

原著論文

## 女子大学生における COVID-19 による登校制限中の 身体活動量の低下と運動介入が体組成に及ぼす影響

小川 まなみ<sup>\*1</sup>・田中 紀子<sup>\*1</sup>  
中野 はる夏<sup>\*1</sup>・康 薔薇<sup>\*2</sup>

### Effect of Reduced Physical Activity and Exercise Interventions on Body Composition during the Period of School Restrictions due to COVID-19 Pandemic in Female College Students

OGAWA Manami, TANAKA Noriko, NAKANO Haruka and KANG Jangmi

**Abstract:** Physical activity adds benefits to body composition and health. In this study, female university students were recruited to examine changes in physical activities, body composition, physical function and the effects of exercise interventions during the period of school restrictions due to the COVID-19 pandemic. The physical activity level was found to reduce to approximately half following school closure resulting in a significant decrease in muscle masses by approximately 5% in the trunk and 7-8% in the upper limbs. However, the lower limb muscle mass remained unaffected. Exercise interventions for 3 months resulted in an increased lower limb muscle mass by 2%, although the loss of the trunk or upper limb muscle mass remained. In contrast, the body fat mass was not changed by the reduced activity. Thus, the reduction in the physical activity level to about half after the school restrictions resulted in the lowering of the muscle mass. Exercise interventions increased the lower limb muscle mass but did not suppress the decrease of the trunk and arm muscle masses.

**Key Words:** COVID-19, physical activity, body composition, muscle mass, exercise intervention

**抄録:** 本研究では COVID-19 による登校制限中の身体活動量や体組成・身体機能の変化および運動介入による効果を調べるために実験を行った。女子大学生を対象として、運動介入する運動群と非介入の対照群の2群に分けて身体活動量、体組成の測定を行い運動の介入効果を調べた。登校制限により対照群の身体活動量は制限前の約 1/2 に減少した。活動量減少により除脂肪量は減少し筋量は体幹で約 5%、上肢で 7-8% の有意な減少が起こったが、下肢筋量は維持された。3 か月間の運動介入により下肢筋量は約 2% 増加したが、体幹・上肢筋量の減少は抑制されず運動介入効果はなかった。一方、活動量減少による体脂肪量の変化はなかった。したがって登校制限により身体活動量が半減すると筋量は減少し、ランニングのような主に下肢を使う運動介入では下肢筋量は増加し維持されるが、体幹・上肢筋量の減少は抑制できないことが示唆された。

**キーワード:** COVID-19, 身体活動量, 体組成, 筋量, 運動介入

<sup>\*1</sup> 神戸女子大学大学院家政学研究所

<sup>\*2</sup> 甲南女子大学医療栄養学部

身体活動量の増加は、メタボリックシンドロームを含めた循環器疾患・糖尿病・がんの発症や、これらを原因とした死亡リスクを下げることから、将来的な疾病予防につながる<sup>14)</sup>。一方、身体不活動は喫煙や不健康な食生活、過度の飲酒とともに四大死亡リスク要因の一つとされている<sup>5)</sup>。

身体活動のうち日常生活における労働、家事、通勤、通学等による歩行は生活活動であり、歩数が多い人や歩行距離が長い人は死亡率の有意な低下と関連するという報告があり<sup>6,7)</sup>、生活活動が身体に与える影響は大きい。また、運動は身体活動のうち体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施し、継続性のある活動であり、運動による心肺機能の向上は生活習慣病を中心とした疾病の予防や改善に有効であるだけでなく<sup>8)</sup>、活動的な生活を送る基礎となる体力を増加させる<sup>9,10)</sup>。日本人の最近の運動実施状況を見ると、令和元年度の国民健康栄養調査<sup>11)</sup>では運動習慣のある人(1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上継続している)の割合は男性:33.4%、女性:25.1%であり女性が低い。また、世代間で格差があり、特に若年女性は低く20代で12.9%であり、健康日本21の目標値としている33%(女性)への到達は厳しい<sup>12)</sup>。

