

令和 4 年度（2022 年度）

武庫川女子大学大学院

修士論文

中高齢者が生涯にわたる健康生活を送るための自転車活用に関する検討
— 主観的運動強度を用いた介入について —

健康・スポーツ科学研究科 健康・スポーツ科学専攻

佐々木 毅然

中高齡者が生涯にわたる健康生活を
送るための自転車に関する検討
— 主観的運動強度を用いた介入について —

指導教員 渡邊 完児 教授

健康・スポーツ科学研究科 健康・スポーツ科学専攻

佐々木 毅然

目 次

I. 緒 言	1
II. 研究 方 法	7
1. 対 象 者	7
2. 運 動 群 の プ ロ フ ィ ー ル	7
3. 実 験 の タ イ ム ス ケ ジ ュ ー ル	9
4. 測 定 項 目	9
1) 体 重 お よ び 身 体 組 成 の 測 定	9
2) 自 転 車 エ ル ゴ メ ー タ に よ る 漸 増 運 動 負 荷 試 験 お よ び 最大酸素摂取量の測定	9
3) 新 体 力 テ ス ト	14
4) 自 転 車 一 本 橋 バ ラ ン ス テ ス ト	15
5) 感 情 お よ び 体 調 の 調 査	16
6) 自 転 車 運 動 の 実 施 要 領 と 介 入 期 間	16
5. 実 験 期 間	21
6. 研 究 倫 理	21
7. 統 計 処 理	21
8. 研 究 の 限 界	21
1) 自 転 車 走 行 時 の 環 境 に つ い て	21
2) 対 象 者 の 各 デ ー タ に お け る 統 計 処 理 に つ い て	22
III. 結 果	23
1. 運 動 群 に お け る 介 入 前 の 漸 増 運 動 負 荷 試 験 時 の 心 拍 数 と 酸素摂取量の関係	23
2. 運 動 群 に お け る 自 転 車 運 動 時 の 状 況	24
3. 屋 外 ま た は 屋 内 に お け る 自 転 車 運 動 中 の 生 理 的 反 応 に つ い て	34
4. 運 動 群 お よ び 対 照 群 に お け る 8 週 前 後 の 新 体 力 テ ス ト の 比較について	35

5. 運動群および対照群における 8 週前後の BBT と漸増運動 …	37
負荷試験時の生理的反応について	
6. 運動群の対象者別に示した新体力テストの介入前後の値 ……	39
1) 運動群 ……………	39
2) 対照群 ……………	42
7. 感情および体調に関する調査の結果 ……………	44
8. 自転車運動の介入後のアンケート調査の結果 ……………	45
IV. 考 察 ……………	48
V. ま と め ……………	56
VI. 参 考 文 献 ……………	58
謝 辞 ……………	65

I. 緒 言

日本人の平均寿命は近年一貫して伸びている。これは食環境、公衆衛生環境の改善や医療技術の進歩に加え、個人の健康意識の向上が主な要因と考えられ、2020年日本人の平均寿命は男性81.47歳、女性87.57歳となり、男女とも81歳を越えた³（図1²）。このように我が国はWorld Health Organization(WHO)加盟国中、男女とも世界第1位⁴の長寿社会となり、「人生100年時代」を迎えようとしている。

ところで、ある時点の死亡状況が将来も変化しないと考えた時、ある年齢に達した人が平均してあと何年生きるかを求めたものを「平均余命」⁵という。この考えから、0歳の平均余命を「平均寿命」⁵という。

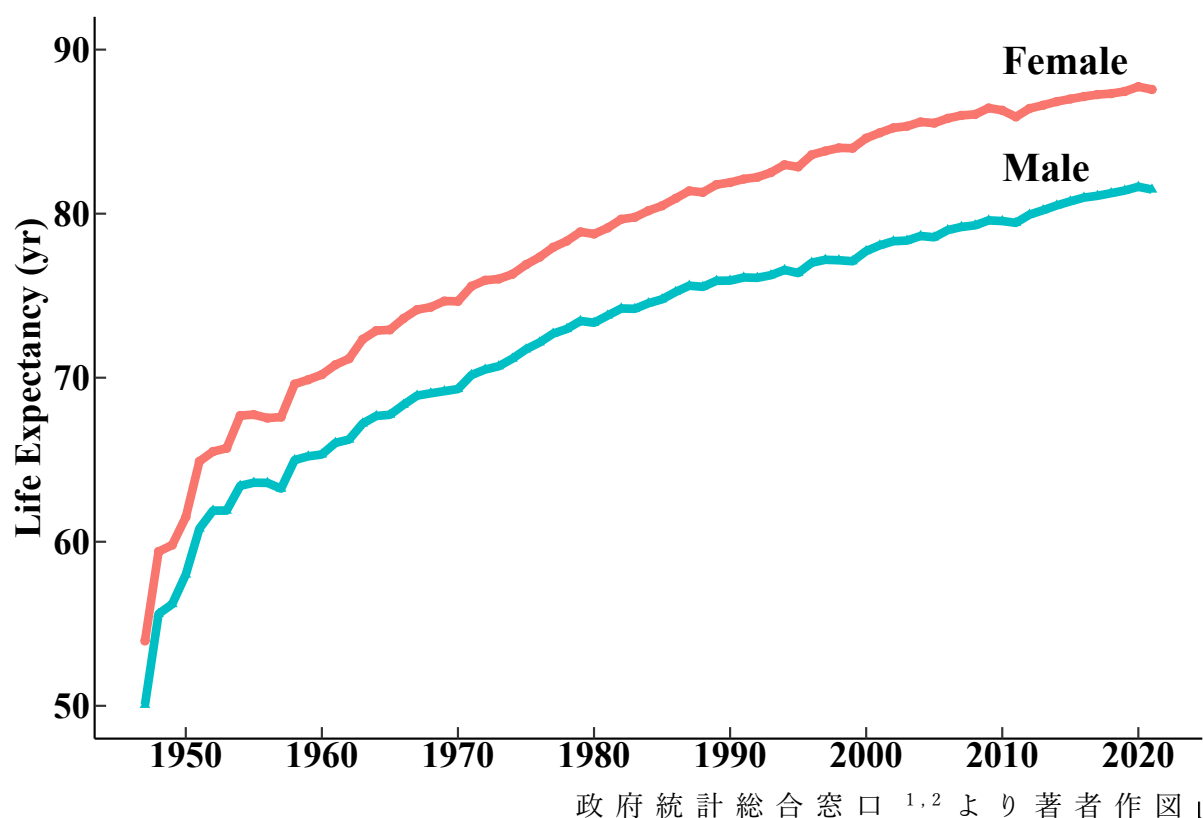


図 1 日本人の平均寿命（1947~2021 年）

一方，生活の質 (Quality of Life: QOL) を意識した考え方として用いられるようになってきたのが「健康寿命」⁵である。

健康寿命は男性72.68歳，女性75.38歳⁶であり，この差は男性で約9年，女性は約12年である（図2）。この期間は日常的に介助や介護を必要とし，自立した日常生活を営むことが容易ではない期間と言える。つまり日常生活活動（Activities of Daily Living: ADL）やQOLの低下につながるとともに，心身ともに健康ではない状態に陥る可能性が大きくなり，医療費や介護給付金などの社会保障費の増加にもつながる。また介護や介助を必要とする家族がいた場合には，同居や別居を問わず，世話をする家族においてもADLやQOLの低減が今後の大きな社会問題と言える。

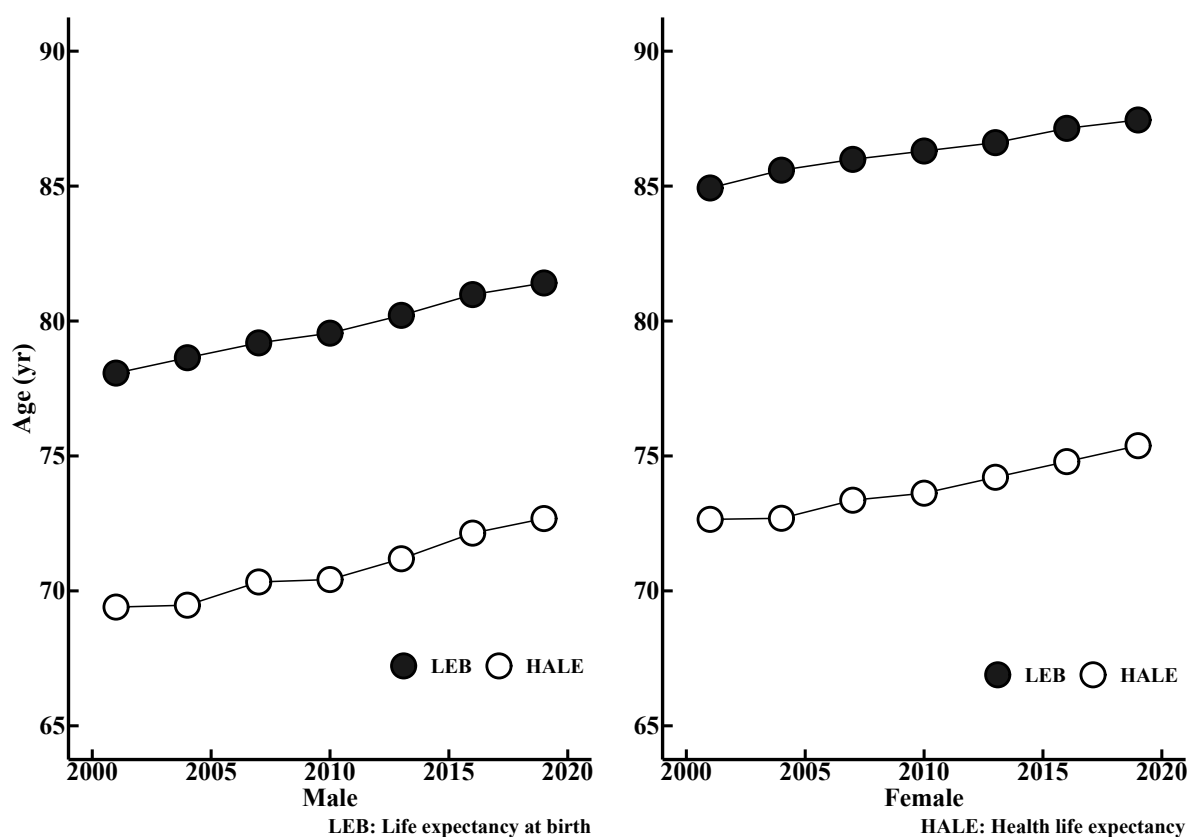


図2 日本人の平均寿命および健康寿命の推移⁶（2001年～2019年）

日本人の総人口は2008年をピークに減少¹が始まり、少子高齢化が進む中、生産年齢人口は1996年をピークに減少に転じ¹、2020年の1年間では53万人強⁷減少し、2021年の1年間では62万人強⁷も減少した。この傾向は早急には改善が見込まれないことから、将来的に税収など歳入の伸びも期待できない。加えて2025年問題⁸が迫る中、介護のために早期退職などによる現就労人口の減少も考えられる。その結果として税収も減少し、益々財政を圧迫することになる。このような状況下であるからこそ、健康寿命の延伸を推し進めることが社会保障費の抑制、持続可能な社会実現のためにも必要不可欠である。

近年一貫して向上してきた食環境は飽食⁹、栄養過剰摂取となる一方、生活環境全般をみると交通機関の発達、エレベータ、エスカレータや車利用の増加に加えて長時間の通勤、事務作業で座業の増加が大きく影響し、ADLの減少を大きく招いている。このような社会現象は肥満など生活習慣病を助長し、さらに学業をはじめ仕事や日常生活上の問題などでストレスや睡眠不足を抱え、多くの国民の精神的、身体的健康状態は負のスパイラルに陥っていると言っても過言ではない。

そこで2000年、厚生労働省は生活習慣病やその原因となる生活習慣など、保健医療対策上重要である課題について、2010年を目標に「健康日本21」¹⁰を策定した。その5年後の中間報告¹¹では、9つの分野における目標値が改善せず、または悪化している項目があり、その改善を急務とし2010年に「健康日本21」(第二次)¹²が策定された。それには2040年までに健康寿命を男女ともに3年以上延伸させ、75歳以上とすることを目標に掲げた。そのために①健康無関心層も含めた予防・健康づくりの推進、②地域・保険者間の格差の解消に向け、「自然に健康になれる環境づくり」や「行動変容を促す仕掛け」など「新たな手法」も活用し、1)次世代を含めたすべての人の健やかな生活習慣形成等、2)疾病予防・重症化予防、3)介護予防・フレイル対策、認知症予防が位置づけられた¹²。

ところで2017年5月、公共の利益の増進に資すること等を基本理念とする「自転車活用推進法」が施行され、翌2018年6月には「自転車活用推進計画」が閣議決定された。この新たな取り組みにより、全国の地方自治体においては地域性を活かした健康増進対策の様々な取り組みや自転車通勤の健康作りに及ぼす影響に関する研究が始められた¹³⁻²⁷。また積極的な身体活動、高強度運動やサイクリングなどを奨励し、新たな自転車通勤活動の研究も行われている^{28,29}。例えば、低体力者に対しては、自転車を活用した身体活動はランニングに比べて身体への衝撃が少ないことから安全性が確保され易いなどで自転車の活用が促され³⁰、これらの様々な工夫のもとで自転車の活用が体力の向上に寄与することが可視化²⁸⁻³⁰されてきた。

海外においても自転車を活用した研究が多数報告されている。ドイツでは2008年にHuy, et al³¹.によって2000人前後を無作為抽出された中高年層（50～70歳）への自転車利用に関する調査が実施された。この研究では一般的な健康状態の自己評価と移動手段などとしてのサイクリングが日常的にサイクリングをしていない人に対して、非常に有意な差が見られたと報告している。また自転車を定期的に利用している人は、医学的危険因子のいずれかを持つ可能性が有意に低いことも示されたと報告している。デンマークでは2010年にSchnohr, et al³².によって5000人規模の幅広い年齢層（21～90歳）を対象とした自転車利用の社会生活活動に関する調査を行い、自転車運動が中高年者の健康に与える影響についての研究が行われた。この研究では、普通に長時間走るよりも、より速く走行するほうが冠動脈性心疾患死のリスク低減に効果があることが明らかにされた。Leyland et al.³³は自転車運動を活用した高齢者の認知機能や幸福感に及ぼす影響について検討した。その結果高齢者には自立と身体の移動動作を促し、孤立感や憂鬱感が軽減できることが明らかにされた、精神的健康と認知機能にプラスの影響を与える可能性が示唆された。

2020年以降新型コロナウイルス禍において、イギリスでは「サイクリングとウォーキングのための大胆なビジョン(Gear Change-A bold vision for cycling and walking)³³」に取り組むとともに、疫学調査に基づいて日常的な身体活動が、生活習慣病などのリスク軽減に及ぼす効果について、各種病名ごとにリスク軽減率の最大値を示した(図3)。

さて、近年地球規模で環境問題の改善に取り組む活動が進められている中、2020年菅総理が「2050カーボンニュートラル」を宣言し、国を挙げて持続可能な社会環境や生活環境の実現に向けて動き出している。自転車運動は化石燃料を使わない、二酸化炭素ガス排出ゼロ、環境負荷に対して最も低い身近な移動手段として推奨されている。身体への衝撃が低く、長時間の運動が持続可能なことから生活習慣病対策、高齢者の運動やリハビリテーションに活用するなど幅広く利用され、自転車を活用した運動は、世界的にも健康増進のツールとして見直されている。



Ref: Department for Transport Great Minster House³⁴

図 3 サイクリングとウォーキングのための大胆なビジョン

日本としても積極的に取り組んでいる2015年「国連持続可能な開発サミット」にて採択された、「持続可能な開発のため2030アジェンダ」とその17の「SDGs(Sustainable Development Goals)持続可能な開発目標」, 経済・社会・環境の3つの側面のバランスがとれた持続可能な開発に際して, 複数目標の統合的な解決を図ることが掲げられていることにも符合するものである。本研究においてSDGs17のゴールから国際連合は"Cycling and Sustainable Development Goals"は11のゴール³⁴を期待している。それは1.貧困をなくそう, 2.飢餓をゼロに, 3.すべての人に健康と福祉を, 5.ジェンダー平等を実現しよう, 7.エネルギーをみんなにそしてクリーンに, 8.働きがいも経済成長も, 9.産業技術革新の基礎をつくろう, 11.住み続けられるまちづくりを, 12.つくる責任つかう責任, 13.気候変動に具体的な対策を, そして17.パートナーシップで目標を達成しようである(図4)。

そこで本研究は中高齢者を対象に, 自転車運動を活用した8週間の身体活動が健康的な自立した日常生活が営めるような機能的能力を維持することができるかどうかについて検討することを目的とした。



図4 SDGs 持続可能な開発目標 (改) 国際連合広報センター³⁵

(著者自転車に関連する目標をクローズアップ)

表 1 対象者の年齢および身体特性

	運動群 (n=9)		対照群 (n=10)	
	Pre	Post	Pre	Post
年齢 (yr)	58.4 ± 8.9		64.3 ± 8.9	
身長 (cm)	171.4 ± 6.4		163.3 ± 9.2	
体重 (kg)	70.4 ± 12.6	70.7 ± 12.3	60.6 ± 12.3	60.4 ± 11.8
BMI (kg/m ²)	23.9 ± 3.7	24.0 ± 3.7	22.6 ± 3.4	22.4 ± 3.2

Values are mean±SD, 運動群 (男: 7, 女: 2), 対照群 (男: 5, 女: 5)

