

高齢者を対象にした DPBP 相当心拍数と年齢推定の 50%VO₂max 相当心拍数との比較・検討と支援方法の提案（第一報）

○前田龍・松原建史・樋口慶亮・藤谷順三・石見淳二・江口慎一（株健康科学研究所）
進藤宗洋（福岡大学スポーツ科学部）

キーワード：高齢者 健康づくり運動 DPBP 相当心拍数 年齢推定 50%VO₂max 相当心拍数

目的

高齢化が進み、生活習慣病や寝たきりの予防・改善を目的に健康づくり運動を実践する高齢者の割合が増加している。自治体の施策として、高齢者の利用料金を減免している公共運動施設もあり、利用の大半が高齢者という所も珍しくない。そして、これまで健康づくり運動の支援現場では、年齢から推定した 50%VO₂max 相当の心拍数（以下、年齢推定 HR = 138 - 年齢 ÷ 2 拍/分）を用いて、ニコニコペース運動の強度管理を行ってきた。しかし、この式は 70 歳未満を対象にしたもので、高齢者における信頼性については明らかにされていない。また、運動負荷に対する HR 反応は個体差が大きく、運動の自由度（安全限界と有効限界の幅）が狭いと想定される高齢者には、より緻密な負荷設定が必要になってくる。そこで、本研究は二重積屈曲点（以下、DPBP）相当の HR（以下、HR@DPBP）を用いて高齢者における年齢推定 HR の信頼性を検証するとともに、高齢者に対する安全かつ効果的な健康づくり運動の支援方法について考察することを目的とした。

方法

1. 対象

公共運動施設で健康づくり運動を実践している 65 歳以上の高齢者で、DPBP の測定を行った 34 名の内、血圧上昇により測定を中断した 11 名と HR 抑制作用がある降圧薬服用者 4 名を除いた 19 名（72 ± 5 歳）を本研究の対象とした。統計処理は降圧薬非服用群（男性 5 名、女性 9 名）と服用群（男性 5 名）に分類して行った。

2. 座位安静時 HR（以下、HR@rest）測定

3 分以上の座位安静後、脈拍モニター HR-40（日本精密測器）により HR@rest を測定した。

3. DPBP 測定

DPBP 測定は自転車エルゴメータを用いた多段階式運動負荷試験により行った。運動負荷の漸増は、1 ~ 2

分間隔で、対象者の状態を考慮して 0.1 ~ 0.3kp の幅で個別に設定した。そして、各負荷における HR と自動血圧計 FB-300（フクダ電子）を用いて収縮期血圧（以下、SBP）を測定し、HR と SBP の二重積が運動負荷の増加に伴い、急増する屈曲点（これを DPBP という）が目視にて確認されるまで運動負荷を漸増していった。正式な DPBP は、測定終了後に熟練者 3 名それぞれが目視により決定した平均値を採用した。そして、DPBP 強度による 4 分間の固定運動負荷試験を行ない、HR、SBP の測定と RPE を聴取した。

結果と考察

年齢推定 HR と HR@DPBP は、非服用群で 102 ± 2 拍/分と 103 ± 11 拍/分、服用群で 102 ± 3 拍/分と 97 ± 13 拍/分であり、各群とも 2 つの HR の間に差を認めなかった。しかし、HR@DPBP が年齢推定 HR の ± 10% 以内だった者は服用群で 14 名中 8 名、非服用群で 5 名中 2 名であった。また、“年齢推定 HR - HR@DPBP”から求めた ΔHR には個体差があり、その影響因子を分析したところ、非服用群・服用群とも ΔHR と HR@rest との間に有意な負の相関性を認めた（それぞれ、 $p < 0.05$ ）。さらに、DPBP 相当の RPE は、両群とも 12 ± 1 であり、全対象者が 11 から 13 の範囲であった。

以上のことから、65 歳以上の高齢者（HR 抑制作用がある降圧薬服用者を除く）を対象とする場合、年齢推定 HR は約半数の者には適用可能であることが明らかになった。一方、残りの半数には異なる支援が必要となるが、HR@rest を指標に年齢推定 HR を修正することや適時 RPE を聴取することで、適正運動強度に管理できる可能性が示唆された。今後もデータを集積させ、ΔHR に及ぼす影響因子について、体力因子も含めた検討を行い、高齢者に対する信頼性の高い運動支援方法の確立を支援現場から目指していきたい。

