

音楽が超最大運動での performance および 血中物質におよぼす影響

国立長寿医療 山本 貴子
研究センター
(共同研究者) 名古屋大学 佐藤 祐造

Effects of Listening to Slow- and Fast-Rhythm Music prior to Supramaximal Cycle Exercise on Performance and Blood Parameters

by

Takako Yamamoto
National Institute for Longevity Sciences
Yuzo Sato,
Research Center of Health, Physical Fitness, and Sports
Nagoya University

ABSTRACT

We examined the effect of listening to two different types of music (slow- and fast-rhythm) prior to supramaximal cycle exercise on performance, heart rate, the concentration of lactate and ammonia in blood, and the concentration of catecholamines and cortisol in plasma. Six male swimmers, aged 24.0 ± 4.0 (Mean $\pm$ SD) years voluntarily participated in this study. After listening to slow-rhythm or fast-rhythm music for 20-minutes, the participants performed supramaximal exercise for 45 seconds using a cycle ergometer. The mean power output was measured during the exercise, while the blood lactate and ammonia concentrations and the plasma adrenaline, noradrenaline, and cortisol concentrations were measured before, immediately before the end of, and immediately after listening to the music, and 2.5, 5.0, 7.5, and 10 min after the exercise. The mean power output was 527.3 ± 33.4 watts when the music type was slow rhythm and 527.5 ± 33.6 watts when it was fast-rhythm. The type of music thus had virtually no impact on power output during the exercise.

The plasma noradrenaline concentration immediately before the end of listening to slow-rhythm music was significantly lower than before listening to the music ($p<0.05$). The plasma adrenaline concentration immediately before the end listening to fast-rhythm music was significantly higher than before listening to the music ($p<0.05$). The type of music had no effect on the blood lactate and ammonia concentrations, or on the plasma catecholamines and cortisol concentrations following the exercise. In conclusion, listening to slow-rhythm music prior to supramaximal exercise decreased the plasma noradrenaline level, and listening to fast-rhythm music prior to supramaximal exercise increased the plasma adrenaline level. The type of music did not affect performance.

要 旨

本研究は運動前に速いリズムまたは遅いリズムの音楽を聴くことが、超最大運動のパフォーマンスおよび運動後の心拍数、血中乳酸、アンモニア、カテコールアミン、コルチゾール濃度に影響をおよぼすのか検討することを目的として行った。男子大学生6名を対象に、安静状態において両タイプの音楽を20分間聴かせた後、自転車エルゴメーターにて45秒間の超最大運動を行わせた。安静状態にて遅いリズムの音楽を聴くと、音楽聴取終了直前の血漿ノルアドレナリン濃度は聴取前より有意に低下し、速いリズムの音楽を聞くと血漿アドレナリン濃度が有意に増大した。両タイプの音楽を聴いた後に超最大運動を行った結果、その平均仕事率に有意差は認められなかった。どちらの音楽を聴いても、運動後の血中乳酸、アンモニア、カテコールアミン、コルチゾール濃度は有意に増加したが、音楽の違いによる差は認められなかった。

これらの結果から、遅いリズム音楽を聴くと血漿ノルアドレナリン濃度は減少し、速いリズム音楽を聴くとアドレナリン濃度は増大するが、異なったリズム音楽の聴取は超最大運動での仕事率に影響を与えなかった。

緒 言

音楽が生体に及ぼす影響について、いくつかの報告がなされている。これまで安静状態で遅いリズムや速いリズムの音楽を聴いても心拍数に影響を与えないとの報告⁴⁾や、クラシック音楽やポップス音楽を聴くと心拍数は減少する⁶⁾など、音楽による生体反応は一様でない。