II. 研究方法

1. 対象者

対象者は運動制限がない45歳以上の中高齢者20名であり，介入を伴うグループを運動群（n=10，男性8名，女性2名）とし，非介入グループを対照群（n=10，男性5名，女性5名）とした。表1に対象者の年齢，身長，体重およびBMIを示した。運動群はFace Book，自転車ショップ，友人，知人から募集し日頃からサイクリングに慣れている者もあった。また対照群は友人，知人などから募集した。なお，運動群の職業および介入直近3ヶ月の運動状況については表2に示した。

2. 運動群のプロフィール

表2は運動群の性別，年齢，職業，運動の種類，運動頻度，運動時間および運動強度を示した。

表 2 運動群の性別，職業および直近 3 ヶ月の運動頻度，
運動時間および運動強度

Sub	性別	年齢	職業	運動の種類※	頻度※※ (回/週)	運動時間 (時間)	運動強度 (1:非常に軽い～ 10:非常にキツイ)
2	男	65	会社員	自転車	未	未	未
3	男	45	教員	通勤時 サイクリング	12	0.5	6
4	女	64	教員	通勤時 ウォーキング	10	0.5	4
5	男	74	無職	自転車， ランニング	1	1	6
6	男	50	会社員	自転車 ローラ台	3	1	5
8	男	54	会社員	自転車	未	未	未
9	男	52	会社員	自転車	未	未	未
10	男	62	会社員	通勤時 ウォーキング	10	0.5	5
11	女	64	会社員	トレッキング	1	3	5

Sub: Subject n=9 ※日常継続的に実施された運動 ※※通勤時の往復は2回とカウント

未: 未実施 (新型コロナウイルス感染症予防対策で自粛)

表 3 対象者における実験のタイムスケジュール

実験項目	介入前テスト 全対象者	介入期間・運動の種類 運動群および対照群	介入後テスト 全対象者
日程	2021年10月22または24日	2021年10月23日 ～ 12月25日	2021年12月24日
実施内容	1. 体重，身体組成の測定 2. 自転車エルゴメータによる漸増運動 負荷試験 3. 年齢別新体力テスト 〔全年齢共通〕 ①握力，②状態起し，③長座体前屈 〔20歳～64歳〕 ④反復横跳び，⑤立幅跳び， ⑥最大酸素摂取量（漸増運動負荷 試験より） 〔65歳～79歳〕 ④10m障害物歩行，⑤開眼片足立ち， ⑥6分間速歩 4. 自転車一本橋バランステスト（BBT） 5. 感情および体調の調査（運動群のみ）	【運動群】自転車運動をRPE13で1回 当たり1時間程度，週2回以上の頻度 で8週間実施した。 【対照群】通常の日常生活を維持す るよう伝えた。	または12月26日 実施内容は 介入前と同じ

3. 実験のタイムスケジュール

本研究における運動群および対照群の実験タイムスケジュールは表3に示した。

4. 測定項目

1) 体重および身体組成の測定

対象者の体重および身体組成の測定にはInBody570を用いた。身体組成は体脂肪量（率），除脂肪量および部位別筋肉量を測定した（図5身体組成測定器InBody570）。

2) 自転車エルゴメータによる漸増運動負荷試験および最大酸素摂取量の測定

運動にはCOMBI社製のAEROBIK 75XLIIを用いた（図6）。対象者には実験開始前に自転車エルゴメータに腰かけさせ，サドルとハンドルを最適な位置に調整後，ペダルと足を固定した。その後5分間の在安静を保持させた。漸増運動負荷試験の前には30 watts/minの負荷でウォーミングアップを3分間実施させた。運動負荷試験のプロトコルは図7に示したように，第1ステージは30 wattsの負荷で4分間運動を継続させた。その後4分毎に30wattsずつ負荷を漸増させ，対象者が疲労困憊に至るまで運動を継続させた。



図 5 身 体 組 成 測 定 器
InBody 570



図 6 安 静 時 お よ び 運 動 中 の 心 拍
数 と ガ ス 交 換 パ ラ メ ー タ の 測 定

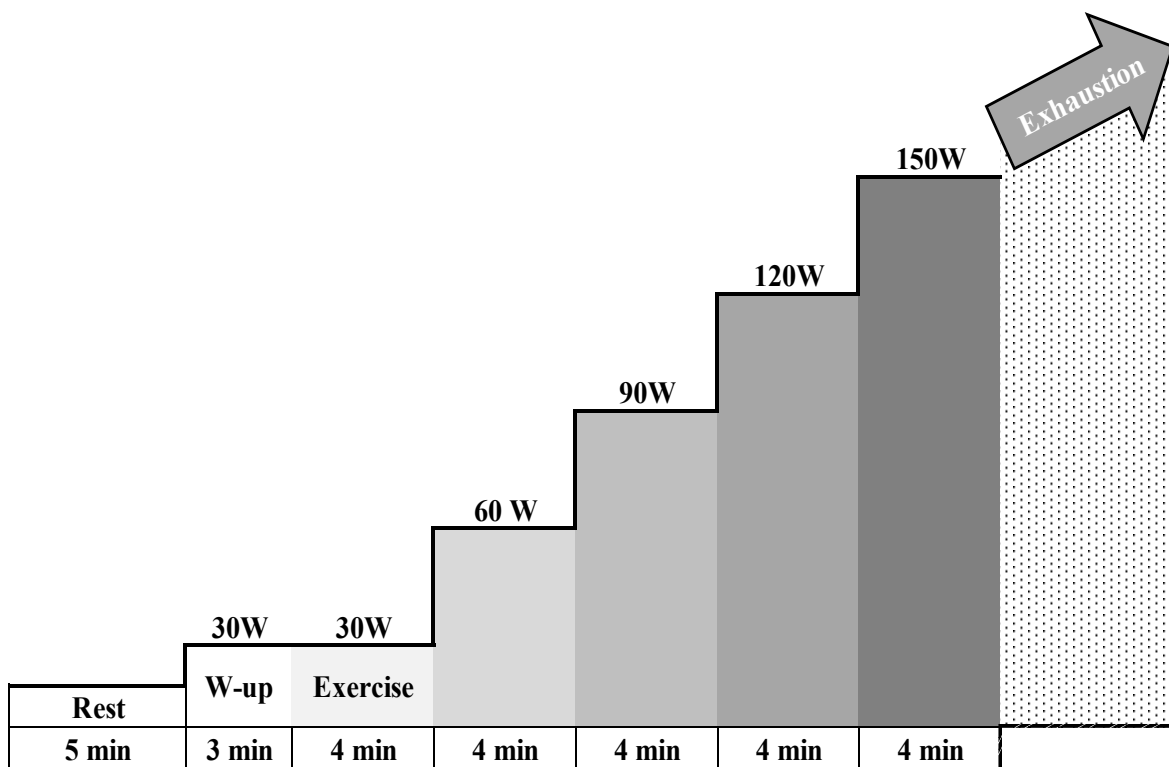


図 7 漸 増 運 動 負 荷 試 験 プ ロ ト コ ル

(1) 安静時および運動中の心拍数とガス交換パラメータの測定

a) 心拍数の測定

安静時および運動中の心拍数は送信機にテレメトリー式心電送信機，ZS-910P受信機にDSM-2400 Life Scope I（日本光電社）ベッドサイドモニタ（同）を用い1分毎に測定した〔図8，図9（右）〕。

b) ガス交換パラメータの測定

安静時および運動中のガス交換パラメーター（ $\dot{V}O_2$ ， $\dot{V}CO_2$ ， $\dot{V}E$ ， $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ ， $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ ，R）は，自動呼吸代謝測定装置（ミナト医科学 Aero Monitor AE-310S）による breath by breath法により1分毎に測定した〔図9（左）〕。なお，分析に先立ち2種（ O_2 濃度と CO_2 濃度）の校正用混合ガスにより濃度校正を行った。



図8 ベッドサイドモニタ
(ZS-910P，日本光電社)



図9 DSM-2400 Life Scope I
(日本光電社)

c) 心拍数から酸素摂取量を推定する回帰方程式

一般に，漸増運動負荷中の心拍数と酸素摂取量との間には，非常に高い相関関係が成立することが知られている³⁶。そこで本研究では，漸増運動負荷における各ステージの最後の1分間の心拍数と酸素摂取量をそのステージの代表値と仮定して，心拍数から酸素摂取量を推定する回帰方程式 ($Y=aX+b$) を作成した。ただし，Yは酸素摂取量 (ml/min)，Xは心拍数 (beats/min) を示す。

d) エネルギー消費量の算出

本研究では自転車駆動中の心拍数(X)を前記の回帰方程式に代入して酸素摂取量 (Y)を推定した。そして，酸素摂取量 (L/min) 1 Lを消費するのに約5 kcalの熱量を有することを前提に，酸素摂取量からエネルギー消費量を求めた。

e) 自転車駆動中の運動強度の算出

自転車駆動中の運動強度は以下の式で算出した。 $\%HR_{max} \cdot reserve = (\text{運動時の心拍数} - \text{安静時心拍数}) / (\text{最高心拍数} - \text{安静時心拍数}) \times 100$

f) 運動中の主観的運動強度(Rate of perceived exertion: RPE)の測定

対象者の運動中のRPEは，Borgの英語表示を日本語表示に示した小野寺ら³⁷のスケールを用いて1分毎に聞取り記録した(表4 主観的運動強度(RPE)Borg Scale 小野寺ら³⁷，健康長寿ネット)。

表4 主観的運動強度(RPE)Borg Scale 小野寺ら³⁷, 健康長寿ネット³⁸

Borg Scale			
	(オリジナル)	(小野寺ら)	(健康長寿ネット)
20			
19	Very, very hard	非常にきつい	
18			
17	Very hard	かなりきつい	100 %
16			
15	Hard	きつい	80 %
14			
13	Somewhat hard	ややきつい	70 %
12			
11	Fairly light	楽である	60 %
10			
9	Very light	かなり楽である	50 %
8			
7	Very, very light	非常にらくである	40 %
6			

3) 新体力テスト

対象者の体力は，年齢に応じて文部科学省による 20 歳～64 歳と 65 歳～79 歳対象の新体力テストを実施した^{39,40}（図 10）。

(1) 20 歳～64 歳対象のテスト項目

(a) 握力，(b) 上体起こし，(c) 長座体前屈，(d) 反復横跳び，(e) 立ち幅跳び，(f) 全身持久力として自転車エルゴメータによる最大酸素摂取量。

(2) 64 歳～79 歳対象のテスト項目

(a) 握力，(b) 上体起こし，(c) 長座体前屈，(d) 開眼片足立ち，(e) 10 m障害物歩行，(f) 6分間歩行および自転車エルゴメータによる最大酸素摂取量。

なお，両年齢層のテストに対しは実測値に対して10段階（1～10得点）で評価を行った。さらに，同得点を合計した総合評価基準表を基に5段階評価（A～E）を行った。



図 10 新体力テスト測定中の風景

4) 自転車一本橋バランステスト⁴¹

(Bicycle Balanced Test: BBT)

BBTの実施要領を以下に示す。

廊下に幅 5 cm の有色テープを長さ 10 m、内幅 30 cm の長方形を設定し、これを一本橋に見立てた⁴¹ (図 11)。テスト用自転車は一般に市販されている通勤・通学用を用意した (図 12)。自転車のサドル高は、対象者がバランスを保持し、安全に運転操作が可能な高さに調整した。

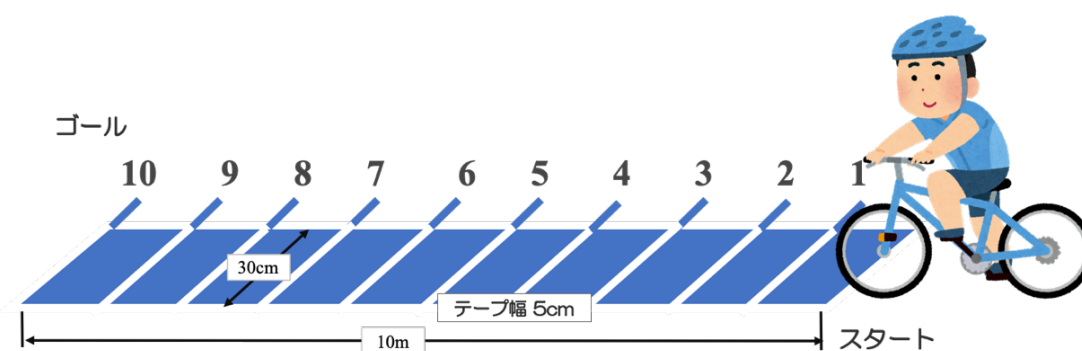


図 11 自転車一本橋バランステスト (BBT)



図 12 自転車一本橋バランステスト (BBT)測定風景

実施要領として、対象者には予め“できるだけ遅い速度でゴールを目指す”ように指示した。このテストの目的は、定められた範囲を移動しながら、正確に自転車操作をする技能テストであり、身体のバランス感覚を評価するものである。テストはスタートライン前方2～3 mの範囲をゆっくり助走し、スタートラインに前輪が触れた時点でタイム測定を始めた。スタート後、転倒やコースアウト（前輪が側面のテープラインを跨ぐ）または足付きをすることなくゴールラインに前輪が触れた時点で測定終了とした。測定は合計5回実施し、最も遅い記録を採用した。なお、本テストに際して事前に数回の練習を実施した。

5) 感情および体調の調査

本研究では西井ら⁴²の研究を参考に、介入前後の感情および体調の評価を行った。調査には以下のアンケート⁴³を用いた。質問項目は介入前後に自転車運動における①疲労感、②爽快感、③達成感、④食欲の好転、⑤睡眠の質の向上、⑥排便の好転、の6項目、評価尺度は①まったく感じないと思う（介入前）、まったく感じなかった（介入後）、②あまり感じないと思う（介入前）、あまり感じなかった（介入後）、③どちらでもないと思う（介入前）、どちらでもなかった（介入後）、④やや感じると思う（介入前）、やや感じた（介入後）、⑤かなり感じると思う（介入前）、かなり感じた（介入後）、の5件法を用いた（図13）。

6) 自転車運動の実施要領と介入期間

運動群に対し、主観的運動強度「ややきつい強度(RPE13)」による1回当たり1時間程度、週2回以上の頻度^{41,44}で8週間実施させた。対照群に対しては通常の日常生活を維持してもらうように伝えた。

(1) 自転車運動に使用する自転車

屋外においてはロードレーサーなど各自所有の自転車を使用し、屋内ではフィットネスバイク、トレーニングローラー台やスマートトレーナーを利用した（図14、図15、図16）。

感情・体調に関する調査票

介入前

お名前： 武庫川 華子 男・女 年齢 59 歳

あなたが週8週間週2回以上、1回1時間程度の自転車トレーニングを行う前に、自転車トレーニングについて下記該当箇所にチェック(✓)をお願いします

	1	2	3	4	5
	まったく感じないと思う	あまり感じないと思う	どちらでもないと思う	やや感じると思う	かなり感じると思う
① 疲労感を		✓			
② 爽快感を				✓	
③ 達成感を			✓		
④ 食欲が好転すると		✓			
⑤ 睡眠の質が好転すると			✓		
⑥ 排便が好転すると		✓			

大山正、岩間三良、高橋秀夫、心理学研究法：データ収集・分析から論文作成まで、サイエンス社、2005。(改) 西井征ら、東海地方における自転車通勤者の健康・体力レベルと通勤時の走行実態、体力科学、2012。(改)

感情・体調に関する調査票

介入後

お名前： 武庫川 華子 男・女 年齢 59 歳

週2回以上、1回1時間以内8週間の自転車トレーニングお疲れさまでした。
自転車トレーニングについて感じたことを下記該当箇所にチェック(✓)をお願いします。

	1	2	3	4	5
	まったく感じなかった	あまり感じなかった	どちらでもない	やや感じた	かなり感じた
① 疲労感を			✓		
② 爽快感を				✓	
③ 達成感を		✓			
④ 食欲が好転された				✓	
⑤ 睡眠の質が好転したと		✓			
⑥ 排便が好転したと					✓

大山正、岩間三良、高橋秀夫、心理学研究法：データ収集・分析から論文作成まで、サイエンス社、2005。(改) 西井征ら、東海地方における自転車通勤者の健康・体力レベルと通勤時の走行実態、体力科学、2012。(改)

図 13 感情および体調に関する調査票（介入前，介入後）

(2) シミュレーションアプリケーション

屋内における自転車運動に関しては，Zwift®，Strava®，Tacx®などを利用し，その際に心拍数や自転車駆動の負荷などを記録した。



図 14 ロードレーサ

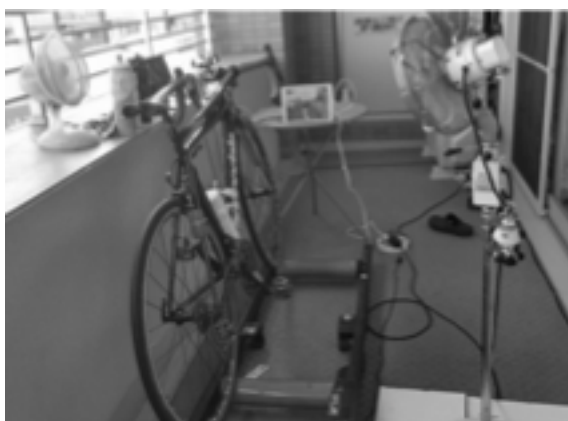


図 15 ローラ台



図 16 スマートトレーナ
アプリ Zwift®

(3) 自転車運動時の測定及び機器

運動群は自転車運動においてハートレートセンサー（HRセンサー）は Garmin 社 HR センサー および Garmin 社，Apple 社，Cat Eye 社または Seiko 社 スマートウォッチ (SW) を使用し，データロガーには Garmin 社 サイクルコンピュータ（サイコン），Garmin 社，Apple 社または Seiko 社 SW を使用した（図 17）。また，それぞれの HR センサーの精度確認には，漸増運動負荷試験に合せて，各自が HR センサー および SW，サイコンを用意して確認した（図 18，図 19）。それぞれの測定値と基準となる実験室の心電計（ZS-910P：図 8）との差はなかった。