ニコニコペース運動の継続による最大下有酸素性作業能の向上が血圧に及ぼす効果について

～公的健康増進施設での取り組み～

○藤谷順三・濱泰之・松原建史・石見淳二・江口慎一（株式会社健康科学研究所）
進藤宗洋（福岡大学スポーツ科学部）

キーワード：ニコニコペース運動 最大下有酸素性作業能力 降圧効果

目的

健康づくり運動の支援現場では、年齢推定による最大酸素摂取量の50%相当の心拍数(以下、推定HR@50% $\dot{V}O_2$ max)を指標に、ニコニコペース運動の強度を管理しているが、これを指標にしたトレーニング(以下、Tr.)の降圧効果に関する報告は存在しない。そこで本研究は、推定HR@50% $\dot{V}O_2$ maxのTr.による最大下有酸素性作業能の向上が、降圧作用に及ぼす影響について検証するとともに、支援現場で運動効果を引き起こすための条件について明らかにすることを目的とした。

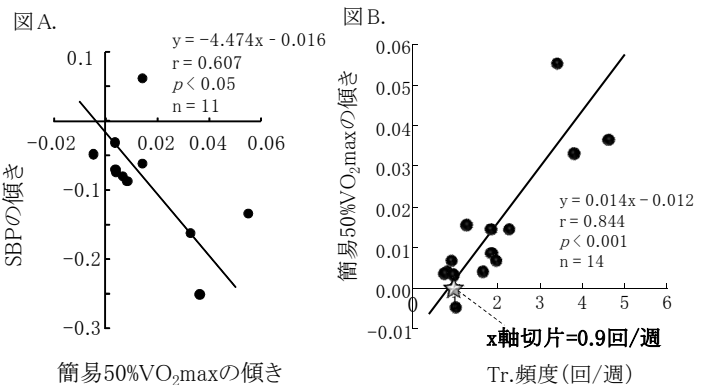
方法

1. 対象：福岡県宇美町健康福祉センター「うみハピネス」トレーニングルームで3年以内に100回以上のTr.を行い、Tr.開始時のSBPが140mmHg以上またはDBPが90mmHg以上であった降圧薬非服用群(以下、非服用群)27名と降圧薬服用群(以下、服用群)34名を対象とした。

2. 測定：最大下有酸素性作業能として、自転車エルゴメータ運動中の一組の負荷(watts)、脈拍数(拍/分)、体重(kg)と年齢から単位体重当たり簡易推定50% $\dot{V}O_2$ max(ml/kg/分：以下、簡易50% $\dot{V}O_2$ max)を算出した(算出方法は、第61回九州体育スポーツ学会抄録：松原らに掲載)。Tr.1～10回目はコンディショニング期間として解析データから除外し、11回目以降のTr.日と簡易50% $\dot{V}O_2$ maxの関係から回帰直線を求めた。次に、全プロットの回帰直線に対する残差を算出し、スミルノフの棄却検定を用いて離れ値を除外した。そして、回帰直線の傾きをTr.適応速度とし、同様の処理を血圧に関しても行った。

結果と考察

Tr.11～15回目と96～100回目の値が揃っている者を対象に、各平均値を比較したところ、非服用群では簡易50% $\dot{V}O_2$ maxが有意に向上し、SBPとDBPは有意に低下していた(全て $p < 0.001$)。服用群では簡易50% $\dot{V}O_2$ maxは有意に向上し($p < 0.001$)、SBPは低下傾向で($p = 0.051$)、DBPは有意に低下していた($p < 0.05$)。最大下有酸素性作業能と血圧のTr.適応速度の関係では、両群とも簡易50% $\dot{V}O_2$ maxとSBPならびにDBPに有意な負の相関性を認め(非服用群は $p < 0.05$ 、服用群は $p < 0.001$)、最大下有酸素性作業能のTr.適応速度が速いほど、血圧の低下も速いことが示唆された(図A)。次に、Tr.頻度(回/週)と簡易50% $\dot{V}O_2$ maxのTr.適応速度に両群とも有意な正の相関性を認め(両群 $p < 0.001$)、各回帰直線のx軸切片は、非服用群は0.9回/週、服用群は1.3回/週であった(図B)。このことから、健康づくり運動の支援現場で最大下有酸素性作業能を向上させ、血圧に対する運動効果を引き起こすためには、週2回の施設での運動実施を目標に、最低週1回以上は実施するよう取り組む必要があると考えた。



