

# 座らない体育授業の実践が生徒の生理・心理的指標に 及ぼす影響

古川礼乃<sup>1)</sup> 大下凌矢<sup>1)</sup> 高木菜満恵<sup>2)</sup> 丹 信介<sup>1)</sup> 齊藤雅記<sup>1)</sup> 曾根涼子<sup>1)</sup>

## Effects of physical education classes without sitting on student's physiological and psychological indicators

Ayano FURUKAWA<sup>1)</sup>, Ryoya OSHITA<sup>1)</sup>, Namie TAKAGI<sup>2)</sup>, Nobusuke TAN<sup>1)</sup>  
Masaki SAITO<sup>1)</sup>, Ryoko SONE<sup>1)</sup>

### 抄録

本研究では、体育授業において、子どもが説明を聞いたり待機したり等の非運動時に座って過ごした場合と立って過ごした場合の生理・心理的指標の応答を比較検討することを目的とした。中学1年生の1クラスの生徒を対象とし、体育授業の非運動時に座って過ごす座位群と立って過ごす立位群に約半数ずつに分けた。体育授業は体づくり運動領域の動きを持続する能力を高めることをねらいとし、1限目に、運動学習時間を変えて2回実施した。運動種目は長縄跳び、ラダー運動とサーキット運動であった。授業に占める運動学習と説明・待機等の時間的割合はそれぞれ第1回が約33%および50%、第2回が約46%および30%であり、残りの20%前後は移動・測定であった。授業時に心拍数、主観的疲労感およびRPEを測定した。授業前後に疲労の自覚症しらべ（アンケート）を実施した。その結果、2回の体育授業ともに、同じ活動（運動の場合には同じ種目）に対する心拍数、主観的疲労感およびRPEの応答に座位群と立位群の間で有意差はなかった。また、第1回の授業ではねむい感（ $p < 0.05$ ）と疲労自覚症状の総合計点（ $p < 0.01$ ）、第2回の授業では総合計点（ $p < 0.05$ ）が授業前に比べて後に有意に低下した。以上のことから、体育授業における生理・心理的指標の応答は非運動時の姿勢が座位でも立位でも異なることが示唆された。また、1限目の体育授業によってその後の疲労自覚症状が軽減されることが示唆された。

**KEYWORDS:** 体育授業、姿勢、活動強度、生理的指標、心理的指標

---

1) 山口大学教育学部 〒753-8513 山口県山口市吉田 1677-1

Faculty of Education, Yamaguchi University, 1677-1 Yoshida, Yamaguchi-shi, 753-8513, Yamaguchi, Japan

2) 山口大学教育学部附属光中学校 〒743-0007 山口県光市室積 8 丁目 4-1

Hikari Junior High School Affiliated with the Faculty of Education, Yamaguchi University, 4-1 Murozumi 8-chome, Hikari-shi, 743-0007, Yamaguchi, Japan

Corresponding author: Ryoko SONE

E-mail: sone@yamaguchi-u.ac.jp

## 1. 緒言

近年、子どもから大人まで、日常生活における座位行動、子どもでは特にテレビやコンピューター画面などディスプレイを観ているスクリーンタイムの多さが健康障害と関係しており、健康障害を防ぐために座位行動を減らすことの必要性が言われている(Carson ら、2016 ; Katzmarzyk ら、2019)。座位行動とは、座位または臥位におけるエネルギー消費量が 1.5 METs 以下のすべての覚醒行動と定義される場合が多い(Sedentary Behaviour Research Network、2012; Trenblay ら、2017)。しかしながら、学校における体育の授業でさえ、子どもが練習を行ったりゲームを行ったりする「運動学習場面」の時間的割合が、少ない場合には30%程度であり(福ヶ迫ら、2003)、説明を聞いたり運動する順番を待ったり(待機)等のために座っている時間が70%にもなる場合があると報告されている(石井、2018)。

仮に、体育の授業において、説明を聞いたり待ったり等する時に児童・生徒に立って過ごさせるようにすれば、座っている時間は確実に少なくできる。座位行動(座りすぎ)への対策としても立位等の低強度身体活動を増やすことが勧められており、安静時やその場での軽作業時のエネルギー消費量は、座位と立位では、立位の方が高い傾向にあるとされている(Betts ら、2019 ; Saacidifard ら、2018 ; Wang ら、2018)。また、生理的指標である心拍数について、運動後に立って過ごした場合の方が、座ったり、横になったりした場合に比べて回復は遅く、高いレベルで推移することが示されている(Buchheit ら、2009 ; 長嶋と藤松、1967)。したがって、体育授業において、座位でも立位でも支障がない場面では、児童・生徒に立って過ごさせることによって、座位時間は減少し、エネルギー消費量や心拍数のレベルは上昇して、その体育授業全体の活動強度は増加することが考えられる。しかし、そのような座らない体育授業の実践による活動強度の変化について検討した先行研究は見当たらない。また、主観的疲労感の変化についても検討されていない。

そこで本研究では、体づくり運動(文部科学省、2018)の体育授業において、授業内容は同じだが、説明・待機等の時に座って過ごした場合と立って過ごした場合の活動強度や疲労感について、生理的指標と心理(主観)的指標を用いて比較検討することを目的とした。

## 2. 方法

### 2. 1. 被験者

H 中学校1年生のある1クラスの27名の生徒を対象とした。被験者は、実験前の4月に実施された形態測定および新体力テスト(文部科学省)の結果をもとに、体格と体力[新体力テストの総得点および持久力の得点(それぞれ80および10点満点)]に差がないように2群(座位群と立位群)に分けられた。ただし、座位群の男子1名については持久力が測定できていなかったため、それ以外の得点をもとに群分けした。また、本研究は国立大学法人山口大学における人を対象とする一般的な研究に関する審査委員会の承認を受けて実施した(2019-038-01)。被験者には事前に本研究の目的、方法等について記載した資料を配布し、口頭でも説明した。

