HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動トレーニングが最大酸素摂取量及び筋機能に及ぼす影響に関する研究［全文の要約］
Author(s)	苫米地, 伸泰
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(教育学)
Dissertation Number	甲第13625号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74628
Type	doctoral thesis
File Information	Nobuyasu_Tomabechi_summary.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要約

博士の専攻分野の名称　博士（教育学）　　氏名　苫米地　伸泰

学位論文名

「強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動トレーニングが最大酸素摂取量及び筋機能に及ぼす影響に関する研究」

緒言

高強度・短時間・間欠的トレーニングは，完全休息を挟みながら高強度(最大酸素摂取量の 90%以上)の運動を繰り返すトレーニング法である(Gibala and McGee, 2008)．高強度・短時間・間欠的トレーニングは，伝統的にスポーツ現場で実施されている中強度・持続的トレーニングと比較して短時間で，持久性能力の指標である最大酸素摂取量を同等あるいは中強度・持続的トレーニング以上に向上させる(Tabata et al., 1996; Matsuo et al., 2014)．加えて，高強度・短時間・間欠的トレーニングは中強度・持続的トレーニングと比較して，高強度運動を間欠的に繰り返すために不可欠となる筋緩衝能も有意に向上させる(Edge et al., 2006)．実際のスポーツ現場では，トレーニングに割ける時間は限られている．ゆえに，高強度・間欠的トレーニングのより効果的な方法論を明らかにすることは，短時間でより効果的なトレーニングを処方するための基礎的知見になるという点で意義深い．

高強度・短時間・間欠的トレーニングは自転車エルゴメータを用いて実施することで安全かつ効果的に実施出来ると考えられる．先行研究では，高強度・短時間・間欠的トレーニングは自転車エルゴメータ，ランニング，ケトルベルなど様々な運動様式を用いて行われている(Viana et al., 2019)．多くのスポーツでは

疾走局面が存在するため，ランニングを用いた高強度・短時間・間欠的トレーニングが効果的とも考えられるが，実際の競技時及びトレーニング時の傷害は走運動中に最も多く発生する(Hawkins et al., 2001)．一方で，自転車運動は運動中の前十字靭帯の歪みが少なく，ランニングと比較して筋ダメージを誘発する伸張性収縮の局面も少ないことが報告されている（Fleming et al., 1998；Bijker et al., 2002)． 加えて，自転車トレーニングは最大筋力や筋パワー(筋力×速度)などの筋機能も向上させる(Tabata et al., 1990; 市橋ら., 2002)．したがって，自転車エルゴメータを用いた高強度・短時間・間欠的トレーニングのより効果的な方法論を明らかにすることにより，安全かつより多くのトレーニング効果が得られる可能性がある．

同一仕事率の自転車運動における負荷と回転数の組み合わせの差異は高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングの効果に影響を及ぼす可能性がある．自転車運動の仕事率は負荷と回転数の積から概算される．ゆえに，同じ仕事率でも高負荷・低回転，または低負荷・高回転で高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングを行うことが可能である(Hansen and Rønnestad, 2017)．同一仕事率の自転車運動における負荷と回転数の組み合わせに関する先行研究の多くは，自転車運動中の疲労軽減及び自転車競技のパフォーマンス向上の観点から行われている(Takaishi et al., 1994；Takaishi et al., 1996；LUCI´A et al., 2001)．しかしながら，自転車競技以外のアスリートを対象として，より効果的な高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングプログラム開発の観点から，同一仕事率の自転車運動における負荷と回転数の組み合わせの差異に着目した研究は見られない．

このような背景から，本研究では最大酸素摂取量と筋機能を高めるための，より効果的な高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングプログラム開発を目的と

して同一仕事量における負荷と回転数の組み合わせの際に着目し，3 つの研究課題を設定した．研究課題 I では，トレーニング効果の予測に繋がる基礎的知見を得ることを目的として，同一仕事率で負荷と回転数の組み合わせの異なる高強度・短時間・間欠的自転車運動が学生アスリートの呼吸循環器応答，筋活動及び筋疲労に及ぼす影響を検証した．研究課題Ⅱでは，同一仕事量で負荷と回転数の組み合わせの異なる高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングが学生アスリートの最大酸素摂取量に及ぼす短期的(3 週間)効果を検証した．研究課題Ⅲでは，同一仕事量で負荷と回転数の異なる 6 週間の高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングが学生アスリートの最大酸素摂取量，最大筋力及び筋パワーに及ぼす効果を検証した．なお，本研究では被験者が高強度・短時間・間欠的自転車トレーニング中に規定した回転数を維持出来るよう運動初期から終盤に掛けて運動強度を漸減させることとした(de Oliveira et al., 2016)．

