

音楽刺激が自律神経に及ぼす影響

大久典子^a 吉田克己^b 山家智之^c 賀来満夫^d

キーワード：音楽，心拍変動，自律神経，脳酸素代謝

music, heart rate variability, autonomic nervous system, brain oxygen metabolism

抄録：音楽は脳の自律神経を調整し感情や情緒を安定させることから，音楽療法は多方面で取り入れられている．神経性循環調節機能分析は自律神経機能モニタにより捉えられる．その評価の指標としてホルター心電図による心拍変動(heart rate variability)解析を用い，3種類の音楽が自律神経活動の変動に及ぼす影響について検討した．また，近赤外線酸素モニタによる脳血流についても検討した．さらに，Stress-Response-Scale18 (SRS18) アンケートを実施した．対象は健常若年成人 17 名(19～22 歳，男性 8 名，女性 9 名)とした．測定は低周波成分として LF (low frequency component：0.04～0.15 Hz)，高周波成分として HF (high frequency component：0.15～0.40 Hz) および LF/HF 比の定量化を行った．3種類の音楽は血圧，心拍数および脳酸素消費量に有意な影響を及ぼさなかった．一方，ハードロック音楽試聴時には LF/HF が上昇し，($p<0.05$) 交感神経活動が優位となると考えられた．また，SRS18 のアンケートとの関係から，ストレスを感じやすい性格者では前衛音楽やハードロック音楽試聴時に交感神経活動が亢進することが示唆された．

(自律神経，42：265～269, 2005)

はじめに

ストレスは身体的，精神的，社会的な刺激に対応して生体に生じる反応と定義されている．環境ストレスに対し生体の恒常性を保つための神経性調節機能をつかさどっているのが自律神経系で，本系は交感神経と副交感神経の瞬時的な活動のバランスのうえに調節されており，反射性応答に重要な役割を果たしている¹⁾．現代社会では人々はさまざまなストレスに晒されており，ストレスにどのように対処するかということは極めて重要な問題である．音楽には大きくなったり小さくなったり，強くなったり弱くなったりし，連続性はあるが，一定ではない揺れがあり，これを「ゆらぎ」と

いう．ゆらぎに含まれる波動を f (周波数) という記号で表すと，ひとの生体リズムや自然界には $1/f$ のゆらぎがあるとされる²⁾．音楽は聴覚を通して脳に働きかけ，「ゆらぎ」によって，脳の自律神経を調整し感情や情緒を安定させることから，心身を治療するために有効であるとされており，音楽療法は多方面に取り入れられている．従来，リラックスした気持ちでいる時には脳波で α 波が出ることから，音楽のリラックス効果については脳波活動を用いて検討されてきた³⁾．一方，生体リズムの解析による神経性循環調節機能の分析は，自律神経活動モニタとして興味をもたれており，心拍変動の周波数解析による各周波数成分の個々の増減が自律神経活動の指標となることが知られている^{4)～6)}．われわれはこれまで，心拍数の周波数解析法を用い，計算負荷⁷⁾⁸⁾，香り負荷⁹⁾が自律神経活動に及ぼす影響について報告してきた．音楽が自律神経に及ぼす影響については，このような方法を用いて検討した報告はない．そこで，今回は音楽が心拍数，血圧，自律神経機能，および脳血流量に及ぼす影響について

^a 東北大学病院診療技術部検査部門

〒980-8574 宮城県仙台市青葉区星陵町 1—1

^b 東北大学病院血液免疫制御分野学

^c 東北大学病院加齢研病態計測制御分野学

^d 東北大学病院分子診断学

(受付日：平成17年4月21日/受理日：平成17年6月14日)

検討した。

対象と方法

対象はあらかじめ文書にて同意の得られた健常若年成人 17 名 (19~22 歳, 男性 8 名, 女性 9 名) とした。既報のように^{7)~9)}, 測定機器としては, ホルター装置はフクダ電子社製 FM-200 デジタルホルター記録器, SCM-2000 解析装置, ならびにパーソナルコンピュータ, および近赤外線酸素モニタは NIRO300 (HAMAMATSU Co. Photonics), パサラ血圧計 (フクダ電子社製) を使用した。空調設備のある静かな環境において, 被験者には仰臥位状態でヘッドホンにより 3 種類の音楽, すなわち, 中国伝統音楽, 前衛音楽, ハードロック音楽を試聴させた。中国伝統音楽は, 二胡, 箏, 笛, 琴などによる演奏である。前衛音楽は無調性や十二音技法による新しい音響技術によって導入されたもので, 人間の癒しと再生を目指すとしている。