一方、運動実施条件においても、音楽聴取がパフォーマンス、心拍数、主観的運動強度、血中の乳酸、ノルアドレナリン、コルチゾール濃度などにおよぼす影響が検討されてきた。音楽が performance に及ぼす影響に関して Becker ら¹⁾や Copeland と Franks³⁾ はゆっくりした、静かな、美しい音楽や熱狂的な音楽聴取は運動のパフォーマンスを増大させることを報告している。しかし60～90秒の短時間の強い運動や最大運動前あるいは運動中に音楽を聴かせた時、身体作業量に有意な影響を与えないことも報告されている^{4, 15, 16, 18)}。音楽聴取が心拍数におよぼす影響に関して Szmedra と Bacharach²³⁾ は定常状態が継続する最大下運動中にクラシック音楽を聴くと、音楽を聴かない場合に比較して心拍数は有意に減少することを報告している。しかし、最大下または最大運動中に異なるテンポの音楽を聴かせても、心拍数

に有意な差が認められなかったとの報告もある^{13, 22)}。音楽が血中乳酸におよぼす影響に関して、定常状態が継続する最大下運動中にクラシック音楽を聴くと、血中乳酸濃度は有意に低下するとの報告があるが²³⁾、変化しないとの報告もある¹⁹⁾。音楽がカテコールアミン、コルチゾール濃度におよぼす影響に関して、音楽を聴きながらの運動はノルアドレナリン濃度に影響を与えないことが報告されている²³⁾。Möckelら¹⁴⁾は安静状態にて音楽を聴くと血漿のノルアドレナリンとコルチゾール濃度が有意に低下することを報告している。しかしBrownleyら²⁾は速いリズムの音楽、遅いリズムを聴きながら、運動を行っても、血漿コルチゾール濃度に差は認められなかったことを報告している。このように音楽聴取が運動パフォーマンスや身体応答にどのような影響をおよぼすのかについては、実験条件も異なり、一致した知見は得られていない。これまで、短時間の激しい運動前の音楽聴取が血中のホルモンや代謝物質におよぼす影響についての報告はない。そこで本研究は運動前の遅いリズムと速いリズムの音楽聴取が、超最大運動におけるパフォーマンス、心拍数、血中乳酸、アンモニア、カテコールアミン、コルチゾール濃度におよぼす影響を明らかにするためにを行った。

1. 研究方法

1. 1 被検者

大学の水泳部に所属する男子水泳選手6名を被検者として実験を行った。被検者の年齢、身長、体重、Body Mass Indexの平均値と標準偏差はそれぞれ 24.0 ± 4.1 歳、 172.2 ± 2.6 cm、 70.2 ± 5.4 kg、 23.7 ± 0.7 (kg/m²)であった。

1. 2 実験方法

実験は2日間にわたって行った。1日目は3名が遅いテンポの音楽、別の3名が速いテンポの音楽、2日目は1回目とは異なった音楽を聴いた後

に、同じ超最大運動を行わせた。音楽は明らかにタイプの異なる曲を選曲した。遅いリズムの音楽として、G線上のアリア（バッハ）やノクターンOp.9-2（ショパン）等のクラシック音楽、速いリズムの音楽として、主に戦闘的なアメリカ映画に使用された音楽（ロッキー、トップガンなど）を用いた。いずれの日も各被検者は同一時間に実験を行った。各被検者には本研究の趣旨および起こりうる危険性を十分説明し同意を得た後、実験を行った。実験日は1週間の間隔をおいて行った。被検者は実験開始30分前に実験室に到着、30分間安静を保ち、音楽を聴く前の血液を採取した。その後、簡易ベッドにて仰臥姿勢での安静状態を維持し、カセットテープに録音された音楽を聴取した。音楽聴取は外部音を遮断するために、ヘッドフォンを使用した。超最大運動は自転車エルゴメーター（Powermax V, Combi Company）を使用し、自転車作業は立位姿勢にて運動開始から全力で作業するように指示した。運動負荷（kp）は体重（kg）に0.075を乗じて求め、その平均値と標準偏差は 5.3 ± 0.2 kpであった。被検者はウォーミングアップとして運動前にストレッチング、3秒間の自転車運動を全力で行った後、1分間の休息後、超最大運動テストを行った。超最大運動中の平均パワーを測定した。

