

音による自律神経活動と疼痛閾値の変化

古田 紘

大学院歯学独立研究科 顎口腔機能制御学講座
(主指導教員：富田 美穂子 教授)

松本歯科大学大学院歯学独立研究科博士（歯学）学位申請論文

Changes in the pain threshold and the autonomic nervous activity by sounds

TSUMUGU FURUTA

*Department of Oral and Maxillofacial Biology, Graduate School of Oral Medicine,
Matsumoto Dental University
(Chief Academic Advisor : Professor Mihoko Tomida)*

The thesis submitted to the Graduate School of Oral Medicine,
Matsumoto Dental University, for the degree Ph.D. (in Dentistry)

緒 言

歯科医院を受診する患者の77%は、歯科治療において何らかの不安を抱いており、そのうち4~7%は強度の歯科恐怖症患者であるといわれている¹⁾。歯科処置時の局所麻酔や切削時の痛みに加え、器具の音や匂いも不安を増強させると考えられる。このような理由から定期的に歯科を受診している人は45%で、その他の多くは痛みを自覚してから歯科医院にかかるのが現状である¹⁾。このような口腔領域の痛みを含め、身体の疼痛に悩まされている患者に対して、除痛効果やリラックス効果が得られる状況を探索することは非常に有効である。

痛みは組織の異常を知らせる感覚として臨床の現場では非常に重要な感覚であるが、身体的障害を与えたり精神的苦痛を伴う。このような痛みの

認知程度は、環境や情動に影響されるため^{2,3)}、痛みのコントロールには環境の改善や心のケアに対する取り組みが必要である⁴⁾。そこで音楽は、音自体の刺激や音楽に取り組む活動がもたらす心理的効果、周囲の人との共有感による社会的確立により、痛みや苦しみを軽減する⁵⁾。このように音楽を聞いている時は無音の状態よりも疼痛閾値が上昇し、除痛効果がある事は証明されているが、そのメカニズムは不明である⁶⁾。

一方で、痛みは自律神経活動に大きく影響しており⁷⁾、痛みが生じると交感神経や運動神経が緊張する。そのため、血管が収縮して筋収縮が生じることさらに痛みが増強する場合がある⁸⁾。そこでこのような悪循環を生じさせないために、医療処置等による交感神経活動の亢進を防止する目的で音楽鎮静法⁹⁾、嗅覚療法¹⁰⁾、映像療法¹¹⁾などが頻繁に使用されている。

以前より、自律神経活動の評価として心拍変動を周波数解析する方法が用いられている^{12,13)}。この方法は胸に電極を貼付するのみで自律神経活動が推定でき、非侵襲的で精神的なストレスが少なく、連続的な測定が可能なシステムである。周波数解析とは心電図上の R-R 間隔の経時の変化に含まれている特定の周波数を評価する解析である。この周波数解析は、主に副交感神経系の活動のみにより形成されている高周波成分 (HF : High Frequency) と、交感神経と副交感神経の活動が複合して形成される低周波成分 (LF : Low Frequency) に分けられ、LF/HF は相対的交感神経機能の指標とされている^{14,15)}。

本研究では、種類の異なる音による快、不快の程度を調べるとともに、それらの条件下での自律神経活動の変動と疼痛閾値を測定する。その後、それぞれの条件時と無条件時での自律神経活動と疼痛閾値の変化量における相関関係を比較検討した。

方 法

1. 被験者

この研究における被験者は、田上歯科に通院している患者の20～68歳までの成人ボランティア計25名の女性 (20～60代：各年代5名) (平均年齢 43.0 ± 15.9) とした。被験者の選択における包含基準は、聴覚に問題がない、向精神薬の投薬を受けていない、神経に異常がない、妊娠していないとした。なお本研究に先立ち、本学研究等倫理審査委員会の承認 (許可番号195号) を得るとともに、本研究内容を十分に説明して本人から同意が得られた人のみを対象とした。

2. 条件の設定

選択した音は、一般的に聞き慣れているクラシック音楽のヴィバルディ四季から「春」(クラシック) とポピュラー音楽の JUJU と加藤ミリヤの歌詞なし (POP) の2種類の音楽と、歯科治療で使用する超音波スケーラー (ソルフィー・モリタ (株)) の音 (スケーラー音)、日常で使用している目覚まし時計 (ニュークラシック・シチズン) の音 (ベル音) の4種類とした。スケーラー音とベル音は事前に録音したものを使用し、各条件をタイムスケジュールに従い1日1条件で測定した (図1)。被験者が安静になるまで5分間待ち、自律神経活動が無音と音を聞かせた状態で計測後、休憩をはさみ、引き続き内腕と下顎歯肉の順で無音の状態と音を聞かせた状態の疼痛閾値を計測した。最後にその日に使用した音に対する快度と不快度を Visual Analogue Scale (VAS) で評価させた (図1)。