ホルター心電図電極, 血圧測定カフ, 近赤外線酸素モニタ装着後, 仰臥位で安静状態を 8 分間持続させ, その後, 音楽を順不同で 8 分間試聴させた。音楽を変更する際には 10 分以上の十分な休息時間をとった。血圧は安静時および音楽試聴直後で, 一方, ホルター心電図および脳内組織酸素代謝量は安静時から負荷時まで連続記録した。ホルター心電図記録により得られた心拍の変動性 (心拍変動: heart rate variability, HRV) を, デジタル化させた離散的な信号列に変換し, スプライン処理を行った。その信号列のスペクトル分析を高速フーリエ変換処理により計算した。なお, サンプルング時間を 128 秒として連続処理を実施した。低周波成分として LF (Low frequency component) および高周波成分として HF (High frequency component), その比 LF/HF の定量化を行った。また, 脳神経細胞の酸素代謝量は右前額部に装着したプローブから近赤外光を照射し, 照射部から 4 cm 程度離れた受

光部で透過量を測定することで計測した。得られた計測値から, 安静時, 負荷時のそれぞれ酸化型ヘモグロビン値 (oxygenized hemoglobin: O₂Hb), および酸化型ヘモグロビン値を総ヘモグロビン値で除した組織酸素化指標 (tissue oxygenation index: TOI) を算出した。事前に Stress-Response-Scale 18 (SRS18) アンケートを実施した。SRS18 の内容は Depression/Anxiety, Irritability/Anxiety, Helplessness の 3 因子群 (各 6 問) から構成されており, 3 群の合計点で判断し, 合計点が高いほどストレスを感じやすいことを示す指標とされる。

検討としては, 3 種類の音楽試聴時の

- 1) 心拍数, 血圧
- 2) HRV 指標 (HF, LF/HF)
- 3) 脳内組織酸素代謝量
- 4) アンケートと HRV 指標との関係

について比較実施した。

検討各指標は平均値を算出し比較した。統計学的検討は paired t 検定で行い, $p < 0.05$ を統計上有意と判定した。また, 相関についても単相関係数を算出し, その有意性を検討した。

結 果

- 1) 心拍数, 血圧

表 1 に示すように心拍数, 血圧には音楽の試聴による有意な変動は確認できなかった。

- 2) HRV 指標 (HF, LF/HF)

表 1 および図 1 に 3 種類の音楽試聴時の HF, LF/HF の変動を示した。HF は安静時では $1,064 \pm 923$ msec², 中国伝統音楽では $1,490 \pm 1,362$ msec², 前衛音楽は $1,502 \pm 1,191$ msec², およびハードロックでは 968 ± 906 msec² であった。安静時に比較して中国伝統音楽と前衛音楽では高値傾向を示したが有意差は認められなかった。LF/HF は安静時では 0.81 ± 0.68 , 中国

表 1 3 種類の音楽試聴時の心拍数, 血圧, 心拍変動指標および脳内組織酸素化指標

	安静時	中国伝統音楽	前衛音楽	ハードロック音楽
心拍数 (/min)	65.9 ± 10.5	65.2 ± 9.0	63.3 ± 10.4	66.1 ± 10.4
収縮期血圧 (mmHg)	118.6 ± 11.2	116.1 ± 8.7	117.8 ± 8.3	117.6 ± 11.7
拡張期血圧 (mmHg)	68.4 ± 5.7	66.6 ± 5.7	69.7 ± 4.8	67.8 ± 5.6
HF (msec ²)	1,064 ± 923	1,490 ± 1,362	1,502 ± 1,191	968 ± 906
LF/HF (ratio)	0.81 ± 0.68	0.71 ± 0.74	0.74 ± 0.60	1.62 ± 1.17
TOI	70.5 ± 4.9	69.5 ± 5.1	69.2 ± 4.3	69.2 ± 4.8