実験に際して、被験者には、その前日には激しい運動を行わないこと、および当日には、起床以降、登校後の朝の時間まで、最低限必要な活動のみ行うことを依頼した。また、実験前日の夕食を就寝の2時間前までに終えること、夕食から実験開始までの間、カフェイン入りの飲食物を摂取しないこと、および当日には朝食を食べることを依頼した。加えて、実験前夜には十分な睡眠をとり、体調を整えるように求めた。実験当日の学校での朝の時間に、教室において、被験者は健康状態に関する問診表、および前日からの生活記録表への記入を行った。実験者は、体育授業の前までにはそれらの記入を確認し、必要に応じて口頭でも体調を確認したり、授業への参加の可否について確認したりした。

### 2. 2. 実験方法

体育授業は、体づくり運動の領域の動きを持続する能力を高めることをねらい(文部科学省、2018)として、1限目に、運動学習時間を変えて2回行った(2019年10月25日および10月30日)。運動の種目は、第1回の授業(体育1)が長縄跳びとラダー運動、第2回の授業(体育2)が第1回で行った運動とそれらを組み合わせたサーキット運動(CE)であった。これらの運動を選んだ理由は、速度や距離によって運動量を調整でき、全員に同じように運動させられると考えたためであった。また、授業の構成は、ウォームアップ(W-up)や練習・ゲーム等の運動学習場面の時間を50%は確保することが望ましいとされている(高橋、2003)が、実際にはその他の時間の方が長い場合もあること(福ヶ迫ら、

2003 ; 石井, 2018) 等を参考に決定した。実際の授業における活動時間や運動パフォーマンスについては、授業時に実験者あるいは実験補助者が記録した。体育授業は教室から徒歩で約3分のところにある体育館で実施した。体育授業時の環境温度および相対湿度は、それぞれ体育1条件が21.3°Cおよび77.0%であり、体育2条件が22.9°Cおよび55%であった。

### 1) 体育授業の構成

各授業の始めから5分毎に、体育1では①ランニングと体操によるW-up、②授業全体の流れと長縄跳びの説明(説明1)、③および④待機(待機1)あるいは長縄跳び、⑤ラダー運動の説明(説明2)、⑥および⑦待機(待機2)あるいはラダー運動、⑧W-upと同じ内容の体操によるクールダウン(C-down)、⑨全体のまとめ、および⑩並行して行われた別の研究(未発表)のための測定を行った(図1.上)。また、体育2では、①W-up、②授業全体の説明(説明1)、③および④長縄跳びあるいはラダー運動(以下、③を運動1、④を運動2とする)、⑤CEの説明(説明2)、⑥CE前半、⑦CE後半、⑧C-down、⑨まとめ、および⑩測定を行った(図1.下)。

各体育授業における非運動時には、座位群は尻を床に着け、曲げた両膝を両腕で抱えるようにして座る、いわゆる体育座り、立位群はその場で立ったま

まで過ごした。また、2回の授業のW-upとC-down、長縄跳びおよびラダー運動は全く同じ方法で行った。長縄跳びとラダー運動について、一方の群のみ運動させて2群で同時に運動させなかったり(体育1の③、④、⑥、および⑦)、同じ時点で2群に異なる運動種目を行わせたりした(体育2の③および④)のは、被験者が運動時に順番を待つ時間を少なくして運動量を確保するため、および長縄跳びでは縄を回すことに十分に慣れた同じ実験補助者が縄を回すようにしたことで、1カ所でしか行えなかったためであった。

### 2) 運動の方法

長縄跳びについては、被験者は縄を回す人(A)のすぐ横からスタートし、縄を1回跳んだら、ジョギングで進行方向にいる縄を回す人(B)の背側に置かれたコーンを回り、次にBの横からスタートして縄を跳んでコーンを回ることを繰り返す方法(八字跳び)で行った。回旋速度は約60回/分とし、コーンとコーンの間は18mとした。また、縄を回す人は、2回の授業で同じ実験補助者が担当した。ラダー運動については、1マスの大きさが横42cm×縦50cmで17マスあるラダーを使ってできる限り速く行った。実施したステップは下記の6つであり、多くは先行研究(川崎ら、2019 ; 宮口ら、2015)でも実