研究課題 I

「同一仕事率で負荷と回転数の組み合わせの異なる強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動が学生アスリートの呼吸循環器応答，筋活動及び筋疲労に及ぼす影響」

研究課題 I では，同一仕事率で負荷と回転数の組み合わせの異なる強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動が学生アスリートの呼吸循環器応答，筋活動及び筋疲労に及ぼす影響を検証した．実験は，運動部またはサークルに所属し，週 2 回以上の運動習慣を有する男子学生 8 名を対象として，別日で 3 日実施した．実験 1 日目は運動強度算出のために，最大酸素摂取量を測定し，2-3 日目は強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動を高負荷・60 回転で行う条件(以下 HL60)と低負荷・120 回転で行う条件(以下 LL120)をランダムな順序で実施

した．強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動は 10 秒間の完全休息を挟みながら，20 秒ペダリングを 8 回，60 回転か 120 回転のいずれかで実施することとした．強度は初日に測定した最大酸素摂取量の 135%から開始し，被験者が最終セットでも回転数を維持できるよう，強度を 2 回毎に 5%ずつ漸減させることとした．運動中の呼吸循環器応答の指標として酸素摂取量，呼吸交換比，換気量，運動中の筋活動の指標として表面筋電図を用いて外側広筋の二乗平方根，筋疲労の指標として運動前後での等尺性膝伸展筋力をそれぞれ測定した．加えて，呼吸，脚及びセッション全体を通じての主観的運動強度を運動後にそれぞれ調査した．その結果，HL60 の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動条件と比較して，LL120 の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動条件で呼吸循環器応答(酸素摂取量，呼吸交換比，換気量のピーク値)，筋活動(表面筋電図を用いて算出した外側広筋の二乗平方根)及び筋疲労(運動前後での等尺性膝伸展筋力の変化)が有意に高値を示した．加えて，主観的運動強度(呼吸，脚，セッション)も同様に LL120 の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動条件で有意に高値を示した．これらの結果から，高負荷・60 回転の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動と比較して，低負荷・120 回転の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動中で主観的運動強度が高くなり，呼吸循環応答，筋活動，筋疲労が有意に促進されることが示唆された．

研究課題Ⅱ

「同一仕事量で負荷と回転数の組み合わせの異なる 3 週間の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングが学生アスリートの最大酸素摂取量に及ぼす効果」

研究課題Ⅱでは，同一仕事量で負荷と回転数の組み合わせの異なる 3 週間

の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングが学生アスリートの最大酸素摂取量に及ぼす効果を検証した. 研究課題Ⅰと同様に運動部またはサークルに所属し, 週 2 回以上の運動習慣を有する男子学生 18 名を対象として, 強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングを高負荷・60 回転で行う群(以下 HL60)と低負荷・120 回転で行う群(以下 LL120)のいずれかに 9 名ずつ振り分けた．強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングは研究課題Ⅰと同様の内容とし，3 週間で合計 9 セッション実施した．また，トレーニング期間前後で最大酸素摂取量を測定した．3 週間のトレーニングの結果，HL60 と LL120 共にトレーニング期間前後で最大酸素摂取量が有意に向上したが，群間で有意差は認められなかった．これらの結果から，負荷と回転数の組み合わせに関わらず，3 週間の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングは, 学生アスリートの最大酸素摂取量を向上させることが示唆された.

研究課題Ⅲ

「同一仕事量で回転数の異なる 6 週間の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングが学生アスリートの最大酸素摂取量，最大筋力及び筋パワーに及ぼす効果」

同一仕事量で回転数の異なる 6 週間の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングが学生アスリートの最大酸素摂取量, 最大筋力及び筋パワーに及ぼす効果を検証した．研究課題Ⅰ-Ⅱと同様に運動部またはサークルに所属し, 週 2 回以上の運動習慣を有する男子学生 16 名を対象として, 強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングを高負荷・60 回転で行う群(以下 HL60)と低負荷・120 回転で行う群(以下 LL120)のいずれかに 8 名ずつ振り分

けた．強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングは研究課題Ⅰ-Ⅱと同様の内容とし，6 週間で合計 18 セッション実施した．また，トレーニング期間前後で最大酸素摂取量, 最大筋力(等尺性膝伸展筋力)及び筋パワー(脚伸展パワー，30 秒間全力自転車を漕ぐウィンゲートテスト中のピークパワー，ピーク回転数，平均パワー，ピーク到達時間)をそれぞれ測定した．6 週間のトレーニングの結果，最大筋力(等尺性膝伸展筋力)は両群ともに向上が認められなかった．一方で，最大酸素摂取量と筋パワー(脚伸展パワー，30 秒間全力で自転車を漕ぐウィンゲートテスト中のピークパワー，ピーク回転数，平均パワー，ピーク到達時間)は HL60，LL120 共にトレーニング期間前後で有意に向上した. 加えて，ウィンゲートテスト中のピーク到達時間は HL60 のみで短縮された．これらの結果から，負荷と回転数の組み合わせに関わらず，6 週間の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングは最大酸素摂取量と筋パワーに同等のトレーニング効果をもたらすことが示唆された.