1. 3 血中代謝物質の測定

被検者は運動終了後、すばやく簡易ベッドに横たわり血液が採取された。採血は音楽を聴く前と終了直前（1分以内）、運動直後、運動後2.5、5.0、7.5、10.0分に正中皮下静脈から行われた。血中乳酸濃度は乳酸ラクテート・プロ（LT-1710、京都第一科学）を使用して測定した。アンモニア濃度はアミチェック（京都第一科学）にて測定し、残りの血液は遠心分離し、血漿中のアドレナリンとノルアドレナリン濃度を測定した。なお、アドレナリンとノルアドレナリン濃度は音楽聴取前、音楽

終了直前および運動直後のみの測定とし、高速液体クロマトグラフィー、電気化学検出器 (HPLC-ECD) にて分析を行った⁹⁾。血漿コルチゾール濃度はRIA キットを用いたTFB 法にて分析を行った²¹⁾。

1. 4 統計処理

被検者のプロフィールおよび各測定値は平均値±標準偏差で示した。両音楽聴取前および終了直前の測定値の比較は対応のある t-test により行った。運動後の各変数間の差は反復測定による二元配置分散分析 (two-way analysis of variance for repeated measurements : 音楽の種類と運動の2要因) を用いて検定し、有意性が確認された項目について、Fischer's PLSD 法による多重比較検定を行った。なお、有意水準は $p < 0.05$ とした。

2. 研究結果

図1に20分間の遅いリズムまたは速いリズムの音楽を聴いた後に45秒間の超最大運動を行った際の仕事率 (power) を示した。運動時間経過に伴う仕事率は両群間に有意差は認められなかった。また45秒間の平均仕事率は、遅いリズムの

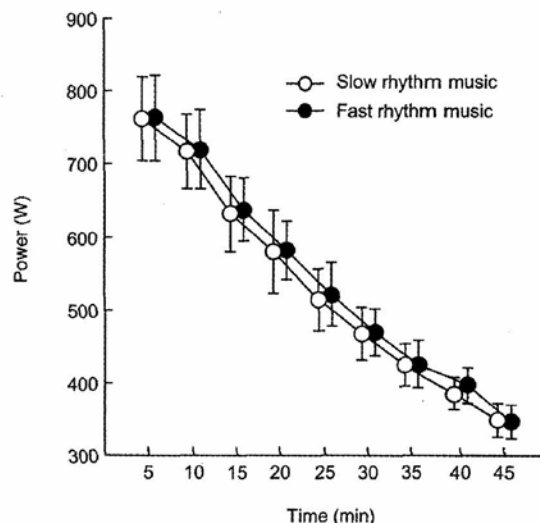


図1 超最大運動における時間経過に伴う仕事率の変化 (平均値±標準偏差)

音楽聴取では 527.3 ± 33.4 ワット、速いリズムでは 527.5 ± 33.6 ワットであり、両群間に有意な差は認められなかった。

図2に両タイプの音楽を聴取した前および終了直前、超最大運動中および運動後の心拍数の変化を示した。安静時において、遅いおよび速いリズムの音楽聴取による心拍数の有意な影響は認められず、また音楽のタイプによる差も認められなかった。両タイプの音楽聴取後の超最大運動中および運動後の心拍数は、運動前に比べ有意に増加したが、音楽のタイプの違いによる差は認められな