身体活動量と疾病との関わりについての報告は、メタアナリシス<sup>13,14)</sup>やコホート研究<sup>15)</sup>によるものが多く、実際に身体活動を制限した実験報告はあまりない<sup>2,3)</sup>。2020年から世界中で大流行したCOVID-19の感染拡大を防ぐためにとられたロックダウンや外出制限により、人々の移動は最小化され、期せずして身体不活動が世界レベルで現実広がっている。Ammar *et al.* は、アジア、アフリカ、ヨーロッパなどを対象として7つの言語を用いたオンライン調査により、ロックダウン「前」と「中」の身体活動と食行動に関する調査を行った<sup>16)</sup>。その結果、ロックダウンや外出制限などの措置により、歩行時間は34%、活動時間は24%減少し、座位時間は28.6%増加したことから、身体活動量が大幅に減少したことを報告している。日本でも、2020年4月7日に初めて緊急事態宣言が発令され、人との接触低減のための外出自粛要請により人々の生活に大きな影響を与えた。A大学では2020年前期の授業を原則オンラインで行うことを決め、学校への登校を制限した。また飲食店や大型商業施設などが営業中止や時短営業を行ったため、オンライン授業に加えて学生のアルバイトの勤務時間の減少や、外出回数が減少し、通常的生活活動や運動ができなくなった。こうした生活状況の変化から学生の活動量の低下が懸念されるが、外出自粛要請による人々の身体活動量の変化を調べた国内の報告はあまりない<sup>17)</sup>。そこで本研究では、登校制限中の身体活動量の変化を調べて、活動量の変化が体組成や身体機能に及ぼす影響を調べ、さらに運動介入による効果について検討することを目的とした。

## 実験方法

### 1. 対象者

対象者は研究協力の呼びかけに応じた近畿地区のA大学に通う女子学生(20~22歳)18人であり、運動習慣のない者とした。運動習慣の定義は、国民健康栄養調査で示されている「1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上継続している者」<sup>11)</sup>である。対象者を運動非介入の対照群9人と運動介入する群(以下運動群とする)の2群に分けた。なお、本研究は「ヘルシンキ宣言」の趣旨に沿って設置された神戸女子大学人間を対象とする研究倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号:2019-38-1)。全ての対象者に対して実験の目的、内容について十分な説明を行い、文書にて研究参加の同意を得た。

### 2. 実験スケジュール

実験は図1のスケジュールに従って実施した。登校制限が出される1か月前から測定を開始し、これをpre測定とした。なお、対照群、運動群にはできるだけ通常的生活を行うように指示した。運動群ではpre測定後3か月の運動介入を行った後に、post測定を行った。対照群は運動群の運動介入に合わせて3か月後にpost測定を行った。

測定項目は体組成と身体活動量である。被検者の体組成の測定は、性周期によるホルモンの影響を

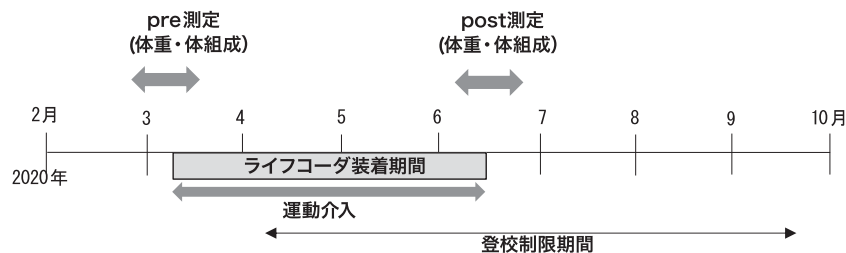


図1 実験スケジュール

登校制限期間中，被検者は申請を行えば登校は可能であり，被検者の登校頻度は大体 1~3 回/月程度であった。  
pre 測定：登校制限前 post 測定：登校制限中

避けるため原則として基礎体温の低温期の 3 日間に行った。各被検者の低温期に実施するため pre 測定および 3 か月後の post 測定においていずれも 1 か月程度の測定期間の幅がある。実験の pre 測定終了後，対象者には身体活動量測定のためのライフコーダを配付し，post 測定後に回収した。