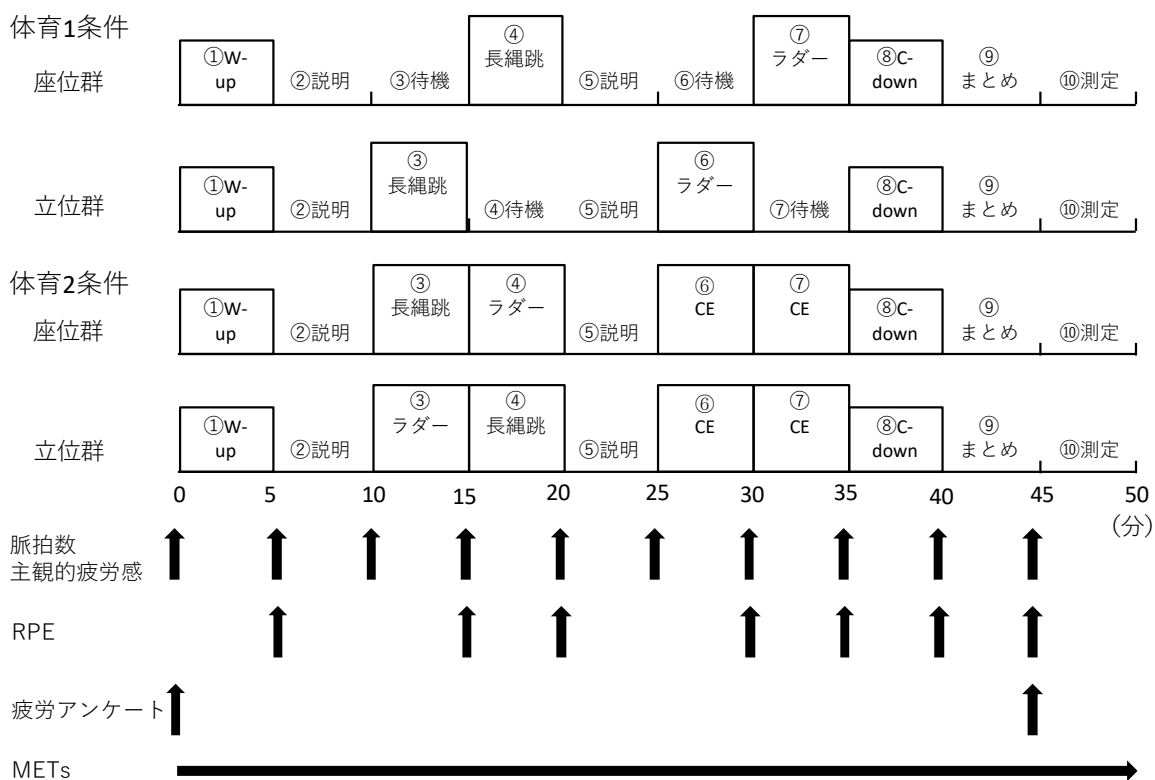


図1. 体育1および2条件の実験プロトコル

RPE、主観的運動強度 ; W-up、ウォームアップ ; CE、サーキット運動 ; C-down、クールダウン

施されている。1 マスに 1 歩入れて走るクイックラン、ラダーに対して横に向き、1 マスに 2 歩入れて進むラテラルラン（左向きと右向き）、両足でマスの縁をまたぐようにして左右交互にジャンプしながら進むスラロームジャンプ、1 マス目は片足飛び、次のマスは足を開いてマスの外に両足で着地を繰り返して進むケンパ、マスの左（右）横に左（右）足で着地した後、そのマスの中に右（左）足、左（右）足の順に着地を左右交互に繰り返して進むパラレルの 6 つを行った。各種目についてラダーの終わりまで進んだ後は、ラダーの延長線上に置かれたスタート位置から 18 m の地点のコーンをジョギングで回り、スタート位置に戻るようにした。CE については、長縄を 1 回跳躍とラダー運動を 1 種目をそれらの間にジョギングを挟んで繰り返すもので、1 周約 90 m であった。また、被験者によって運動量が異なるように、すべての運動種目で、被験者には必ず順番を守って運動させ、次の順番までの待ち時間はその場で駆け足を行わせた。

### 2. 3. 測定項目

授業前に、教室で椅子に座った状態で脈拍数（以下、便宜的に心拍数とする）と主観的疲労感をこの順番で測定した後、疲労アンケートを実施した（Base 測定）。体育授業時には、5 分毎に計画した各活動毎に心拍数と主観的疲労感を測定し、運動の場合には主観的運動強度（RPE）も測定した。測定時の姿勢は、運動の場合には両群とも立位であり、非運動（説明、待機およびまとめ）の場合には座位群は座位、立位群は立位であった。授業の終わりには両群とも座位で授業全体の RPE を測定し、疲労アンケートを再度実施した。また、体育授業時の METs を代表者で連続的に測定した。具体的な測定方法は下記の通りであった。

#### 1) 心拍数

非運動時の心拍数は、その状態で 3 分間以上経過した時点で被験者自身が脈拍計（キャットアイ社、Heart Beat Counter PL-600）を用いて耳朶にセンサーを取りつけて測定・記録した。また、運動時の心拍数は、運動後 5 秒から 20 秒までの 15 秒間の心拍数を被験者自身が橈骨動脈で触診によって測定・記録しておき、実験後にその測定値を 4 倍して 5 を加えることによって推定した（丹と森本、1997）。いずれの測定方法による場合でも、結果の信頼性の判断のため、毎回の測定で、以下の 6 つの選択肢から最も当てはまるものを被験者自身に選ばせ、記録させた。

①正しく測定できた、②触診で、途中で数が分からなくなった、③触診で脈が分からない時があった、④器械からの読み取りが不安だ、⑤器械が不調だった、⑥②～⑤以外の理由でうまく測定ができなかった。

#### 2) 主観的疲労感および疲労アンケート

主観的疲労感は Visual Analogue Scale（VAS）で測定した（日本疲労学会ホームページ、2012）。すなわち、10 cm の直線の左端を「全く疲労していない」、右端を「何もできないほど疲労している」とし、その間に被験者自身に交点ができるように線を引いて疲労感の程度を表してもらい、実験後に左端からの長さを定規を用いて cm 単位で測定した。

疲労の状況を自覚症しらべ（日本産業衛生学会産業疲労研究会ホームページ、2002）のアンケートで測定した。自覚症しらべは、25 項目の設問について被験者自身に状態を「全くあてはまらない」（1）から「非常によくあてはまる」（5）までの 5 段階で答えてもらい、実験後に次の 5 つの群別に合計点（各群 25 点満点）を求めて疲労状況を評価した。I 群がねむけ感（ねむい、横になりたい、あくびができる、やる気がとぼしい、全身がだるい）、II 群が不安定感（不安な感じがする、ゆううつな気分だ、おちつかない気分だ、いらいらする、考えがまとまりにくい）、III 群が不快感（頭がいたい、頭がおもい、気分がわるい、頭がぼんやりする、めまいがする）、IV 群がだるさ感（腕がだるい、腰がいたい、手や指がいたい、足がだるい、肩がこる）、V 群がぼやけ感（目がしょぼつく、目がつかれる、目がいたい、目がかわく、ものがぼやける）であった。

#### 3) 主観的運動強度

RPE は 6～20 の Borg スケールの表（Borg、1973）を見て、該当する数値を被験者自身に記録してもらうことによって測定した。

#### 4) METs

各授業の開始から終了までの間、座位群と立位群の各群男子 1 名について、三軸加速度センサーを内蔵した活動量計（オムロンヘルスケア社、Active style Pro HJA-750C）を腰部に装着して METs 値を 10 秒毎に測定した。この活動量計は、特に強度の弱い活動において測定誤差が小さいことが分かっているが姿勢の判別はできない（熊谷ら、2015）。測定されたデータは実験後に専用のソフトを用いてコンピューターに取り込み、各運動について時間内の METs 値の平均値と標準偏差を算出した。また、その際、一過

