5年生の担任教諭に対し，ヒートアップ運動の実施の背景や内容について事前に説明した。学校での1回目の実施の際に，検者が介入校へ赴き児童に対して直接，札幌市の児童の体力や心拍数についての講話を行い，ヒートアップ運動の行い方や留意点を説明した。なお，介入期間においては，検者が担当教諭とメール等で状況について確認し，定期的に小学校を訪問して児童の様子を確認した。

2分間のランニングではできるだけ一定のペースで走行するように指示し，ランニング後は脈拍が10秒間で25回（心拍数換算で150bpm）以上を目安にした。その場で頑張る運動ではできるだけ正確な動作で素早く行うように指示し，5セット終了後に脈拍が10秒間で30回（心拍換算で180bpm）以上を目安とした。

ヒートアップ運動の介入に際しては，開始1週目は2分間のランニングと全身運動を3セットから開始し，その後，全身運動を4セット，5セットと徐々に増やしていった。全身運動の種類は児童の実態に応じて5種類の中から選択してもらった。そのため，5セット実施した場合でも，児童の実態に応じて全身運動3種類で構成したりした。さらに，ヒートアップ運動中は児童が楽しく

実施できるようにBGMを流して実施する環境についても工夫した。脈拍数が目安まで上昇しない児童がいた場合は，全身運動の中でも負荷が高いバーピーを2回実施するなどの工夫も行った。

4) 介入効果の検討

介入期間の前後に，文部科学省準拠の新体力テストのSSと20mSRを実施し，敏捷性と全身持久性を評価した。測定は，文部科学省準拠の新体力テスト実施要項（1999）に準じて行った。測定は検者の立ち合いのもと小学校の担当教諭が行い，測定結果の記録や回数計測の一部，児童自身が行った。体格の指標として，日本学校保健会が平成18年に提示した「児童・生徒の健康診断マニュアル（改訂版）」の計算式（身長別標準体重（kg）= a × 実測身長（cm）- b）を用いて行った。対象者の身長と体重のデータをもとに，10歳（男子：a = 0.752，b = 70.461，女子：a = 0.730，b = 68.091）の数値を計算式に代入して標準体重を求めた。求められた標準体重から式（肥満度（%）= [(実測体重 - 標準体重) ÷ 標準体重] × 100）を用いて肥満度を算出した。介入期間の前後におけるSSと20mSRの記録の変化率と肥満度の相関関係を検討するため，変化率（[介入前の値 - 介入後の値] ÷ 介入前の値 × 100）を求めた。

4. 統計処理

全ての測定値は平均値 ± 標準誤差（mean ± SE）で示した。得られたデータの分析には統計分析ソフトHAD（清水，2016，p. 39-73）を用いた。2群間での比較には対応のないt検定を行い，介入効果の検討には2 × 2（群 × 時間）の二元配置の分散分析を行い，Post hoc testとしてBonferroni法を用いた。相関関係の検討はピアソン積率相関分析で行った。有意水準はいずれの場合も5%未満とした。

結 果

1. ヒートアップ運動の運動強度

4名の小学5年生の推定最大酸素摂取量の平均は52.0 ± 1.8ml/kg/minであった。この値は，思春期前後

表1 対象者の身体特性

		身長 (cm)	体重 (kg)	肥満度 (%)
介入校	全体 (n=275)	140.9 ± 0.4	35.8 ± 0.9	1.7 ± 0.9
	男子 (n=134)	140.8 ± 0.5	36.2 ± 0.7	2.2 ± 1.4
	女子 (n=141)	141.0 ± 0.6	35.3 ± 0.6	1.3 ± 1.1
対照校	全体 (n=147)	144.6 ± 0.6 **	36.4 ± 0.6	-3.3 ± 1.1 **
	男子 (n=72)	143.7 ± 0.9 **	36.6 ± 0.9	-2.3 ± 1.8 **
	女子 (n=75)	145.4 ± 1.0 **	36.2 ± 0.7	-4.3 ± 1.4 **
全国 (令和3年度)	男子	139.3 ± 0.01	35.1 ± 0.01	
	女子	140.9 ± 0.01	34.9 ± 0.01	