3. 自律神経活動の測定

閉塞感を感じない程度の広さがあり、室温が一定に保たれる (25℃) 静かな院内カウンセリングスペースで、背もたれ付きのオフィスチェアに被験者を座らせ、開眼状態のままヘッドフォン (MDR-D777 : ソニー株式会社) を装着させた。RF-ECG (GMS 社) に専用電極を取り付け、一体として左胸に貼り付け (図2-A)、USB セキュリティーキーおよび USB 受信機を PC に挿入し、心拍変動周波数解析装置 (Bonaly Light[®] : GMS 社) (図2-B) をスタンバイした状態で安静になるまで5分間待った。その後、無音で心拍周波数を1分間計測した (無条件時)。次に音を

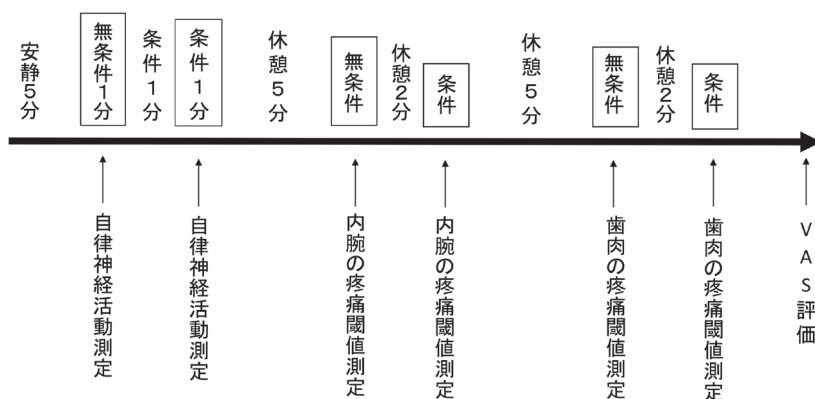
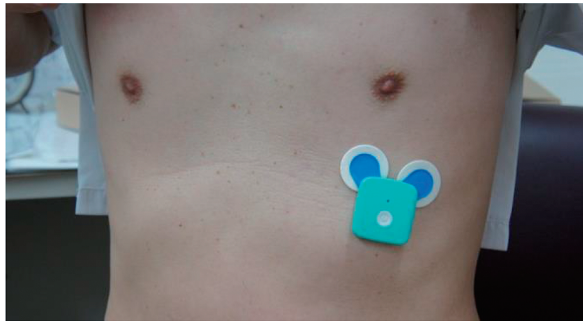


図1：タイムスケジュール

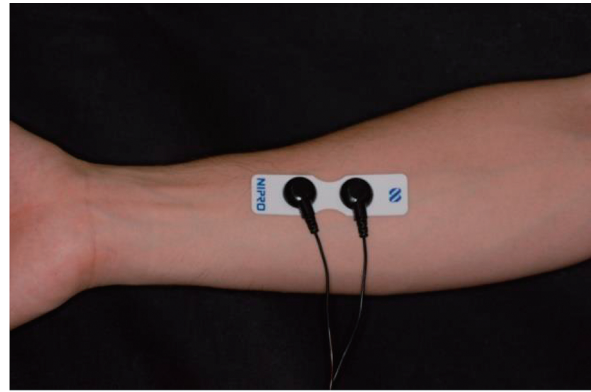


A

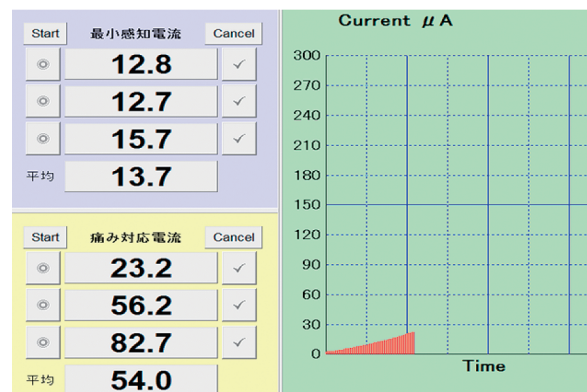


B

図2：自律神経活動の測定器
A：RF-ECG（青色の器具）と専用電極
B：測定画面



A



B



C

図3：疼痛閾値の測定器
A：皮膚電極
B：測定画面
C：口腔内電極

流し、被験者の聞きやすい程度の音量に調節して1分間聞かせ、継続して音を聞かせた状態（条件時）で心拍周波数を1分間計測した。

心拍変動周波数解析では、心電図のR-R間隔の経時的变化のうち、副交感神経活動の指標となる高周波成分（HF：High frequency, $>0.15\text{Hz}$ ）と、自律神経活動が複合して形成される低周波成分（LF：Low frequency, $0.05\sim 0.15\text{Hz}$ ）を用いた相対的交感神経活動の指標とされるLF/HFを評価項目として用いた^{14,15)}。

4. 疼痛閾値の測定

1) 内腕の疼痛閾値

前腕内側にディスポ電極（EL-BAND：ニプロ株式会社）を貼付し（図3-A）、無音の状態では、知覚・痛覚定量分析装置（Pain Vision® PS-2100N：ニプロ株式会社¹⁶⁾）を用いて疼痛閾値を測定した（無条件時）。スタートボタンを押すとPain Vision本体から徐々に増大する刺激電流（パルス電流 0.3msec 50Hz ）が流れ、被験者はストレスに感じる痛みを認識した時点で停止用ハン