なお，本研究において理想的な自転車運動の効果などを観察するに当り，以上のセンサーは計測機器装置の条件として大蔵ら⁴⁵が提唱している以下の条件が整っていることから，運動群の自転車トレーニング時に各自の生体情報ツールとして使用した。

- ① ガス分析機器が不要：経済性
- ② 採血を必要としない：非観血的
- ③ 最大努力を必要せず，運動強度，心拍数をモニタリングが可能：安全性
- ④ 運動活動記録，強度，心拍数，1分当りのペダル回転数などが記録できる：連続性，経過観察および過誤防止
- ⑤ 高精度測定が可能：妥当性
- ⑥ 高度な技術が不要：簡便性



Garmin® fénix 5x Forerunner Edge1030® Edge820® HRセ ン サ



Apple®

AppleWatch



SEIKO®

MZ-500B



CATEYE®

RD-500B

図 17 一般市販心拍数モニタおよび記録装置類



図 18 Garmin 社 製



図 19 Garmin および Apple 社 製

5. 実験期間

本研究は2021年10月～2022年9月の間に実施した。

6. 研究倫理

本研究は武庫川女子大学令和3年度(2021年)研究倫理審査委員会の承認(No.21-45)を得た後に実施した。また全ての測定はヘルシンキ宣言に基づき実施され、対象者には研究の目的、内容、方法、期待される便益や研究への参加に伴う危害の可能性、個人情報保護、研究参加は自由意思であること、随時離脱可能で、それに伴う不利益などは発生しない旨を口頭および文書により十分に説明をし、対象者の研究参加同意書への署名をもって同意を得るというインフォームドコンセントを実施した。

7. 統計処理

データは平均値±標準偏差で示した。運動群の介入前後(8週)および対照群の8週前後の各測定値の平均値の比較には、Wilcoxonの符号付順位検定を行った。なお、本研究の統計処理では各群の8週前後の各平均値の比較を行うのが目的であり、両群の比較は実施しなかった。有意水準は5%未満とした。

8. 研究の限界

1) 自転車走行時の環境について

本研究のテーマは2020年4月以降から共同研究者と議論をして方向性が固まり、2021年6月に本学の研究倫理審査委員会に研究実施の申請を提出し、同年7月に承認を得た。その間、新型コロナウイルス感染拡大の抑制を目的に、国から「緊急事態宣言」と「まん延防止等重点措置」が前者では2020年4月7日～5月25日の間(第1回目)、2021年1月8日～3月21日の間(第2回目)、2021年4月25日～6月20日の間(第3回目)、2021年7月12日～9月30日の間(第4回目)、後者は2021年4月

5日～9月30日の間と2022年1月9日～3月21日の間に発出された。本研究は自転車運動による8週間の介入効果を検討するものであり、屋外での自転車運動においては、感染症を回避するための「密閉」、「密集」、「密接」のいわゆる三密には直接影響を受けない状況下での実験であった。当初の実験計画では同一の走行エリアを予定し、対象者の自転車走行時の生理的反応を調査する予定であった。しかし、コロナ禍における対象者の仕事の事情や前述した「緊急事態宣言」や「まん延防止等重点措置」などの影響で生活エリアが異なる対象者が同じ走行エリアに集まることが困難であった。このことから、対象者それぞれが感染症に留意しながら自宅から近く、安全な自転車走行が可能なエリアで通常走行時の生理的反応を調査し、以後同走行エリアで週2回以上の自転車運動を8週間実施させた。

以上のことから、本研究の対象者における「ややきつい(RPE13)」という主観的運動強度での自転車走行上のコントロールは共通しているものの、自転車走行時の地形などの環境が異なっており、生体に加わる負荷が統一できなかったという限界がある。

2) 対象者の各データにおける統計処理について

本研究対象者はSNS等を活用して募集を行ったが、コロナ禍の影響で性別や年齢等を調整できる規模の人数が集まらなかった。このことから、介入前後の体力テスト等の統計処理が人数の関係で一部処理できなかった項目があった。したがって、結果においては平均値に加えて個別のデータを示すようにした。

III. 結 果

1. 運動群における介入前の漸増運動負荷試験時の心拍数と酸素摂取量の関係

図 20 は運動群における Sub.2 の一例を示したものである。同図は介入前の自転車エルゴメータによる漸増運動負荷試験時の心拍数 (bpm) および酸素摂取量 (mL/min) を観察し、心拍数から酸素摂取量を推定する回帰方程式 ($y=ax+b$) を基にした回帰図を示したものである。図中のグレーのポイントは、実験中の RPE13 (ややきつい) の時に得られた心拍数と酸素摂取量を示す。対象者全員、フィールドでの自転車運動時には、RPE13 (ややきつい) 時の心拍数を目標とした。

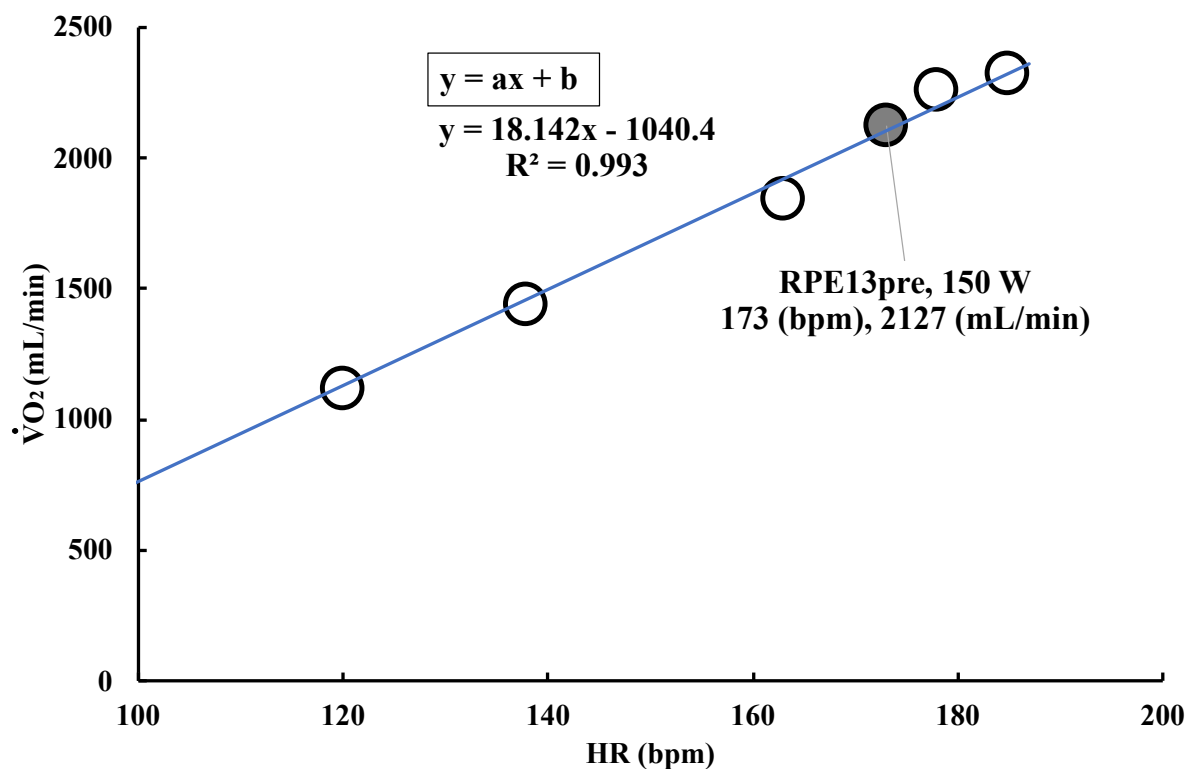


図 20 心拍数と酸素摂取量の関係

2. 運動群における自転車運動時の状況

図21～図24は運動群の屋外自転車運動時に得られたデータについて示したものである。図の左はフィールドマップを示す。右上の折れ線グラフは走行時の心拍数（横の破線は平均心拍数を示す）と高度を示したものである。また同図中に対象者の運動時の心拍数を回帰方程式に代入して得られた総酸素摂取量と総エネルギー消費量を示した。下段左は心拍数の度数分布を示したものである（縦軸は時間（min），横軸は心拍数）。下段右側の表は，健康長寿ネット³⁸によるRPEと相対強度（100%～50%）および対象者の漸増運動負荷試験で得られた最大心拍数（100%に並記）と各相対強度に対する心拍数，さらに同負荷試験でのRPE13時の心拍数を示したものである。

図21にはSub.2におけるフィールドでの自転車運動時の状況を示した。

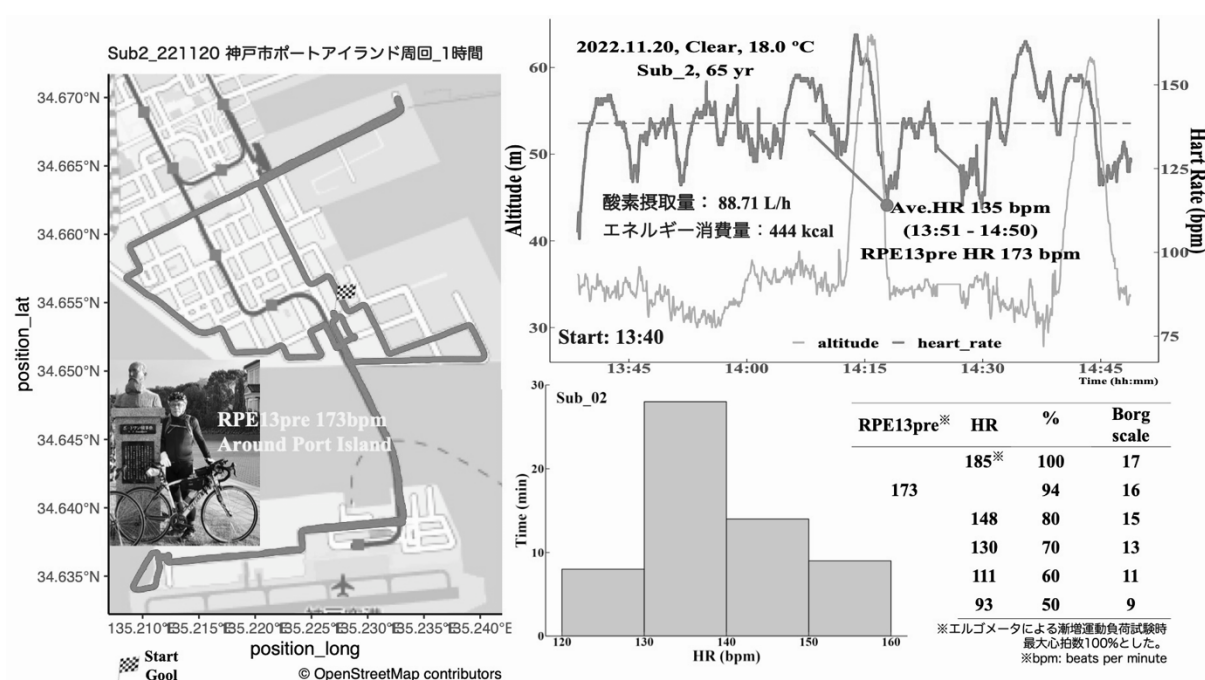


図 21 Sub.2 実走実験状況

まず安静時心拍数を確認し、13:40より自転車運動を開始した。5分間のウォームアップ走の後、介入前の自転車エルゴメータによる漸増運動負荷試験時に観測されたRPE13時の心拍数(RPE13pre)を目標心拍数として実走を開始した。自転車運動終了後(約1時間)には、十分なクールダウン走を行って終了した。なお、心拍センサーはGarmin社製ハートレートモニタを胸部に装着し、データロガーには同社製GPS内蔵Edge1040 Solarを使用した。データは秒単位で時刻、緯度、経度、速度(km/h)、高度(m)、パワー(Watts)、心拍数(bpm)などがロガーにFITファイルまたはGPXファイルとして保存された。FITファイルはRアプリケーションを用い、GPXファイルはBaseCampアプリ(Garmin社製)を用い、心拍数をエクセルへ1分毎の平均心拍数に変換出力し、その心拍数のデータから走行開始10分後より60分間の平均心拍数(135 bpm)を算出した。これは介入前の漸増運動負荷試験で観測された最大心拍数(HRpre)185 bpmの73%であり、RPE13~14相当であった。Sub.2は当日RPE13(ややきつい)で1時間程度走行した。総酸素摂取量は88.7 L/h、総エネルギー消費量は444 kcalであった。

以下、各対象者の同様の運動時の状況を示した。

図 22は Sub.3の 状況を示したものである。まず安静時心拍数を確認し、19:40より自転車運動を開始した。データロガーはGarmin社製fénix5x使用し、以下Sub.2と同じ要領で実施し、データを次のように要約した。平均心拍数は119 bpm (62%)であり、RPE11相当であった。Sub.3は当日の体調を考え、RPEで「やや楽」で1時間程度走行した。総酸素摂取量は82.9 L/h、総エネルギー消費量は414 kcalであった。

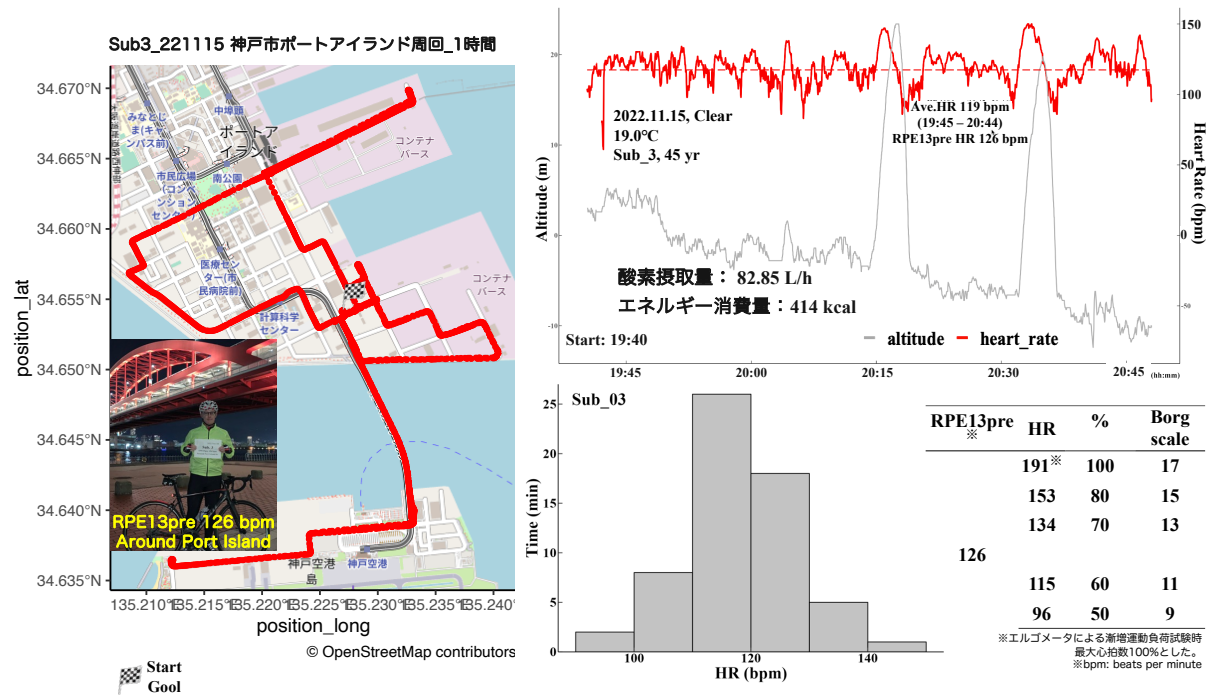


図 22 Sub.3 実走実験状況

図 23は Sub.8の 状況を示したものである。まず安静時心拍数を確認し、13:51より自転車運動を開始した。データロガーはGarmin社製Edge820を使用、以下Sub.2と同じ要領で実施し、データを次のように要約した。平均心拍数は135 bpm (82%)であり、RPE16相当で自転車運動を実施した。Sub.8は当日RPE「きつい」相当で1時間程度走行した。総酸素摂取量は73.18 L/h、総エネルギー消費量は366 kcalであった。