### 3. 体組成と身体活動量の測定

身長を測定後，体重，体組成を測定した。身長はスタンダード身長計（107-338，株式会社三和製作所，東京）を用い，体組成は生体インピーダンス法の Body Composition Analyzer（InBody 720，InBody Japan Inc.，東京）を用いた。なお，InBody 720 の体組成測定法は，二重エネルギー X 線吸収測定法（DEXA）と高い相関を示すことが知られている<sup>18)</sup>。体組成の測定では，測定の 3 時間前には飲食を済ませるよう指示し，排尿後に検査着に着替えた後，測定を行った。測定は 3 日間行い，平均値を用いた。

身体活動量の測定は，体組成の pre 測定後にライフコーダ（GS/Me，株式会社スズケン，愛知）を装着させて，身体活動量を記録した。測定項目は歩数と運動量で，運動量は 3 メッツ以上の活動である。歩数については，ライフコーダはセンサがとらえた振動をとらえるため，ランニング等の歩数もカウントされる。対象者にはライフコーダを入浴と睡眠時以外身につけるよう指示した。3 ヶ月後にライフコーダを回収し，登校制限前の 1 ヶ月間の平均を pre，登校制限期間中の 1 ヶ月間の平均を post とした。なお対象者のうち 4 人は，測定期間中に機器破損・紛失等でデータがとれなかったため，集計から除外した。そのため活動量の測定は，運動群 8 人，対照群 6 人となった。

### 4. 運動介入

運動群は pre の測定後，3 ヶ月間指定された運動を行った。運動内容は登校制限前はエルゴメーター（Health Guard ACTIVE 10-III T.K.K.3075，竹井機器工業株式会社）を用いて行い，登校制限期間は被検者に声掛けして集まり屋外でランニングを行った。いずれの運動強度も Borg Scale で楽な運動に該当する目標脈拍：135 拍/分であり，1 回 30 分を週 3 回行った<sup>19)</sup>。

### 5. 統計処理

統計処理は，IBM SPSS Statistics 23.0（日本アイ・ビー・エム（株），東京）を使用した。データは全て平均値±標準偏差で示した。グループ要因（運動群，対照群）と運動・時間要因（pre，post）の比較には二元配置の分散分析を行い，交互作用が認められた場合はシタックスによる単純主効果の検定を行った。交互作用がなかった場合は，主効果の検定を行った。有意水準は 5% 未満とした。

## 実験結果

既述したように被検者数は実験開始時には 18 人であったが，身体活動量測定のために装着したライフコーダの破損，紛失等により 4 人の測定データをすべて削除した結果，対照群 6 人，運動群 8 人となった。

### 1. 対象者の体格

対象者の体格は表1に示す通りであり、対照群と運動群の身長、体重、Body Mass Index (BMI) にはいずれも有意な差はなかった。

表1 対象者の体格

測定項目	対照群 (n=6)	運動群 (n=8)
身長 (cm)	158.8±4.1	160.3±5.7
体重 (kg)	54.9±3.8	51.4±4.6
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.8±1.8	20.1±2.1

means ± SD

対象者の体格について、身長、体重、BMI すべてにおいて、運動群と対照群の間に有意差はなかった。

### 2. 身体活動量と運動量の変化

表2は登校制限による歩数と運動量の変化を1日あたりで示したものである。

歩数は、二元配置分散分析の結果、グループ要因と運動・時間の要因間で交互作用が認められ ( $p=0.029$ )、運動群、対照群の両群とも歩数は登校制限により有意に減少した ( $p<0.05$ )。その減少率は対照群で約50%、運動群で約21%であり、運動群の減少率は対照群より小さかった。

運動量はグループ要因と運動・時間の要因間で交互作用は認められなかった。運動・時間の主効果は有意であり、登校制限により対照群も運動群も減少したが、運動群の減少は対照群より小さかった。

