

【研究報告】

## 音の拍子の違いがヒトの自律神経活動 および心拍数に与える影響

西田 裕介<sup>1)</sup> 間嶋 幸絵<sup>2)</sup>

1) 聖隷クリストファー大学リハビリテーション学部理学療法学専攻

2) 駿河台日本大学病院理学療法室

(連絡先) 053-439-1400 (電話)

yuusuke-n@seirei.ac.jp

## Influence that Difference of Rhythm of Sound Gives to Human Autonomic Activity and Heart Rate

Yusuke NISHIDA, Yukie MAJIMA

1) Department of Rehabilitation, Seirei Christopher University

2) Department of Physical Therapy, Surugadai Nihon University Hospital

### 要 旨

本研究の目的は拍子の違いが自律神経系に与える影響について心拍変動を用いて検討することである。方法は健常成人男性8名を対象に、安静座位にて2、3、4拍子の音をランダムに暴露し、各拍子における心拍変動を測定した。心拍変動の自己回帰スペクトル解析によって副交感神経活動と交感神経活動を評価し、RR間隔時間から心拍数の変化を安静時と音暴露時と比較した。その結果、平均値を比較すると、すべての拍子で副交感神経活動を表す高周波成分(HF)が安静時と比べ増加し、交感神経活動を表す低周波と高周波の比(LF/HF)が低下する傾向を示したが、統計的に有意差は認められなかった。また、RR間隔平均の結果ではすべての拍子で延長し、安静時と3拍子の条件間で有意な差を認めた( $p < 0.05$ )。つまり、3拍子の聴取により心拍数が有意に減少したことから、3拍子は他の拍子に比べて副交感神経の活動を促進させる特徴をもち、生体調整に与える効果が大きいと考えられる。

キーワード：拍子 自律神経機能 生体反応

Key words: rhythm, autonomic nerve system, biological reaction

## I. はじめに

病院や施設では夜間に眠ることが出来ず、日中に眠っている高齢者をよく目にする。一つの要因として崩れた自律神経系の活動周期が考えられる。高齢者の理学療法場面において、このような崩れた生体リズムは日中に行われるリハビリテーションの効果を減少させているように思われる。また、多くの現代人は不規則な生活習慣やストレスにより生体リズムが崩れやすい状況にあると考えられる。我々は、このような対象者に対して生体調整の手段として音の聴取が有効ではないかと考えた。

これまでも、音楽の構成要素を変化させ、その生理的効果を調べた研究がなされている<sup>1)</sup>。また、音のリズムは2拍子か3拍子、またはそれらが結合したかたちからなっており<sup>1)</sup>、この基本リズムは生体に何らかの影響を与えると考えられる。そこで、本研究では、心拍変動解析を用い音の聴取により自律神経活動がどのように変化するかを、異なる拍子において検討した。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

対象は大学生である健常成人男性8名で、平均年齢 $21.9 \pm 0.9$ 歳、身長 $172.9 \pm 2.6$ cm、体重 $69.2 \pm 9.8$ kgであった。食事や喫煙は自律神経活動に影響を与えるため、実験開始前に食事、コーヒーの摂取および喫煙から2時間以上の間隔をとって行った。また、本研究を行なうにあたり、対象者には本研究の目的として、異なった拍子における自律神経活動を評価する旨を口頭にて説明し同意を得た。さらに、測定後、詳細な説明と質疑応答により再度本研究に対する同意を

得た。

### 2. 測定環境条件と音源

測定時の環境条件は、防音室に椅子を設置し、対象者にはアイマスク、ヘッドホン、心電図を装着させた。室温は $22 \sim 23^{\circ}\text{C}$ に保たれ、暗騒音は30dB (A特性：以下A) 以下であることを確認した。音源にはmidi音源を用い、パソコンにて、2拍子、3拍子、4拍子のフレーズを作成した。2拍子は和音—単音、3拍子は和音—単音—単音、4拍子は和音—単音—単音—単音のフレーズで、周期的に繰り返し、各音の音程・音色・強弱は統一した。和音は単音(440Hz)と同じ音程で、その2オクターブ上の音(1760Hz)を組み合わせた。また音圧レベルの設定についてはヘッドホンからの音を騒音計を用いて72～80dB (A) に合わせた。またテンポについては、緊張や不快感、かつ生体に大きな変化を与えないと考えられる範囲内とし、72拍/分に設定した<sup>1)</sup>。

### 3. 測定方法

対象者に心電図、アイマスクを装着し、椅子に座り楽な姿勢をとらせた。心電図は明瞭なR波が得られるCM5誘導とした。心電図の原波形をコンピュータ画面上でモニタリングし、すべてのR波の検出および期外収縮の有無をチェックした。また期外収縮とその前後のRR間隔は除き、連続した2つの正常洞調律R波の間隔のみをRR間隔として測定した。図1に測定のプロトコルを記載する。測定は10分間の安静のあと、音を10分間暴露した。これを1セットとし、安静時のデータ計測後に2拍子、3拍子、4拍子をランダムに計3セットの音を暴露した。音暴露の順序決定には、カードを引いてもらいその順序を決定した。心電図波形の測定は、安静時