本研究のまとめ

本研究は，同一仕事率で負荷と回転数の組み合わせの異なる強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動の主観的・生理的応答及び同一仕事量で負荷と回転数の組み合わせの異なる強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングが最大酸素摂取量, 最大筋力及び筋パワーに及ぼす効果を検証した. 結果の要約は以下の通りである.

Ⅰ）高負荷・60 回転の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動と比較して，低負荷・120 回転の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車運動中で主観的運動強度が高くなり，呼吸循環応答，筋活動，筋疲労が有意に促進さ

れる.

Ⅱ）負荷と回転数の組み合わせの差異に関わらず，強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングは比較的短期間(3 週間)で学生アスリートの最大酸素摂取量を改善する

Ⅲ）負荷と回転数の組み合わせの差異に関わらず，最大筋力は改善されない

Ⅳ）負荷と回転数の差異に関わらず，強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングは脚伸展パワー，伸展速度，ウィンゲートテストのピークパワー，ピーク回転数，平均パワーを改善する

Ⅴ）ウィンゲートテストのピーク到達時間は高負荷・60 回転の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングでのみ短縮される.

これらの結果から，高負荷・60 回転の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングは低負荷・120 回転の強度漸減・高強度・短時間・間欠的自転車トレーニングと比較して主観的・生理学的運動強度が低いにも関わらず，最大酸素摂取量や筋パワーに同等のトレーニング効果をもたらすことが示唆された.

参考文献

Bijker, K., De Groot, G., & Hollander, A. (2002). Differences in leg muscle activity during running and cycling in humans. European Journal of Applied Physiology, 87(6), 556-561.

de Oliveira, M. F. M. D., Caputo, F., Corvino, R. B., & Denadai, B. S. (2016). Short - term low - intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness and muscle strength. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 26(9), 1017-1025.

Edge, J., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. European Journal of Applied Physiology, 96(1), 97-105.

Fleming, B. C., Beynnon, B. D., Renstrom, P. A., Peura, G. D., Nichols, C. E., & Johnson, R. J. (1998). The strain behavior of the anterior cruciate ligament during bicycling. The American Journal of Sports Medicine, 26(1), 109-118.

Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? Exercise and Sport Sciences Reviews, 36(2), 58-63.

Hansen, E. A., & Rønnestad, B. R. (2017). Effects of Cycling Training at Imposed Low Cadences: A Systematic Review. International Journal of Sports Physiology and Performance, 12(9), 1127-1136.

Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. British Journal of Sports Medicine, 35(1), 43-47.

市橋則明, 池添冬芽, 大畑光司, 才藤栄一. (2002). 高負荷での自転車エルゴメーターによるペダリングトレーニングが筋機能に与える影響. 理学療法学, 17(2), 101-106.

LucÍa, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L. (2001). Preferred pedalling cadence in professional cycling. Medicine & Science in Sports & Exercise, 33(8), 1361-1366.

Matsuo, T., Saotome, K., Seino, S., Shimojo, N., Matsushita, A., Iemitsu, M., ... & Mukai, C. (2014). Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO_{2max} and cardiac mass. Medicine and Science in Sports and Exercise, 46(1), 42-50.

Tabata, I., Atomi, Y., Kanehisa, H., & Miyashita, M. (1990). Effect of high-intensity endurance training on isokinetic muscle power. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 60(4), 254-258.

Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., & Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO_{2max}. Medicine and Science in Sports and Exercise, 28, 1327-1330.

Takaishi, T., Yasuda, Y., & Moritani, T. (1994). Neuromuscular fatigue during prolonged pedalling exercise at different pedalling rates. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 69(2), 154-158.

Takaishi, T., Yasuda, Y., Ono, T., & Moritani, T. (1996). Optimal pedaling rate estimated from neuromuscular fatigue for cyclists. Medicine and Science in Sports and Exercise, 28(12), 1492-1497.

Viana, R. B., de Lira, C. A. B., Naves, J. P. A., Coswig, V. S., Del Vecchio, F. B., & Gentil, P. (2019). Tabata protocol: a review of its application, variations and outcomes. Clinical Physiology and Functional Imaging, 39(1), 1-8.