M ± SD で表示

TOI: tissue oxygenation index, oxygenized hemoglobin/total hemoglobin, 脳内組織酸素化指標

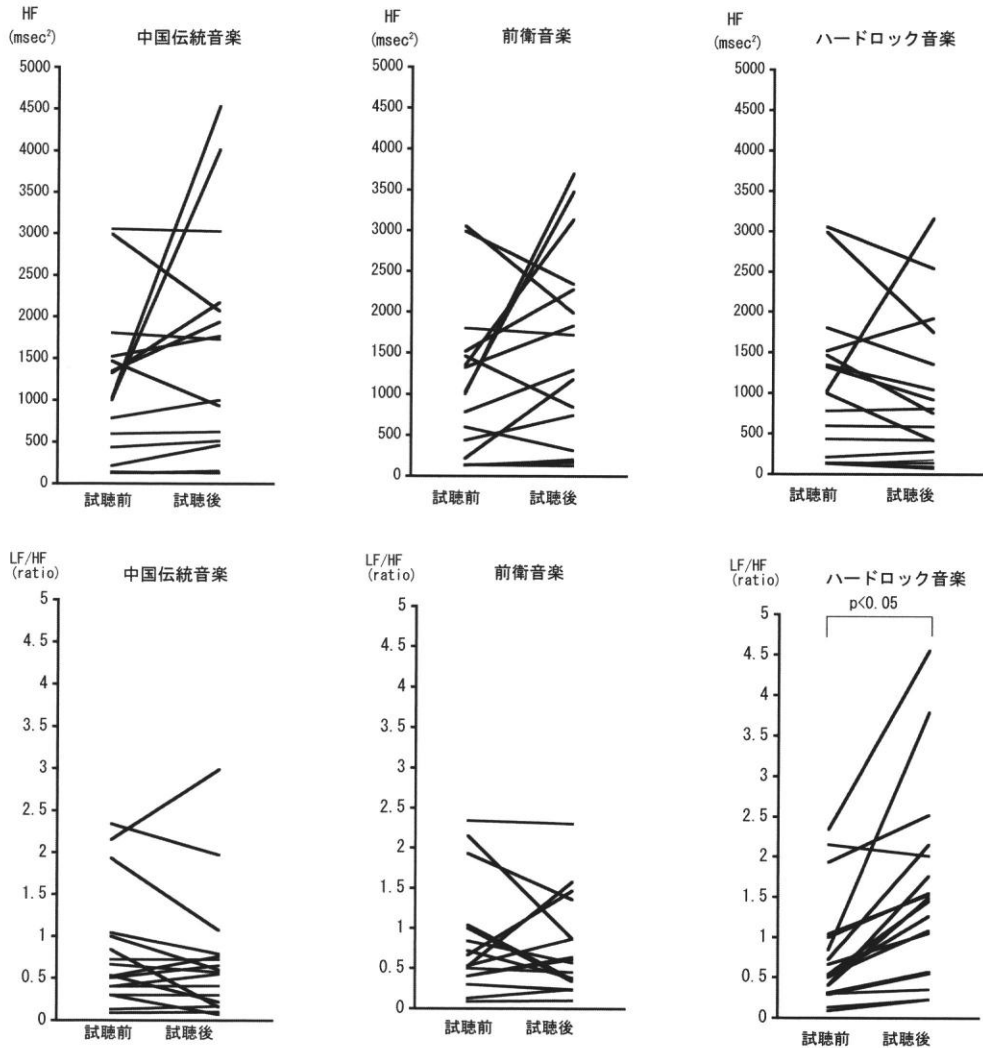


図1 3種類の音楽試聴時の心拍変動2指標の変化

HF : High frequency component, LF/HF : Low frequency component/High frequency component

伝統音楽では 0.71 ± 0.74 , 前衛音楽では 0.74 ± 0.60 , およびハードロックでは 1.62 ± 1.17 であり, 安静時に比較してハードロック音楽試聴時には有意に ($p < 0.05$) 増加した。

3) 脳内組織酸素代謝量

表1に示すように, 音楽の試聴により有意な変動を示さなかった。

4) アンケートとHRV指標との関係

合計点は0~38点で, 13.3 ± 9.4 点であった。SRS18のアンケート合計点数と3種類の音楽試聴時の心拍変動指標との関連性について検討した。3種類の音楽試

聴時のHF, LF/HFを安静時との比較からその比を求め, その変化率とSRS18のアンケート合計点数との関連を検討した。HFとアンケートの間には前衛音楽試聴時では $r = -0.27$, $p < 0.01$ と負の相関を認め, 一方, LF/HFでは, $r = 0.65$, $p < 0.01$ と高い相関を認めた。ハードロック音楽試聴時にはLF/HFで $r = 0.35$, $p < 0.01$ の結果を得た(図2)。