および音暴露時ともに10分間の測定を行った。データ解析には、刺激に対する初期反応を除外するため、後半6分間の心電図波形を分析対象波形とした。また、各セット間に25分間の休憩を挿入した。休憩中の対象者には、飲食、喫煙、睡眠を取らないよう指示し、行動を統一するため各自持参した本を読ませた。測定時間は、1名の被験者に対して合計110分の測定時間であり、測定の時間帯は、全ての被験者とも、14時から16時の間で測定した。

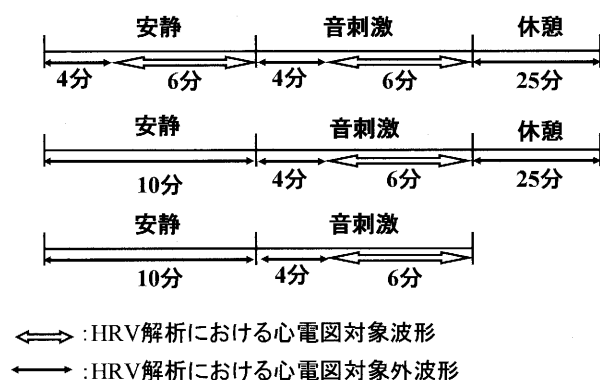


図1 測定のプロトコル

#### 4. 心拍変動とRR間隔時間のデータ解析

心拍変動を利用した自律神経機能評価として、心拍変動の自己回帰スペクトル解析を行った。データ解析は心電図より1拍ごとのR-R間隔を測定し、高周波成分と低周波成分を抽出した。0.15～0.40Hzの周波数帯域の面積を高周波成分、0.04～0.15Hzの周波数帯域の面積を低周波成分とし、高周波成分の区分積分値（以下：HF成分）を心臓副交感神経機能、低周波成分の区

分積分値と高周波成分の区分積分値の比（以下：LF/HF）を心臓交感神経活動の指標とした。また、心拍数の指標としてRR間隔平均を用いた。RR間隔平均の延長は心拍数の減少を示し、短縮は心拍数の増加を示す。計測結果から安静時と各音暴露時のHF、LF/HF、RR間隔平均を比較した。統計解析は各測定条件を要因とする一元配置分散分析と多重比較検定を行い、危険率5%未満を有意とした。また、本研究における安静時のデータは、音の聴取の経験がない状態を反映させるために最初の安静時における心電図データのみを解析対象波形として検討に用いた。

### Ⅲ. 結果

安静時と各拍子の音暴露時におけるHF、LF/HF、RR間隔時間の平均値とその標準偏差を表1に示した。HF成分の平均値は安静時 $441.4 \pm 417.4 \text{ ms}^2$ 、2拍子 $476.5 \pm 386.2 \text{ ms}^2$ 、3拍子 $848.6 \pm 989.1 \text{ ms}^2$ 、4拍子 $740.4 \pm 857.2 \text{ ms}^2$ であった。LF/HFの平均値は安静時 $1.89 \pm 1.1$ 、2拍子 $1.32 \pm 0.9$ 、3拍子 $1.66 \pm 1.1$ 、4拍子 $1.76 \pm 1.3$ であった。HF、LF/HFとも、安静時と各拍子間で統計的に有意な差は認められなかった。RR間隔時間の平均値は安静時 $901.0 \pm 65.7 \text{ ms}$ 、2拍子 $921.2 \pm 84.3 \text{ ms}$ 、3拍子 $954.6 \pm 110.0 \text{ ms}$ 、4拍子 $939.1 \pm 129.2 \text{ ms}$ であった。安静時と3拍子の間でRR間隔平均が有意に延長し、安静時と2拍子および4拍子との間には有意差は認められなかった。また、表には示していないが、音

表1 心拍変動とRR間隔時間

	安静時	2拍子	3拍子	4拍子
HF( $\text{ms}^2$ )	$441.4 \pm 417.4$	$476.5 \pm 386.2$	$848.6 \pm 989.1$	$740.4 \pm 857.2$
LF/HF	$1.89 \pm 1.1$	$1.32 \pm 0.9$	$1.66 \pm 1.1$	$1.76 \pm 1.3$
RR間隔(ms)	$901.0 \pm 65.7$	$921.2 \pm 84.3$	$954.6 \pm 110.0^*$	$939.1 \pm 129.2$

\*:  $p < 0.05$  安静時と音暴露時の比較(mean  $\pm$  SD)