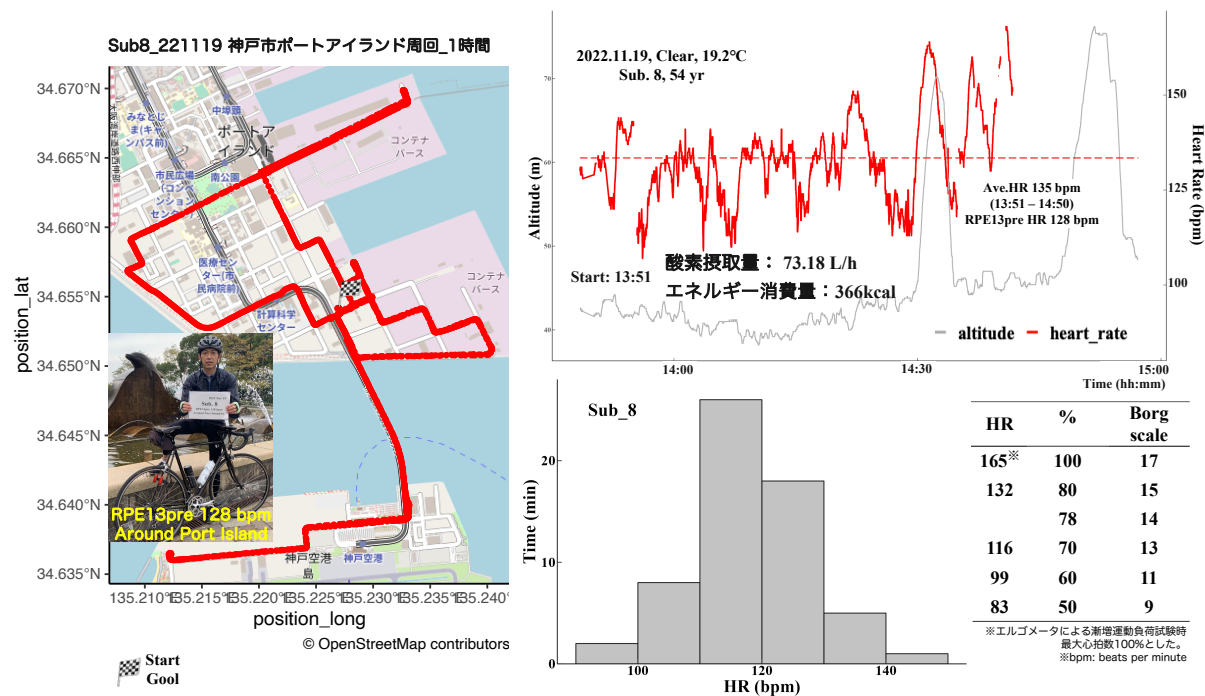


図 23 Sub.8 実走実験状況

図 24は Sub.10の 状況を示したものである。まず安静時心拍数を確認し，13:40より自転車運動を開始した。データロガーはGarmin社製Edge1040 solarを使用した。以下Sub.2と同じ要領で実施し，データを次のように要約した。平均心拍数は135 bpm (76%)であり，Sub.10は当日RPEで「ややきつい」と「きつい」の間の強度で1時間程度走行した。総酸素摂取量は73.8 L/h，総エネルギー消費量は369 kcalであった。

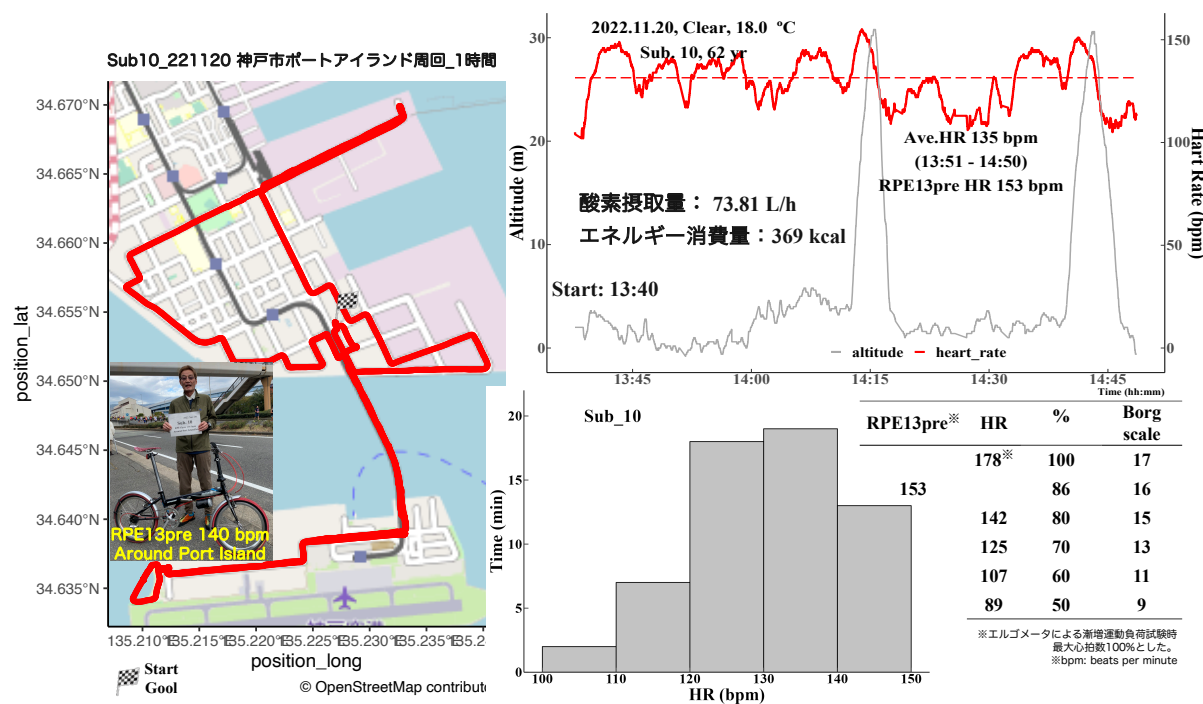


図 24 Sub.10 実走実験状況

図25～図28は運動群の屋内での自転車運動時に得られたデータについて示したものである。図25の左は対象者を示した。右上の折れ線グラフは走行時の心拍数（横の破線は平均心拍数を示す）と高度を示したものである。また同図中に対象者の運動時の心拍数を回帰方程式に代入して得られた総酸素摂取量と総エネルギー消費量を示した。下段左は心拍数の度数分布を示したものである（縦軸は時間（min）、横軸は心拍数）。下段右側の表は、健康長寿ネット³⁸によるRPEと相対強度（100%～50%）および対象者の漸増運動負荷試験で得られた最大心拍数（100%に並記）と各相対強度に対する心拍数、さらに同負荷試験でのRPE13時の心拍数を示したものである。図25の上段折れ線グラフは走行時の心拍数（横の波線は平均心拍数を示す）。のみ出力を示している。図左はバーチャルトレーニングにおけるフィールドマップ、ローラ台によるトレーニング風景およびトレーニング中のバーチャル映像を示した。また同図右中に対象者の運動時の心拍数を回帰方程式に代入して得られた総酸素摂取量と総エネルギー消費量を示した。右中下段の表は、健康長寿ネット³⁸によるRPEと相対強度（100%～50%）および対象者の漸増運動負荷試験で得られた最大心拍数（100%に並記）と各相対強度に対する心拍数、さらに同負荷試験でのRPE13時の心拍数を示したものである。下段には心拍数の度数分布を示したものである（縦軸は時間（min）、横軸は心拍数）。

図 25は Sub.5 の状況を示したものである。まず安静時心拍数を確認し、13:40より屋内においてスマートトレーナにより自転車運動を開始した。データロガーはGarmin社製ForeAthlete 245 Musicを使用、以下Sub.2と同じ要領で実施し、データを次のように要約した。平均心拍数は138 bpm (80%)であり、Sub.5は当日RPE15の「きつい」で1時間程度走行した。総酸素摂取量は96.1 L/h、総エネルギー消費量は481 kcalであった。

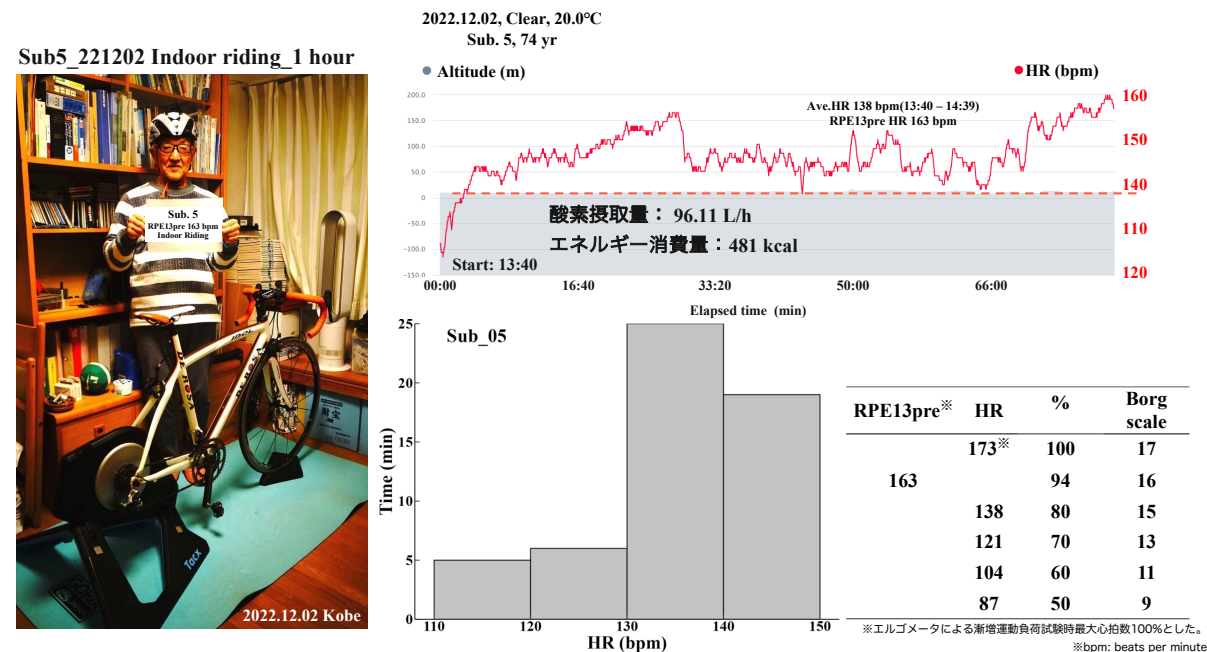


図 25 Sub.5 実走実験状況（屋内）

図26はSub.4の状況を示したものである。まず安静時心拍数を確認し、19:00より屋内においてスマートトレーナにより自転車運動を開始した。データログはシュミレーションアプリZwift経由でStravaに保存した。以下Sub.2と同じ要領で実施し、データを次のように要約した。平均心拍数は113.6 bpm (73%)であり、Sub.4は当日RPE13の「ややきつい」で1時間程度走行した。総酸素摂取量は96.1 L/h，総エネルギー消費量は288 kcalであった。

2021.11.2, Clear, 25 °C , Indoor, Sub. 4, 64 yr, F



Manhattan, NY

酸素摂取量： 57.60 L/h

エネルギー消費量： 288 kcal

RPE13 pre	HR	%	Borg scale
98	156	100	17
	125	80	15
	109	70	13
		63	
	94	60	11
	78	50	9

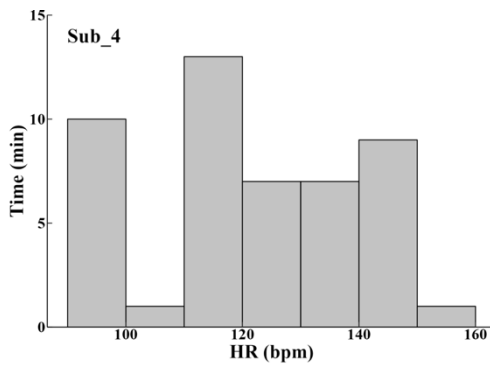
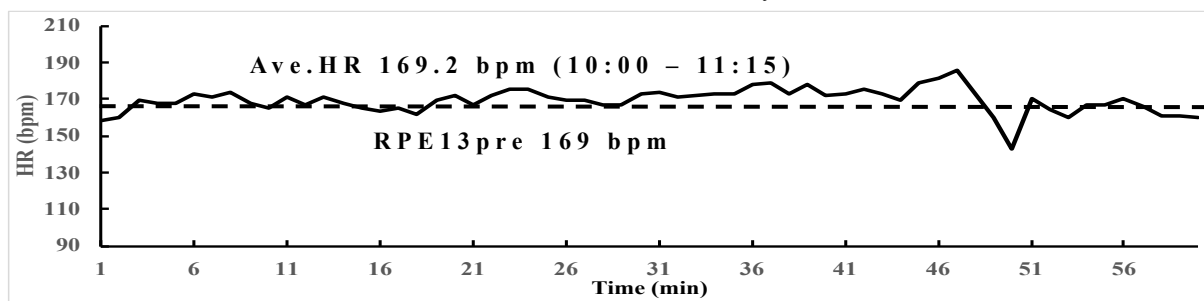


図26 Sub.4 実走実験状況（屋内）

図 27は Sub.6の 状況を示したものである。まず安静時心拍数を確認し、10:00より屋内においてスマートトレーナにより自転車運動を開始した。データログはシュミレーションアプリ Zwift経由で Strava に保存した。以下 Sub.2と同じ要領で実施し、データを次のように要約した。平均心拍数は169.2 bpm (91%)であり、Sub.6は当日 RPE16の「きつい」以上で1時間程度走行した。総酸素摂取量は96.1 L/h、総エネルギー消費量は994 kcalであった。

2021.12.9, Clear, 19 °C, Indoor, Sub. 6, 50 yr



酸素摂取量： 198.70 L/h

エネルギー消費量：994 kcal

RPE13pre	HR	%	Borg scale
	185	100	17
169		91	16
	148	80	15
	130	70	13
	111	60	11
	93	50	9

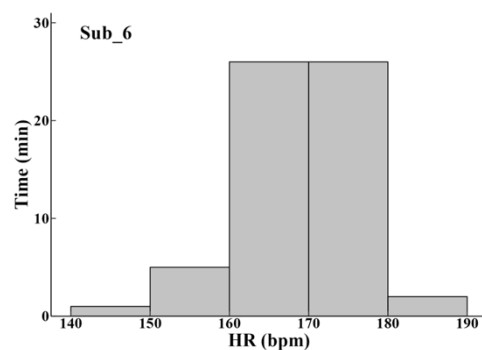
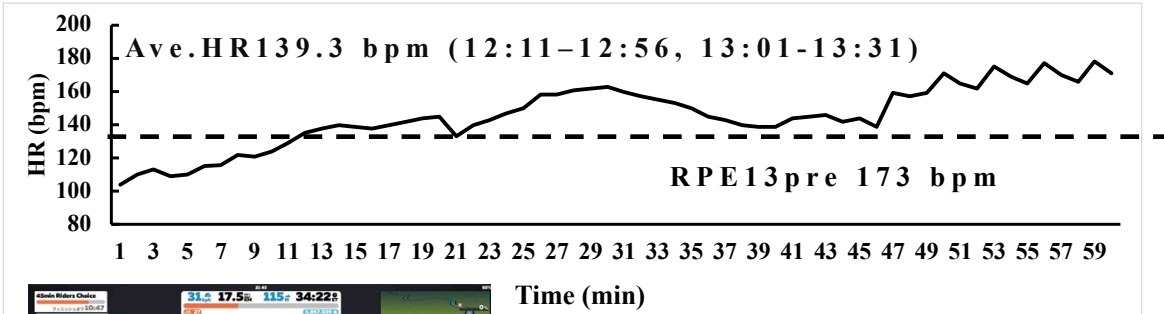


図 27 Sub.6 実走実験状況（屋内）

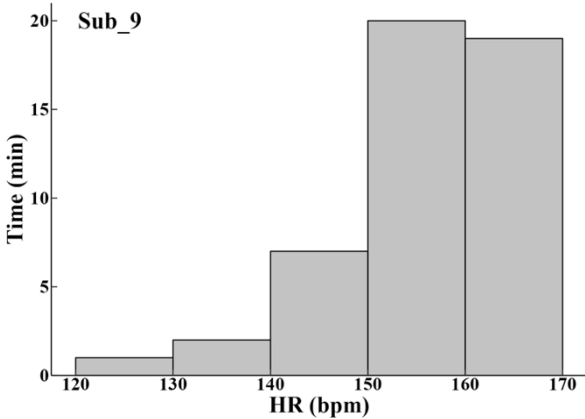
図 28は Sub.9の 状況を示したものである。まず安静時心拍数を確認し、12:11より屋内においてスマートトレーナにより自転車運動を開始した。データログはシュミレーションアプリ Zwift経由で Stravaに保存した。以下 Sub.2と同じ要領で実施し、データを次のように要約した。平均心拍数は 139.3 bpm (81%)であり、Sub.9は当日 RPE16の「きつい」以上で1時間程度走行した。総酸素摂取量は 96.1 L/h、総エネルギー消費量は 515 kcalであった。

2021.11.15. Clear, 25 °C , Indoor, Sub.9, 56 yr



酸素摂取量：103.10 L/h

エネルギー消費量：515 kcal



RPE13	HR	%	Borg
Pre			sclae
	193	100	17
173		90	16
	154	80	15
	135	70	13
	116	60	11
	97	50	9

図 28 Sub.9 実走実験状況（屋内）

表 5 フィールドまたは屋内における自転車運動中の心拍数，運動強度および総エネルギー消費量の 1 例

n = 8	心拍数 (bpm)			%HRmax・reserve (%)			総エネルギー消費量 (kcal)
Sub	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	
2	135.0	161	120	59.3	79	42	444
3	119.0	141	88	49.7	58	15	414
4	113.6	162	61	55.8	106	1	288
5	138.0	157	114	68.7	85	48	481
6	169.2	186	143	87.6	101	67	994
8	135.0	162	116	67.4	96	47	366
9	139.3	163	104	59.7	89	33	515
10	135.0	157	90	49.3	77	1	369
平均値	135.5	161.1	104.5	62.2	86.4	31.7	483.8
標準偏差	15.5	11.6	23.3	11.7	14.3	22.4	218.0

3. 屋外または屋内における自転車運動中の生理的反応について

表5フィールドまたは屋内における自転車運動中の心拍数，運動強度および総エネルギー消費量の1例は運動群における屋外もしくは屋内でのRPE13を意識した自転車運動中の1例である心拍数，運動強度および総エネルギー消費量を示したものである。なお，運動群の1名においては機器の不具合のために，自転車運動中の生理的情報を得ることができなかった。このことから，本研究では8名の情報を表5にまとめた。自転車運動中の平均心拍数は 135.9 ± 15.5 bpm，運動強度は $62.2 \pm 11.7\%$ であった。また総エネルギー消費量は， 483.8 ± 218.0 kcalであった。