図A. 非服用群における簡易50% $\dot{V}O_2$ maxと血圧のTr.適応速度の関係

図B. Tr.頻度と簡易50% $\dot{V}O_2$ maxのTr.適応速度との関係(B)

個々人の全身持久力のトレーニング適応に合わせた系統的支援方法の提案

～佐賀市健康運動センターにおける健康づくり運動支援の実践報告1～

○井上博隆、梅田耕太郎、山村和郎、樋口慶亮、松原建史、江口慎一（株式会社健康科学研究所）
進藤宗洋（福岡大学スポーツ科学部）

【はじめに】

佐賀市健康運動センターは、“市民がいいきいと暮らせる社会の実現を目指す健康づくりの拠点施設”として平成16年にオープンした。そして、健康の維持・増進には最大酸素摂取量（以下、 $\dot{V}O_{2max}$ ）の向上が不可欠なため、年齢推定の $50\% \dot{V}O_{2max}$ 相当心拍数（ $=138 \cdot \text{年齢}/2$ ：拍/分）を指標にニコニコペースを基調に支援を行ってきた。もっとも $\dot{V}O_{2max}$ の効率的向上を図るためには、個々人の運動適応状態に合わせて運動内容を適宜調整していくことが望ましい。しかし、当施設の様により一日数百人が利用するような支援現場では、運動負荷試験を定期的に実施することは困難である。

そこで、我々は毎回の自転車エルゴメータ運動のトレーニングデータ（年齢、体重、運動時心拍数と仕事率）から、単位体重当たり $50\% \dot{V}O_{2max}$ を推定する方法（以下、簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ ）を考案し（松原ら，2013）、最大下有酸素性作業能力の適応状態を経時的に確認しながら、それに合わせて運動時間と強度を調整することで効率的に体力向上を図る系統的支援方法『健康科学システム』を開発した。本研究はシステムの有効性について事例検証することを目的とした。

【方法】

1. システムの特徴

- ① 簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ の適応状態に合わせて運動時間の延伸を図ること。
- ② 運動時間の延伸に伴う簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ の向上を認めない場合は、目標心拍数の上方修正を行うこと。

2. 4つの期間で構成したシステムの流れ

- ① 準備期間（2～4週間）：ニコニコペース運動に慣れてもらうために仕事率の漸増と運動時間の延伸を段階的に実施する。
- ② 強化支援期間（12週間）：週1回の個別支援と2週間毎に簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ を確認し、運動内容（時間と仕事率）の見直しを行う。
- ③ 定期支援期間（8週間）：2週間毎に個別支援と運動内容の見直しを行うと共に運動の習慣化を図る。
- ④ 継続支援期間（31週間）：4週間毎に個別支援と運動内容の見直しを行うと共に運動実践の自律化を図る。

3. 簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ の計算方法

- ① 年齢推定 $50\% \dot{V}O_{2max}$ 仕事率 $=$ 運動時仕事率 \times （年齢推定 $50\% \dot{V}O_{2max}$ 相当心拍数 / 運動時心拍数）
- ② $50\% \dot{V}O_{2max}/wt(\text{ml/kg/分}) = 1.8 \times \text{仕事率}(\text{kg} \cdot \text{m} / \text{分}) / \text{体重}(\text{kg}) + 3.5(\text{ml/kg/分}) + 3.5(\text{ml/kg/分})$

4. 系統的支援方法

確認①：経過日数と毎回の簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ の一回帰式における傾きから2週間毎に適応状態を確認。

確認②：施設運動時間が目標簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ に相当する運動時間に達しているか確認。