ドスイッチを押す。この時の電流値を疼痛閾値として3回測定した平均値を求めた（図3-B）。3回のインターバルは20秒、電流の上昇時間は50秒、上昇電流リミットは $256\mu\text{A}$ と設定した。引き続き条件である音をヘッドフォンから流しながら、上記と同様に疼痛閾値を3回測定し平均値を

求めた（条件時）。

2) 歯肉の疼痛閾値

特別に作製された口腔内電極（図3-C）を被験者の下顎臼歯頬側歯肉に当て、被験者自身に電極を保持させて歯肉の疼痛閾値を測定した。内腕と同様の設定で、無条件時と条件時に各3回測定し、停止スイッチを押した時点の電流値の平均値を疼痛閾値とした。

5. VAS 値

4種類の音、クラシック・POP・スケーラー音・ベル音を聞いたときの快度と不快度をVASで評価させた。これは、10cmの黒線の左端0の地点が「感情なし」、右端100の地点が「今までに経験した最高の快度、あるいは不快度」とした場合、各条件がどの地点に該当するかをチェックしてもらい、各条件の快度、不快度の度合いを評価した。

6. 解析方法

心拍変動周波数解析値（HF・LF/HF）および内腕と歯肉の疼痛閾値の無条件と各条件下の検定には、SPSS Statistics. VER 23 (IBM) を用いてノンパラメトリック検定（2個の対応サンプルの検定）Wilcoxonの符号付順位和検定を用いた。いずれも危険率5%未満を有意差ありとした。

VAS値においては、4つの音に対してFriedman検定を用いて比較を行い、その後各2条件間の検定をWilcoxonの符号付順位和検定を用いて危険率5%未満を有意差ありとした。

HF・LF/HFの変動と疼痛閾値の変化との間の相関は、スピアマン順位相関係数で検定し、有意水準は5%に設定した。

結 果

1. 自律神経活動

1) HF

それぞれの条件を課した日のHFの中央値は、無条件対クラシックが97.3, 152.7, 無条件対POPが113.3, 115.2, 無条件対スケーラー音が121.7, 141.6, 無条件対ベル音が123.8, 117.9であった。それぞれの無条件に対してクラシック、POP、スケーラー音を聞いている時は、HFが有意に上昇し（Wilcoxon signed-ranks test：クラ

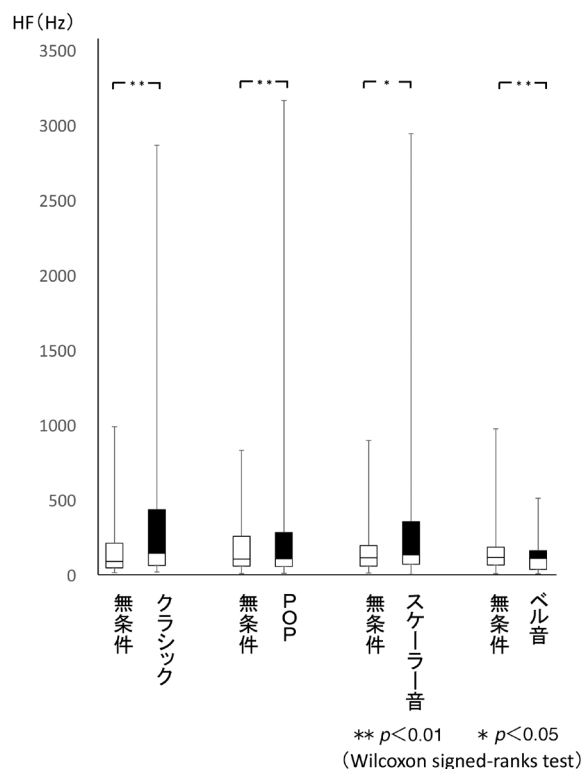


図4：各条件におけるHFの変化

シックとPOPは $p < 0.01$, スケーラー音は $p < 0.05$), ベル音を聞いている時のHFは有意に低下した。（Wilcoxon signed-ranks test： $p < 0.01$ ）（図4）。

2) LF/HF

それぞれの条件を課した日のLF/HFの中央値は、無条件対クラシックが1.122, 0.703, 無条件対POPが0.882, 0.805, 無条件対スケーラー音が1.023, 0.862, 無条件対ベル音が1.052, 0.977であった。それぞれの無条件に対してクラシックやスケーラー音を聞いているときはLF/HFが有意に低下した（Wilcoxon signed-ranks test：クラシックは $p < 0.01$, スケーラー音は $p < 0.05$ ）（図5）。

2. 疼痛閾値

1) 内腕

それぞれの条件を課した日の内腕の疼痛閾値の中央値は、無条件対クラシックが30.3, 27.1, 無条件対POPが29.6, 34.3, 無条件対スケーラー音が35.9, 38.6, 無条件対ベル音が31.9, 34.6であった。POPを聞いている時は、無条件に対し疼痛閾値が有意に上昇した（Wilcoxon signed-