表 6 両群における 8 週前後の新体力テスト比較

	運動群 (n=9)					対照群 (n=10)				
	Pre		Post		差	Pre		Post		差
握力 (kg)	37.3 ±	8.7	36.3 ±	8.7	-1.0	27.9 ±	9.7	27.1 ±	10.0	-0.8
上体起し (回)	17.7 ±	4.2	21.3 ±	2.8	3.6 *	18.5 ±	5.8	16.4 ±	8.8	-2.1
長座体前屈 (cm)	36.7 ±	10.2	37.7 ±	10.3	1.0	30.6 ±	12.6	29.2 ±	12.3	-1.4
立ち幅跳び (cm)**	150.3 ±	26.1	172.9 ±	33.5	22.6 *	154.5 ±	19.2	166.8 ±	17.1	12.3
反復横跳び (回) **	41.3 ±	6.9	43.7 ±	5.0	2.4	41.3 ±	3.5	41.8 ±	1.5	0.5
10 m障害物歩行 (min)**	5.4 ±	0.8	5.1 ±	0.9	-0.3	7.9 ±	2.0	7.2 ±	2.1	-0.7
開眼片足立ち (sec)**	30.5 ±	13.4	61.5 ±	40.3	31.0	58.9 ±	48.8	42.3 ±	44.9	-16.6
6分間歩行 (m)**	651.0 ±	107.5	680.1 ±	62.8	29.1	520.5 ±	87.4	583.0 ±	105.1	62.5 *

Values are mean ± SD, ** p < 0.01, * p < 0.05

運動群 (**n=7, 45~64 歳, **n=2, 65~79 歳)

対照群 (**n=4, 45~64 歳, **n=6, 65~79 歳)

all_03_修復_01.xlsx

4. 運動群および対照群における 8 週前後の新体力テストの比較について

表 6 は両群における 8 週前後の年齢別（20 歳～64 歳対象と 65 歳～79 歳）新体力テストを比較したものである。運動群（n=8）は 45 歳～64 歳の対象者が 6 名，65 歳以上が 2 名であった〔65 歳以上（2 名）は個別の体力プロフィール（図 32，図 33）で後述〕。対照群（n=10）は 45 歳～64 歳の対象者が 4 名，65 歳以上が 6 名であった〔45 歳～64 歳（4 名）は個別の体力プロフィール（図 34，図 35）で後述〕。このことから，運動群では握力〔全対象共通：n=9（Pre：37.3±8.7 kg，Post：36.3±8.7 kg）〕，上体起し〔全対象共通：n=9（Pre：17.7±4.2 回，Post：21.3±2.8 回）〕，長座体前屈〔全対象共通：n=9（Pre：36.7±10.2 cm，Post：37.7±10.3 cm）〕，立ち幅跳び〔n=7（Pre：150.3±26.1 cm，Post：172.9±33.5 cm）〕および反復横跳び〔n=7（Pre：41.3±6.9 回，Post：43.7±5.0 回 cm）〕について Wilcoxon の符号付順位検定を行ったところ，上体起こしと立ち幅跳びで介入後が介入前に比べて有意な高値を示した（p < 0.05）。また，握力，長座体前屈および反復横跳びには有意な差が認められなかった。

対照群では，握力〔全対象共通：n=10（Pre：27.9±9.7 kg，Post：27.1±10.0 kg）〕，上体起し〔全対象共通：n=10（Pre：18.5±5.8回，Post：16.4±8.8回）〕，長座体前屈〔全対象共通：n=10（Pre：30.6±12.6 cm，Post：29.2±12.3 cm）〕，開眼片足立ち〔n=6（Pre：58.9±48.8秒，Post：42.3±44.9秒）〕，10 m障害物歩行〔n=6（Pre：7.9±2.0秒，Post：7.2±2.1秒）〕および6分間歩行〔n=6（Pre：520.5±87.4 m，Post：583.0±105.1 m）〕についてWilcoxonの符号付順位検定を行ったところ6分間歩行で8週後が有意な高値を示した（ $p < 0.05$ ）。

表 7 両群における 8 週前後の BBT および漸増運動
負荷試験時の生理的反応比較

項 目	運動群 (n=9)					対照群 (n=10)				
	Pre		Post		差	Pre		Post		差
BBT [*] (sec)	8.5 ± 1.6		10.9 ± 1.4		2.4 **	11.5 ± 3.9		12.2 ± 3.5		-0.8
最大酸素摂取量 (mL/min)	2401.6 ± 751.9		2455.4 ± 766.9		53.8	1584.4 ± 534.9		1675.3 ± 598.1		90.9 *
最大心拍数 (bpm)	175.2 ± 13.4		173.3 ± 10.3		-1.9	152.7 ± 24.4		156.2 ± 24.6		3.5
運動継続時間 (min)	22.2 ± 6.7		23.3 ± 6.2		1.1 *	13.3 ± 6.2		13.0 ± 5.8		-0.3

Values are mean ± SD, ** p < 0.01, * p < 0.05

*自転車一本橋バランステスト¹ ***自転車エルゴメータによる漸増運動負荷試験継続時間

5. 運動群および対照群における 8 週前後の BBT と漸増運動負荷試験時の生理的反応について

表 7 は両群における 8 週前後の BBT および漸増運動負荷試験時の生理反応を比較したものである（運動群：n=8，対象群：n=10）。バランステストである BBT は運動群で介入後（10.9±1.4 秒）が介入前（8.5±1.6 秒）に比べて有意な高値を示した（ $p < 0.01$ ）。一方，対照群の BBT は 8 週前後（Pre：11.5±3.9 秒，Post：12.2±3.5 秒）で有意な差がなかった。最大酸素摂取量は運動群で介入前後（pre:2401.6±751.9 ml/min, post 2455.4±766.9 ml）に有意な差がなかった（図 29）。また対照群では，8 週後（1675.3±598.1 ml/min）が 8 週前（1584.4±534.9 ml/min）に対して有意な高値を示した（図 30， $p < 0.05$ ）。最大心拍数は運動群で介入前後（Pre：175.2±13.4 bpm，Post：173.3±10.3 bpm）に有意な差がなかった（図 29）。また対照群の最大心拍数は，8 週前後（Pre：152.7±24.4 bpm，Post：156.2±24.6 bpm）で有意な差が認められなかった（図 30）。次に漸増運動負荷試験の運動継続時間は運動群で介入前後（Pre：22.2±6.7 分，Post：23.3±6.2 分）に有意な差が認められ（図 31， $p < 0.05$ ），介入後の運動時間が有意に延伸した。また対照群の運動継続時間は 8 週前後（Pre：13.3±6.2 分，Post：13.0±5.8 分）に有意な差が認められなかった（図 31）。

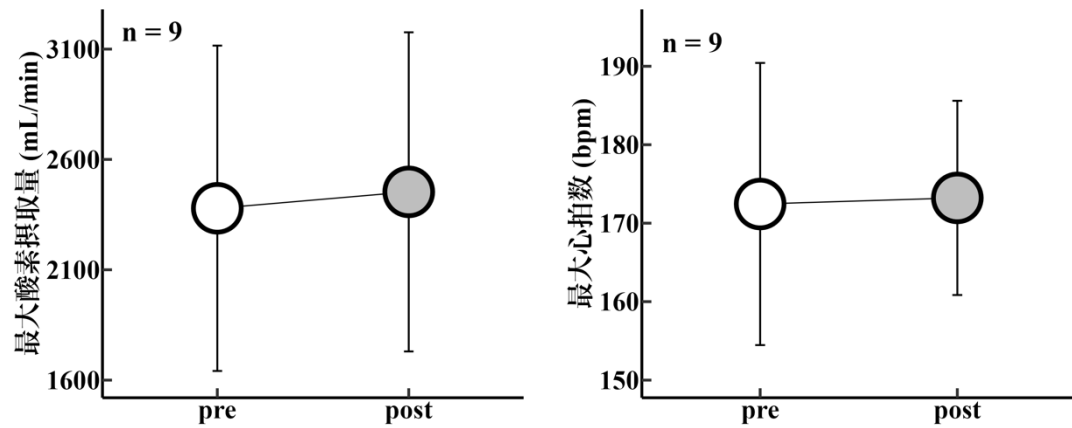


図 29 運動群の介入前後の漸増運動負荷試験時最大心拍数および最大酸素摂取量の結果

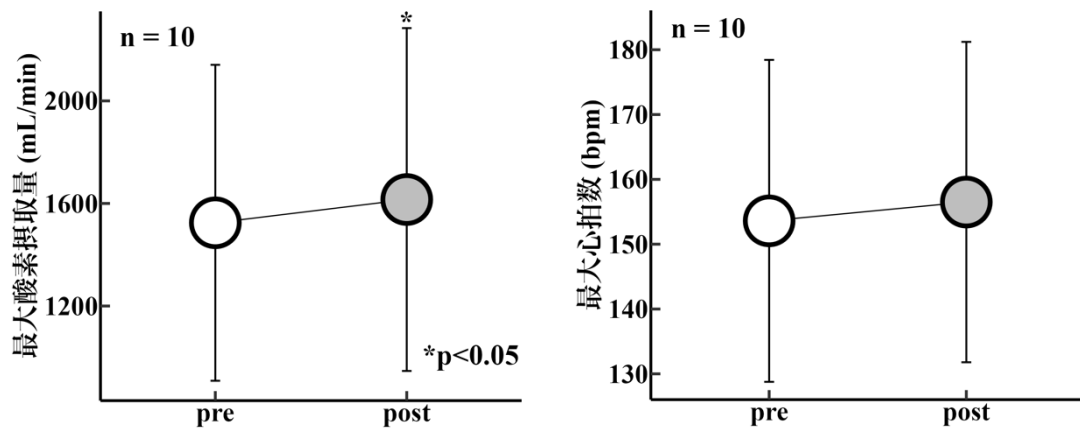


図 30 対照群の介入前後の漸増運動負荷試験時最大心拍数および最大酸素摂取量

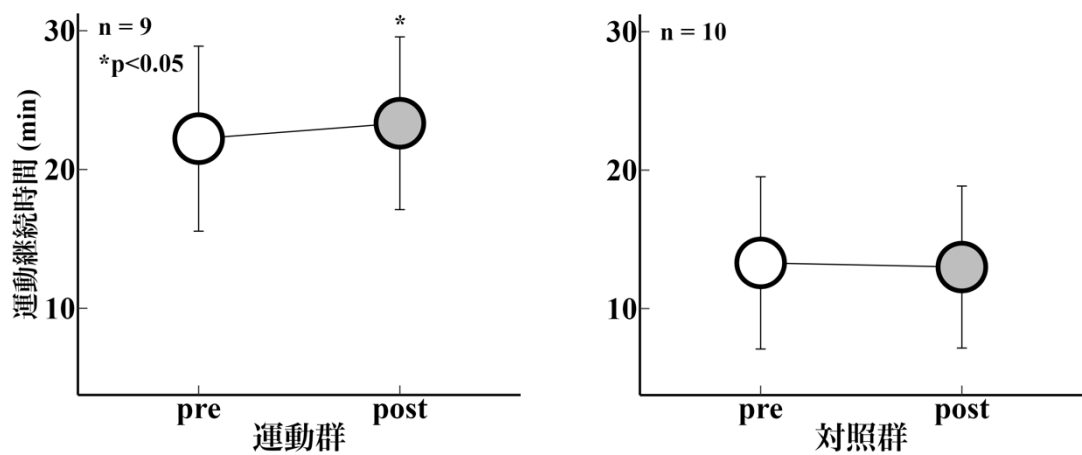


図 31 両群の介入前後の漸増運動負荷試験時の運動継続時間

6. 運動群の対象者別に示した新体力テストの介入前後の値

1) 運動群

図32は運動群の新体力テストの結果（20歳～64歳）は運動群の20歳～64歳用の新体力テスト（n=7），図33は65歳～79歳用の新体力テスト（n=2）の介入前後の値を比較したものである）。全体的に握力が介入後で劣る傾向がみられたが，その他のテスト項目は維持あるいは向上がみられた。

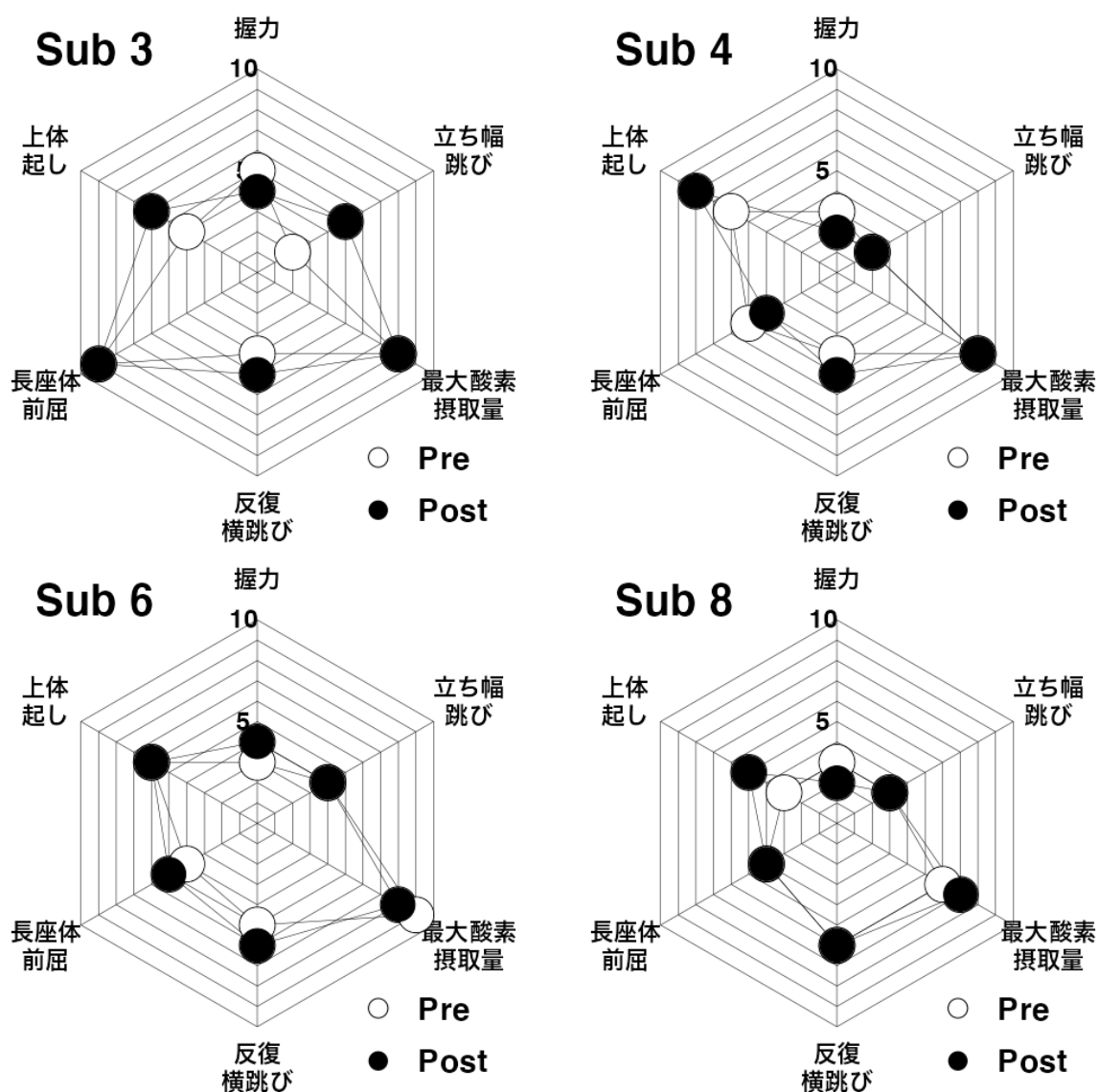


図32運動群の新体力テストの結果（20歳～64歳）

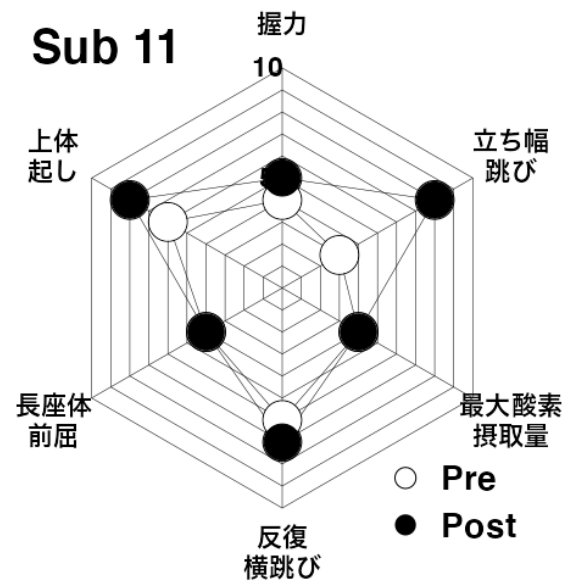
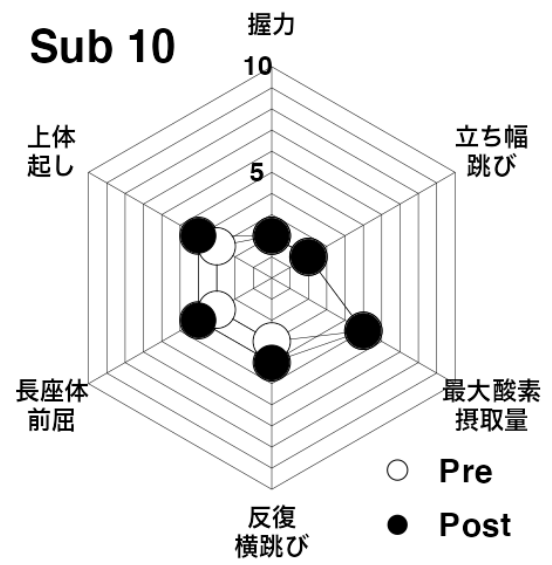
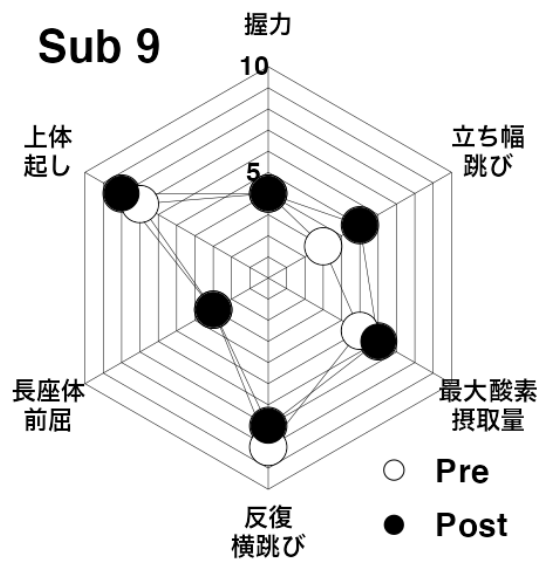