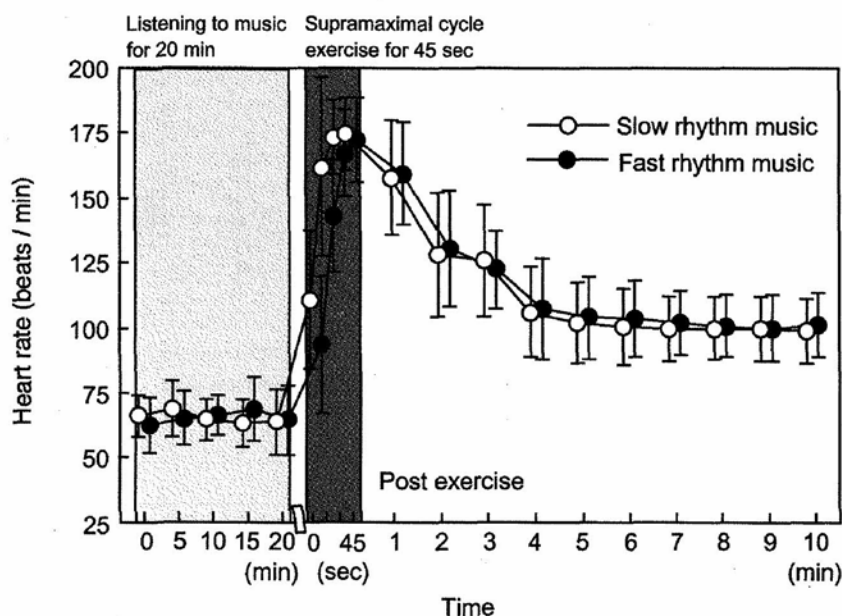


図2 実験中の心拍数の変化 (平均値±標準偏差)

かった。

図3に両タイプの音楽を聴取した前および終了直前，超最大運動後の血中乳酸濃度の変化を示した。安静時において，遅いおよび速いリズムの音楽聴取による乳酸濃度への有意な影響は認められず，また音楽のタイプによる差も認められなかった。両タイプの音楽聴取後の超最大運動後の乳酸濃度は，運動前に比べ有意に増加したが，音楽のタイプの違いによる差は認められなかった。また，

血中アンモニア濃度も同様な結果を示した。

図4に両タイプの音楽を聴取した前および終了直前，超最大運動後の血漿コルチゾール濃度の変化を示した。安静時において，遅いおよび速いリズムの音楽聴取によるコルチゾール濃度の有意な変化は認められなかった。両タイプの音楽聴取後の超最大運動後のコルチゾール濃度は，運動前に比べ有意に増加したが，音楽のタイプの違いによる差は認められなかった。