性に0を示す等で異常値と判断されたデータは除いて処理した。

## 2. 4. 統計解析

各変数の値は平均値±標準偏差で示した。本研究では、被験者の身体的特性や新体力テストの結果について、群間差の検討をするために、まずF検定を行い、有意差がなかった場合、Student's t-testを行った。また、体育授業時の各変数の応答について、姿勢（座位群と立位群）と時間経過を要因とした反復測定による二元配置分散分析（Two-way repeated measures ANOVA）、および姿勢と実験条件（体育1と体育2）を要因とした二元配置分散分析（Two-way ANOVA）を行い、交互作用および主効果の有無を検定した。交互作用や主効果が有意であった場合、Tukey-Kramer法を用いて多重比較検定を行った。なお、統計解析には、Statcel 3（オーエムエス出版）とJSTAT for Windowsを使用し、有意水準5%をもって統計学的有意とした。

## 3. 結果

授業に参加した被験者数は体育1条件が座位群13名、立位群12名の計25名、体育2条件が座位群13名、立位群11名の計24名であり、被験者の身体的特性および新体力テストの得点は表1に示した通りであった。各体育条件において、座位群と立位群の被験者の身体的特性および新体力テストの結果に有意差はなかった。

体育授業において、被験者がその場で座位あるいは立位で過ごした説明、待機およびまどめは両群でほぼ計画通りに行われ、それらの合計時間は体育1条件が約25分間（授業時間に占める割合：約50%）、体

育2条件が約15分間（約30%）であった。運動学習（W-up、各運動種目およびC-down）については、W-upを除き、測定・記録や移動との関係で計画より時間は短かった（表2）。合計時間は、両群ともに、体育1条件が約16分間（約33%）、体育2条件が約23分間（約46%）であった。また、残りの時間は移動（それぞれ約5%および約10%）、運動後の立位での測定および測定⑩であった。

体育授業における運動パフォーマンスについて、長縄跳びの跳躍回数（引っかかりから跳んだ回数と引っかかり回数の合計）は、体育1条件の座位群が145回（1名あたり11.2回）、立位群が92回（7.7回）であり、座位群に比べて立位群の方が少なかった。一方、体育2条件では座位群が130回（10.0回）、立位群が135回（12.3回）であり、群間差は体育1条件に比べて小さかった。また、ラダー運動については、両群とも全被験者が、体育1条件では6種目を各1回、体育2条件では2種目を各2回と残り4種目を各1回行った。体育2条件におけるCEは、両群とも全被験者が前半に4周、後半に4.5周行った。運動毎のMETsは表2の通りであり、同じ運動種目で比べると、体育1条件の長縄跳びのMETs値の群間差が最も大きかったが、概して、両体育条件において両群でW-upが約5、C-downが3～3.5、長縄跳び、ラダー運動およびCEが7～11であった。

以下に示す結果のn数は変数によって異なった。その理由は、記入漏れによるデータの欠損や明確な異常値の発生の状況が変数によって異なったり、心拍数については各被験者の実験時の記録から運動後の測定が難しかったり、脈拍計の操作がうまくいかなかったりして信頼性が低いと考えられるデータ（①）以

表1. 被験者の身体的特性および新体力テストの得点

群	条件	性別	n	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	新体力テスト 総得点(点)	持久力 得点(点)
座位群	体育1・2	男子	6(5)	13.0 ± 0.0	152.0 ± 7.5	43.8 ± 12.1	27.2 ± 6.3	3.8 ± 1.6
		女子	7	12.6 ± 0.5	155.5 ± 5.1	43.6 ± 4.7	47.4 ± 11.4	6.7 ± 1.7
		男女	13(12)	12.8 ± 0.4	153.9 ± 6.5	43.7 ± 8.9	39.0 ± 13.9	5.5 ± 2.2
立位群	体育1	男子	6	12.5 ± 0.5	155.7 ± 7.3	43.7 ± 7.9	29.5 ± 6.9	4.7 ± 1.5
		女子	6	12.3 ± 0.5	152.4 ± 6.2	43.3 ± 5.7	43.5 ± 7.3	6.7 ± 1.5
		男女	12	12.4 ± 0.5	154.0 ± 7.0	43.5 ± 6.9	36.5 ± 10.0	5.7 ± 1.8
立位群	体育2	男子	5	12.4 ± 0.5	157.2 ± 7.2	44.4 ± 8.4	27.8 ± 6.3	4.2 ± 1.2
		女子	6	12.5 ± 0.5	154.3 ± 3.8	43.6 ± 5.3	45.7 ± 8.7	6.5 ± 1.4
		男女	11	12.5 ± 0.5	155.6 ± 5.8	43.9 ± 6.9	37.5 ± 11.8	5.5 ± 1.7

データは平均値±標準偏差で示した。n数の()内の値は、新体力テストの結果のn数である。

表2. 体育授業における各運動の時間、METs、およびRPE

1. 体育1条件

群		W-up	長縄跳び	ラダー運動	C-down
運動時間	座位群	5'00	3'30	3'20	4'30
	立位群	5'00	3'34	3'19	4'30
METs	座位群	5.0 ± 3.3	8.7 ± 2.5	9.0 ± 3.5	3.5 ± 1.3
	立位群	5.0 ± 4.0	7.1 ± 3.0	10.1 ± 3.9	3.1 ± 1.5
RPE	座位群 (n=13)	9.2 ± 1.6	11.0 ± 2.7	12.7 ± 2.7	9.3 ± 2.8
	立位群 (n=12)	9.0 ± 1.9	11.1 ± 2.0		

2. 体育2条件

群		W-up	運動1	運動2	CE前半	CE後半	C-down
運動時間	座位群	5'00	3'00	3'22	3'50	3'09	4'30
	立位群	5'00	3'00	3'22	3'50	3'09	4'30
METs	座位群	5.1 ± 3.3	7.3 ± 2.4	8.3 ± 3.8	9.9 ± 3.2	9.1 ± 3.7	3.5 ± 1.1
	立位群	4.8 ± 3.4	9.6 ± 3.4	8.1 ± 2.4	11 ± 2.8	10.2 ± 3.4	3.0 ± 1.1
RPE	座位群 (n=13)	8.7 ± 2.5	10.5 ± 2.4	11.7 ± 2.6	13.0 ± 2.8	13.2 ± 2.8	9.9 ± 3.7
	立位群 (n=11)	8.8 ± 2.9	11.7 ± 3.6	11.5 ± 3.7	12.2 ± 4.0	12.1 ± 3.7	10.0 ± 3.8