暴露の順番の影響において安静時との比較を行なった結果、HF、LF/HF、RR 間隔時間の全ての項目において有意差は認められなかった。

## 1. HF 成分

図 2 は安静時と音暴露時の HF 成分平均値を示したグラフである。HF 成分の平均値は、3 拍子、4 拍子、2 拍子の順に、すべての拍子で安静時よりも増加したが、安静時と各拍子の比較において有意な差は認められなかった。

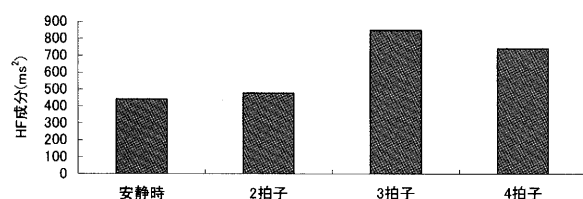


図 2 安静時と音暴露時における HF 成分平均の比較

## 2. LF 成分と HF 成分の比

図 3 は安静時と音暴露時の LF/HF 成分の平均値を示したグラフである。LF/HF の平均値は、2 拍子、3 拍子、4 拍子の順に、すべての拍子で安静時よりも低下したが、安静時と各拍子の比較において有意な差は認められなかった。

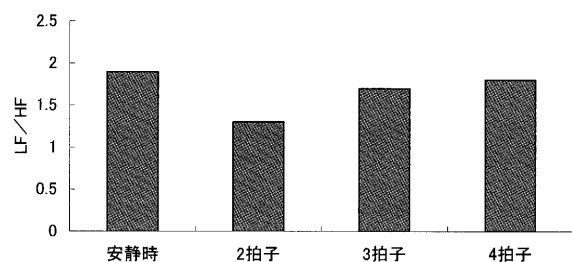


図 3 安静時と音暴露時における LF/HF 平均の比較

## 3. RR 間隔

図 4 は安静時と各音暴露時における RR 間隔の平均値を示したグラフである。RR 間隔平均は 3 拍子、4 拍子、2 拍子の順に、すべての拍子で

安静時と比較し延長した。安静時と 3 拍子の比較において有意な延長を認めた。

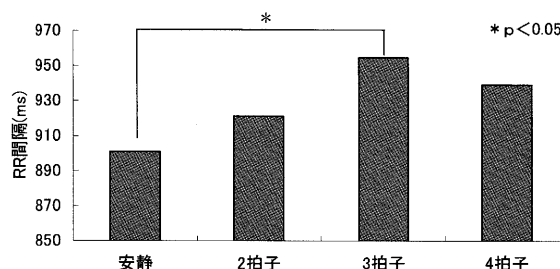


図 4 安静時と音暴露時における RR 間隔平均の比較

## Ⅳ. 考 察

これまでに、テンポや音の周波数、音圧など音楽の構成要素を変化させて生体に与えた場合に、さまざまな反応を示すことが報告されている<sup>1) 3) 4)</sup>。本多は音のテンポ（間隔時間）が生体に与える影響として 1.0sec より遅いテンポは、生体に大きな変化は見られないが、0.8sec より速いテンポは、生体に緊張と不快感を与えると報告している。そこで、本研究では音楽の重要な構成要素の一つであるリズムが、生体に与える影響を 2、3、4 拍子の音暴露時に心拍変動と RR 間隔時間を計測し、安静時と比較することで、拍子の違いが自律神経系に与える影響を検討した。

自律神経機能の評価法には、心臓支配の交感神経と迷走神経（副交感神経）の両機能をそれぞれ定量化できる心拍変動スペクトル解析を用いた。心臓は拍動ごとに洞結節固有の一定リズムを保っているように思われるが、実際は健康者の心拍動の間隔は自律神経、ホルモン、血圧変動などの影響を受けて絶えず変動している。このような心周期のゆらぎを心拍変動と呼び、心電図の RR 間隔の変動として測定できる<sup>5)</sup>。本研究で用いた心拍変動スペクトル解析は周波数の違いによりゆらぎを成分に分解する方法で、

低周波成分 (LF: 0.04 ~ 0.15Hz) と高周波成分 (HF: 0.15 ~ 0.40Hz) の 2 つのピークが得られる。HF 成分は心臓迷走神経をブロックすることにより消失することから、純粋な迷走神経機能 (副交感神経活動) の指標とされている。LF/HF は現在、交感神経活動を表す指標とされているが統一的な見解は得られていない<sup>6)</sup>。

本研究の結果から、HF 成分において安静時と音暴露時で統計的に有意な違いは認めなかったが、平均値は 3、4、2 拍子の順に安静時よりも増加した。つまり、音の聴取により副交感神経活動が増加する傾向を示したと考えられる。また、LF/HF の平均値において、安静時と音暴露時で統計的に有意な違いは認めなかったが、平均値は 2、3、4 拍子の順に安静時よりも低下した。つまり、音の聴取により交感神経活動が抑制される傾向を示したと考えられる。