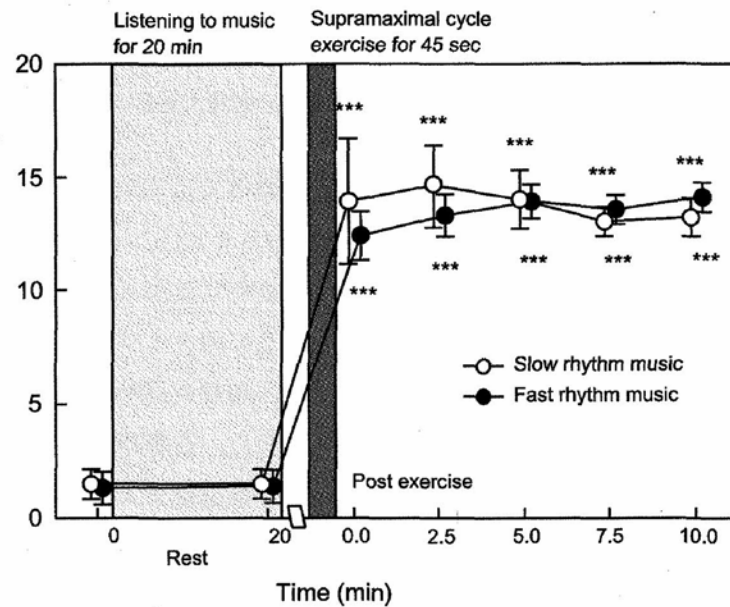


図3 実験中の血中乳酸濃度の変化 (平均値±標準偏差)
*** $p < 0.001$, 音楽聴取終了直前との有意差

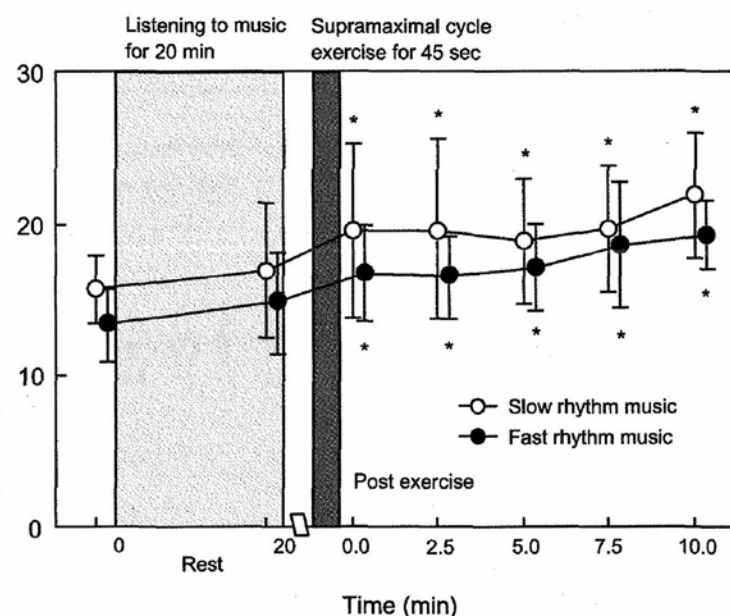


図4 実験中の血漿中コルチゾール濃度の変化 (平均値±標準偏差)
* $p < 0.05$, 音楽聴取終了直前との有意差

図5は安静時において異なった音楽聴取前および終了直前の血漿アドレナリン (A) とノルアドレナリン (B) の濃度を示した。血漿アドレナリン濃度は、安静状態にて遅いリズムの音楽を聴いても差は認められなかったが、速いリズムの音楽聴取により有意に増大した ($p<0.05$)。一方、ノルアドレナリン濃度は、遅いリズムの音楽聴取により有意に低下したが、速いリズムの音楽では差は認められなかった。

図6は音楽聴取前および終了直前、超最大運動直後の血漿アドレナリン (A) とノルアドレナリン (B) 濃度を示した。超最大運動直後のアドレナリンおよびノルアドレナリン濃度は、運動前に比べ有意に増加したが、音楽のタイプの違いによる差は認められなかった。

3. 考 察

本研究において、遅いリズムの音楽聴取により血漿ノルアドレナリン濃度は有意に低下し ($p<0.05$)、速いリズムの音楽聴取により血漿アドレナリン濃度が有意に増大した ($p<0.05$)。Möckelら¹⁴⁾はクラシック音楽 (Johann Strauss作曲)、近代クラシック音楽 (Hans Werner Henze作曲)、瞑想音楽 (Ravi Shankar作曲) を聞かせるところ、瞑想音楽のみ血漿ノルアドレナリン濃度が有意に低下したと報告している。血中カテコールアミン濃度は交感神経活動の指標⁵⁾であり、ストレスの指標とされている¹⁴⁾ことから、静かなゆっくりとしたリズムの音楽や瞑想音楽は交感神経活動の興奮を抑え、身体をリラックスさせる効果があり^{6, 14)}、一方、速いリズムの音楽聴取は興奮を喚起させる効果があると考えられる。副腎皮質

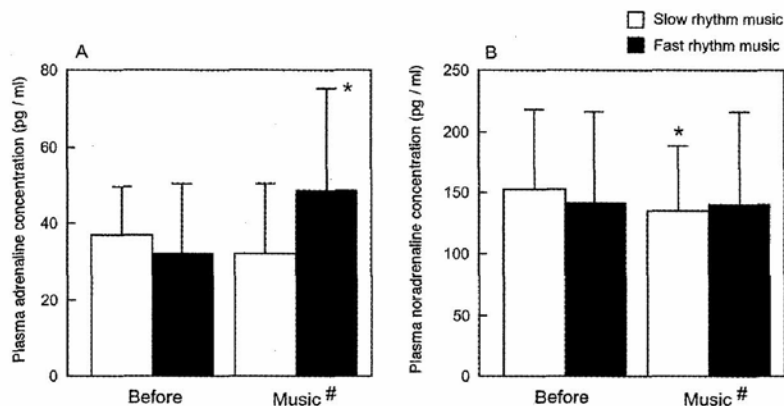


図5 安静時における血漿アドレナリン (A) およびノルアドレナリン (B) 濃度への音楽聴取の影響 (平均値±標準偏差) #, 音楽聴取終了直前 * $p<0.05$, 音楽聴取終了直前との有意差