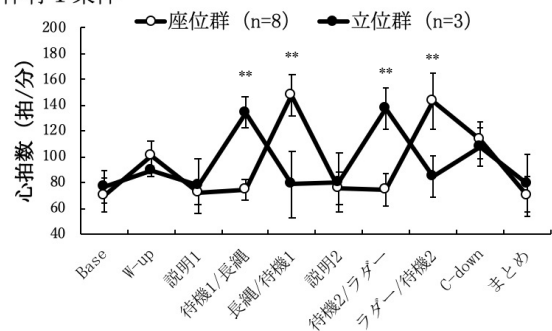
W-up、ウォームアップ；C-down、クールダウン；CE、サーキット運動。データは平均値±標準偏差で示した。運動1は座位群が長縄跳びおよび立位群がラダー運動、運動2は座位群がラダー運動および立位群が長縄跳びである。a；vs. W-up、b；vs. 長縄跳び、c；vs. ラダー運動（いずれも  $p < 0.01$ ）

外)をすべて除いたためであった。

表2に体育授業時のRPEを示した。n数は体育授業に参加した被験者数と同じであった。反復測定による二元配置分散分析の結果、体育1条件には時間の有意な主効果のみ認められ ( $p < 0.05$ )、体育2条件には姿勢と時間の有意な交互作用が認められた ( $p < 0.05$ )。さらに多重比較検定を行った結果、体育1条件ではRPEはW-up、長縄跳び、ラダー運動の順に有意に上昇した ( $p < 0.01$ ) 後、C-downで有意に低下した ( $p < 0.01$ )。一方、体育2条件では有意差は認められず、長縄跳びとラダー運動の各運動に対するRPEの比較も行ったが、群間に差はなかった。授業全体のRPEは、体育1条件の座位群 (n=13) が  $11.7 \pm 2.2$ 、立位群 (n=12) が  $10.2 \pm 2.1$ 、および体育2条件の座位群 (n=13) が  $12.5 \pm 3.1$ 、立位群 (記入漏れにより n=10) が  $11.3 \pm 3.4$  であり、二元配置分散分析の結果、姿勢と実験条件の交互作用および主効果に有意差は認められなかった。

心拍数について、体育授業に参加した全被験者の結果ではBase値は体育1条件の座位群が  $72.1 \pm 12.9$  拍/分、立位群が  $73.7 \pm 10.4$  拍/分、体育2条件の座位群が  $69.9 \pm 10.7$  拍/分、立位群が  $74.9 \pm 11.5$  拍/分であり、二元配置分散分析の結果に有意な差はなかった。図2に心拍数の経時変化を条件別・群別に示し

体育1条件



体育2条件

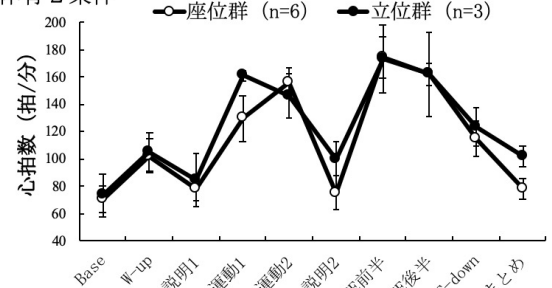


図2. 体育授業における心拍数の経時変化

W-up、ウォームアップ；C-down、クールダウン；CE、サーキット運動。運動1：座位群が長縄跳びおよび立位群がラダー運動。運動2：座位群がラダー運動および立位群が長縄跳び。\*\*；座位群 vs. 立位群 ( $p < 0.01$ ) した。図2では記入漏れや異常値を除いており、n数は、体育1条件が座位群8、立位群3の計11、体育2条件が座位群6、立位群3の計9であった。反復測定に

よる二元配置分散分析の結果、両体育条件の心拍数に姿勢と時間の有意な交互作用が認められた(体育1  $p < 0.01$ 、体育2  $p < 0.05$ )。多重比較検定の結果、同一時点の座位群と立位群の心拍数の差は、一方の群が長縄跳びあるいはラダー運動を行い、もう一方の群が待機であった体育1条件の4時点でのみ有意であり、運動を実施した群の方が高かった( $p < 0.01$ )。両体育条件における長縄跳びとラダー運動の各運動に対する心拍数を群間で比べた結果では、いずれにも有意な差はなかった。授業全体の平均値は、体育1条件の座位群が  $96.8 \pm 10.8$  拍/分、立位群が  $96.6 \pm 14.1$  拍/分、体育2条件の座位群が  $118.9 \pm 7.1$  拍/分、立位群が  $128.7 \pm 10.7$  拍/分であり、二元配置分散分析の結果、実験条件の主効果にのみ有意差があり、運動学習時間のより長い体育2条件が体育1条件に比べて高かった( $p < 0.05$ )。

VASによる主観的疲労感について、体育授業に参加した全被験者の結果ではBase値は体育1条件の座位群が  $3.4 \pm 2.7$  cm、立位群が  $2.7 \pm 1.9$  cm、体育2条件の座位群が  $2.4 \pm 2.7$  cm、立位群が  $2.9 \pm 1.9$  cmであり、二元配置分散分析の結果に有意な差はなかった。図3に主観的疲労感の経時変化を条件別・群別に示した。図3では記入漏れや異常値を除いており、n数は、体育1条件が座位群10、立位群10の計20、体育2条件が座位群11、立位群7の計18であった。後述する自覚症しらべと疲労部位調べの結果のn数も同じであった。主観的疲労感の経時変化について、反復測

定による二元配置分散分析の結果、体育1条件にのみ姿勢と時間の有意な交互作用が認められた( $p < 0.01$ )。さらに多重比較検定を行ったが、同一時点の座位群と立位群の主観的疲労感の間に有意差はなかった。両体育条件における長縄跳びとラダー運動