図 32 運動群の新体力テストの結果（20 歳～64 歳）

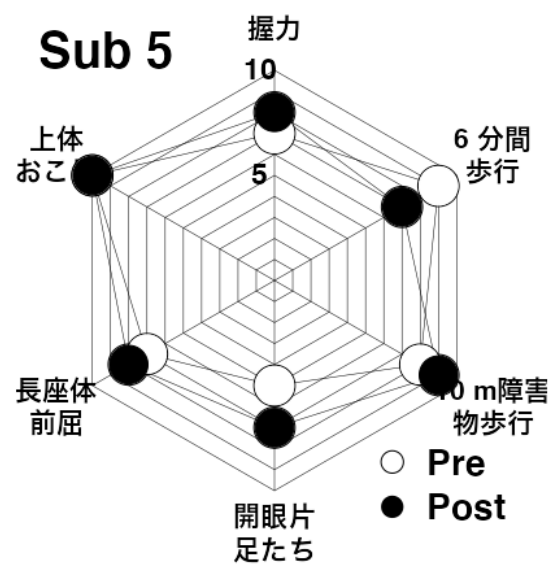
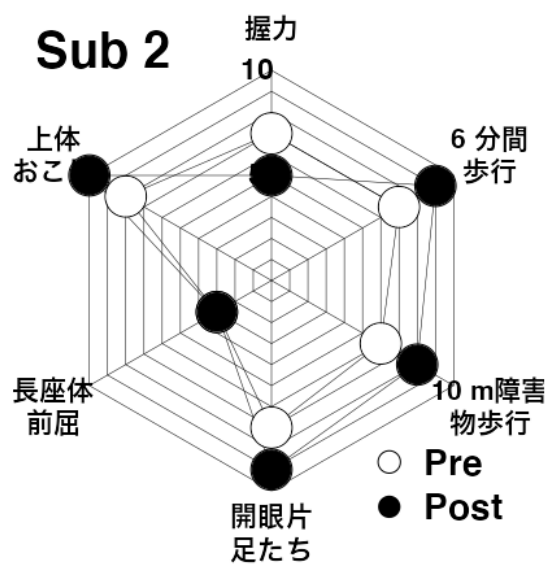


図 33 運動群の新体力テストの結果（65 歳～79 歳）

2) 対 照 群

図 34 は 対 照 群 の 20 歳 ～ 64 歳 用 の 新 体 力 テ ス ト (n=4), 図 35 は 65 歳 ～ 79 歳 用 の 新 体 力 テ ス ト (n=6) の 介 入 前 後 の 値 を 比 較 し た も の で あ る)。全 体 的 に 握 力 , 長 座 体 前 屈 お よ び 上 体 起 こ し が 介 入 後 で 劣 る 傾 向 が み ら れ た が , そ の 他 の テ ス ト 項 目 は 概 ね 維 持 さ れ て い た 。 全 身 持 久 力 を 評 価 す る テ ス ト (最 大 酸 素 摂 取 量 , 6 分 間 歩 行) は 介 入 後 で 10 名 中 7 名 が 高 値 を 示 し た 。

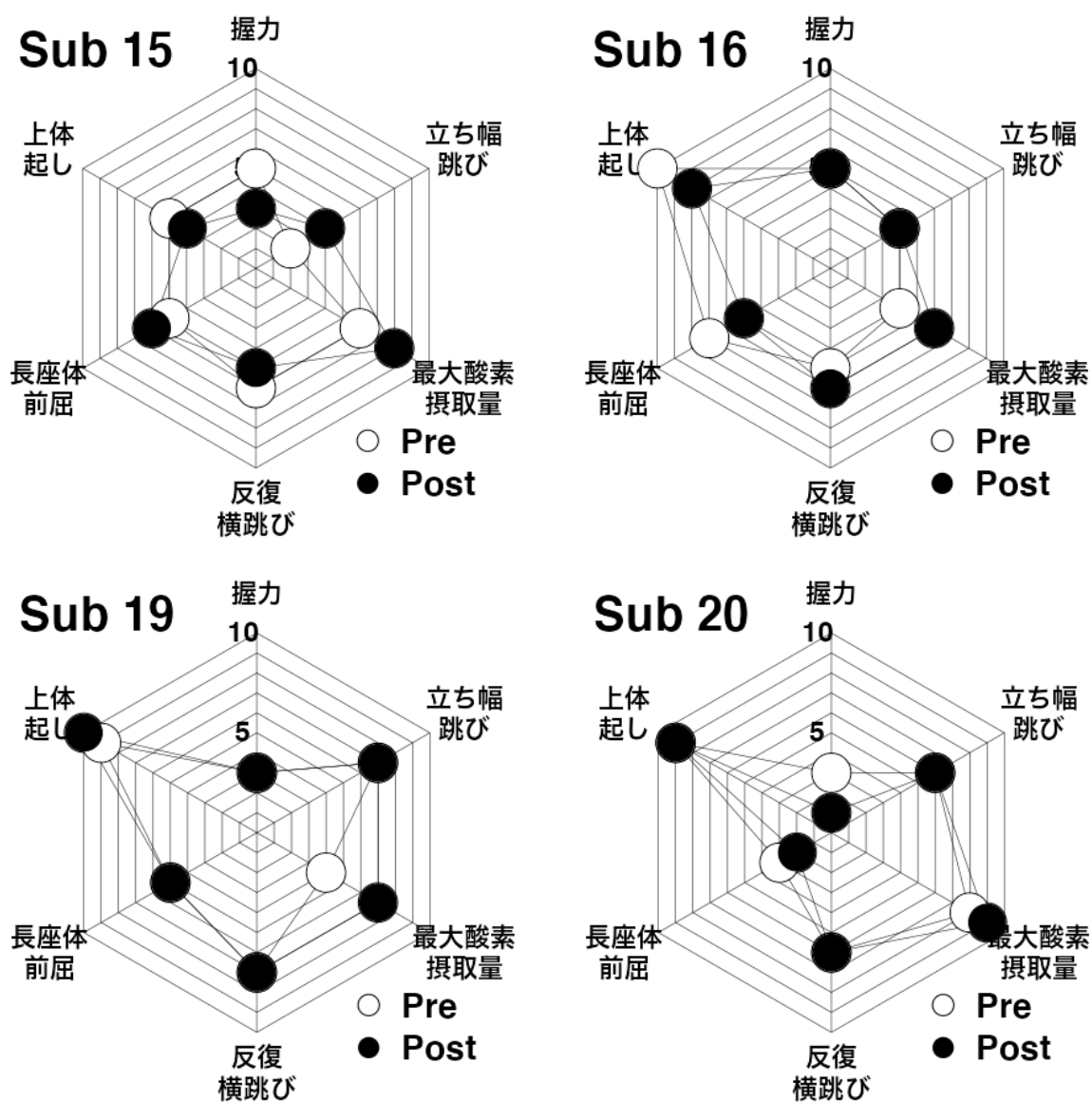


図 34 対 照 群 の 体 力 テ ス ト の 結 果 (20 歳 ～ 64 歳)

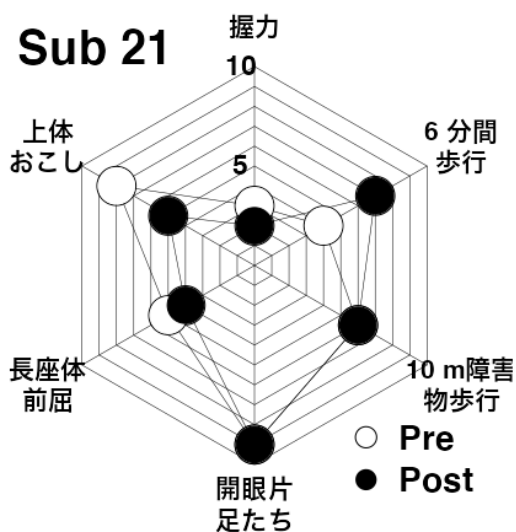
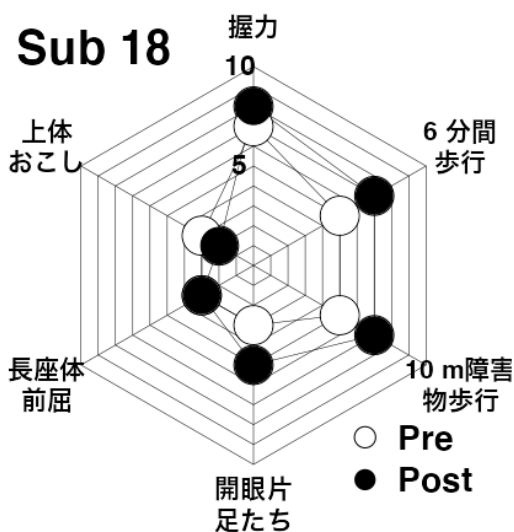
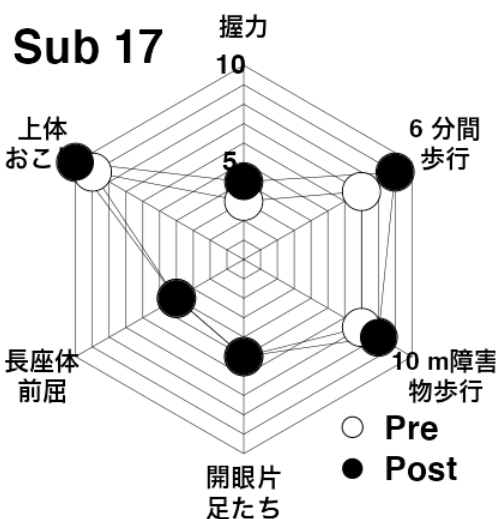
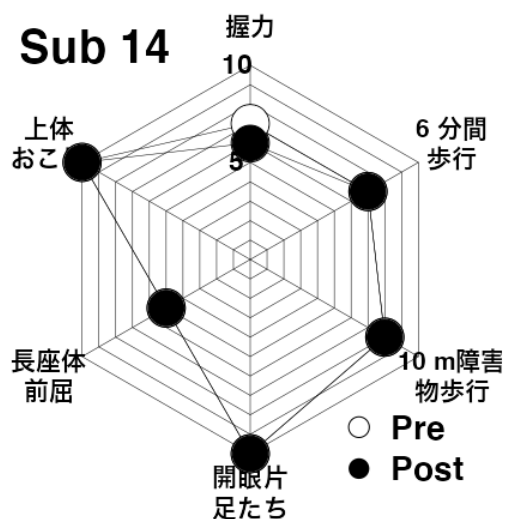
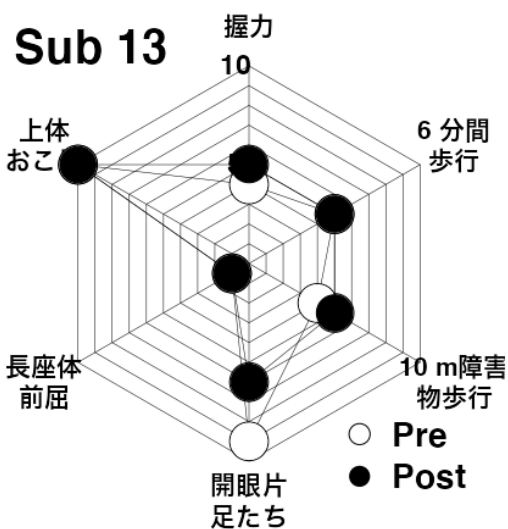
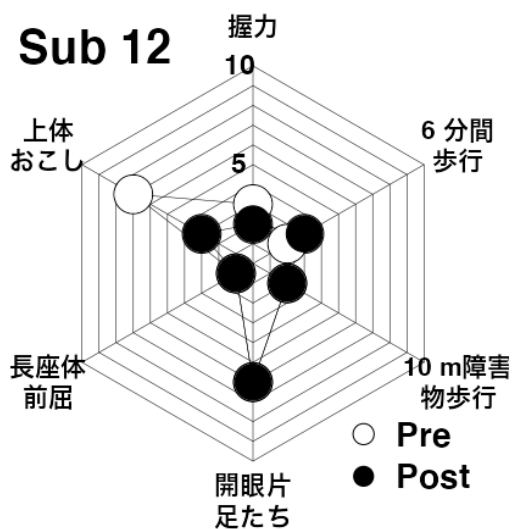
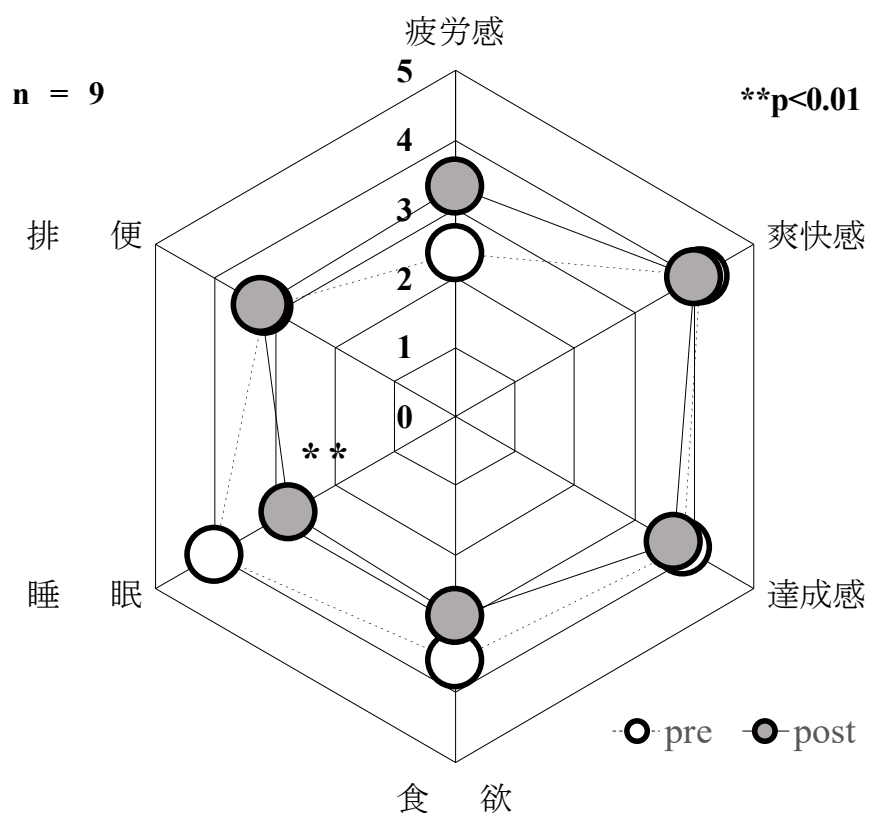


図 35 対照群の新体力テストの結果（65歳～79歳）

7. 感情および体調に関する調査の結果

図36は運動群に対して実施した，自転車運動の介入前後のアンケート調査（感情および体調の評価）の結果を比較したものである。睡眠の状況に関しては，介入後のポイントに有意な低値が認められた($p<0.01$)。統計的に有意ではなかったが，疲労感が高値を示し，食欲は低値を示した。爽快感，達成感および排便に関しては差がなかった。



1:全く感じない 2:あまり感じない 3:どちらでもない 4:やや感じる 5:かなり感じる

図 36 感情および体調に関するアンケート調査の結果

8. 自転車運動の介入後のアンケート調査の結果

運動群の対象者に対し，自転車運動の介入後に自転車運動の実施に関する以下の6つのアンケート（設問1～設問6）を実施した。

〔設問1〕介入前に観測されたRPE13時心拍数を目標心拍数と設定し，1時間実施できたかを「はい」，「いいえ」で質問した。

〔設問2〕設問1の実施状況について，その時に感じた強度を「全く感じなかった」～「非常にきつく感じた」の10段階を設定した。

〔設問3〕設問1の実施状況について，「初めから維持できなかった」～「いつもまでも走り続けられる」の5段階を設定した。

〔設問4〕設問2に対して，RPE13時心拍数を目標心拍数としたことについて，「非常にたかかった」～「適切だった」の5段階を設定した。

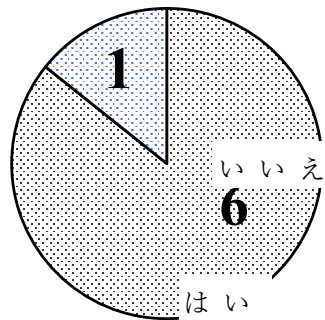
〔設問5〕自転車運動中の強度を観察するために，心拍数をモニタリングすることは「必要だった」，「必要ではなかった」，「どちらでもよい」の3件を設定した。