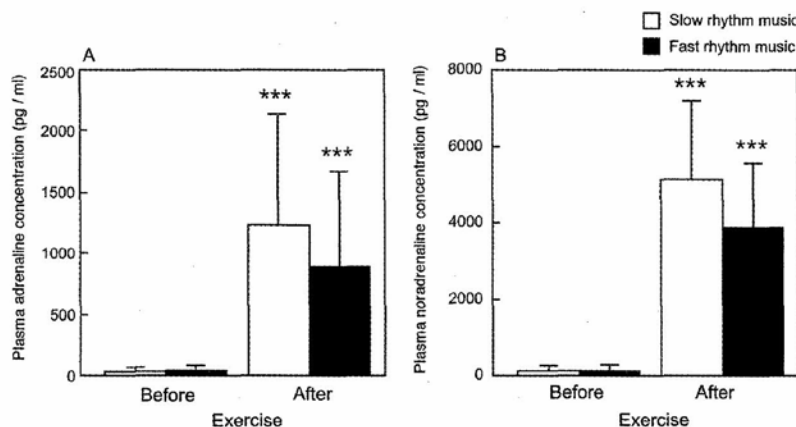


図6 超最大運動後における血漿アドレナリン (A) およびノルアドレナリン (B) 濃度への音楽聴取の影響 (平均値±標準偏差) *** $p<0.001$, 音楽聴取終了直前との有意差

束状層から分泌され、ストレスを受けると多量に分泌されるコルチゾール濃度は遅いリズムあるいは速いリズムの音楽を聴いても有意な変化は認められず、また両タイプの音楽による差も認められなかった。Brownleyら²⁾は運動中に速いリズムの音楽または鎮静させるような音楽を聴かせたが、血漿コルチゾール濃度に差は認められなかったことを報告しており、これは本研究結果と一致していた。しかし Möckelら¹⁴⁾は瞑想音楽 (Ravi Shakar 作曲) を聴くと血漿コルチゾール濃度は有意に低下することを認めており、音楽が血漿コルチゾール濃度におよぼす影響についてはさらに検討する必要がある。

本研究では、安静時および運動による心拍数の変化に、音楽の種類による差が認められなかった。Nelsonら¹⁵⁾は短時間の激しい運動中に音楽を聴いても、心拍数に有意な変化は認められなかったと報告している。一方、Guzetta⁶⁾と Szmedraら²³⁾は最大下運動中の音楽聴取は心拍数を低下させると報告している。これらの結果の違いは安静状態、最大下運動中、激しい運動中の場合など、音楽を聴いた実験条件、運動条件の差によるのかも知れない。

本研究において、遅いリズムと速いリズムの音楽聴取は安静時の血中乳酸、アンモニア濃度に影響を与えなかった。一方、運動により増大する血中乳酸濃度は筋中で生成された乳酸濃度を反映し、グリコーゲン分解の指標である¹²⁾。最大下運動中にクラシック音楽を聴くと血中乳酸濃度は有意に低下すると報告されているが²³⁾、超最大運動の場合、運動前に遅いリズムまたは速いリズムの音楽を聴いても、運動後の血中乳酸濃度に影響を与えないことが本研究結果から明らかになった。アンモニアは安静時においては、肝臓、小腸、脳、腎臓などで生成され¹⁷⁾、骨格筋での生成は非常に少ない¹⁰⁾。激しい運動をすると多くのアンモニアが骨格筋で生成され、血中に出現する^{7,8,11)}。

運動による血中アンモニア濃度の増大はアデニンヌクレオチドの分解をよく反映していると考えられている^{20, 24)}。運動前に遅いリズムまたは速いリズムの音楽を聴いても、超最大運動後の血中アンモニア濃度に影響を与えないことが明らかになった。