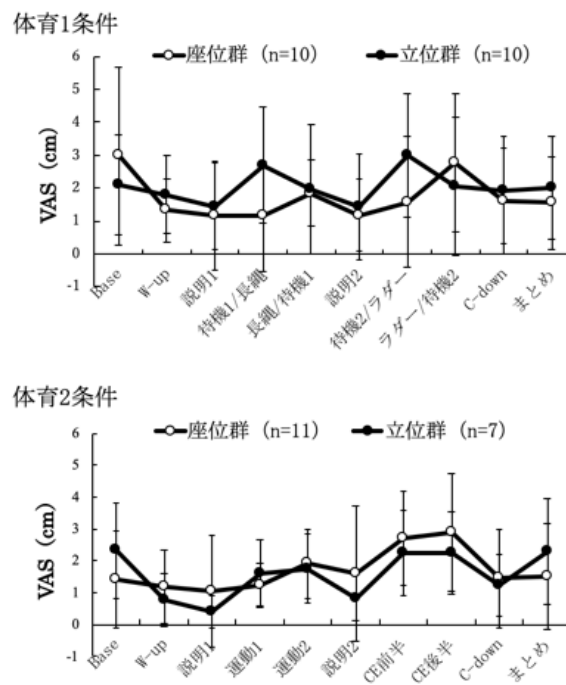


図3. 体育授業におけるVASによる主観的疲労感の経時変化

W-up、ウォームアップ；C-down、クールダウン；CE、サーキット運動。運動1：座位群が長縄跳びおよび立位群がラダー運動。運動2：座位群がラダー運動および立位群が長縄跳び。

表3. 体育授業前後の疲労自覚症状の得点

		体育1条件(座位群 n=10、立位群 n=10)						体育2条件(座位群 n=11、立位群 n=7)					
		授業前		授業後		p値		授業前		授業後		p値	
		座位群	立位群	座位群	立位群	姿勢	時間	交互	座位群	立位群	座位群	立位群	姿勢
I群:ねむけ感	座位群	7.6 ± 2.1	5.8 ± 1.4	0.102	0.013*	0.300	6.5 ± 2.4	6.4 ± 2.2	0.489	0.206	0.392	8.6 ± 2.7	7.8 ± 2.4
	立位群	8.6 ± 2.7	7.8 ± 2.4				7.6 ± 2.4	6.9 ± 2.1					
II群:不安定感	座位群	6.1 ± 1.4	5.5 ± 1.3	0.948	0.159	0.911	6.5 ± 2.8	5.3 ± 0.6	0.764	0.085	0.459	6.2 ± 3.2	5.5 ± 1.3
	立位群	6.2 ± 3.2	5.5 ± 1.3				5.9 ± 1.9	5.4 ± 0.8					
III群:不快感	座位群	5.6 ± 0.8	5.4 ± 0.7	0.906	0.136	0.512	6.5 ± 2.5	5.8 ± 1.8	0.478	0.196	0.063	5.8 ± 1.5	5.3 ± 0.9
	立位群	5.8 ± 1.5	5.3 ± 0.9				5.4 ± 0.8	5.7 ± 1.1					
IV群:だるさ感	座位群	7.1 ± 2.6	5.4 ± 1.0	0.629	0.023*	0.011*	6.0 ± 1.9	5.8 ± 1.5	0.982	0.716	0.307	6.6 ± 1.9	6.7 ± 2.1
	立位群	6.6 ± 1.9	6.7 ± 2.1				5.9 ± 1.6	6.0 ± 2.2					
V群:ぼやけ感	座位群	5.7 ± 2.2	5.6 ± 1.3	0.185	0.884	0.884	6.6 ± 2.5	5.9 ± 1.4	0.243	0.083	0.307	5.7 ± 2.2	5.6 ± 1.3
	立位群	5.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0				5.4 ± 0.5	5.3 ± 0.5					
総合計	座位群	32.1 ± 7.0	27.3 ± 2.8	0.536	0.005**	0.182	32.2 ± 10.3	29.2 ± 7.1	0.789	0.025*	0.250	32.2 ± 7.4	30.3 ± 5.5
	立位群	32.2 ± 7.4	30.3 ± 5.5				30.1 ± 4.7	29.3 ± 4.8					

データは平均値±標準偏差で示した。p値は、反復測定による二元配置分散分析の結果である。

\*  $p < 0.05$ 、\*\*  $p < 0.01$

の各運動に対する主観的疲労感を群間で比べた結果では、いずれにも有意な差はなかった。授業全体の平均値は、体育1条件の座位群が $1.57\pm 1.35$  cm、立位群が $2.04\pm 1.54$  cm、体育2条件の座位群が $1.73\pm 1.19$  cm、立位群が $1.49\pm 0.84$  cmであり、姿勢と実験条件の交互作用および主効果に有意差は認められなかった。

表3に体育授業前後における自覚症しらの得点を示した。反復測定による二元配置分散分析の結果、体育1条件のIV群のだるさ感に姿勢と時間の交互作用と時間の主効果に有意差が認められた( $p < 0.05$ )が、多重比較検定を行なった結果では有意差はなかった。また、体育1条件のI群のねむけ感および総合計、および体育2条件の総合計についてそれぞれ時間に有意な主効果が認められ、いずれも授業前に比べて授業後に低下した( $p < 0.05$ 、体育1条件の総合計のみ $p < 0.01$ )。それら以外には有意差は認められなかった。

## 4. 考察

本研究では、中学生(1クラス)を対象として、体育授業において説明を聞いたり待機したり等の運動学習以外の時間に生徒半数ずつに座位か立位で過ごさせ、授業時の活動強度について、生理的指標として心拍数、および主観的指標としてRPEを測定するとともに、VASによる主観的疲労感を測定してそれぞれ比較検討した。主な所見は以下の通りであった。体育授業時の生理・心理的指標の応答は、説明・待機等の非運動時の姿勢の影響を受けないことが示唆された。また、体育授業における非運動時の姿勢にかかわらず、疲労自覚症状は授業前に比べて授業後に軽減することが示唆された。以下に本所見に対する考察を記述する。