介入校 vs 対照校 ** : p<0.01

全国の標本は身長が男子517549名女子が495907名，体重が男子が517055名女子が495035名であった

表2 ヒートアップ運動の運動強度

	運動全体	ランニング時	全身運動時
HR (bpm)	160.1 ± 3.2	148.9 ± 5.6	168.0 ± 2.4
$\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	37.8 ± 2.3	36.1 ± 3.2	39.5 ± 2.9
%HRmax (%)	76.2 ± 2.1	70.9 ± 1.8	80.0 ± 2.2
% $\dot{V}O_{2max}$ (%)	72.6 ± 2.6	68.9 ± 5.0	75.8 ± 4.6

の $\dot{V}O_{2max}$ について報告した先行研究 (Basquet et al., 2003, p. 1127-1143) とほぼ同様であった。

ヒートアップ運動の運動強度を表2に示した。運動全体で平均心拍数は約160bpm, %HRmaxは75%程度であり, 平均酸素摂取量は約38ml/kg/min, % $\dot{V}O_{2max}$ は73%程度であった。ヒートアップ運動中の%HRmaxと% $\dot{V}O_{2max}$ における最高値は, それぞれ $86.9 \pm 1.6\%$ HRmaxと $92.5 \pm 2.4\%$ $\dot{V}O_{2max}$ であった。

また, 大学生6名が対象ではあるものの, ヒートアップ運動前後での血中乳酸値は, 実施前の 1.87 ± 0.26 mmol/Lから実施後の 14.53 ± 0.74 mmol/Lと約7倍に増加した。

2. ヒートアップ運動の介入効果

介入前後のSSと20mSRの結果を表3に示した。分散分析において, SSにおいては交互作用が男子 ($F = 29.12$, $p < 0.01$), 女子 ($F = 63.30$, $p < 0.01$) とも認められ, Post hoc testの結果, 男女ともに介入校の介入後の値が介入前の値に比較して高かった。また, 男女とも対照校の前後の値が介入校の前後の値よりも高かった。20mSRにおいては男女とも交互作用は認められなかったが (男子: $F = 9.07$, ns, 女子: $F = 7.16$, ns), 男女とも介入校のみで時間に主効果があり, 介入後の値が介入前の値よりも高かった。加えて, 男子のみ群による主効果も認められ, 対照校の介入前の値が介入校に比較して高かった。

介入校におけるSSと20mSRの変化率 (表3) と肥満度 (表1) の相関関係を検討した。SSでは変化率と肥満度の関係は対象者全体 ($r = 0.263$, $p < 0.01$) と男子 ($r = 0.419$, $p < 0.01$) で有意な正の相関関係が認められた。一方, 女子 ($r = -0.010$) では有意な相関関係は認められなかった。20mSRの変化率と肥満度の関係は, 全体 ($r =$

-0.039), 男子 ($r = -0.047$) および女子 ($r = -0.022$) のいずれにおいても有意な相関関係は認められなかった。

考 察

表3に示したように, ヒートアップ運動を約5ヶ月間実施した介入校では男女ともSSと20mSRの回数が有意に向上し, 介入前は全国平均より低かった回数が介入後はいずれも全国平均を上回った。対照校では女子の20mSRを除き, 介入前より全国平均を上回るレベルではあったが, 約5ヶ月間で女子の20mSRを含め有意な向上は認められなかった。このことから, 介入校で認められた効果はヒートアップ運動によるものと推察される。ヒートアップ運動は, 敏捷性と全身持久性の指標であるSSと20mSRを向上させることができる運動プログラムとして有効である可能性が示唆された。