### 3. 体組成の変化

表3は運動介入による体組成の変化を示したものである。体重、BMIは、いずれもグループ要因と運動・時間の要因間で交互作用はなかったが、運動・時間の主効果は有意であり (体重:  $p=0.011$ ; BMI:  $p=0.012$ )、登校制限により体重とBMIは有意に減少した。体重減少は対照群で-1.4 kg (2.6%)、運動群で-0.8 kg (1.6%)であり対照群の減少が大きかった。一方、体脂肪量、体脂肪率につい

表2 身体活動量の変化

測定項目	グループ	運動・時間		p-value		
		pre	post	G	Ex · T	G × Ex · T
歩数 (歩)	対照群	8995 ± 3456	4495 ± 1197*	0.894	<0.001	0.029
	運動群	7730 ± 2646	6070 ± 1579*			
運動量 (kcal)	対照群	229.2 ± 99.1	127.2 ± 44.3	0.794	0.012	0.061
	運動群	177.9 ± 80.3	159.7 ± 66.4			

対照群: n=6 運動群: n=8

means ± SD

pre: 登校制限前 post: 登校制限・運動介入中

G: group Ex · T: Exercise · Time

\* $p<0.05$  pre vs post, simple main effect

表3 体組成の変化

測定項目	グループ	運動・時間		p-value		
		pre	post	G	Ex · T	G × Ex · T
体重 (kg)	対照群	54.9 ± 3.8	53.5 ± 3.6	0.170	0.011	0.383
	運動群	51.4 ± 4.6	50.6 ± 4.4			
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	対照群	21.8 ± 1.8	21.2 ± 1.9	0.254	0.012	0.430
	運動群	20.1 ± 2.1	19.8 ± 2.1			
体脂肪量 (kg)	対照群	15.2 ± 2.6	15.1 ± 2.4	0.128	0.263	0.639
	運動群	12.9 ± 3.0	12.5 ± 2.9			
除脂肪量 (kg)	対照群	39.7 ± 2.1	38.4 ± 1.9*	0.555	0.003	0.032
	運動群	38.4 ± 2.5	38.1 ± 2.8			
体脂肪率 (%)	対照群	27.6 ± 3.3	27.5 ± 3.5	0.202	0.364	0.651
	運動群	25.0 ± 4.2	24.5 ± 4.1			

対照群: n=6 運動群: n=8

means ± SD

pre: 登校制限前 post: 登校制限・運動介入中

G: group Ex · T: Exercise · Time

\* $p<0.05$  pre vs post, simple main effect

では、登校制限および運動介入による変化はなかった。

除脂肪量は、グループ要因と運動・時間の要因間で交互作用が認められた ( $p=0.032$ )。対照群の除脂肪量は有意に減少したが ( $p<0.05$ )、運動群では減少はなかった。

#### 体幹・上肢・下肢の脂肪量の変化

表4は体脂肪の部位別の変化について、体幹、上肢、下肢の登校制限、運動介入による変化を示したものである。体幹、左右の腕、左右の脚の脂肪量は、グループ要因と運動・時間の要因間での交互作用はなかった。体幹の脂肪量は運動・時間の主効果は有意ではないが、対照群で3.5%、運動群で6.3%減少し、運動群で大きかった。腕・脚の脂肪量は左右ともグループの主効果および運動・時間の主効果は有意ではなく、登校制限および運動介入による変化はなかった。

#### 体幹筋量、上肢・下肢筋量の変化

表5は体幹、上肢、下肢の筋量の変化を示したものである。体幹筋量は、グループ要因と運動・時間の要因間での交互作用はなかったが、運動・時間の要因の主効果は有意であった ( $p<0.001$ )。減少率は、対照群で4.7%、運動群で3.0%であり、運動群の減少率は対照群のそれより小さかった。