### 4. 1. 体育授業における説明・待機等の非運動時の姿勢が生理・心理的指標に及ぼす影響

体育授業における生理・心理的指標の応答は運動の内容や活動の時間配分によって異なると考えられる。そのため、まず、本研究において実施された2回の各体育授業において、運動の時間・強度や運動量が座位群と立位群の間で異ならなかったか否かについて考察する。第1回の授業(体育1)では、長縄跳びとラダー運動のそれぞれについて座位群と立位群で時間をずらして行った(図1)が、運動を行った時間は、運動別(表2)と合計のいずれも両群でほとんど同じであった。運動パフォーマンスは、

長縄跳びについては群間に差があり、跳躍回数が座位群に比べて立位群で明らかに少なく、加速度計を内蔵した活動量計を用いて測定されたMETs値も立位群の方が低かったが、長縄跳びとラダー運動のMETs値を平均すると両群で約9であり、ほとんど差はなかった(表2)。また、第2回の授業(体育2)では、長縄跳びとラダー運動について座位群と立位群で順番を変えた(図1)が、各運動の時間、および長縄跳び、ラダー運動とCEの各運動のパフォーマンスとMETs値は、座位群と立位群の間で大差なかった(表2)。したがって、本研究の体育授業における運動の時間・強度および運動量は、2回ともに両群で同程度であったと考えられる。

次に、体育授業における活動の時間配分について考察する。本研究における体育授業の構成は、運動学習場面の時間配分に関して、教科教育の観点からは50%は確保した方が望ましい(高橋、2003)が、実際には座っている時間が授業全体の70%を占めるような場合もあるとされていること等(福ヶ迫ら、2003;石井、2018)を参考に決定した。本研究の結果、授業時の記録から、体育授業における運動学習やそれ以外の活動の時間は2回ともに座位群と立位群でほぼ等しく、体育1および体育2の授業に占める運動学習場面の割合はそれぞれ約33%および約46%であり、授業時にその場で座位あるいは立位で過ごした時間についてはそれぞれ約50%および約30%であった。したがって、運動学習時間について、体育2の授業はほぼ適切に確保されていたが、体育1の授業は少なかった。また、体育1・2条件ともに、残りの20%程度は、移動、運動後の立位での測定や並行して行われた他の研究のための測定の時間であった。

上述のように体育1・2の各授業における運動の内容、および活動の時間配分は座位群と立位群の間で異ならなかった。したがって、両群の生理・心理的指標の応答に差が認められた場合には、非運動時の姿勢の影響によることが推測される。心拍数については、正しく測定できたと判断されたデータのみで検討した結果、n数が特に少なく、そのことが統計結果に影響したことが考えられる。しかしながら、授業時の心拍数(図2)、および主には運動による肉体的疲労によって変化したことが考えられる主観的疲労感(図3)のいずれも、同じ活動(運動の場合には同じ種目)に対する応答は座位群と立位群の間で有意に異ならなかった。また、心拍数と密接な関



係がある RPE (Borg, 1973 ; 山地, 2013) の運動時 (表 2) と体育授業全体の結果にも両群間に差はなかった。これらのことから、体育授業における非運動時の姿勢が座位か立位かで生理・心理的指標の応答に明らかな差はないと考えられる。

運動後の心拍数の回復について、座位や臥位より立位で過ごした方が遅く、高いレベルで推移すること (Buchheit ら, 2009 ; 長嶋と藤松, 1967) や、座位に比べて立位のエネルギー消費量が高い傾向があること (Betts ら, 2019 ; Saacidifard ら, 2018 ; Wang ら, 2018) から、本研究では体育授業において、運動学習後に説明を聞いたり待機したり等の時に立位姿勢をとり、座らないようにすることで、生理的および心理的な強度が高くなると予想したが、それを支持する結果は得られなかった。その原因として、姿勢による心拍数やエネルギー消費量の差が元々小さいこと (Betts ら, 2019 ; Saacidifard ら, 2018 ; Wang ら, 2018) や運動後の心拍応答の姿勢による差は初期に顕著であり、時間とともに小さくなること (Buchheit ら, 2009) が影響したのではないかと推測される。また、本研究では体育座りが行われ、ここで挙げた先行研究における椅子に座った座位とは、心拍数やエネルギー消費量の応答が異なった可能性も考えられる。

#### 4. 2. 1 限目の体育授業が疲労自覚症状に及ぼす影響

本研究では、VAS による主観的疲労感と自覚症しらべによって疲労の程度や状況について測定したが、先述したように、前者は授業時の運動による肉体的疲労の時々刻々の変化を評価するために用いた。自覚症しらべの結果を見ると、両体育条件で授業後に疲労自覚症状の総合計点が有意に低下した (表 3)。また、体育 1 条件では、ねむけ感の得点の有意な低下を伴ったが、授業前の得点を因子間で比べたところ、ねむけ感はだるさ感以外の 3 因子に比べて高値傾向があった [I 群 vs II, III および V 群,  $p < 0.05$  (一元配置分散分析後に Tukey-Kramer 法で検定)]。これらの結果は、中学生の疲労感は朝に最も高く、特に「ねむい」、「体がだるい」といった訴えが多いという先行報告 (池上ら, 2019) とほぼ一致する。一方、体育 2 条件では、授業前において、疲労の 5 因子間に有意な得点差を認めなかった。したがって、疲労の状況に日間差があり、それが体育 1 条件でのみ、ねむけ感の有意な変化を生じたことに関係している可能性があると考えられる。ただし、運動には交感

神経を優位にし、覚醒させる効果がある (高橋と吉田, 2018)。また、0 時限体育が集中力を高める等の効果を報告した先行研究も認められる (Ratey, 2009)。これらのことから、1 限目の体育授業は覚醒させたり、集中力を高めたりすることで、疲労自覚症状を軽減するように働くことが推測される。しかし、本研究では、対照条件 (座学の授業の場合) における測定を行っておらず、池上ら (2019) は、男子において、始業前から昼食前にかけて疲労感が軽減されるリズムがあることを報告しており、体育授業に限らず 1 限後に疲労軽減効果が認められる可能性を否定することは難しい。今後、さらに検討する必要があると考えられる。