図1に示したように、超最大運動前に遅いリズムと速いリズムの音楽を聴かせても、そのパフォーマンス (平均仕事率) に両音楽による差は認められなかった。この結果は Nelson と Finch¹⁵⁾ および Nelson¹⁶⁾ の結果と一致している。Nelson¹⁶⁾ は 60～90 秒間の激しい運動中に遅いリズムの音楽あるいは速く騒がしい音楽を聴かせたが、パフォーマンスへの影響は認められなかったと報告している。Courtts⁴⁾ や Pujol と Langenfeld¹⁸⁾ の報告でも、激しい運動中に音楽を聴かせたが、作業成績に差は認められなかった。一方で運動中の音楽聴取はパフォーマンスを増大させるとの報告がある^{1, 3)} が、本研究において、運動前に遅いリズムあるいは速いリズムの音楽聴取は超最大運動での仕事率に影響を与えなかった。このことから、遅いリズム音楽を聴くと血漿ノルアドレナリン濃度は減少し、速いリズム音楽を聴くとアドレナリン濃度は増大するが、異なったリズムの音楽聴取は超最大運動での仕事率に影響を与えなかった。

4. まとめ

本研究は遅いリズムと速いリズムの音楽聴取が安静時および超最大運動による仕事率、心拍数、血中乳酸、アンモニア、カテコールアミン、コルチゾール濃度におよぼす影響について明らかにすることを目的とした。

(1) 遅いリズムと速いリズム音楽の聴取は超最大運動での仕事率に影響を与えなかった。

(2) 安静状態にて速いリズムの音楽を聴くと血漿アドレナリン濃度は有意に増大し ($p < 0.05$)、遅いリズムの音楽を聴くと血漿ノルアドレナリン

濃度は有意に減少した ($p<0.05$).

(3) 安静状態にて異なったりズムの音楽聴取前および終了直前の血中乳酸とアンモニア濃度, 血漿コルチゾール濃度に有意な差は認められず, また音楽の違いによる差も認められなかった.

(4) 遅いリズムと速いリズムの音楽聴取後に超最大運動を行った際の平均仕事率に有意差は認められなかった.

(5) 遅いリズムと速いリズムの音楽聴取後の超最大運動中および運動後の心拍数, 血中乳酸, アンモニア濃度, 血漿コルチゾール濃度に音楽の違いによる差は認められなかった.

(6) 遅いリズムと速いリズムの音楽聴取後に超最大運動を行った際の血漿アドレナリンとノルアドレナリン濃度に音楽の違いによる差は認められなかった.

これらのことから, 安静時で遅いリズムおよび速いリズム音楽の聴取は血漿カテコールアミン濃度に影響を与えたが, 超最大運動での仕事率に影響を与えなかった.

謝 辞

研究助成を賜りました財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚くお礼申し上げます. また, 本研究実施にあたり多大の御協力をいただきました名古屋工業大学の大桑哲男助教授, 伊藤宏助教授, 名古屋工業大学応用化学科, 津田孝雄教授, 北川慎也助教授, 大学院生の鬼頭 誠君, 寺澤純子さんに深く感謝いたします.

文 献

- 1) Becker, N., Brett, S., Chambliss, C., Crows, K., Haring, P., Marsh, C., Montemayor, R.; Mellow and frenetic antecedent music during athletic performance of children, adults, and seniors. *Percept. Mot. Skills*, 79, 1043-1046 (1994)
- 2) Brownley, K. A., McMurray, R.G., Hackney, A.C.;

Effects of music on physiological and affective responses to graded treadmill exercise in trained and untrained runners, *Inter. J. Psychophysiol.*, 19, 193-201 (1995)

