

原 著 論 文

音楽聴取による脳内酸化ヘモグロビン濃度への影響

市村 菜奈¹⁾ 小口 江美子²⁾

¹⁾昭和大学保健医療学部看護学科4年

²⁾昭和大学大学院保健医療学研究科

要 旨

音楽を聴取することで脳血流にどのような変化が生じるのか、近赤外線分光法（NIRS: near-infrared spectroscopy）を用い、前頭部から側頭部にかけての脳内酸化ヘモグロビン（HbO₂）濃度を指標として、その変動に及ぼす音楽刺激の効果を検討した。被験者は健康な女学生9人（平均年齢22.1歳）で、使用した楽曲は『トッカータとフーガニ短調』『ピアノ協奏曲第21番ハ長調』『歌劇カルメン前奏曲』『ジムノペディ』の4曲である。被験者は実験開始後30秒間安静に保ち、各楽曲をイヤホンで2分間聴き、1分間の休憩をとった。それを交互に繰り返し、4種類の異なる楽曲を聴いた。

その結果、『トッカータとフーガ』、『ジムノペディ』の聴取では脳内HbO₂濃度が増加し、『ピアノ協奏曲』、『カルメン』聴取では脳内HbO₂濃度が減少していた。楽曲聴取後に被験者に曲の感想や好みを聞いたところ、『トッカータとフーガ』『ジムノペディ』は被験者から嫌われる傾向にあり、脳内HbO₂濃度が増加した。『ピアノ協奏曲』『カルメン』は被験者から好まれる傾向にあり、脳内HbO₂濃度が減少した。

この結果から、音楽の嗜好による心理効果は脳血流を変動させる可能性が示唆された。

Key Words: 脳内酸化ヘモグロビン（HbO₂）、近赤外線分光法（NIRS）、音楽聴取、嗜好

諸 言

音楽聴取は人に様々な影響を与える。音楽療法の場面では患者がある音楽を聴取したことで以前、その曲を聴取したときの場所や空間、人などを思い起こすことが知られている¹⁾。このことから音楽を聴取することで人はその曲に関する思い出やエピソードを思い起こすことができると考えられる。音楽聴取による人への影響は過去の事象の想起のみならず、感情にも大きく影響をしている。唾液中のコルチゾール濃度を指標とした研究では音楽聴取後、有意にコルチゾール濃度が減少したことから音楽聴取によりストレスが軽減すると述べられている²⁾。また、気分や感情を測定するPOMSを指標とした研究では音楽聴取により「緊張・不安」で有意な減少がみられ、音楽聴取にはリラクセス効果があるとも考えられている³⁾。また、喚起された不快感情は音楽を聴取することで低減する⁴⁾という報告もある。このように、音楽聴取により人は様々な影響を受けており、近年、様々な指標を用いて音楽聴取による効果が研究されてきた

が、NIRSを用いての脳内HbO₂濃度を指標とした音楽聴取による脳血流の変化に関する研究⁵⁾についてはまだ報告が少ないのが現状である。

そこで本研究では、異なる音楽聴取による脳血流への影響について、脳内酸化ヘモグロビン

(HbO₂)濃度を指標としてその変動を測定し検討した。

方法

1. 対象者

被験者は21～24歳の女子大学生9名で平均年齢は22.1歳である。

2. 研究場所と研究期間

昭和大学長津田校舎にて2012年6月から7月にかけて実施した。

3. HbO₂の測定装置と方法(図1)

脳内のHbO₂濃度の変化を測定する装置としては、日立メディコ社のNIRS(ETG4000)を使用した。脳波測定の際使用する10-20法に準じてFpzを基準に3×11にプローブを配置したホルダーを、前頭部から両側頭部をカバーするように被験者に装着した。