右腕(利き腕)・左腕の筋量はともにグループ要因と運動・時間の要因間で交互作用はなかったが、

表4 体幹・上肢・下肢の脂肪量の変化

測定項目	グループ	時間		G	p-value	
		pre	post		Ex・T	G×Ex・T
体幹 (kg)	対照群	7.18±1.35	6.93±1.32	0.157	0.058	0.653
	運動群	6.00±1.76	5.62±1.60			
右腕 (kg)	対照群	0.98±0.20	0.98±0.20	0.166	0.580	0.419
	運動群	0.82±0.21	0.82±0.21			
左腕 (kg)	対照群	1.00±0.21	1.02±0.19	0.189	0.843	0.212
	運動群	0.87±0.21	0.84±0.21			
右脚 (kg)	対照群	2.56±0.43	2.59±0.37	0.092	0.829	0.664
	運動群	2.16±0.42	2.17±0.44			
左脚 (kg)	対照群	2.54±0.43	2.57±0.37	0.096	0.692	0.794
	運動群	2.16±0.41	2.16±0.43			

対照群：n=6 運動群：n=8 means±SD  
pre：登校制限前 post：登校制限中・運動介入3か月後  
G: group Ex・T: Exercise・Time

表5 体幹・上肢・下肢の筋量の変化

測定項目	グループ	時間		G	p-value	
		pre	post		Ex・T	G×Ex・T
体幹 (kg)	対照群	17.1±0.79	16.3±0.58	0.648	<0.001	0.091
	運動群	16.7±1.26	16.2±1.26			
右腕 (kg)	対照群	1.81±0.16	1.67±0.13	0.890	<0.001	0.058
	運動群	1.76±0.25	1.69±0.25			
左腕 (kg)	対照群	1.78±0.16	1.65±0.14	0.518	<0.001	0.099
	運動群	1.68±0.22	1.62±0.22			
右脚 (kg)	対照群	6.10±0.45	6.11±0.42	0.726	0.037	0.047
	運動群	5.95±0.46	6.09±0.47*			
左脚 (kg)	対照群	6.11±0.43	6.08±0.40	0.750	0.198	0.051
	運動群	5.95±0.44	6.08±0.45			

対照群：n=6 運動群：n=8 means±SD  
pre：登校制限前 post：登校制限中・運動介入3か月後  
G: group Ex・T: Exercise・Time  
\*p<0.05 pre vs post, simple main effect

左右ともに運動・時間の主効果は有意であった(右腕： $p<0.001$ ；左腕： $p<0.001$ )。対照群および運動群の右腕，左腕の筋量は登校制限により有意に減少し，対照群の減少率は7.3～7.7%，運動群の減少率は3.6～4.0%であり運動群の方が小さい減少率であった。

右脚の筋量はグループ要因と運動・時間の要因間で交互作用が認められたが( $p=0.047$ )，左脚の筋量はグループ要因と運動・時間の要因間で交互作用はなかった( $p=0.051$ )。左右の筋量は対照群では時間による変化がなかったが，運動群で運動介入により右脚2.4%，左脚2.2%の増加があり，特に右脚は有意な増加を示した。したがって，下肢筋量は登校制限による変化はなかったが，運動介入により増加し，特に右脚で有意に増加した。

## 考 察

本研究では登校制限中の身体活動量の変化が身体機能や体組成に及ぼす影響を調べるとともに運動介入効果について検討した。

対照群の歩数は登校制限により約50%減少したが( $p<0.05$ )，運動群の歩数の減少率は約20%に抑えられた(表2)。その結果，運動群の歩数は対照群より1500歩ほど多かった。また，3メッツ以上の運動量は対照群では有意に約45%程度減少したが，運動群では有意な減少は見られなかった。

以上より登校制限により歩数，運動量はいずれも半減したが，運動介入により歩数，運動量の減少は抑制され，身体活動量や運動量の減少を防ぐことができたと考えられた。本研究の被検者のpre歩数(対照群：8995歩；運動群：7730歩)はともに国民健康栄養調査結果(令和元年度)の5832歩を超えている集団であったが，COVID-19による登校制限により歩数は半減し身体不活動が促進された。週3回の軽度な運動介入により歩数の減少は抑制され6070歩となったが，登校制限前のレベルにも到達しなかった。したがって日常生活の身体活動量は登校制限により速やかに抑制され，適度な運動により制限前の状態に近づくが，回復することはなかった。