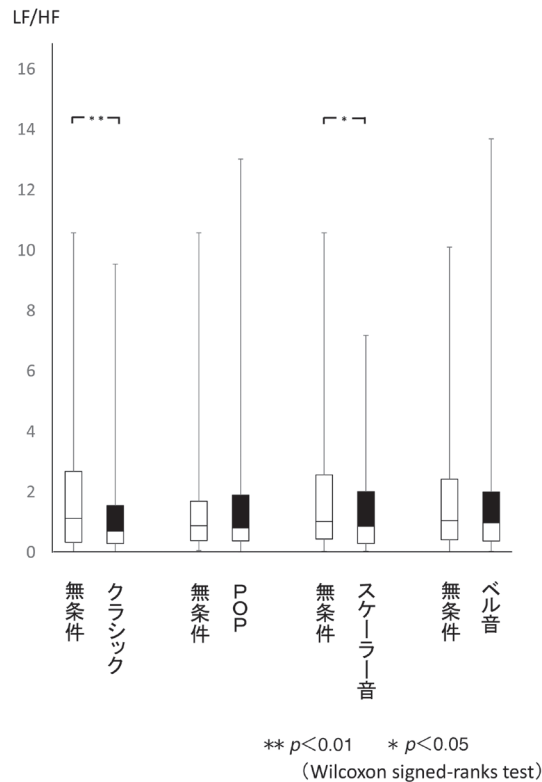


図5：各条件における LF/HF の変化

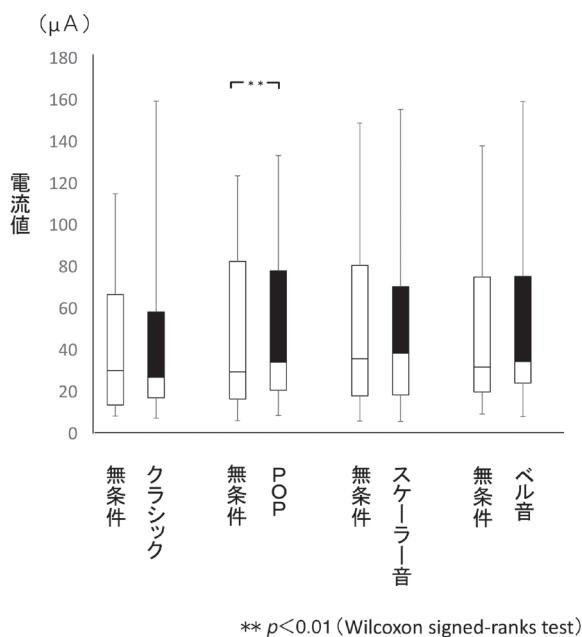


図6：各条件における内腕の疼痛閾値

ranks test : $p<0.05$) (図6).

2) 歯肉

それぞれの条件を課した日の歯肉の疼痛閾値の中央値は、無条件対クラシックが25.9, 26.5, 無条件対POPが20.6, 25.9, 無条件対スケーラー

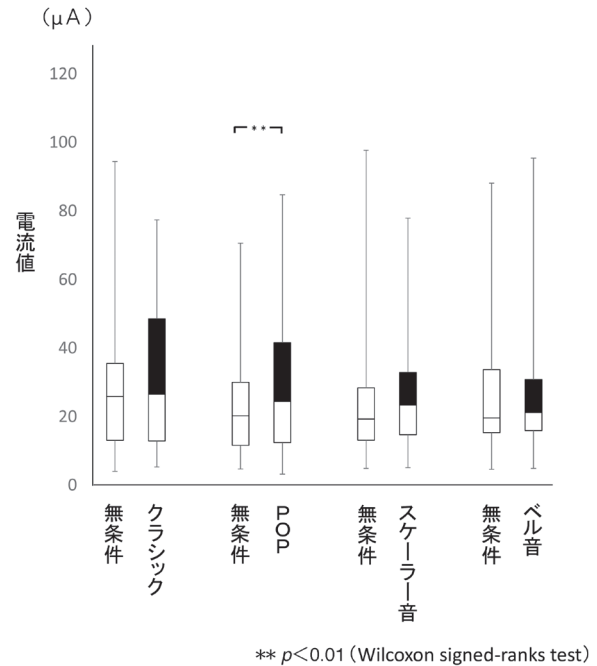


図7：各条件における歯肉の疼痛閾値

音が19.4, 23.4, 無条件対ベル音が19.6, 21.2であった。POPを聞いている時は、無条件に対し疼痛閾値が有意に上昇した (Wilcoxon signed-ranks test : $p<0.01$) (図7)。

3. 自律神経活動と疼痛閾値の変化の相関

1) HF と疼痛閾値

全条件においての無条件から各条件を課したときの HF の変化量と疼痛閾値の変化量の間の相関係数は、内腕は0.202, 歯肉は0.152であり、いずれも相関は認められなかった (図8-A, B)。

2) LF/HF と疼痛閾値

全条件においての無条件から各条件を課したときの LF/HF の変化量と疼痛閾値の変化量の間の相関係数は、内腕では0.056, 歯肉では0.038でありいずれも相関は認められなかった (図9-A, B)。

4. 各条件に対する VAS 値

クラシック, POP, スケーラー音, ベル音における快度の VAS 値 (平均値 \pm SD) は、それぞれ 60.0 ± 33.2 , 68.2 ± 28.1 , 0, 0 であり, 不快度の VAS 値は、それぞれ 0, 0, 57.6 ± 28.2 , 47.0 ± 28.4 であった (表1)。快度においては、クラシックはスケーラー音とベル音, POPはス