一般に副交感神経と交感神経は拮抗する作用をもつと考えられているが、本研究においても、音の聴取により計測したすべての拍子で、安静時よりも HF 成分の平均値が増加したのに対し、LF/HF の平均値は計測したすべての拍子で低下した。すなわち、音の聴取は副交感神経活動を増加させ、交感神経活動を抑制させる機能をもつと考えられる。しかし、先にも述べたように副交感神経と交感神経の両神経は拮抗する作用をもつと考えられているが、HF 成分の平均値が 3、4、2 拍子の順に増加を示したのに対し、LF/HF の平均値は 2、3、4 拍子の順で低下を示した本研究の結果からは、必ずしも拍子の違いによって両神経が同時に拮抗した作用を示したとは考え難い。この場合、交感神経と副交感神経のどちらの神経が生体により影響を与えたかが問題になる。両神経を同時に刺激した場合の経時的変化を比較すると、副交感神経の効果は 1 秒以内に出現するのに対して交感神経の効果

は 10 数秒で最高値に達すると言われている<sup>7)</sup>。これは自律神経系の経路によって理解される。交感神経の経路は節前線維と節後線維が直列に配列した 2 つのニューロンからなり、一般に交感神経節は効果器から比較的離れているため交感神経節後線維は長い<sup>8)</sup>。さらにこの節後線維は無髄の C 線維であり、直径が細く、神経の伝導速度は遅い。これに対し、副交感神経の神経節は一般に末梢効果器の近傍あるいは効果器の壁内に分布するので、その節後線維は短い<sup>7) 8)</sup>。すなわち、交感神経よりも副交感神経は敏速に洞結節細胞の自働性を変調し、心拍数の調節を行うと考えられる。このことから副交感神経活動に着目し、音刺激が自律神経系に与えた影響の強さは 3、4、2 拍子の順と考えられる。

RR 間隔平均値では、安静時に比べて 3、4、2 拍子の順にすべての拍子で延長を示し、この順は HF 成分の増加と一致していた。3 拍子では安静時と音暴露時の条件間で RR 間隔時間が有意に延長し、心拍数の減少を示したことから、3 拍子は 2、4 拍子よりも副交感神経活動を促進させる効果が大きいと考えられる。

本研究では被検者間のばらつきが大きかったことや被検者数が少なかったことにより HF 成分と LF/HF において統計的に有意な差は認めなかったと考えられるが、本研究により、音の聴取が自律神経系に影響を与えることが示唆された。特に拍子間の比較において、3 拍子は 2、4 拍子に比べ、副交感神経の活動を促進させる特徴をもち、生体調整に与える効果が大きいと考えられる。

## VI. 文 献

- 1) 本多薫：音のテンポが心拍変動と快適感に与える影響、日本生理人類学会誌、2 (1)：

33-38、1997

- 2) ハンス・ヘルムート、デッカー・フォイクト、阪上正巳：音楽療法事典、人間と歴史社、pp50、2004
- 3) 佐藤和夫：騒音の生理学的評価に関する研究、日本公衆衛生院研究報告、14 (4) : 200-212、1965
- 4) 大久保千代次、宮崎蔵敏、長田泰公：指先脈拍振幅に対する間欠的騒音の影響、公衆衛生院研究報告、25 (1) : 1-8、1976
- 5) 田村康二：生体リズムと自律神経系 — 心拍

リズムとストレスについて —、脳の科学、22 : 533-538、2000

- 6) 日本自律神経学会編：自律神経機能検査、文光堂、2 版、pp57-64、2000
- 7) 入来正躬、伊藤真次、伊藤漸・他：シェーマでみる自律神経、藤田企画、2 版、埼玉：pp209-220、1989
- 8) 後藤由夫、松尾裕、佐藤昭夫：自律神経の基礎と臨床 改定、医薬ジャーナル社、東京：pp26-47、1993

# **Influence that Difference of Rhythm of Sound Gives to Human Autonomic Activity and Heart Rate**

Yusuke NISHIDA, Yukie MAJIMA

- 1) Department of Rehabilitation, Seirei Christopher University
- 2) Department of Physical Therapy, Surugadai Nihon University Hospital

## **Abstract**

In this study we discuss what happens to the automatic function when listening to different rhythms (binary time, triple time, and quadruple time), by looking at heart rate variability. The results are that there were no significant differences in the average heart rate, but there was a tendency to a reduction in the sympathetic activity and increase in the parasympathetic activity. The average R-R interval extended in all rhythms. Significant difference was observed between resting and triple time R-R intervals meaning that by listening to triple time, the heart rate significantly decreased. This indicates that triple time increases parasympathetic activity compared to other rhythms, and that it has a large effect on body adjustment.