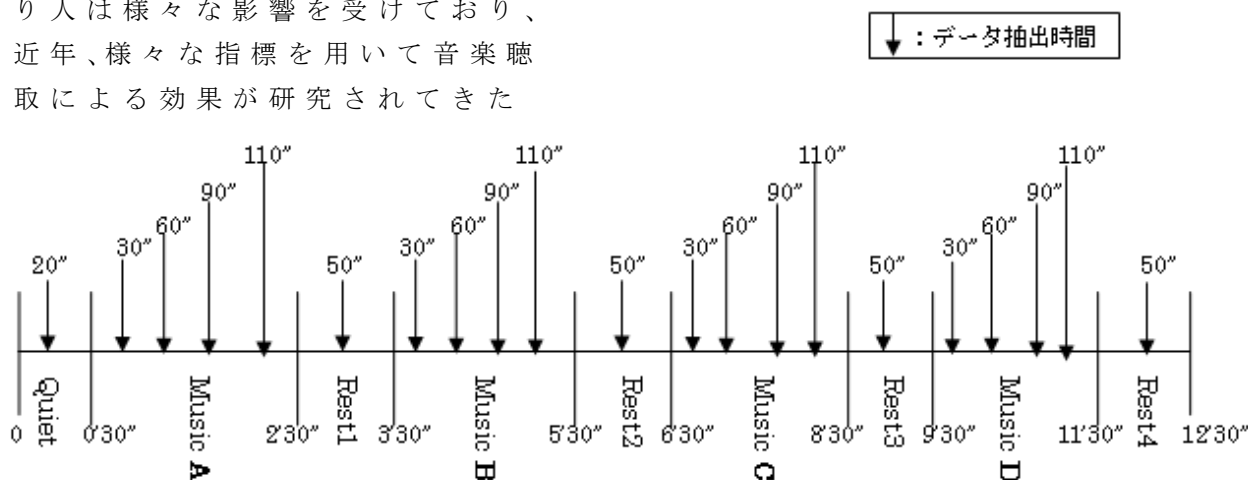


図1：実験の流れとデータ抽出時間

それぞれのプローブ間の距離は3cmで、発光部と受光部のプローブを使用し、全52チャンネルの領域で正常に近赤外線を受光できることを確認し実験を開始した。本装置で使用する近赤外線の波長は695nmと830nmの2波長であるが、我々は脳賦活を反映する脳血流の指標としてHbO₂濃度変化に着目し、HbO₂濃度変化の測定を0.1秒間隔で行い、その結果をmM-mmとして記録・保存した⁶⁾。

本実験で使用した楽曲は『トッカータとフーガ二短調/バッハ』『ピアノ協奏曲第21番ハ長調/モーツァルト』『歌劇カルメン前奏曲/ビゼー』『ジムノペディ/サティ』である。

実験は初めの30秒間の安静(Quiet)、その後2分間のMusic A(トッカータとフーガ二短調)、1分間の安静(Rest)1、2分間のMusic B(ピアノ協奏曲第21番ハ長調)、1分間の安静(Rest)2、

2分間のMusic C(歌劇カルメン前奏曲)、1分間の安静(Rest)3、2分間のMusic D(ジムノペディ)、1分間の安静(Rest)4という流れで行った。『トッカータとフーガ』『カルメン』『ジムノペディ』はそれぞれ曲開始後2分間の聴取としたが、『ピアノ協奏曲』に関してはよりピアノの音に特徴のある曲開始1分45秒後より2分間の聴取とした。各曲はパソコンの音楽再生ソフトiTunesで再生し、被験者はイヤホン(MDR-EX35LP:SONY)を通して音楽を聴取した。

各音楽聴取開始10秒前、各音楽聴取30秒後、60秒後、90秒後、110秒後に脳内HbO₂濃度を測定し、全実験時間は12分30秒間とした。また、実験終了後には各楽曲に対する好みや感想、印象などについて被験者に訊き、曲の好み順に1位を4点、2位を3点、3位を2点、4位を1点と点数をつけ数値化した。