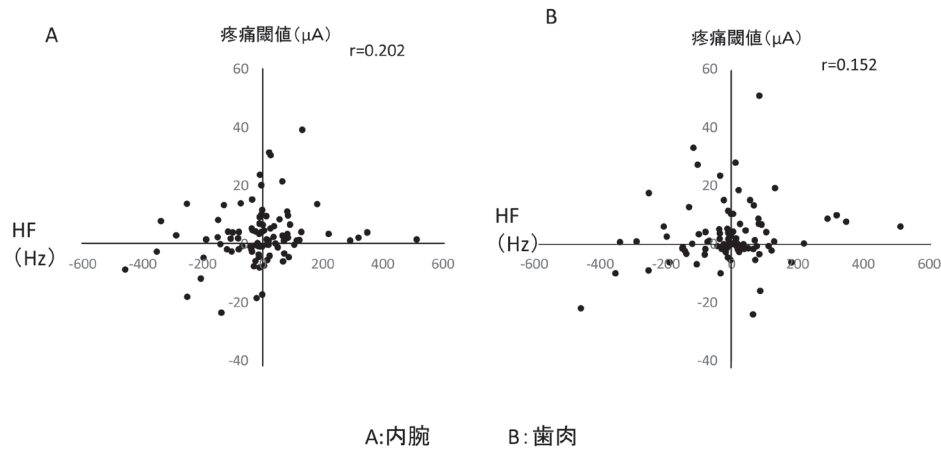


図 8：HF の変化と内腕・歯肉の疼痛閾値の変化の相関

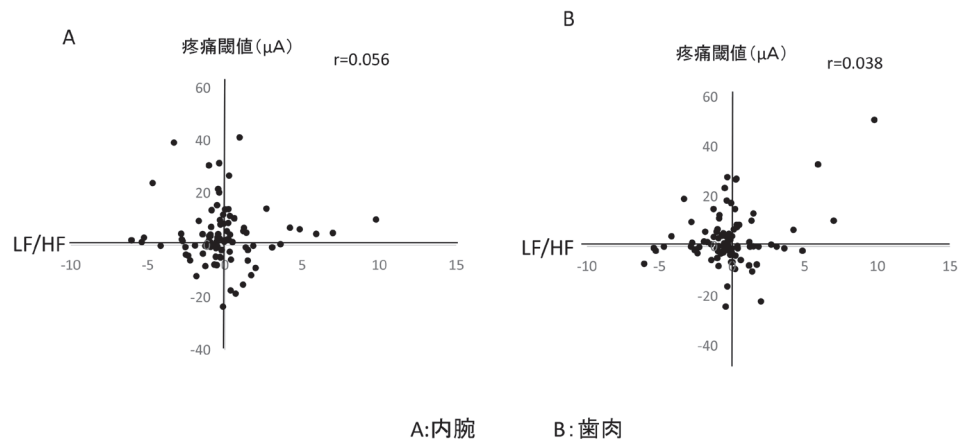


図 9：LF/HF の変化と内腕・歯肉の疼痛閾値の変化の相関

表 1：快度・不快度の VAS 評価

	クラシック	POP	スケーラー音	ベル音
快 度	a 60.0±33.2	a 68.2±28.1	0	0
不快度	0	0	b 57.6±28.2	b 47.0±28.4

a：対スケーラー音・ベル音

b：対クラシック・POP

a, b: $p < 0.01$ (Wilcoxon signed-ranks test)

ケーラー音とベル音の間に有意差が認められ (Wilcoxon signed-ranks test: $p < 0.01$), 不快度においては, スケーラー音はクラシックと POP, ベル音はクラシックと POP の間に有意差が認められた (Wilcoxon signed-ranks test: $p < 0.01$). これらの結果から, クラシックと POP は快刺激であり, スケーラー音とベル音は不快刺激と判定

された.

考 察

多くの一般人においては歯科医院を受診することがとても憂鬱なことに感じられる. 昔, 子供の嫌をする際に「言う事を聞かないと歯科医院に連れて行くぞ」と言う親がいたように, 子供にとっ

て歯科医院では痛い事をされるという印象が強い。このような背景から、成人になっても歯科医院を受診する際は極度の精神的苦痛を感じる人が多い。それは歯科治療に対する不安感なのか、痛みが生ずるかもしれないという恐怖感なのか、匂い等の問題なのかは個人差があるだろう。いずれにしても歯科処置を含む多様な要因により、自律神経活動は変動するといわれている^{17,18)}。患者は、局所麻酔時よりもデンタルチェアに座った瞬間に交感神経が優位になり、スケーリングを開始するとその活動が低下する¹⁷⁾、あるいは術者によるブラッシングは副交感神経を優位にさせる¹⁸⁾という報告がある。また、デンタルチェアに座った時の交感神経の亢進は音楽を流すと抑制される¹⁷⁾、患者の好みの音楽を聞かせると治療に対する不安感が減少する¹⁹⁾、小児治療には音楽療法が非常に効果的である²⁰⁾、どのように音楽による除痛や不安軽減の報告も多い。我々も、音楽により痛みの認知程度が低下する事を証明している⁶⁾。しかし、音楽には多様な要素が含まれており、何が有効かは不明である。そこで、今回は歌詞のない2種類の音楽、歯科治療に使用される超音波スケーラー音、そして生活上必要で不快音と思われる目覚ましベル音を用いて自律神経活動の変動と疼痛閾値の変化を調べた。