登校制限により対照群，運動群の体重，BMIは減少し，特に対照群の減少は運動群より大きかった。体組成の変化では，体脂肪量は時間・運動介入により減少傾向にはあったが，有意な変化ではなかった。部位別では，体幹・上肢・下肢の脂肪量は，登校制限および運動介入による変化は見られなかった(表4)。比較的低強度の運動負荷は，血中遊離脂肪酸(FFA)の酸化比率がもっとも大きくなり体脂肪量は減少するという報告がある<sup>20,21)</sup>が，本研究では見られなかった。

一方，除脂肪量の変化は大きく登校制限により有意に減少し，対照群では3.3%減少した(表3)。運動群では0.8%の減少にとどまり，運動介入の効果があつた。しかし，除脂肪量の変化を各部位の筋量で見ると，体幹筋量は対照群も運動群も登校制限により有意に減少した(表5)。同様に上肢筋量は，利き腕に限らず左右ともに身体活動量減少により減少し，運動介入による効果はなかった(表5)。本研究において，登校制限による活動量の減少に伴い筋量が減少したことについては同様の報告があり，通院患者でこれまで体重に変化がなかった高齢のⅡ型糖尿病患者でも，COVID-19パンデミックによる外出制限によってSMI(骨格筋指数)が減少することが明らかとなった<sup>17)</sup>。この時の身体活動量は測定されなかったが，制限下で若年者も高齢者も筋量減少は起こっているといえる。

一方，下肢の筋量の変化は体幹・上肢とは異なつた。対照群の登校制限による減少は小さかった。運動介入により下脚の筋量は左右とも有意に増加し運動の効果が認められた(表5)。歩数を制限した研究では<sup>3)</sup>，若年男性の歩数を1日10,000歩から1500歩以下に制限して14日間継続すると，上肢や体幹の除脂肪量は変化しなかったが，下肢で有意な減少が見られた。本研究では，登校制限による歩数の減少は約50%であり，先の研究の85%減少よりも度合いが小さく，減少しても4500歩/日程度はあつたことから，この程度の活動量であれば下肢筋量の減少は無いことが示唆された。日常生活活動と筋力の関連性についての研究では<sup>22)</sup>，起居移動動作能力は下肢の各筋力と高い相関を示し，また姿勢別筋圧を検証した研究では<sup>23)</sup>，体幹筋群は姿勢制御や腰痛との関わりがあるといわれている。本研究の対象者では登校制限中でも自宅内で寝たきりのような生活ではなく，食料品の買い出しや炊事，

洗濯などの日常生活は行っており、「歩く」という動作は欠かせない<sup>24)</sup>。また、登校制限中は対面授業がなくなり、姿勢を維持する時間が減少したと推測された。家中の移動や起居により下肢の筋肉は使用したが、上肢や体幹の筋肉を使用する動作はあまりなかったかもしれない。

本研究の限界は登校制限中のため食事調査を行うことができなかったことである。被検者には普段通りの食事を行うように指示したが、実際の食事状況は不明である。

以上より、登校制限によって身体活動量が半減し、上肢・体幹筋量が減少したが、下肢筋の減少はなかった。軽度の運動介入によって減少は多少抑えられたが、完全に回復することはできなかったことから、日常生活の活動量は筋量の維持に大きく貢献しており、軽いランニングだけでは補うことはできないと思われた。身体活動量の減少による筋量の減少を抑制し維持するには、ランニングやエルゴメーターだけでなく、体幹や上肢を鍛える運動を取り入れる必要があると考えられた。

COVID-19 による感染拡大は 2022 年現在も止まらず、依然として外出を控えるテレワーク、on-line 授業が推奨され実施されており、人々の身体活動量は抑えられる傾向にある。こうした状況はすでに長期化しており、将来の生活習慣病等の不健康リスクが高まることは容易に想像されることから、何らかの対応が望まれる。