以上のことから、体育授業の時間を通して、子どもを座らせずに立って過ごさせるようにしても、生理・心理的指標の応答に明らかな差はないことが示唆された。ただし、本研究の体育授業における運動の強度は RPE では約 9~13 (かなり楽である~ややきつい) であり、軽・中強度であった。激しい運動や高温環境下では、運動後に起立耐性が低下しやすいとされており (Asplund ら, 2011)、体育授業における座位時間を減らす取り組みは運動の内容や環境条件等に注意して行う必要がある。また、1 限目の体育授業によってその後の疲労自覚症状が軽減されることが示唆された。

## 5. 謝辞

研究の実施に際して、実験にご協力いただいた中学校の生徒の皆様、教員の皆様に厚く感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) Asplund CA, O'Connor FG, Noakes TD (2011) Exercise-associated collapse: an evidence-based review and primer for clinicians. *Br J Sports Med.* 45 (14) , 1157-1162.
- 2) Betts JA, Smith HA, Johnson-Bonson DA, Ellis TI, Dagnall J, Hengist A, Carroll H, Thompson D, Gonzalez JT, Afman GH (2019) The energy cost of sitting versus standing naturally in man. *Med Sci Sports Exerc.* 51 (4) , 726-733.
- 3) Borg G (1973) Perceived exertion : a note on "history" and methods. *Med Sci Sports.* 5 (2) , 90-93.
- 4) Buchheit M, Al Haddad H, Laursen PB, Ahmaidi S (2009) Effect of body posture on postexercise

- parasympathetic reactivation in men. *Exp Physiol.* 94 (7) , 795-804.
- 5) Carson V, Hunter S, Kuzik N, Gray CE, Poitras VJ, Chaput JP, Saunders TJ, Katzmarzyk PT, Okely AD, Gorber SC, Kho ME, Sampson M, Lee H, Tremblay MS (2016) Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: an update. *Appl Physiol Nutr Metab.* 41 (6 Suppl 3) , s240-265.
  - 6) 福ヶ迫善彦, スロト, 小松崎敏, 米村耕平, 高橋健夫 (2003) 体育授業における「授業の勢い」に関する検討: 小学校体育授業における学習従事と形成的授業評価との関係を中心に. *体育学研究*, 48, 281-297.
  - 7) 池上佳那, 山田玲子, 岡田忠雄 (2019) 小中学生の疲労自覚症状とその要因に関する文献検討. *北海道教育大学紀要教育科学編*. 69 (2) , 321-328.
  - 8) 石井香織 (2018) 座りすぎは子どもにとっても危ない!?. *体育科教育* 1月号, 50-53.
  - 9) Katzmarzyk PT, Powell KE, Jakicic JM, Troiano RP, Piercy K, Tennant B, for the 2018 physical activity guidelines advisory committee (2019) Sedentary behavior and health: update from the 2018 physical activity guidelines advisory committee. *Med Sci Sports Exerc.* 51 (6) , 1227-1241.
  - 10) 川崎盛太郎, 船場大資, 吉野信朗, 杉浦崇夫 (2019) ラダートレーニングが幼稚園児の運動能力に及ぼす影響. *山口県体育学研究*. 62, 11-20.
  - 11) 熊谷秋三, 田中茂穂, 岸本裕歩, 内藤義彦 (2015) 三軸加速度センサー内蔵活動量計を用いた身体活動量, 座位行動の調査と身体活動疫学研究への応用. *運動疫学研究*. 17 (2) , 90-103.
  - 12) 宮口和義, 出村慎一, 橘和代 (2015) 幼児のラダー運動と上肢および全身反応時間の関係. *日本生理人類学会誌*. 20 (1) , 55-61.
  - 13) 文部科学省 (2018) 中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 保健体育編. 44-62. 東山書房, 京都.
  - 14) 文部科学省. 新体力テスト実施要項 (12歳~19歳対象) . [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/stamina/03040901.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm). (2020.1.24 アクセス)
  - 15) 長嶋次男, 藤松博 (1967) トレッドミル法による持久性測定に関する研究 (そのII) (回復過程時の姿勢の影響について) . *中京体育学論叢*. 8 (1) , 1-25.
  - 16) 日本疲労学会ホームページ (2012) 抗疲労臨床評価における疲労感の評価方法 抗疲労臨床評価ガイドライン別添. [www.hirougakkai.com/](http://www.hirougakkai.com/). (2020.1.24 アクセス)
  - 17) 日本産業衛生学会産業疲労研究会ホームページ (2002) [square.umin.ac.jp/of/service.html](http://square.umin.ac.jp/of/service.html). (2020.1.24 アクセス)
  - 18) Raley JJ (野中香方子訳) (2009) 脳を鍛えるには運動しかない! 1-46. NHK 出版, 東京.
  - 19) Saaidifard F, Medina-inojosa JR, Supervia M, Olson TP, Somers VK, Erwin PJ, Lopez-jimenez F (2018) Differences of energy expenditure while sitting versus standing: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol.* 25 (5) , 522-538.
  - 20) Sedentary Behaviour Research Network (2012) Letter to the editor: standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours". *Appl Physiol Nutr Metab.* 37 (3) , 540-542.
  - 21) 高橋信二, 吉田雄大 (2018) 気分と心拍変動に対する身体活動タイプの影響. *体育学研究*. 63 (2) , 739-752.
  - 22) 高橋健夫 (2003) 8 体育授業場面を観察記録する, 体育授業を観察評価する. 36-39. 明和出版, 東京.
  - 23) 丹信介, 森本恵子 (1997) 運動終了直後の脈拍数を用いた運動中の心拍数の推定について. *山口県医学会誌*. 31号, 276.
  - 24) Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, Chastin SFM, Altenburg TM, Chinapaw MJM, on behalf of SBRN Terminology Consensus Project Participants (2017) Sedentary behavior research network (SBRN) -Terminology consensus project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 14 (1) , 75.
  - 25) Wang M, Song Y, Baker JS, Fekete G, Gu Y (2018) Sitting to standing postural changes: energy expenditure and a possible mechanism to alleviate sedentary behavior. *Physiol Int.* 105 (2) , 157-165.
  - 26) 山地啓司 (2013) ころとからだを知る心拍数. 22. 杏林書院, 東京. (2020年5月25日受理)