音楽は快刺激で、スケーラー音とベル音は不快刺激になると予想していた通りに、快・不快を評価するVAS値からクラシックとPOPは快度が高く、スケーラー音とベル音は不快度が高いという結果が得られた。年代別に比較するとクラシックは年代が高いほど快に対する値が高く、POPは若い年代ほど快に対する値が高い傾向があった。スケーラー音とベル音に関しては年代別の傾向はみられなかった。このように音楽には、年代別の嗜好の影響があるように感じられた。

自律神経変動は、運動等の活動時やストレス、緊張、興奮、恐怖心などの精神的な気持ちの高揚を感じるときに交感神経優位となり、休息時やリラックスしている時は副交感神経の活動が活発になるとされている。そして、好きな音楽とともに運動をすると交感神経活動が上昇しにくく、副交感神経活動が減弱しにくい等²¹⁾の事から、自律神経の変動は音楽の影響を受ける事もわかっている。

我々の結果では、クラシック、POP、スケーラー音を聞かせた時に無条件と比較してHFは有意に上昇し、ベル音を聞かせた時は有意に減少した。音楽のような快刺激を与えるとリラックスな状態になりHFが上昇する事は容易に理解出来るが、スケーラー音はVAS評価で不快刺激と判定されたにもかかわらずHFを上昇させた。また、クラシックやスケーラー音を聞かせた時は無条件と比較してLF/HFが有意に低下した。VASの結果では、クラシックは快音、スケーラー音は不快音と逆の判定であったが、自律神経の反応は両音とも交感神経活動を減弱させた。この結果は、スケーリング処置で交感神経が減弱したという以前の報告と一致していた¹⁷⁾。これらの結果からVAS値と自律神経活動の変化には一定の傾向がなく、音による個人の感覚は、嗜好や感受性が関与する事が示唆された。一般的に悪臭とされる糞様の臭気は副交感神経活動を優位にさせ、グレープフルーツの匂いは交感神経を優位にし、バラの匂いは自律神経活動を亢進させるとの報告²²⁾からも、必ずしも主観的評価が自律神経の活動と一致しない。歯科治療においても、術者が患者にとって負担がかかると考えている治療と、実際に患者が不快に感じている治療は必ずしも一致しないといわれる²³⁾。

情動を引き起こす感覚性刺激は、視床から直接扁桃体へ伝達される経路と、視床から大脳新皮質を経由して扁桃体に伝達される経路と、大脳新皮質から海馬を経由して扁桃体へ入力される経路がある。扁桃体で処理された情報は視床下部、中脳、脳幹へ出力されて自律神経反応やホルモン分泌の変化を引き起こさせる²⁴⁾。一方ストレスが生体に加わるとその情報が視床下部に伝達され、視床下部から自律神経系、内分泌系、および体性神経系を介してストレス反応を形成する。今回の結果のうち、快音であるクラシックとPOPは副交感神経を優位にさせ、不快音であるベル音が副交感神経を減弱させたのは、聴覚からの情報が直接あるいは大脳皮質を介して扁桃体へ送られ、自律神経系に働いたと考えられる。スケーラー音は音としては不快だが、スケーラーで歯石を除去してもらうと歯が綺麗になるという快適な気持ちが記憶として海馬に貯められており、その影響から自律神経系の反応は副交感神経優位に

なったとも考えられる。またベル音は、眠いのに起こされる音であるという観点から不快感が増強され、副交感神経は有意に低下したと示唆される。

痛みと自律神経を調べた研究では、急性痛ではLFとLF/HFが上昇し²⁵⁾、慢性痛ではLFが上昇してHFが低下する⁸⁾。このような痛みをもつ患者への音楽療法は、音楽による感情の改善から痛みを緩和し、不安を取り除くのに効果的である²⁶⁾。特に心地よい音楽を聞かせると疼痛閾値が上昇し、不快な音楽を聞くと侵害反射の振幅が増大する事も報告されている²⁷⁾。音楽は μ オピオイドレセプターの発現やモルヒネー6グルクロニドに影響を与えており²⁸⁾、これらによる痛みのコントロール、自律神経系を通じた直接的な生理学的効果、不安感の除去、精神的な快適さをもたらす²⁹⁻³¹⁾。このような音楽療法は、簡便かつ即効性があり、安全かつ対費用効果が高い方法であるため多くの医療機関や施設で利用されており、検査時や手術前後の不安や疼痛の軽減^{32,33)}、ターミナル患者に対する質の高い生活への誘導に役立っている³⁴⁾。