支援①：確認①で運動適応の予測値に達している場合は、運動内容の見直しはせずに継続的支援。

支援②：確認①で運動適応の予測値に達せず、確認②で運動時間が不足している場合は、運動時間の延伸を支援。

支援③：確認①で運動適応の予測値に達せず、確認②で運動時間を充足している場合は、目標心拍数を上方修正。

【結果】

事例：女性、46歳、身長153.0cm、体重47.4kg、BMI20.2
4、8、12週で運動時間の減少に伴い、簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ が低下していたため、目標心拍数は適当と判断し、再度、時間の延伸を図ったところ、簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ が向上した。

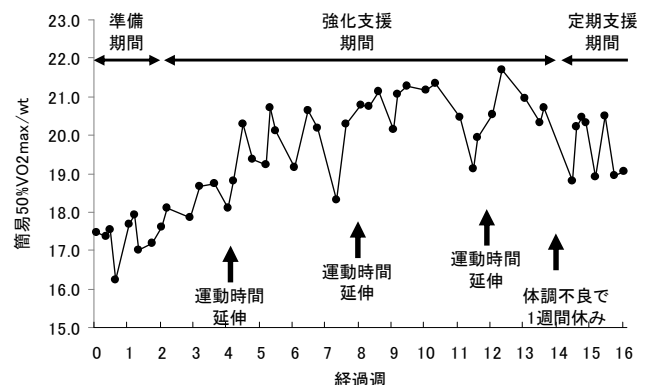


図1 強化支援期間における簡易 $50\% \dot{V}O_{2max}/wt$ の変化

【結論】

最大下有酸素性作業能力の適応状態を経時的に確認しながら、運動内容の見直しを行う系統的支援により体力向上が認められ、『健康科学システム』の有効性が示唆された。

最大下有酸素性作業能力と中等強度以上の日常身体活動量が動脈スティフネスに及ぼす影響

○松原建史, 柳川真美, 園田紀子 (福岡市健康づくりセンター), 小池城司 (福岡市医師会成人病センター)

【はじめに】

二重積屈曲点 (以下, DPBP: double product break point) 相当の代謝当量 (以下, METs) から評価した最大下有酸素性作業能力が高いほど脈波伝播速度 (以下, PWV: pulse wave velocity) は遅く、動脈スティフネスが低いことを明らかにした (松原ら, 2011)。一方、日常身体活動レベルが動脈スティフネスに及ぼす影響に関しては、若年者では強度に関わらず身体活動量と PWV との間に関係性が認められないのに対して、中年者では中等強度以上の身体活動量が多いほど、高齢者では低強度以上の身体活動量が多いほど、PWV は低いことが報告されている (Gando ら, 2010)。これは、年齢の違いに加えて、加齢に伴う有酸素性作業能力の低下が影響している可能性も考えられるが、この点に関しては検討がされていない。

そこで、本研究は、DPBP 相当 METs と 3METs 以上の身体活動量 (以下, Ex: exercise) が、PWV に及ぼす影響について横断的に検討することを目的とした。

【方法】

対象は、40~69 歳の中高齢者で、病院に通院していない健康女性 58 名 (年齢: 55 ± 7 歳、身長: 156.9 ± 5.4 cm、体重: 58.0 ± 9.7 kg、平均血圧: 89 ± 9 mmHg) とした。

DPBP は、心臓運動負荷モニタリングシステム ML-3600 (フクダ電子) を用いて、自転車エルゴメータによる Ramp 式運動負荷試験を実施し、運動中の心拍数と収縮期血圧の二重積が運動強度の増加に伴い急増する屈曲点から決定した。Ex は、加速度センサー付歩数計 Lifecorder (Kenz) の 7 日分のデータを用いて、身体活動時の METs と時間の積から一週間当たりの積算値を算出した。PWV は、血圧脈波検査装置 form PWV/ABI (オムロン) を用いて上腕と足首にカフを装着し、上腕~足首間の PWV (以下, baPWV: brachial ankle PWV) を測定した。

統計解析では、対象者をまず DPBP 相当 METs と Ex を基に、高体力群と低体力群、高 Ex と低 Ex 群の二分位にそれぞれ分類し、二元配置分散分析と動脈スティフネスに対する影響因子を調整した二元配置共分散分析を用いて群間比較を行った。

【結果】

群間比較において、年齢は体力群と Ex 群で交互作用を認めた ($p < 0.05$)。身長と平均血圧は群間に差がなく、体重は体力群間に有意差を認めた ($p < 0.05$)。DPBP 相当 METs には体力群間に有意差を、Ex には Ex 群間に有意差を認めた (それぞれ、 $p < 0.001$) (表 1)。