考 察

われわれは, これまでの検討で計算負荷および香り刺激が自律神経活動に影響を及ぼすことを認め, 報告

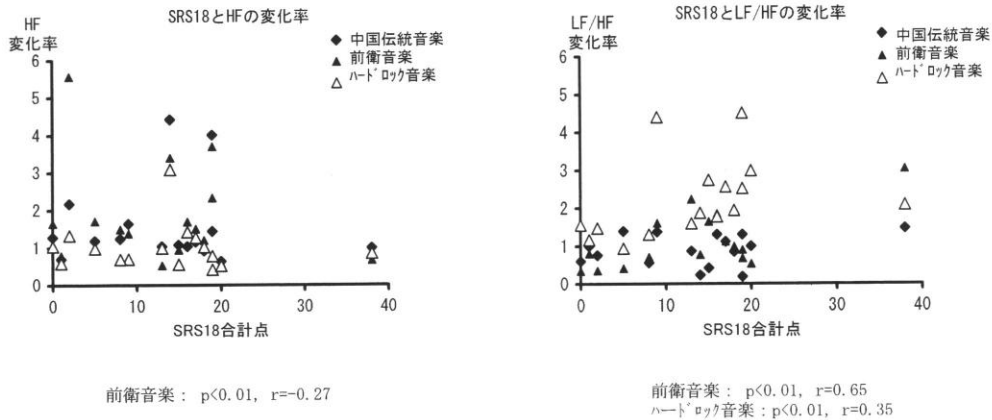


図2 3種類の音楽試聴時の各心拍変動指標の安静時との変化率とアンケート合計点数の関連性

HF: High frequency component, LF/HF: Low frequency component/High frequency component

SRS18: Stress-Response-Scale 18

してきた⁸⁾⁹⁾。本検討では男性8名、女性9名の健常若年者を対象とし、音楽の自律神経系に及ぼす影響を明らかにする目的で3種類のジャンルの異なる音楽を聴かせ、血圧、脈拍数、HRVおよびTOIの変動について比較検討した。心拍数は仕事へのストレス、緊張感、眠気、自律神経活動状態などを反映するとされ、瞬時の心拍数は、リラックス状態や音楽療法の指標として有用であると報告されている¹⁰⁾。しかしながら、本検討では血圧、心拍数は音楽試聴前後で有意な変化を示さなかった。

また、脳には生理的範囲内の血圧変動に対しては、脳血流自動調節能と呼ばれる脳血流を一定に保つ機構が存在し、脳の血流を保障しているが、今回の検討では、音楽試聴時には安静時と比較して、血圧ばかりでなく、脳内組織酸素代謝量の指標であるTOIにも有意な変化を認めなかった。

次に、自律神経活動の指標とされる心拍変動のHF、LF/HFについて検討した。中国伝統音楽、前衛音楽試聴時には、HFが高値の傾向を示し、副交感神経活動が優位となる傾向が認められたが、有意差はなかった。一方、ハードロック試聴時にはLF/HFが有意に高値であったことから、交感神経活動が優位に高まると考えられた。松浦¹¹⁾らは音楽とノイズをそれぞれ異なる対象に試聴させ、デジタルフォトレチスモグラムを使用して、P波の振幅から試聴の前後で交感神経活動について検討した。このP波はデジタルフォトレチスモグラムの主調波であり、その振幅は交感神経活

動の亢進時に増大するとされる¹²⁾。音楽はKitaroの“Shinchi-no-michi”である。それによると、音楽とノイズはともに、交感神経活動を上昇させ、音楽とノイズの差を認めなかったと報告している。しかし、音楽では心身の状態を改善させ、ノイズでは逆に悪化させたとしている。自律神経は機能面から交感神経と副交感神経とに分けられ、促進と抑制の両面から生体の安定性を保つために協調して働いている。人は音や音楽を耳だけでなく、身体で感じ取り、身体に何らかの刺激や影響をもたらす。今回の検討では、ハードロック音楽試聴ではリズムの速さにより交感神経活動が優位となった可能性がある。

次に、SRS18のアンケート合計点数と3種類の音楽試聴時の心拍変動指標との関連性について検討してみると、前衛音楽試聴時にはHFでは $r = -0.26$ と負の相関を認め、一方、LF/HFでは $r = 0.65$ と高い正の相関を認めたことから、ストレスを感じやすい性格者ほど前衛音楽試聴により交感神経活動が亢進すると考えられた。また、ハードロック音楽試聴時にもLF/HFで $r = 0.35$ と正の相関を認め、前衛音楽と同様、ストレスを感じやすい者ほどハードロック音楽により交感神経活動が亢進すると考えられた。