表2に示したように, ヒートアップ運動の運動強度は, 全体の平均でHRmaxと $\dot{V}O_{2max}$ の約70-75%であった。これまで, 小学生年代の20mSRや有酸素能力の向上を報告した研究で用いられていた運動プログラムの強度は, 介入期間や週当たりの頻度は異なるものの, 概ね80-95%HRmaxである (McManus et al., 1997, p. 456-459, Baquet et al., 2002, p. 439-444, Mandigout et al., 2002, p. 467-487, Tottori et al., 2019, p. 4127-4138, Harris et al., 2021, p. 186-195, Martínez-Vizcaíno et al., 2021, p. 765-781)。 $\dot{V}O_{2max}$ や最高酸素摂取量を基準に運動強度を評価している研究は少ないものの, Baquet et al. (2002, p. 439-444) が最高酸素摂取量の約78%であったことを報告している。このように, ヒートアップ運動の運動強度は, 先行研究に比較すると同等もしくは低いものであり, 児童にとって取り組みやすい運動プログラムであったと考えられる。子どもの無酸素能力の向上について, Armstrong and Welsman (1993, p. 64-77) はダッシュ, ジャンプ, スローイング, プライオメトリックス, スプリントサイクリングなどを最大下の有酸素運動を挟みながら最大努力の90%を下回らないように実施し, 各運動を20-30秒間継続することを推奨している。ヒートアップ運動ではこの推奨されている

表3 介入前後の反復横跳びと20mシャトルランの成績

		反復横跳び (点)			20mシャトルラン (回)		
		前	後	変化率	前	後	変化率
介入校	男子 (n=134)	38.7 ± 0.9	44.1 ± 0.6 **	(21.4 ± 3.6)	42.9 ± 1.5	50.1 ± 1.8 **	(20.5 ± 2.6)
	女子 (n=141)	36.3 ± 0.6	42.5 ± 0.5 **	(21.6 ± 2.5)	34.5 ± 1.0	39.0 ± 1.1 **	(15.9 ± 2.1)
対照校	男子 (n=72)	45.7 ± 0.9 †	45.7 ± 0.7 †	(1.4 ± 1.6)	49.3 ± 2.5 †	50.8 ± 2.3	(9.4 ± 3.4)
	女子 (n=75)	45.7 ± 0.8 †	45.2 ± 0.7 †	(0.6 ± 2.1)	35.6 ± 1.8	39.3 ± 1.9	(15.6 ± 3.2)
全国 (令和3年度)	男子	40.4 ± 0.01			46.9 ± 0.03		
	女子	38.7 ± 0.01			38.2 ± 0.02		

** : $p < 0.01$ 介入前 vs 介入後 † : $p < 0.01$ † : $p < 0.05$ 介入校 vs 対照校

変化率 (%) は前から後へ変化率の平均値 ± 標準誤差を示している

全国の標本は反復横跳び男子504923名, 女子483456名, 20mシャトルランが男子が469454名, 女子449486名であった

運動強度や運動継続時間よりも低くなっており、様々な体力・運動能力の児童が混在する教育現場において取り組みやすい運動プログラムであったと思われる。

ヒートアップ運動の介入によりSSには20mSRと比較して大きな効果が認められた(表3)。介入校の担当教諭は、児童の姿を見て「見違えるように動きが良くなった」と感想を述べていた。得られた結果は、ヒートアップ運動の実施により無酸素能力の向上によりもたらされた可能性がある。大学生を対象にヒートアップ運動を実施させ、その前後で血中乳酸値を測定したところ、約7倍に増加した。血中乳酸値の増加は解糖系からのエネルギー供給増加を意味しており、SSに認められた向上は児童の無酸素能力の向上によると考えられる。しかしながら、子どもの筋特性として解糖系律速酵素であるホスホフルクトキナーゼが低いことが報告されており(Ericksson et al., 1973, p. 485-497)、成人に認められた程、解糖系が促進されないかもしれない。介入校におけるSS向上の他の要因として、ヒートアップ運動の実施による脚の筋力・筋パワーの向上がある。近年、思春期前の子どもにおいてもサーキット形式のウェイトトレーニングにより筋力の向上が認められている(Ramsay et al., 1990, p. 605-614)。この向上は主に神経系の改善によるものと示唆されており、本研究の介入校でみられた結果も神経・筋系の向上によるものかもしれない。また、その場での全身運動では日常では行わないSSと類似の横方向への動作を取り入れたことも向上に寄与したと推察される。対照校では約5ヵ月前後で男女ともSSには有意な向上は認められなかった。この原因としては介入前測定においてすでに全国平均値を上回っていること、全国で最も良い記録を報告している県の記録よりも良いこと(スポーツ庁, 2021)から、天井効果による影響かもしれない。