表 1. 各群における特性と体力、Ex の比較

	高体力群 (27名)	低体力群 (30名)	高Ex群 (29名)	低Ex群 (28名)	p value		
					体力群	Ex群	体力×Ex
年齢(歳)	52.3 ± 1.2	58.3 ± 1.2	55.0 ± 1.2	55.6 ± 1.2	<0.01	ns	<0.05
身長(cm)	157.8 ± 1.0	156.2 ± 1.0	156.1 ± 1.0	157.8 ± 1.0	ns	ns	ns
体重(kg)	55.1 ± 1.8	61.2 ± 1.7	57.5 ± 1.8	58.8 ± 1.8	<0.05	ns	ns
平均血圧 (mmHg)	87 ± 2	92 ± 2	89 ± 2	89 ± 2	ns	ns	ns
DPBP 相当METs	5.3 ± 0.1	4.4 ± 0.1	4.8 ± 0.1	4.9 ± 0.1	<0.001	ns	ns
Ex	14.8 ± 1.2	12.7 ± 1.1	19.5 ± 1.2	8.0 ± 1.2	ns	<0.001	ns

データは平均値±標準誤差

baPWV は、高体力群が $1,260 \pm 45$ cm/秒、低体力群が $1,499 \pm 42$ cm/秒、高 Ex 群が $1,404 \pm 43$ cm/秒、低 Ex 群が $1,356 \pm 44$ cm/秒であり、体力群間にのみ有意差を認めた ($p < 0.001$) (図 1)。

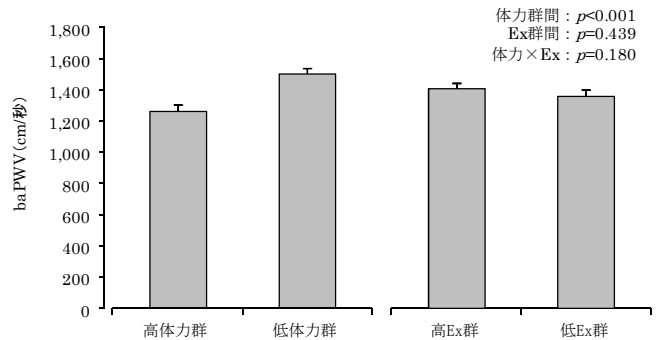


図 1. 各群における baPWV の比較

続いて、baPWV の影響因子で、群間に差を認めた年齢と体重を調整因子にとった二元配置共分散分析を行った結果でも、体力群間にのみ有意差を認め ($p < 0.05$)、日常の身体活動量よりも有酸素性作業能力の方が、動脈スティフネスに及ぼす影響は大きい可能性が示唆された。

【結論】

本研究結果から、動脈スティフネスを維持・改善させるためには、3METs 以上という絶対的強度の身体活動量ではなく、有酸素性作業能力を高めるような相対的強度の身体活動量を増加させる必要があると考えた。

個々人の全身持久力のトレーニング適応に合わせた系統的支援の有効性 ～佐賀市健康運動センターにおける健康づくり運動支援の実践報告～

○梅田耕太郎、井上博隆、山村和郎、松原建史、樋口慶亮、江口慎一（株式会社健康科学研究所）
進藤宗洋（福岡大学スポーツ科学部）

【はじめに】

佐賀市健康運動センターでは、全身持久力の効率的な向上を引き起こすことで、健康増進に繋げることを目的に、毎回の自転車エルゴメータ運動のトレーニング（以下、Tr.と略）データから算出する単位体重当たり推定 $50\% \dot{V}O_2\max$ （以下、簡易 $50\% \dot{V}O_2\max/wt$ ）を指標に（松原ら，2013）、トレーニング適応状態を継続的に確認していきながら、個々人の適応状態に合わせて系統的支援を行うプログラムを開発した（以下、健康科学システム）。