## 結 論

COVID-19 による登校制限措置により女子大学生の歩数と運動量は制限前の約 1/2 に減少した。活動量減少により対照群の除脂肪量は減少し筋量は体幹で約 5%、上肢で約 7% の有意な減少が起こったが、下肢筋量は維持された。運動介入により下肢筋量は約 2% 増加したが、体幹、上肢の筋量減少を抑制することはできなかった。したがって登校制限により身体活動量が半減すると筋量は減少した。エルゴメーターやランニングのような主に下肢を使う運動により下肢筋量は増加して除脂肪量の減少が抑制されたが、体幹・上肢筋量の減少は抑制できないことが示唆された。

## 利 益 相 反

本研究内容に関連した申告すべき COI 状態はありません。

## 謝 辞

本研究の対象者として参加いただきご協力いただいた皆様に深謝いたします。統計学的分析については西田実継名誉教授（神戸女子大学）のご指導を賜りました。ここに深謝いたします。

## 文 献

- 1) Haskell W. L., Lee I. M., Pate R. R., Powell K. E., Blair S. N., Franklin B. A., Macera C. A., Heath G. W., Thompson P. D., Bauman A. (2007) Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* **116**: 1081-93.
- 2) Bowden Davies K. A., Norman J. A., Thompson A., Mitchell K. L., Harrold J. A., Halford J. C. G., Wilding J. P. H., Kemp G. J., Cuthbertson D. J., Sprung V. S. (2021) Short-Term Physical Inactivity Induces Endothelial Dysfunction. *Front Physiol* **12**: 659834.
- 3) Krogh-Madsen R., Thyfault J. P., Broholm C., Mortensen O. H., Olsen R. H., Mounier R., Plomgaard P., van Hall G., Booth F. W., Pedersen B. K. (2010) A 2-wk reduction of ambulatory activity attenuates peripheral insulin sensitivity. *J Appl Physiol* **108**: 1034-40.
- 4) Inoue M., Yamamoto S., Kurahashi N., Iwasaki M., Sasazuki S., Tsugane S. (2008) Daily total physical activity level and total cancer risk in men and women: results from a large-scale population-based cohort study in Japan. *Am J Epidemiol* **168**: 391-403.
- 5) Organization World Health (2010) WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee: Global Recommendations on Physical Activity for Health. *World Health Organization Geneva*.