今回の検討から、音楽にはそれぞれ特質があり、音楽療法などではその特質を理解して使用することが望まれる。音楽の効果を証明するためにはひとりのリラックス度を数値化することが必要であり、今回実施した心拍変動解析による自律神経機能評価はその方法とし

て有用であると考えられる。

結 語

健康若年者にジャンルの異なる3種類の音楽, すなわち, 中国伝統音楽, 前衛音楽, ハードロック音楽を試聴させた。ハードロック音楽試聴ではLF/HFが高値を示し, 交感神経活動が優位に高まると考えられた。また, SRS18 アンケートによるストレス評価アンケートではストレスを感じやすい性格者では前衛音楽試聴により交感神経活動が亢進すると考えられた。一方, 血圧, 心拍数, および脳内組織代謝量には音楽試聴により有意な変動は認められなかった。

§ 文 献

- 1) Selye H: The Stress of Life, Van Nostrand Reinhold, New York, 1956
- 2) Wright JJ, Liley DT: Simulation of electrocortical waves. Biol Cybern 72: 347—356, 1995
- 3) Kristeva R, Chakarov V, Schulte-Monting J, et al: Activation of cortical areas in music execution and imaging: a high-resolution EEG study. Neuroimage 20: 1872—1883, 2003
- 4) Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, et al: Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-beat cardiovascular control. Science 213: 220—222, 1981
- 5) Berger RD, Akselrod S, Gordon D, et al: An efficient algorithm for spectral analysis of heart rate variability. IEEE Trans Biomed Eng 33 (BME): 900—904, 1986
- 6) 早野順一郎: 心拍の揺らぎと自律神経. Ther Res 17: 163—235, 1996
- 7) 大久典子, 半澤秋帆, 菊池亜紀子ら: 計算負荷とゲーム負荷による心拍変動解析. 自律神経 39: 204—209, 2002
- 8) 大久典子, 鈴木真悠子, 佐々木春香ら: 計算負荷における心拍変動と脳神経細胞の酸素代謝. 自律神経 40: 166—169, 2003
- 9) 大久典子, 山家智之, 吉田克己ら: 香り刺激における心拍変動と脳神経細胞の酸素代謝. 自律神経 41: 166—169, 2004
- 10) Yokoyama K, Ushida J, Sugiyama Y, et al: Heart rate indication using musical data. IEEE Trans Biomed Eng 49: 729—733, 2002
- 11) Matsuura M: Metamotivational states displayed using differential digital photoplethysmograms while listening to music and noise. Perceptual and motor skills 94: 607—622, 2002
- 12) Takemiya T, Maeda J, Suzuki J, et al: Differential digital photoplethysmographic observations of finger vascular exponential response to the arm position changes in humans. Advances in Exercise and Sports Physiology 2: 83—90, 1996

Abstract

Effect of autonomic nervous system activity while listening to music

Noriko Ohisa^a, Katsumi Yoshida^b, Tomoyuki Yanbe^c and Mitsuo Kaku^d

^aClinical Laboratory Department, Tohoku University Hospital, Sendai 980-8574, Japan

^bDepartment of Immunology and Hematology, Tohoku University Hospital, Sendai 980-8574, Japan

^cDepartment of Medical Engineering and Cardiology, Institute of Development, Aging, and Cancer, Tohoku University Hospital, Sendai 980-8574, Japan

^dDepartment of Molecular and Physiology, Tohoku University Hospital, Sendai 980-8574, Japan

We studied the effects of 3 different types of music -classical, hard rock, avant-garde- on autonomic nervous system activity. Changes in this activity are induced by emotional stress on relaxation. Subjects were 17 healthy students -19-22 years of age who underwent continuous electrocardiographic monitoring (Holter) before and while listening to 3 types of music. Oxygen supply to the brain was monitored using infrared sensors. Power spectral analysis of heart rate variability was expressed as low -(0.04-0.15 Hz) and high -(0.15-0.40 Hz)-frequency components (LF, HF) and the LF/HF ratio. LF/HF, considered to be an indication of sympathetic nervous system activity increased significantly during listening to hard rock, but, the heart rate, blood pressure, and oxygen supply to the brain did not.

(The Autonomic Nervous System, 42: 265—269, 2005)