そこで本研究は、開発した健康科学システムの有効性について検証するために、システム前後の身体特性と体力の変化について分析するとともに、トレーニング適応をさらに効率的に引き起こすための運動条件について明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象者 対象は、平成24年5～12月までの期間に参加した30～60歳代の男性1名と女性10名の計11名（年齢：54.0±8.0歳、身長：159.0±7.8cm、体重：57.1±13.0kg、BMI：21.6±4.9kg/m²）とした。

期間および測定項目 健康科学システムの最初の12週間を強化支援期間とし、その前後の体重、収縮期・拡張期血圧、Tr.時心拍数、Tr.時仕事率と簡易 $50\% \dot{V}O_2\max$ について比較・検討を行った。簡易 $50\% \dot{V}O_2\max$ の算出方法は、仕事率 = 運動時仕事率 × (年齢推定 $50\% \dot{V}O_2\max$ 相当心拍数 / 運動時心拍数) を求め、 $1.8 \times \text{仕事率}(\text{kg} \cdot \text{m}/\text{分}) / \text{体重}(\text{kg}) + 3.5(\text{ml}/\text{kg}/\text{分}) + 3.5(\text{ml}/\text{kg}/\text{分})$ に代入し、算出した。

統計処理 データは平均値±標準偏差で示した。強化支援前後の差の検定については、対応のあるt検定を、2つの変数の相関分析にはピアソンの相関係数の検定を用いた。

【結果と考察】

強化支援期間中の週当たり施設内運動頻度は2.2±0.8回、週当たり施設内運動時間は147.1±60.3分であった。期間前後の体重、BMI、収縮期および拡張期血圧、Tr.時心拍数について比較したところ有意な変化を認めず、Tr.時仕事率は、0週が58±18 wattsであったのに対し、12週後は69±21 wattsへ有意に増加した ($p<0.01$)。この結果、簡易

$50\% \dot{V}O_2\max/wt$ は、0週が36.6±4.2 ml/kg/分であったのに対し、12週後は40.9±4.0 ml/kg/分へ、有意な増加を認めた ($p<0.01$) (図1)。

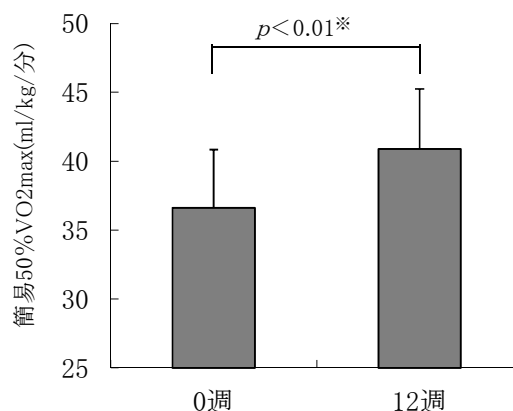


図1 強化支援期間前後の簡易 $50\% \dot{V}O_2\max/wt$ の変化

強化支援前後の簡易 $50\% \dot{V}O_2\max/wt$ の変化量と週当たり施設内運動時間の関係性を解析した結果、有意な正の相関性 ($p<0.01$) を認め、全身持久力の増加には週当たり32分以上の運動が必要であることが明らかになった (図2)。

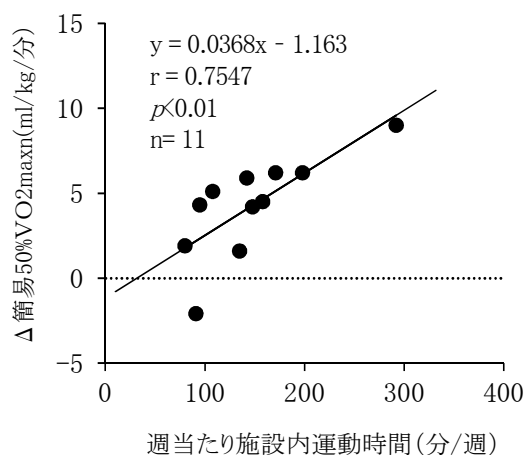


図2 Δ簡易 $50\% \dot{V}O_2\max$ と運動時間との相関関係

以上のことから、健康科学システムの有効性が示唆されたが、本学会発表ではさらにシステムに参加していない対照群との比較により、本システムの有効性について客観的な検証を加えるとともに、システム参加前の体力レベルを考慮した上で、運動適応を効率的に向上させるための運動条件について検討を重ねていく。