- 6) Saint-Maurice P. F., Troiano R. P., Bassett D. R., Jr., Graubard B. I., Carlson S. A., Shiroma E. J., Fulton J. E., Matthews C. E. (2020) Association of Daily Step Count and Step Intensity With Mortality Among US Adults. *Jama* **323**: 1151-60.
- 7) Hakim A. A., Petrovitch H., Burchfiel C. M., Ross G. W., Rodriguez B. L., White L. R., Yano K., Curb J. D., Abbott R. D. (1998) Effects of walking on mortality among nonsmoking retired men. *N Engl J Med* **338**: 94-9.
- 8) Gulati M., Pandey D. K., Arnsdorf M. F., Lauderdale D. S., Thisted R. A., Wicklund R. H., Al-Hani A. J., Black H. R. (2003) Exercise capacity and the risk of death in women: the St James Women Take Heart Project. *Circulation* **108**: 1554-9.
- 9) 大塚 洋, 加藤幸久, 得平卓彦, 鈴木正巳, 和田とも子, 石川範子, 尾形紀子, 古田 弘 (1992) <日常の運動習慣が最大酸素摂取量に及ぼす影響について. pdf>. *健康医学* **7**: 106-08.
- 10) 黒田 豊, 西尾進也, 森山太郎, 原口 晃, 涌井佐和子 (2011) 運動習慣非保有者の最大酸素摂取量. *体力科学* **60**: 147-54.
- 11) 厚生労働省 (令和元年) 第3章 身体活動・運動及び睡眠に関する状況. 令和元年 国民健康・栄養調査結果の概要: 25.
- 12) 厚生労働省 (平成29年) <健康日本21 (第二次) 目標項目一覧. pdf>. 第9回健康日本21 (第二次) 推進専門委員会参考資料2: 6.
- 13) Jia R. X., Liang J. H., Xu Y., Wang Y. Q. (2019) Effects of physical activity and exercise on the cognitive function of patients with Alzheimer disease: a meta-analysis. *BMC Geriatr* **19**: 181.
- 14) Booth F. W., Roberts C. K., Laye M. J. (2012) Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Compr Physiol* **2**: 1143-211.
- 15) Jeong S. W., Kim S. H., Kang S. H., Kim H. J., Yoon C. H., Youn T. J., Chae I. H. (2019) Mortality reduction with physical activity in patients with and without cardiovascular disease. *Eur Heart J* **40**: 3547-55.
- 16) Ammar A., Brach M., Trabelsi K., Chtourou H., Boukhris O., Masmoudi L., Bouaziz B., Bentlage E., How D., Ahmed M., Müller P., Müller N., Aloui A., Hammouda O., Paineiras-Domingos L. L., Braakman-Jansen A., Wrede C., Bastoni S., Pernambuco C. S., Mataruna L., Taheri M., Irandoust K., Khacharem A., Bragazzi N. L., Chamari K., Glenn J. M., Bott N. T., Gargouri F., Chari L., Batatia H., Ali G. M., Abdelkarim O., Jarraya M., Abed K. E., Souissi N., Van Gemert-Pijnen L., Riemann B. L., Riemann L., Moalla W., Gómez-Raja J., Epstein M., Sanderman R., Schulz S. V., Jerg A., Al-Horani R., Mansi T., Jmail M., Barbosa F., Ferreira-Santos F., Šimunič B., Pišot R., Gaggioli A., Bailey S. J., Steinacker J. M., Driss T., Hoekelmann A. (2020) Effects of COVID-19 Home Confinement on Eating Behaviour and Physical Activity: Results of the ECLB-COVID 19 International Online Survey. *Nutrients* **12**.
- 17) Hasegawa Y., Takahashi F., Hashimoto Y., Munekawa C., Hosomi Y., Okamura T., Okada H., Senmaru T., Nakanishi N., Majima S., Ushigome E., Hamaguchi M., Yamazaki M., Fukui M. (2021) Effect of COVID-19 Pandemic on the Change in Skeletal Muscle Mass in Older Patients with Type 2 Diabetes: A Retrospective Cohort Study. *Int J Environ Res Public Health* **18**.
- 18) Malavolti M., Mussi C., Poli M., Fantuzzi A. L., Salvioi G., Battistini N., Bedogni G. (2003) Cross-calibration of eight-polar bioelectrical impedance analysis versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of total and appendicular body composition in healthy subjects aged 21-82 years. *Ann Hum Biol* **30**: 380-91.
- 19) 厚生労働省 (平成25年) 6. 身体活動に安全に取り組むための留意事項. 運動基準・運動指針の改定に関する検討会報告書: 18.
- 20) Romijn J. A., Coyle E. F., Sidossis L. S., Gastaldelli A., Horowitz J. F., Endert E., Wolfe R. R. (1993) Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol* **265**: E 380-91.
- 21) Romijn J. A., Coyle E. F., Sidossis L. S., Rosenblatt J., Wolfe R. R. (2000) Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *J Appl Physiol* (1985) **88**: 1707-14.
- 22) 長澤 弘 (2003) 日常生活活動と筋力. *理学療法科学* **18**(1): 7-13.
- 23) 遠藤佳章, 小野田 公, 久保 晃 (2017) 超音波画像診断装置を用いた姿勢別体幹筋厚の変化. *理学療法科学* **32**(4): 527-30.
- 24) 大山恭弘, 余 錦華, 小林裕之, 苗村 潔 (2006) 運動能力を維持・増進する電動カートの開発 - Part I: 電動カートシステムの設計 -. *電気学会論文誌 D (産業応用部門誌)*: 174-79.
- 25) Blair S. N., Kampert J. B., Kohl H. W., 3rd, Barlow C. E., Macera C. A., Paffenbarger R. S., Jr., Gibbons L. W. (1996) Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *Jama* **276**: 205-10.