〔設問6〕設問6の理由を自由回答形式で質問した（回答は表8で示した）。

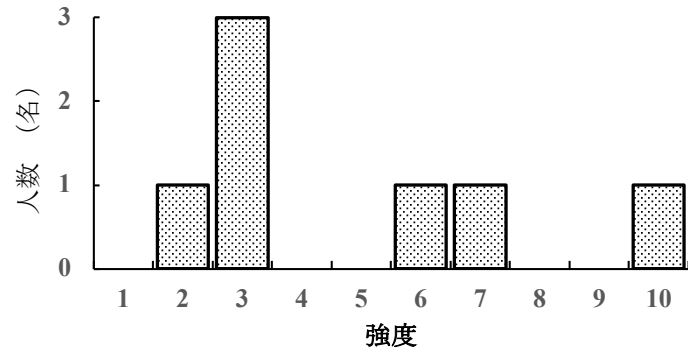
なお設問1～6については9名中7名より回答が得られた（図37）。

設問1については，「はい」が6名，「いいえ」が1名であった。設問2については，その時に感じた強度3が3名，強度が2，6，7および10の各1名であった。設問3については，「いつもまでも走り続けられた」は4名であり，「断続的に維持できた」は2名であり，「初めから維持できなかった」は各1名であった。設問4でのRPE13時心拍数を目標心拍数としたことについて，「適切だった」との回答が4名いた。設問4に関しての自転車運動中の強度を観察するために，心拍数をモニタリングすることは「必要だった」との回答が6名，一方「どちらでもよかった」が1名，「必要ではなかった」は0名であった。このことについての具体的な回答は表8 自転車運動介入後のアンケート調査の回答（自由記述）で示した。

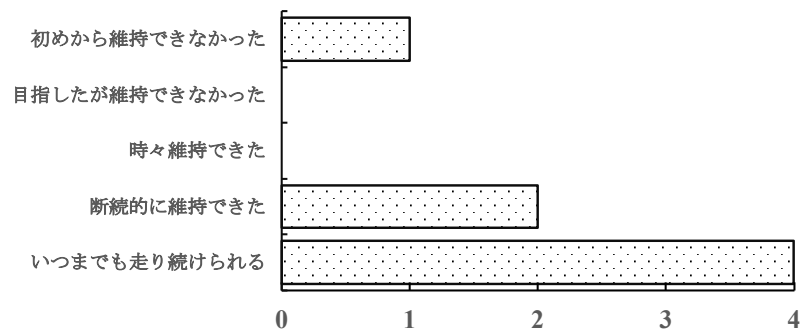
設問1：介入前に観測されたRPE13時心拍数を目標心拍数と設定し，1時間実施できたかを「はい」，「いいえ」で質問した。



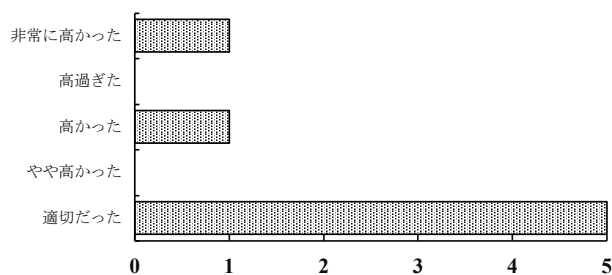
設問2：その時に感じた強度 1:「全く感じなかった」～10:「非常にきつかった」の10段階で質問した。



設問3：その時の実施状況について，「初めから維持できなかった」～「いつもまでも走り続けられる」の5段階を設定した。



4：設問2に対して，RPE13時心拍数を目標心拍数としたことについて，「非常にたかかった」～「適切だった」などの5段階を設定した。



設問5：自転車運動中の強度を観察するために，心拍数をモニタリングすることは「必要だった」，「必要ではなかった」，「どちらでもよい」の3件を設定した。

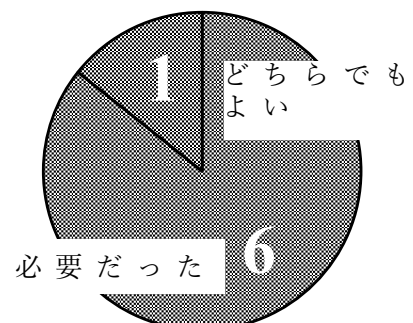


図 37 自転車運動介入後のアンケートの調査結果

表 8 自転車運動介入後のアンケート調査の回答（自由記述）

1.	自身の健康状態を観察でき、無理し過ぎない自転車運動を心がけられるから。
2.	実感による運動強度と心拍数から導かれる運動強度の乖離があることが多くなってきた 気がします。年齢とともに。
3.	Before this experiment I had no idea about heart rate zones, so knowing what level is sustainable or very hard etc. allows me to manage my rides better.※ 実験に参加するまでは、心拍ゾーンについて知見がなく、どのレベルが持続可能か、 非常にハードなのかなどを知ること、ライドをよりうまく管理できるようになりました。
4.	心拍数が把握できたら便利でしょうが、自転車運動の主目的はリラックスすることであり、 モニタリングは必須と思えないため。
5.	基本的に心拍数を見ながら走ることが多い。
6.	体調を含めた客観的な運動強度を示す指標が必要だから
7.	自分が感じている強度が、実際にはどうかわかる。

※ニュージーランド人, 日本在住22年

IV. 考 察

本研究は中高齢者が自転車運動を活用し、生涯を通して健康的で自立した日常生活が営めるような機能的能力を維持することができるかについて検討した。

ところで、本研究を計画・実施する直前に新型コロナウイルス感染症が2019年12月に中華人民共和国湖北省武漢市において確認され、その後世界保健機関（WHO）によって2020年1月30日に「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態」が宣言された⁴⁶。その後、同年3月11日、WHOは新型コロナウイルス感染症の状況をパンデミックとみなせると説明した。この間、国内外で感染者数が急増し、新型コロナウイルス感染症による医療の逼迫が人々の不安をさらに助長させることになり、PCR検査や日常生活では「換気の悪い密閉空間の回避」、「多くの人が集まる密集場所の回避」、さらに「身近で会話や発声をする密接の回避」のいわゆる三密の回避が徹底されるようになり、人々の行動様式が大きく変化してきた。このことで、多くの人々は精神面での緊張が解放されない状態での生活を長期にわたり強いられることになり、健康面での様々なトラブルが発生した。

Yamadaら⁴⁷は横断的なオンライン調査によって、新型コロナウイルス感染症の流行が日本の地域在住高齢者の身体活動に及ぼす影響について検討した。その結果、新型コロナウイルス感染症の流行によって、高齢者の2020年4月の身体活動時間は同年1月に比べて有意に減少していたことを明らかにした。この現象は、近い将来高齢者の様々な障害の発生率を高める可能性があることを示唆している。寺岡ら⁴⁸は新型コロナウイルス感染症流行下の高齢者の体力の変化について検討した。その結果、男女とも柔軟性や移動動作能力が低下していることを明らかにした。特に女性については上肢の筋力（握力）や手指巧緻動作が低下していた。寺岡ら⁴⁸の研究は4年間の縦断研究（2016年～2020年）であり、新型コロナウイルス感染症の流行下（2020年）では同感染症流行前（2016～2019）に比べて顕著に体

力の低下が進行していることを明らかにした。

新型コロナウイルス感染症の影響が体力に及ぼす影響は高齢者だけではなく、子ども⁴⁹や青年期の学生にも同様の傾向が報告されている^{50,51}。鈴木ら⁴⁹はコロナ禍が幼児の日常生活ならびに健康に与える影響について、保護者を対象にアンケート調査を実施した。その結果、コロナ禍における急激な自粛生活によって、幼児の食事、睡眠、身体活動量は様々な影響を受け、体力や運動能力の低下、肥満、精神衛生の悪化など健康を阻害する要因が出現したことを明らかにした。十河⁵⁰はコロナ禍における自粛期間が学生の身体活動量および精神状態に及ぼす影響について検討した。その結果、自粛期間中の体力の低下を感じている学生が6割にのぼることを明らかにした。また、自粛期間中の精神状態の悪化を感じている者の割合が4割程度いることを明らかにした。さらに女子においては月経不順になった者が1割程度いることを明らかにした。また戸枝ら⁵¹はコロナ禍が女子大学生の体力に及ぼす影響について、コロナ前と比較検討した。対象者は運動群と非運動群に分け、新体力テストとアンケート調査（運動習慣）を実施した。その結果、体力はコロナ禍で運動習慣がある群が運動習慣のない群に比べて有意な高値（握力以外）を示したことを明らかにした。またアンケート結果では、コロナ禍に運動不足を感じている学生の割合が6割以上を占めたことから、新型コロナウイルス感染症の影響によって体力や日常の活動が全体的に低下したことを明らかにした。このように、新型コロナウイルス感染症は年齢に関係なく多くの人々の日常生活の行動様式を大きく変え、精神的・身体的な面においてマイナスの影響を及ぼしている。ただし、運動群のようにコロナ禍でも運動習慣を維持することで体力が維持・向上することはこれまでと変わりがない。したがって、子どもや青年期以降の中高齢者においても、今後は新型コロナウイルスの感染を回避しながら運動を上手に取り入れる工夫が必要であろう。

Mokら⁵²は中高年者（45歳以上）を対象により活発的な身体活動を

習慣化することによって、死亡リスクを大きく減少し、長寿が望めると考えた。また中高齢期から身体活動を始めても、早期死亡のリスクを減らし、寿命を延ばす十分な効果が得られることを明らかにした。前述した戸枝ら⁵¹の報告のように、コロナ禍でも感染に留意しながら運動を継続することによって身体の機能を維持・増進させることは可能である。現在の日常生活において新型コロナウイルスの感染を回避する方法には三密に対する回避、すなわち「密閉空間の回避」、「密集場所の回避」、さらに「密接の回避」であるが、集団での運動に対しては十分な配慮が必要である。一般に中高年層が取り組む運動としては、子どもや青年期の若者が好むような球技などの集団スポーツよりも、テニスやゴルフ、あるいはウォーキングやジョギング、さらにサイクリングなどの少人数や個人で楽しむスポーツが多いように思われる。

芝山ら⁵³は20歳代～40歳代の女性を対象にサイクリング運動の効果について検討した。実験場所には1周802 mのサイクリングコースを設け、安全を確保できる環境下で行われた。サイクリング運動時のスピード（物理的強度）の目安はRPEで「ややきつい」から「きつい」と自覚しうる程度であった。芝山ら⁵³の研究では、交感神経活動が評価できるカテコラミンの最終代謝産物であるバニルルマンデル酸（VMA）排泄量から体内のカテコラミン分泌量のレベルを間接的に調査した。この指標や心拍数を分析した結果、対象者のサイクリング運動時は十分にオーバーロード（過負荷）の原則が成立する高い生体負荷を示すストレッサーとして働いていたことを示唆した。芝山ら⁵³の研究では安全な環境が整った状況であるが、本研究ではコロナ禍での対象者の募集に困難を要したことから、居住地が多方面にわたっていた。したがって、全員が同一エリアでの自転車走行を実施してデータを得ることができなかった。そこで本研究は先行研究^{41,42}を参考に運動群個々の自転車走行時の環境および生体情報を得ることにし、基本情報としてまとめた（図21～図28）。

西井ら⁴²は成人男性を対象に、自転車通勤者の健康・体力レベル

と通勤時の走行実態を調べた。調査では携帯型GPS機能を有する機器（Garmin製，Geko201）を用いて走行時の“緯度，経度，高度”を5秒間隔で詳細に記録した。またこれらのデータを地形図ソフトウェアにダウンロードして通勤経路を三次元的に分析した。さらに携帯用心拍数計（Polar製，S710i），走行速度，クランク回転数などの情報を詳細に分析した。調査の結果，自転車通勤では50%強度の運動が1通勤あたり70%以上含まれていることを明らかにした。また通勤時の自転車運転の諸状況を挙げ，例えば“信号停車後の再加速”や1通勤あたり積算200 mの高度上昇を伴う登坂を有するなど，自転車走行が心肺機能に良い影響をもたらしていたことを明らかにした。また心理学的調査として，通勤時の感性評価にSD法によるアンケートを実施したところ，通勤時に高い運動強度を有していたにもかかわらず，爽快感を感じていたことが分かった。このように，自転車通勤は身体的・精神的衛生面に良い効果をもたらすことを明らかにした。

本研究の運動群には自転車運動の強度としてRPE13（ややきつい）を維持するように指示し，1回当たり1時間程度の運動を週2回以上の頻度で8週間実施させた。一方，対照群は定期的な運動を実施していなかった。両群における測定項目は1)自転車エルゴメーターを用いた漸増運動負荷試験による最大酸素摂取量，2)年齢別新体力テスト，3)動的バランス能力テスト（BBT）であった。また運動群に対しては4)自転車運動に対する感情および体調の調査を行った。

まず体力について検討した。本研究では広く一般に利用されている文部科学省の年齢別新体力テストを用いた^{39,40}。運動群では上体起こしと立ち幅跳びで介入後が介入前に比べて有意な高値を示した（表6， $p < 0.05$ ）。また，握力，長座体前屈および反復横跳びには有意な差が認められなかった。一方，対照群では6分間歩行で8週後が有意な高値を示したが，その他の測定項目では有意な差がなかった（表6， $p < 0.05$ ）。

次に本研究では両群の動的バランス能力を観察するために BBT を実施し，その結果を検討した。運動群における介入後の BBT は，

介入前に比べ有意な高値を示した（表 7, $p<0.01$ ）。これは週 2 回以上 6 週間のロードバイクトレーニングの効果について検討した杉山ら⁴¹と同様の成績であった。この要因として以下のことが考えられた。すなわち、道路交通法上自転車は公道、車道の左側を走行しなければならない。その際自動車、バス、大型車両や時には自動二輪車からの幅寄せを受ける場合がある。これを回避するため、対象者は低速でバランスを保ち無意識に転倒を回避しながら走行している。このような自転車運転での行動によって全身の動的バランス能力が発達し、BBT の成績に繋がったものと考えられた。また運動群では上体起こしと立ち幅跳びが改善されたが、BBT の改善要因でも述べた通り、自転車運転中の公道での多頻度の始発停により下肢筋群⁴¹以外にも体幹筋群⁴¹の筋力が向上したのではないかと推察された。

杉山ら⁴¹は、主観的運動強度を用いて週 2 回以上 6 週間のロードバイクトレーニングが呼吸循環機能および生化学血液性状に及ぼす効果について検討した。対象者は健康的な成人男性 24 名であった。自転車によるトレーニングでは、主観的運動強度で「ややきつめ」でのトレーニング、「普通」でのトレーニング、「軽め」でのトレーニングの 3 群を設定した。測定項目は、自転車一本橋バランステスト（BBT）、自転車エルゴメーターを用いた最大酸素摂取量の測定、血液検査であった。各群の運動強度は「ややきつめ」の群で最大酸素摂取量は約 65% の強度であった。以下「普通」の群は約 56%, 「軽め」の群では約 43% であった。その結果、6 週間のロードバイクトレーニング期間で呼吸循環系の最大能力を改善するには 60% 強度以上のトレーニング強度が有効であることを明らかにした。また、60% 強度未満のトレーニング強度でも最大酸素摂取量や漸増運動負荷試験の運動時間などに改善傾向がみられたことを明らかにした。杉山ら⁴¹はこの研究より、ロードバイクで健康づくりを目指す場合にはトレーニング効果を得るために強度を上げるのではなく、走行距離、長期にわたる運動習慣として楽しむ取り組みが重要であると述べている。本研究で運動群に課した指示事項は安全運転を前提とし、自転車運動中の負荷を「ややきつい」主観的運動強度でコントロールすることであった。表 3 は、本研究における介入のベースであるフィールドまたはコロナ禍の事情で屋内での自転車運動中に得られた心拍数、運動強度および総エネルギー消費量を個々で示したものである。走行時間は約 1 時間であった。各データ（平均値±標準偏差）は、心拍数が 135.5 ± 15.5 bpm, 運動強度は $62.2 \pm 11.7\%$, さらに総エネルギー消費量は 483.8 ± 218.0 kcal であった。本研究における自転

車運動中の平均運動強度は約 62%であり、杉山ら⁴¹の「ややきつめ：約 65%」と概ね同様であった。介入期間は杉山ら⁴¹の 6 週間より 2 週間長かったが、本研究では漸増運動負荷試験から得られた運動群の最大酸素摂取量に変化がなかった（表 7）。しかし、漸増運動負荷試験時で疲労困憊に至るまでの運動継続時間は約 1 分間有意に延伸した（表 7, $p < 0.05$ ）。この成績は、介入トレーニングによる下肢筋力（立ち幅跳び）や体幹（上体起こし）の筋力の改善、さらに最後まで追い込むことに対する精神面の改善が影響したのかも知れない。一方、対照群の最大酸素摂取量は 8 週後に有意な高値を示した（表 5, $p < 0.05$ ）。対照群の最大心拍数（平均値±標準偏差）は実験前が 152.7 ± 24.4 bpm で 8 週後は 156.2 ± 24.6 bpm であり、有意ではなかったが向上していた。角田ら⁵⁴は体力水準の異なる高齢者に対する、短期間、低頻度の運動介入の効果で、たとえ短期間で運動頻度が週 1 回の低頻度でも、低体力な高齢者では効果が期待できることを示唆している。このことから、日常習慣的な運動を行っていない対照群の最大酸素摂取量の改善は、個々人が 8 週後の漸増運動負荷試験で最大努力をした結果と解釈された。ちなみに対照群の新体力テストの 6 分間歩行も 8 週後に有意な高値を示したが、最大酸素摂取量の向上の影響を受けたものと考えられた。

ところで西井ら⁴²は、自転車通勤時における心理学的検査を次の要領で実施した。すなわち①通勤によって疲労感を感じるか、②通勤によって爽快感を感じるか、③通勤を身体トレーニングの一環として取り組んでいるか、④通勤で汗をかきたいと思っているか、⑤通勤時の心肺機能を追い込もうと思っているかの 5 項目（5 件法）で Semantic differential method (SD 法)⁴³による通勤時の感性評価であった。その結果、自転車通勤をトレーニングの一部とは考えておらず、汗をかくことや息が上がることを望んでいるわけではないことが明らかになった。本研究では運動強度 RPE13 での自転車運動における感情および体調に関し、西井ら⁴²が用いた質問の表現を一部回答しやすい表現に改変し、介入前後の 2 回実施した。すなわち①自転車運動は疲労感を感じるか、②自転車運動は爽快感を感じるか、③自転車運動は達成感を感じるか、④自転車運動で食欲が好転するか、⑤自転車運動で睡眠の質が好転するか、⑥自転車運動で排便が好転