表3に示したように、介入校の20mSRにおいては測定値では男女とも向上した。先行研究(Baquet et al., 2002, p. 439-444)では運動強度が十分であれば週2回の運動でも思春期前の子どもの $\dot{V}O_2\max$ を向上させることができると報告されている。このことから、今回のプログラムは有酸素能力の指標である20mSRの測定値を向上させるのに十分な強度であった可能性がある。対照校では約5ヵ月前後で男女とも20mSRには有意な向上は認められなかった。男子では介入前においてすでに全国平均を数値が上回っており、女子では介入後に全国平均を上回った。しかしながら、全国で最も良い記録を報告している県の記録より男子で6回程度、女子で5回程度低い(スポーツ庁, 2021)。このことから、対照校においても身体活動量を高めることによって、20mSRをさらに向上させることは可能であると考えられる。

近年、北海道の小学生の体格は全国と比較し肥満児傾向の割合が高い(北海道教育委員会, 2022)。TABATAトレーニングを思春期の男女に実施した研究(Domaradzki et al., 2020, p. 876-887)において、BMI

によってその効果が異なることが報告されている。そのため、TABATAトレーニングをもとに考案されたヒートアップ運動についても体格の影響を検討しておく必要がある。本研究では体格を肥満度(日本学校保健会, 2006, p. 128)によって評価し、介入校における介入前後の変化率の相関関係を検討した。その結果、女子ではSS、20mSRとも関連性はなく、男子でも20mSRには関連性がなかった。一方、男子のSSでは肥満度と変化率に中程度の有意な正の相関関係($r = 0.419$)が得られた。この原因については明らかではないが、肥満度が高い方がヒートアップ運動中、脚への負担度が高まり、筋力・筋パワーの向上への寄与が高かったかもしれない。また、肥満度が高くても介入効果が高く得られることは、運動に対する好意的な感情が増加して積極的な運動への取組につながる可能性もあり、活動量の増加から肥満度の解消につながると推察される。

最後に本研究の限界や今後の課題について述べる。本研究では介入校と対照校の児童数を同じにすることができず、介入前のSSと20mSRの成績も同程度に設定することができなかった。また、介入前後のSSと20mSRの測定は、それぞれ何度か測定した値の最高値や平均値ではなく、介入前後で1度のみであり(測定は実施要項に準拠しSSは2回実施でよい方、20mSRは1回実施)、測定当日の体調等の影響により測定値が各児童の能力を正確に反映していない可能性もある。加えて、介入校と対照校の介入期間の単元構成や内容についても調査していないため、その影響を検討する必要がある。積雪寒冷期間が体力・運動能力に影響を与えるという先行研究(神林ほか, 2013, p. 137-147)では、積雪する冬の期間で男女ともに20mSRの結果が低下していることから、本研究で認められた効果には介入期間による上澄み効果もあったかもしれない。

今後の課題としては、今回の研究の限界の検討を実施していきたい。また、ヒートアップ運動の実施による他の新体力テスト項目への影響、児童や教諭にアンケートを行い、楽しさや親しみやすさを高めるための具体的方策、プログラムの内容や実施方法について検討を加え、より実践的な運動プログラムへと深化させる必要がある。

まとめ

本研究の目的は、札幌市の小学5年生の体力・運動能力で課題されている反復横跳び(SS)と20mシャトルラン(20mSR)の向上を目的として考案された約5分間の運動プログラム、ヒートアップ運動の運動強度の検証と教育現場での約5ヶ月間の実践的な介入効果を検討することであった。結果は以下に示す通りである。

- 1) ヒートアップ運動の運動強度は、全体で $76.2 \pm 2.1\%HR_{\max}$ と $72.6 \pm 2.6\%\dot{V}O_2\max$ であった。
- 2) ヒートアップ運動を行った介入校ではSSと20mSR