疼痛閾値は、歯肉、内腕ともにPOPを聞いている時に有意に上昇した。この結果は、POPは快に対するVAS値が1番高いという理由から、音楽による快という情動からの影響や、音楽に意識が集中して疼痛閾値を上昇させたためと考えられる。以前の研究ではクラシック（ピアノ曲）を聞いているときに疼痛閾値が有意に上昇したという結果が得られているが、今回は、クラシックを聞いているときに疼痛閾値の有意な上昇が認められなかった。これは今回使用したクラシックの楽器はバイオリンが主であり、以前に使用したピアノ曲のものと異なるからかもしれない。これらから、同様なジャンルの曲であっても楽器の相違や、リズムの違いで異なる結果が得られることが示唆された。内腕皮膚や歯肉においての、各条件時と無条件時との自律神経活動の変化量と疼痛閾値の変化量の間には相関関係が認められなかったことから、条件を与えたときの疼痛閾値の変化が自律神経活動と関与しているとはいえない。しかし、音楽を聞いている時は疼痛閾値が上昇することは明確であるので、医院等で音楽を流したり、疼痛を持つ患者に対症療法として音楽を使用する

事は極めて有効である。

被験者の感想から、不快音がストレスとなり痛みが増強する人、快音が軽やかで痛みを感じやすくなる人、快音でも不快音でも音に意識がとられ痛みを感じにくくなる人等が存在し、環境のとらえ方や痛みの感じ方には個人差が強く現れると示唆された。今回は聞きやすい音量を各被験者に設定してもらったが、音量が小さいとLF成分が低下する³⁵⁾という報告もあることから、音を使用した研究では、音量の設定も重要である。また、楽曲やテンポの違いにより効果が異なる³⁶⁾ことから、聴覚からの音刺激による自律神経活動の変動や疼痛閾値への影響をより一層明確にするには、上記のような音に関連する多様な条件を加味した実験の追加が必要である。そして、音による疼痛閾値の上昇には自律神経活動の変化が関与していないならば、他の要因の影響も考慮して今後の研究を進めなければならない。

結 語

VAS評価からクラシック音楽とポピュラー音楽は快音であり、スケーラー音や目覚まし時計のベル音は不快音と感じられた。疼痛閾値は歯肉、内腕の両部位においてPOPを聞いているときに閾値が上昇する事がわかった。また、音楽やスケーラー音を聞いているときは副交感神経が優位になり、ベル音を聞いているときは副交感神経活動が有意に減弱した。クラシックやスケーラー音を聞いているときは交感神経活動が有意に減弱した。このように自律神経の変動は、必ずしも快、不快という条件に影響されるわけではなく、強い個人差が認められた。さらに、内腕の皮膚や歯肉においての条件下での疼痛閾値の変化と自律神経活動の変化の間には相関が認められなかったことから、疼痛閾値の変化と自律神経活動の変化は関連しないことが明らかとなった。