- 3) Copeland, B.L., Franks, B.D.; Effects of types and intensities of background music on treadmill endurance, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 31, 100-103 (1991)
- 4) Coutts, C.A.; Effects of music on pulse rates and work output of short duration, *Res. Quart.*, 36, 17-21 (1961)
- 5) Frey, G.C., McCubbin, J.A., Dunn, J.M., Mazzeo, R.S.; Plasma catecholamine and lactate relationship during graded exercise in men with spinal cord injury, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29, 451-456 (1997)
- 6) Guzetta, C.E.; Effects of relaxation and music therapy on patients in a coronary care unit with presumptive acute myocardial infarction, *Heart Lung*, 18, 609-616 (1989)
- 7) Itoh, H., Ohkuwa, T.; Peak blood ammonia and lactate after submaximal, maximal and supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60, 271-276 (1990)
- 8) Itoh, H., Ohkuwa, T.; Ammonia and lactate in the blood after short-term sprint exercise, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 62, 22-25 (1991)
- 9) Lin, P.Y.T., Bulawa, M.C., Wong, P., Lin, L., Scott, J., Blank, C.L.; The determination of catecholamines, indoleamines, metabolites, and repeated enzymatic activities using three micron liquid chromatography columns, *J. Liq. Chromatogr.*, 7, 509-538 (1984)
- 10) Lockwood, A.H., McDonald, J.M., Reiman, R.E., Gelbard, A.S., Laughlin, J.S., Duffy, T.E., Plum, F.; The dynamics of ammonia metabolism in man, *J. Clin. Invest.*, 63, 449-460 (1979)
- 11) Lowenstein, J.M.; The purine nucleotide cycle revised, *Int. J. Sports Med.*, 11, S37-S46 (1990)
- 12) Medbø, J.I.; Glycogen breakdown and lactate accumulation during high-intensity cycling, *Acta Physiol. Scand.*, 149, 85-89 (1993)
- 13) Mertesdorf, F.L.; Cycle exercising in time with music, *Percept. Mot. Skills*, 78, 1123-1141 (1994)
- 14) Möckel, M., Röcker, L., Störk, T., Vollert, J., Danne, O., Eichstädt, H., Müller, R., Hochrein, H.; Immediate physiological responses of healthy volunteers to different types of music: cardiovascular, hormonal and mental changes, *Eur. J. Appl. Physiol.*,

- 68, 451-459 (1994)
- 15) Nelson, D.O., Finch, L.W.; Effect of audio-analgesia on gross motor performance involving acute fatigue, *Res. Quart.*, 33, 588-592 (1961)
- 16) Nelson, D.O.; Effect of selected rhythms and sound intensity on human performance as measured by the bicycle ergometer, *Res. Quart.*, 34, 484-488 (1963)
- 17) Onstad, G.R., Zieve, L.; What determines blood ammonia?, *Gastroenterology*, 77, 803-805 (1979)
- 18) Pujol, T.J., Langenfeld, M.E.; Influence of music on wingate anaerobic test performance, *Percept. Mot. Skills*, 88, 292-296 (1999)
- 19) Schwartz, S.E., Fernhall, B., Plowman, S.A.; Effects of music on exercise performance, *J. Cardiopulm. Rehabil.*, 10, 312-316 (1990)
- 20) Sahlin, K., Broberg, S.; Adenine nucleotide depletion in human muscle during exercise: causality and significance of AMP deamination, *Int. J. Sports Med.*, 11, S62-S67 (1990)
- 21) Sapin, R., Schlienger, J.L., Gasser, F., Pradignac, A., Grucker, D.; Improved specificity of a new direct assay for urinary cortisol: Application in corticoid treated patients. *Clin. Chem. Lab. Med.*, 36, 855-858 (1998)
- 22) Szabo, A., Small, A., Leigh, M.; The effects of slow- and fast-rhythm classical music on progressive cycling to voluntary physical exhaustion, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 39, 220-225 (1999)
- 23) Szmedra, L., Bacharach, D.W.; Effect of music on perceived exertion, plasma lactate, norepinephrine and cardiovascular hemodynamics during treadmill running, *Int. J. Sports Med.*, 19, 32-37 (1998)
- 24) Tullson, P.C., Terjung, R.L.; Adenine nucleotide degradation in striated muscle, *Int. J. Sports Med.*, 11, S47-S55 (1990)