するか、の6項目（5件法）であった。図36で示した通り、爽快感、達成感および排便に関してはほぼ変化がなく、疲労感には有意な差がなかったが、介入後が介入前に比べて上昇した。食欲は介入後が介入前に比べて低下し、さらに睡眠は介入後が介入前に比べ有意に低下した($p<0.01$)。これらについては、実験当初のコロナ禍における閉塞感の中、自転車運動を通して介入後は爽快感や達成感が向上すると予測していた。しかし、これらの項目に関しては差が示されなかった。この理由としては、本研究における運動強度RPE13の指示を意識するあまり、登坂や高速走行を避けたことにより、解放感をもって走行することができずにフラストレーションが蓄積したことが引き金になったのではないかと推察した。また食欲は介入後が低下し、睡眠は介入後が有意に低下した($p<0.01$)。このことについては、コロナ禍における日常生活の影響なのか、または自転車運動の介入の影響なのかは明確にできなかった。さらに、疲労感が介入後に高値を示したことに 대해서는、介入後の聞き取り調査にも示されたように、運動強度RPE13で1回1時間程度の自転車運動の実施により、疲労感が増した者がいたことが影響したものと考えられた（図37）。しかし、自転車運動の運動強度がRPE13程度であっても、この運動強度を意識したペダリングにより、下肢筋群²⁹や体幹筋群²⁹へのトレーニング効果があったと推察され、これは一定のトレーニング効果が得られたと考えられる。

ところで、国土交通省⁵⁵は我が国の国民を取り巻く環境面や健康面などを勘案し、平成29（2017）年5月に「自転車活用推進法」を施行した。この基本理念として“自転車は、二酸化炭素を発生せず、災害時において機動的”，“自動車依存の低減により，健康増進・交通混雑の緩和等，経済的・社会的な効果”，“交通体系における自転車による交通の役割の拡大”，“交通安全の確保”の4つを挙げ，自転車の活用を総合的・計画的に推進している。自転車運動の効果についてはこれまでも多くの研究^{26,29,41,42,53,56}がみられ，肯定的な成績が多い。本研究は週2回以上で運動強度がRPE13での自転車運動を8週

間という限定的な期間による介入であったが、種々の体力については低下することなく良好な成績が得られたものと思われた。特に上体起しや立ち幅跳びなど体幹や脚力が有意に向上したことは自転車運動の効果の影響と考えられた。また、介入前後の感情および体調に関するアンケート調査では、コロナ禍の様々な感情や体調が含まれていた可能性が考えられた。

以上、本研究では自転車運動を活用した8週間の身体活動が、自立した日常生活が営めるような機能的能力の維持に対して、効果が期待できる可能性が示唆された。今後本研究のような自転車運動を日常的に継続することで、生涯にわたる健康生活の維持に繋がっていくものと考えられた。今後は杉山ら⁴¹が述べているように、ロードバイクで健康づくりを目指す場合にはトレーニング効果を得るために強度を上げるのではなく、走行距離、長期にわたる運動習慣として楽しむ取り組みが重要であると考えられた。なお本研究の対象群の8週前後の比較ではやや低下した測定項目もみられるが、最大酸素摂取量と6分間歩行では有意な向上がみられた。これはそれらのテストに対して検者の指示通り全力で臨んだ結果である。限定的な体力の向上であったが、対照群一人一人が今後の健康体力の維持向上の期待も込めて8週前後の説明を行った。

V. まとめ

本研究は中高齢者を対象に週2回以上の自転車運動を活用した8週間の身体活動によって、生涯を通して健康的で自立した日常生活が営めるような機能的能力を維持することができるかどうかについて対照群を設定して比較検討した。主な成績は以下の通りである。

1. 新体力テストの8週前後の成績

運動群の新体力テストは、上体起こしと立ち幅跳びで介入後が介入前に対して有意な高値を示した ($p < 0.05$)。他の測定項目には有意な差がなく、体力の維持が確認できた。

一方、対照群の新体力テストは6分間歩行で有意な高値が認められた ($p < 0.05$)。

2. BBTおよび漸増運動負荷試験による最大酸素摂取量の8週前後の成績

運動群のBBTは介入前に対して介入後が有意な高値を示した ($p < 0.01$) が、対照群では有意な差がなかった。介入前後の最大酸素摂取量は運動群で有意な差が認められなかった。一方、対照群では実験前に対して8週後の最大酸素摂取量が有意な高値を示した ($p < 0.05$)。

3. 運動群における感情および体調に関する調査

睡眠に関しては、介入後に有意な低減が認められた ($p < 0.01$)。また統計的に有意ではなかったが、疲労感が高値を示し、食欲は低値を示した。爽快感、達成感および排便に関しては有意な差がなかった。

以上、週2回以上の自転車運動を8週間という限定的な期間による研究であったが、種々の体力については低下することなく良好な成

績が得られた。特に体幹と脚の筋力，さらに漸増運動負荷試験による運動継続時間の延伸に有意な向上が認められたが，この変化についてはRPE13の強度でコントロールした自転車運動による効果と考えられた。

今回の研究ではロードバイクが主となったが，今後の課題としてはより身近なシティーバイクや低体力者やリハビリテーションの現場において，屋内固定式バイクを利用したの研究を行い，人々の健康維持・向上につなげたいと考える。

VI. 参考文献

1. 総務省統計局．人口・世帯．
<https://www.stat.go.jp/info/today/009.html> (2021 年 5 月 16 日にアクセス)
2. 奥村晴彦．日本人の平均寿命．https://oku.edu.mie-u.ac.jp/~okumura/stat/life_expectancy.html (2022 年 12 月 12 日にアクセス)
3. 厚生労働省．令和 3 年簡易生命表の概況．
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life21/index.html>
(2023 年 1 月 4 日にアクセス)
4. WHO. World health statistics 2022: monitoring health for the SDGs, sustainable development.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240051157> (.2023 年 1 月 4 日にアクセス)
5. 松本和興，今木雅英（編著）．健康管理概論，p.12-13，同文書院，東京，2003.
6. 厚生労働省．健康寿命の令和元年の値について．
<https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000872952.pdf> (2023 年 1 月 5 日にアクセス)
7. 厚生労働省．人口動動態総覧．令和 3 年(2021)．
https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei21/dl/03_h1.pdf (2023 年 1 月 5 日にアクセス)
8. 厚生労働省．今後の高齢化の進展～2025 年の超高齢社会像～．
<https://www.mhlw.go.jp/shingi/2006/09/dl/s0927-8e.pdf> (2021 年 12 月 20 日にアクセス)
9. 農林水産省．日本の食品ロスの状況（平成 29 年度）．
<https://www.maff.go.jp/j/press/shokusan/kankyoi/200414.html>
(2021 年 12 月 10 日にアクセス)

10. 厚生労働省．健康日本 21.
https://www.mhlw.go.jp/www1/topics/kenko21_11/top.html (2020 年 12 月 1 日にアクセス)
11. 厚生労働省．「健康日本 21」中間評価報告書.
https://www.kenkounippon21.gr.jp/kenkounippon21/ugoki/kaigi/pdf/0704hyouka_tyukan.pdf (2021 年 10 月 21 日にアクセス)
12. 厚生労働省．健康日本 21(第二次).
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoku/kenkou/kenkounippon21.html (2022 年 11 月 23 日にアクセス)
13. 長野県．長野県自転車活用推進計画.
<https://www.pref.nagano.lg.jp/kurashi-shohi/anzen/documents/202112jitensyakeikaku-kaitei.pdf> (2022 年 10 月 3 日にアクセス)
14. 洲本市．洲本市自転車ネットワーク計画.
<https://www.city.sumoto.lg.jp/uploaded/attachment/8386.pdf> (2021 年 11 月 3 日にアクセス)
15. 姫路市．姫路市自転車活用推進計画（改訂版）.
https://www.city.himeji.lg.jp/shisei/cmsfiles/contents/0000001/1430/section_1new.pdf (2022 年 8 月 20 日にアクセス)
16. 名古屋市．名古屋市自転車推進計画.
https://www.city.nagoya.jp/ryokuseidoboku/cmsfiles/contents/0000139/139281/00_keikakuhonnpenn.pdf (2022 年 8 月 15 日にアクセス)
17. 西宮市．西宮市自転車利用環境改善計画.
https://www.nishi.or.jp/kotsu/kotsu/doro/BicyclePlan.files/BicyclePlan_202007.pdf (2022 年 5 月 3 日にアクセス)
18. 神戸市．神戸市自転車活用推進計画.
https://www.city.kobe.lg.jp/documents/31446/jitensyakatuyou_all.pdf (2022 年 5 月 3 日にアクセス)
19. 兵庫県．兵庫県自転車活用推進計画.

- https://web.pref.hyogo.lg.jp/ks08/documents/03_hyogo-cycle-plan-mainpart1.pdf,https://web.pref.hyogo.lg.jp/ks08/documents/04_hyogo-cycle-plan-mainpart2.pdf (2022 年 5 月 5 日にアクセス)
20. 横浜市．横浜市自転車活用推進計画．
https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/doro/jigyo_kikaku/jitensha/by-cycle-plan.files/2212keikaku.pdf (2022 年 5 月 1 日にアクセス) ．
21. 芦屋市．芦屋市自転車ネットワーク計画．
<https://www.city.ashiya.lg.jp/douro/documents/network.pdf> (2022 年 8 月 14 日にアクセスにアクセス)
22. 真庭市．自転車を活用した健康づくり推進事業～真庭市における自転車と健康の取組み～．
https://cyclingood.shimano.co.jp/social/report13_1.html,https://cyclingood.shimano.co.jp/social/report13_2.html
23. 明石市．明石市自転車利用環境向上計画．
http://www.city.akashi.lg.jp/doboku/dousei_ka/documents/zitensya-honpen-ikkatu.pdf (2022 年 5 月 3 日にアクセス)
24. 袋井市．袋井市自転車を活かしたまちづくりの指針．
<https://www.city.fukuroi.shizuoka.jp/material/files/group/11/jitensyasisinn.pdf> (2022 年 5 月 2 日にアクセス)
25. 千葉市．千葉市自転車を活用したまちづくり基本方針．
<https://www.city.chiba.jp/kensetsu/doro/bicycle/documents/kihonhoushin.pdf> (2022 年 5 月 5 日にアクセス)
26. 小川正行．自転車通勤の健康づくりに及ぼす影響に関する研究．群馬大学教育学部紀要，42，87-95，2007．
27. 金沢市．金沢市自転車活用推進計画 ーかなざわ快適創出サイクルプランナー．
<https://www4.city.kanazawa.lg.jp/material/files/group/9/jikatsukei.pdf> (2022 年 5 月 3 日にアクセス)

28. 広沢正孝，形本静夫，北村薫．自転車による健康増進のための自然科学的研究 3 カ年（平成 21 年度～23 年度）取りまとめ．
https://www.bpaj.or.jp/file_upload/100312/_main/100312_01.pdf
(2021 年 3 月 12 日にアクセス)
29. 高石鉄雄，對馬明，児玉泰，ほか．自転車による運動習慣のある中高齢者の自転車走行中の運動強度および体力・健康レベル．
体力科学，62(4)，331-341，2013．
30. Bouaziz W, Schmitt E, Kaltenbach G, et al. Health benefits of cycle ergometer training for older adults over 70: a review. *Eur Rev Aging Phys Act*, 12, 1-13, 2015.
31. Huy C, Becker S, Gomolinsky U, et al. Health, medical risk factors, and bicycle use in everyday life in the over-50 population. *J Aging Phys Act*, 16(4), 454-464, 2008.
32. Schnohr P, Marott JL, Jensen JS, et al. Intensity versus duration of cycling, impact on all-cause and coronary heart disease mortality: the Copenhagen City Heart Study. *Eur J Prev Cardiol*, 19(1), 73-80, 2010.
33. Leyland LA, Spencer B, Beale N, et al. The effect of cycling on cognitive function and well-being in older adults. *PLoS Comput Biol*, 14(2), 1-17, 2019.
34. Kingdom United. Gear Change A bold vision for cycling and walking, 2020.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/904146/gear-change-a-bold-vision-for-cycling-and-walking.pdf (2023 年 1 月 3 日にアクセス)
35. UN. Cycling and Sustainable Development Goals.
<https://unric.org/en/sustainable-development-goals-cycling/> (2023 年 1 月 3 日にアクセス)
36. Watanabe K, Watanabe H, Wadazumi T, et al. Exercise intensity during a 30-minute ground stroke rally using short-tennis racket

and ball: comparison between skilled and novice groups. J Educ Health Sci, 52, 259-266, 2007.

37. 小野寺 孝一，宮下充正．全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性：Rating of perceived exertion の観点から．体育学研究，21(4)，191-203，1976．
38. 健康長寿ネット．心拍数と運動強度，2019，
<https://www.tyojyu.or.jp/net/kenkou-tyoju/undou-kiso/shinpaku.html>（2022年12月12日にアクセス）
39. 文部科学省．新体力テスト実施要項 65～79歳．
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/sports/detail/__icsFiles/afieldfile/2010/07/30/1295079_04.pdf（2021年2月1日にアクセス）
40. 文部科学省．新体力テスト実施要項 20～64歳．
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/sports/detail/__icsFiles/afieldfile/2010/07/30/1295079_03.pdf（2021年2月1日にアクセス）
41. 杉山康司，富田寿人，星川秀利，ほか．主観的運動強度を用いて週2回以上6週間のロードバイクトレーニングが呼吸循環機能および生化学的血液性状に及ぼす影響．静岡大学教育学部研究報告，68，219-233，2018．
42. 西井匠，鋤柄悦子，阿部竜二，ほか．東海地方における自転車通勤者の健康・体力レベルと通勤時の走行実態．体力科学，61(2)，251-258，2012．
43. 大山正，岩脇三良，宮埜壽夫（共著）．心理学研究法：データ収集・分析から論文作成まで，p.65-75，サイエンス社，東京，2005．
44. WHO. Global recommendations on physical activity for health, p.8, WHO press, Switzerland, p.8, 2010.
45. 大蔵倫博，上野 M リンダ，田中喜代次．最大下多段階漸増負荷法による自転車運動中の自覚的運動強度を利用した全身持久性

- 体力推定法 一般若年男性の検討．体育学研究，43，102-116，1998．
46. 国立感染症研究所．新型コロナウイルス感染症（COVID-19）．
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2487-idsc/idwr-topic/9669-idwrc-2021.html> (2023 年 1 月 2 日にアクセス)
47. Yamada M, Kimura Y, Ishiyama D, et al. Effect of the COVID-19 Epidemic on Physical Activity in Community-Dwelling Older Adults in Japan: A Cross-Sectional Online Survey. J Nutr Health Aging, 24(9), 948-950, 2020.
48. 寺岡 かおり，辻 大士，神藤 隆志，ほか．新型コロナウイルス感染症流行下の高齢者の体力の変化～パフォーマンステストを用いた検討～．日本老年医学会雑誌，59(4)，491-500，2022．
49. 鈴木 瑛貴，遠藤 隆志，窪谷 珠江，ほか．コロナ禍が幼児の日常生活ならびに健康に与える影響－2021 年 2－3 月の保護者へのアンケート調査より－．植草学園短期大学紀要，23，87-95，2022．
50. 十河直太．コロナ禍における大学生の身体活動量およびこころの実態調査．環太平洋大学研究紀要 18，221-225，2021．
51. 戸枝美咲，野上玲子，山田小夜歌，ほか．コロナ禍が女子大学生の体力に及ぼす影響．日本女子大学紀要家政学部，69，121-129，2020．
52. Mok A, Khaw KT, Luben R, et al. Physical activity trajectories and mortality: population based cohort study. BMJ, 1-11, 2019.
53. 芝山秀太郎 江橋博，西嶋洋子，松澤眞知子．家庭婦人の体力におよぼすサイクリング運動の効果．デサントスポーツ科学，1，71-79,1981．
54. 角田憲治，尹智暎，辻大士，ほか．体力水準の異なる高齢者に対する，短期間，低頻度の運動介入の効果．－Square-stepping exercise を中心とした運動介入－．厚生指標，58，6-13，2011．
55. 国土交通省．自転車活動推進法の施行について．

<https://www.mlit.go.jp/road/bicycleuse/pdf/about.pdf> (2023 年 1 月 3 日にアクセス)

56. 小川圭一，宮本達弥．地方都市における自転車利用促進のための有効な距離帯に関する地域比較分析．土木学会論文集 D3（土木計画学），68(5)，883-892，2012．

謝 辞

本論文は武庫川女子大学大学院での3年間にわたる研究成果を同修士課程において学位論文としてまとめたものである。

本論文をまとめるにあたり、多くの方々からのご助力をいただいた。

指導教員である渡邊完児教授(武庫川女子大学健康・スポーツ科学部)には3年間にわたり懇切丁寧に研究の取組み方や論文の書き方など多くをご教授賜りましたこと厚く御礼申し上げます。

そして論文に打ち込んだ3年間、大きな支えとなってくれた家族に感謝したい。また、本研究の実験に研究室まで足を運んでいただいた皆様、自転車による運動活動にご参加ご協力いただきました皆様にも感謝いたします。その他、紹介しきれないの方々からのご教授、ご協力をいただきここに論文の完成を見ることができた。

最後に本研究を今後発展させていくために、調査をさらに重ね、中高年齢者の健康維持増進に寄与すべく研究の途を歩むことを誓い、これら多くの方々への謝辞としたい。