の成績が、介入前後で男女とも有意に向上した。一方、対照校では介入前後で変化がなかった。

以上のことから、考案したヒートアップ運動は、SSと20mSRを同時に向上させる運動プログラムとして教育現場で実践するのに有効である可能性が示唆された。

謝 辞

本研究は、令和2年度及び令和3年度において、札幌市教育委員会「子どもの体力向上」に係る調査委託研究として、研究費の補助を受けて実施されました。調査にご協力を賜った小学校の関係者の皆様及び児童の皆様に感謝致します。

追 記

本研究は、2021年5月に開催された北海道体育学会「話題提供発表」及び同年12月に開催された令和3年度北海道体育学会70周年兼第60回記念学会大会において発表した内容をまとめたものである。なお、本研究の結果の概要は、令和3年度において「子どもの体力向上」に係る調査研究報告書（リーフレット）として、札幌市の全小学校などに配布された。また、本研究で考案されたヒートアップ運動の行い方等の詳細は、令和4年度に札幌市の全小学校にDVD（約30分）として配布されている。

参考文献

足立稔・酒向治子・笹山健作・妹尾健一郎・矢部晃章 (2014) 小学生を対象にしたスロージョギング持久走についての実践的研究. 岡山大学大学院教育学研究科研究集録, 157 : 61-66.

Armstrong, N. and Welsman, J. (1993) Training young athletes. In: Coaching children in sports. Ed: Lee, M. Spon, London. 64-77.

Baquet, G., Berthoin, S., Dupont, G., Blondel, N., Fabre, C. and Van Praagh, E. (2002) Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. *Int. J. Sports Med.*, 23:439-444.

Baquet, G., Van-Praagh, E. and Berthoin, S. (2003) Endurance training and aerobic fitness in young people. *Int. J. Sports Med.*, 33:1127-1143.

Domaradzki, J., Cichy, I., Rokita, A. and Popowczak, M. (2020) Effects of tabata training during physical education classes on body composition, aerobic capacity, and anaerobic performance of under-, normal- and overweight adolescents. *Int. J. Environ Res Public Health.*, 17:876-887.

Ericksson, B. O., Gollnick, P. D. and Saltin, B. (1973) Muscle metabolism and enzyme activities after

training in boys 11-13 years old. *Acta Physiol. Scand.*, 87:485-497.

Harris, N., Warbrick, I., Atkins, D., Vandal, A., Plank, L. and Lunbans, DR. (2021) Feasibility and provisional efficacy of embedding high-intensity interval training into physical education lessons: a pilot cluster-randomized controlled trial. *Pediatr. Exerc. Sci.*, 33:186-195.

北海道教育委員会 (2022) 令和3年度全国体力・運動能力、運動習慣等調査 北海道版結果報告書, 2 分析結果, 1 表紙・概要. <http://www.tairyokukekka.hokkaido-c.ed.jp/r3/2-1%20%E5%88%86%E6%9E%90%E7%B5%90%E6%9E%9C%EF%BC%88%E8%A1%A8%E7%B4%99%E3%83%BB%E6%A6%82%E8%A6%81%EF%BC%89.pdf>, (参照日:2022年3月27日).

神林勲・森田憲輝・奥田知靖・中道莉央・石澤伸弘・小野寺夕香・高橋正年・山形昇平・溝口仁志・榎山聡・朝倉潤・中島寿宏・志手典之・新開谷央 (2013) 北海道の小学生における積雪寒冷期間前後の体力・運動能力. 北海道教育大学紀要 (教科教育編), 64 : 137-147.

神丸一祐 (2011) 「体力づくり運動」としてのコーディネーショントレーニング. 国際人間学部紀要, 17 : 45-57.

Kim, J. (2018) Effects of tabata exercise program on physical fitness and body composition of elementary school students. http://snue.dcollection.net/public_resource/pdf/200000116341_20220324171800.pdf, (参照日:2022年3月27日).

北川薫 (2009) 運動とスポーツの生理学改訂2版. 市村出版, pp.70-89.