謝 辞

稿を終えるに臨み、御懇篤なる御指導御校閲を賜りました松本歯科大学大学院顎口腔機能制御学講座富田美穂子教授に謹んで感謝の意を表します。また本研究に際し、御協力を頂きました田上歯科スタッフと被験者の皆さまに重ねて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 壺内智郎, 大村満晴, 大町耕市, 内田 尚, Marcela Fumiyo Taguchi, Heriandi Sutadi, Sandra Adriana Ogura, 松村誠士, 下野 勉 (1990) 歯科恐怖の予防に関する行動科学的研究—日本・インドネシア・ブラジル・アルゼンチン4カ国における実態について—, 小児歯誌 28 : 1014–24.
- 2) 佐伯由香, 田中裕二 (2004) Prinking Pain の疼痛緩和における音楽療法と芳香療法の効果, 看技 2 : 76–83.
- 3) 福満舞子, 杉本吉恵, 田中結華, 高辻功一 (2012) 変形性膝関節症患者に対して温罨法と音楽聞取を組み合わせた疼痛緩和ケアの効果: 脳波指標と心理指標を用いた研究, 大阪府大看紀 18 : 23–31.
- 4) 羽石英里 (2004) 痛みに対する心理療法 音楽療法, 痛みと臨床 5 : 100–4.
- 5) Gallagher LM (2001) Developing and using a computerized database for music therapy in palliative care, J Palliat Care 17 : 147–54.
- 6) 武井賢郎 (2014) 音楽が疼痛閾値に与える影響, 松本歯学 40 : 40–9.
- 7) Gockel M, Lindholm H, Niemistö L and Hurri H (2008) Perceived disability but not pain is connected with autonomic nervous function among patients with chronic low back pain, J Rehabil Med 40 : 355–8.
- 8) 松原貴子 (2011) 臨床で活用されている痛みの評価, ペインリハビリテーション, 249–83, 三輪書店, 東京.
- 9) 小田中 瞳, 下地伸司, 竹生寛恵, 大寫理紗, 菅谷 勉, 藤澤俊明, 川浪雅光 (2016) 健全な若年成人における局所麻酔時の音楽鎮静法の効果—心拍変動解析を用いた自律神経機能評価—, 日歯保存誌 59 : 9–21.
- 10) Kritsidima M, Newton T and Asimakopoulou K (2010) The effects of lavender scent on dental patient anxiety levels: A cluster randomized-controlled trial, Community Dent Oral Epidemiol 38 : 83–7.
- 11) Prabhakar AR, Marwah N and Raju OS (2007) A comparison between audio and audio visual distraction in managing anxious pediatric dental patients, J Ind Soc Pedodont Prevent Dent 12 : 177–82.
- 12) 佐々木一裕, 安田猛彦, 寺山靖夫 (2007) 心電図 R-R 間隔変動: スペクトル解析, 日本自律神経学会—自律神経機能検査—, 4 版, 164–8, 分光堂, 東京.
- 13) 藤原祥裕, 小松 徹 (2007) 麻酔科領域における心拍変動周波数解析の有用性, 麻酔 56 (増刊) : S39–49.
- 14) Akselrod S, Gordon D, Ubel Fa, Shannon DC, Berger AC and Cohen RJ (1981) Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of heart-to-beat cardiovascular control, Science 213 : 220–2.
- 15) 早野順一郎 (2001) 心拍変動による自律神経機能解析, 井上 博編集, 循環器疾患と自律神経機能, 2 版, 71–109, 医学書院, 東京.
- 16) 加藤 実, 後関 大, 小林あずさ (2009) Pain Vision, ペインクリニック 30 : 23–7.
- 17) 小田中 瞳, 下地伸司, 竹生寛恵, 大寫理紗, 宮田一生, 菅谷 勉, 藤澤俊明, 川浪雅光 (2014) 局所麻酔と超音波スケーラーを用いたスケーリングが健全な若年成人の自律神経活動に及ぼす影響, 日歯保存誌 57 : 519–29.
- 18) 梅谷健作, 玉木直文, 森田 学 (2011) 術者によるブラッシングが自律神経系に及ぼす影響, 口腔衛会誌 61 : 581–8.
- 19) Kim YK, Kim SM and Myoung H (2011) Musical intervention reduces patients' anxiety in surgical extraction of an impacted mandibular third molar, J Oral Maxillofac Surg 69 : 1036–45.
- 20) Klassen JA, Liang Y, Tjosvold L, Klassen TP and Hartling L (2008) Music for pain and anxiety in children undergoing medical procedures: a systematic review of randomized controlled trials, Ambul Pediatr 8 : 117–28.
- 21) Jia T, Ogawa Y, Miura M, Ito O and Kohzuki M (2016) Music Attenuated a Decrease in Parasympathetic Nervous System Activity after Exercise, PLoS One 11 : e0148648.
- 22) 神崎 晶 (2015) 嗅覚 (芳香) 刺激量を与える自律神経機能の経時的変化, コスメトロジー研究報告 23 : 148–54.
- 23) 間宮秀樹, 一戸達也, 金子 譲 (1996) 歯科治療のストレス評価—患者はどの治療が一番怖いのか—, 日歯麻誌 24 : 248–54.
- 24) 湯浅茂樹 (2009) 情動の神経回路—扁桃核を中心として機能的考察—, Brain Med 21 : 19–26.
- 25) Burton AR, Birzniece I, Bolton PS, Henderson LA and Macefield VG (2009) Effects of deep and superficial experimentally induced acute pain on muscle sympathetic nerve activity in human subjects, J Physiol 587 : 183–93.
- 26) Kemper KJ and Danhauer SC (2005) Music as therapy, South Med J 98 : 282–8.
- 27) Roy M, Lebus A, Hugueville L, Peretz I and Rainville P (2012) Spinal modulation of nociception by music, Eur J Pain 16 : 870–7.

- 28) Stefano GB, Zhu W, Cadet P, Salamon E and Mantione KJ (2004) Music alters constitutively expressed opiate and cytokine processes in listeners. *Med Sci Monit* **10** : MS18–27.
- 29) Khalfa S, Bella SD, Roy M, Peretz I and Lupien SJ (2003) Effects of relaxing music on salivary cortisol level after psychological stress. *Ann N Y Acad Sci* **999** : 374–6.
- 30) Linnemann A, Strahler J and Nater UM (2016) The stress-reducing effect of music listening varies depending on the social context. *Psychoneuroendocrinology* **72** : 97–105.
- 31) Krout RE (2001) The effects of single-session music therapy interventions on the observed and self-reported levels of pain control, physical comfort, and relaxation of hospice patients. *Am J Hosp Palliat Care* **18** : 383–90.
- 32) Lee KC, Chao YH, Yiin JJ, Hsieh HY, Dai WJ and Chao YF (2011) Evidence that music listening reduces preoperative patients' anxiety. *Biol Res Nurs* **14** : 78–84.
- 33) Tam WW, Wong EL and Twinn SF (2008) Effect of music on procedure time and sedation during colonoscopy: a meta-analysis. *World J Gastroenterol* **14** : 5336–43.
- 34) Hilliard RE (2003) The effects of music therapy on the quality and length of life of people diagnosed with terminal cancer. *J Music Ther* **40** : 113–37.
- 35) do Amaral JA, Guida HL, de Abreu LC, Barnabé V, Vanderlei FM and Valenti VE (2016) Effects of auditory stimulation with music of different intensities on heart period. *J Tradit Complement Med* **6** : 23–8.
- 36) Iwanaga M, Kobayashi A and Kawasaki C (2005) Heart rate variability with repetitive exposure to music. *Biol Psychol* **70** : 61–6.