Mandigout, S., Melin, A., Fauchier, I., N'Guyen, L.D., Courteix, D. and Obert, P. (2002a) Physical training increases heart rate variability in healthy prepubertal children. *Eur. J. Clin Invest.*, 32: 467- 487.

Martínez-Vizcaíno, V., Soriano-Cano, A., Garrido-Miguel, M., Cavero-Redondo, I., Medio, E. P., Madrid, V. M., Martínez-Hortelano, J. A., Berlanga-Macías, C., Sánchez-López, M. (2021) The effectiveness of a high-intensity interval games intervention in schoolchildren: A cluster-randomized trial. *Scand J. Med. Sci. Sports*, 32: 765-781.

McManus, A., Armstrong, N. and Williams, C. (1997) Effect of training on the aerobic power and anaerobic performance of prepubertal girls. *Acta Paediatrica.*, 86: 456-459.

文部科学省 (1999) 新体力テスト実施要項 (6~11歳対象). https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/05030101/001.pdf, (参照日2022年1月16日).

中谷敏昭編 (2019) 体力学 (はじめて学ぶ 健康・スポーツ科学シリーズ5). 化学同人, pp32-35.

日本学校保健会 (2006) 児童生徒の健康診断マニュアル (改訂版). 財団法人 日本保健学会: 東京, p.128.

〔令和4年3月30日 受付〕
〔令和4年8月29日 受理〕

Ramsay, J.A., Blimkie, C.J., Smith, K., Garner, S., MacDougall, J.D. and Sale, D.G. (1990) Strength training effects in prepubescent boys. *Med.Sci. Sports Exerc.*, 22:605-614.

札幌市教育委員会 (2022a) 「令和3年度 全国体力・運動能力、運動習慣等調査」の結果, 「実技の経年変化 (小学校)」。 https://www.city.sapporo.jp/kyoiku/top/tairyokutyousa/documents/2_1_keinennhennka_shou.pdf, (参照日: 2022年3月27日)。

札幌市教育委員会 (2022b) 「令和3年度 全国体力・運動能力、運動習慣等調査」の結果, 「T得点結果」。 https://www.city.sapporo.jp/kyoiku/top/tairyokutyousa/documents/4_ttokuten.pdf, (参照日: 2022年3月27日)。

清水裕士 (2016) フリーの統計分析ソフトHAD: 機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における利用方法の提案 *メディア・情報・コミュニケーション研究*, 1:59-73.

杉山喜一・神林勲・岡嶋恒・横田正義・前上里直・須田康之・及川勝也・岡安多香子・佐々木貴子・野寺克美・行徳義朗 (2013) 子どもの体力向上のためのラダートレーニングの有効性 (その1). *北海道教育大学紀要 (教育科学編)*, 63: 65-92.

杉山喜一・山口恵美・岡嶋恒・神林勲・横田正義・前上里直・佐々木貴子・佐藤和・山内武 (2014a) 子どもの体力向上のためのラダートレーニングの有効性 (その3). *北海道教育大学紀要 (教育科学編)*, 65: 55-61.

杉山喜一・神林勲・岡嶋恒・横田正義・前上里直・須田康之・及川勝也・岡安多香子・佐々木貴子・野寺克美・行徳義朗・佐藤和 (2014b) 子どもの体力向上のためのラダートレーニングの有効性 (その2). *北海道教育大学紀要 (教育科学編)*, 64: 111-118.

スポーツ庁 (2021) 令和3年度全国体力・運動能力、運動習慣等調査 集計結果, 小学校 実技・体格. https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/kodomo/zencyo/14911922_0000html, (参照日: 2022年10月11日)。

田畑泉 (2015) 特集 TABATA トレーニング 無酸素性能力と有酸素性能力を同時に短時間で高めるトレーニングの理論と方法. *Sportsmedicine*, 168: 1-18.

田畑泉 (2020) タバタトレーニング エネルギー論的に最も有効なトレーニング方法. *日本音響学会誌*. 26: 117-122.

Tottori, N., Morita, N., Ueta, K. and Fujita, S. (2019) Effects of High Intensity Interval Training on Executive Function in Children Aged 8-12 Years. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16:4127-4138.