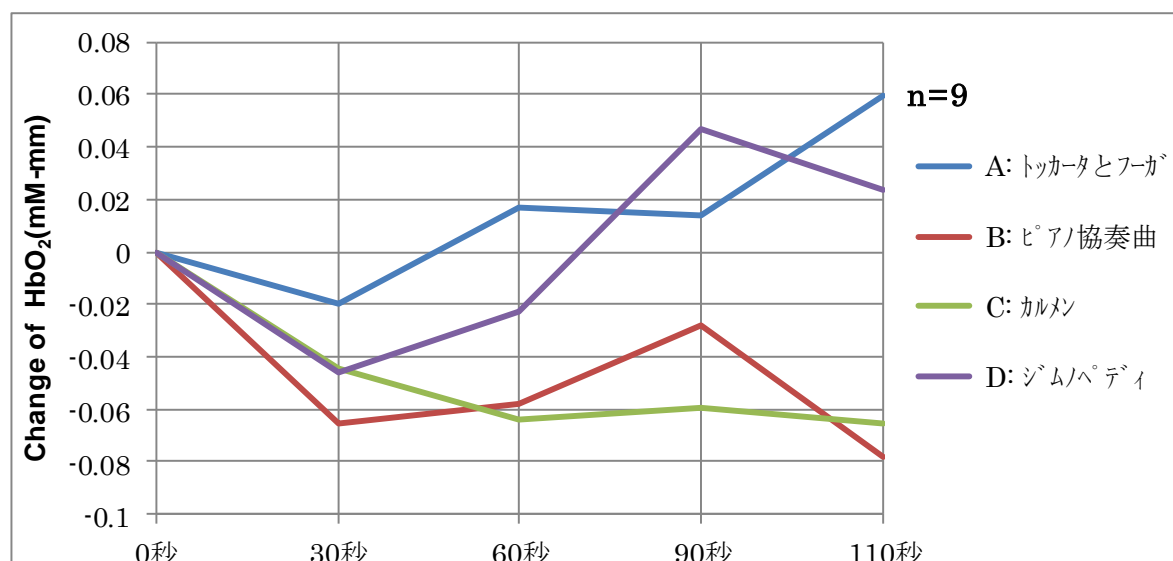


図2: 4曲聴取によるHbO₂濃度の推移

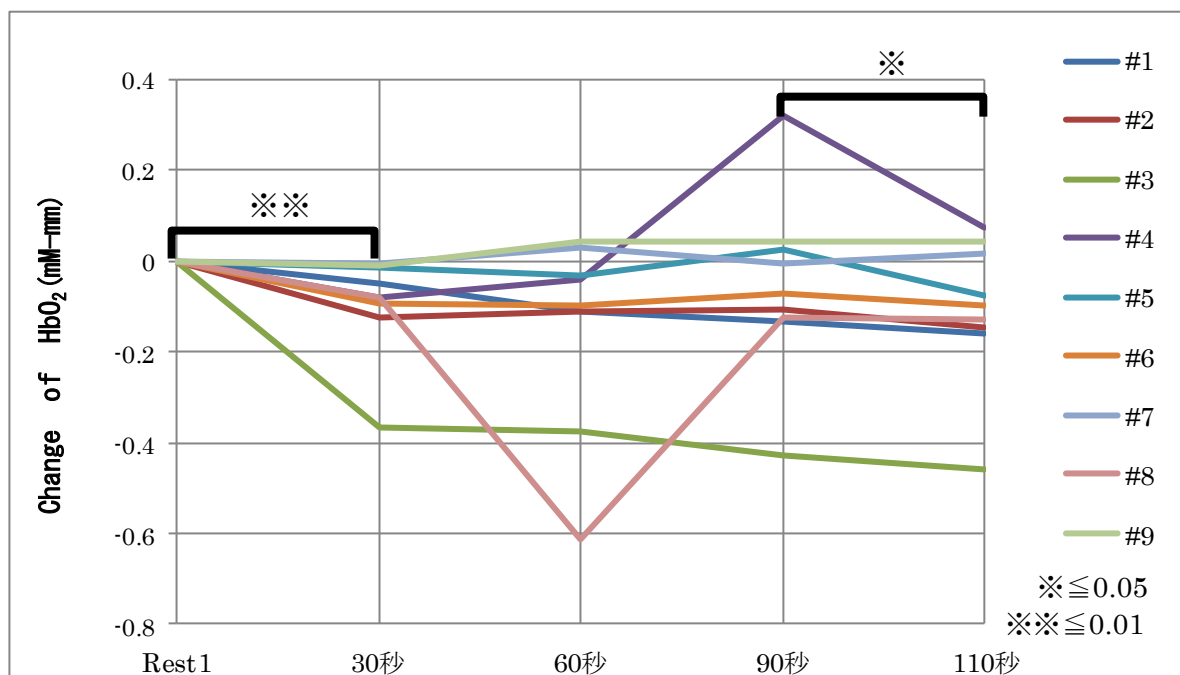


図 3:『ピアノ協奏曲』聴取時の脳内 HbO₂ 濃度の変動

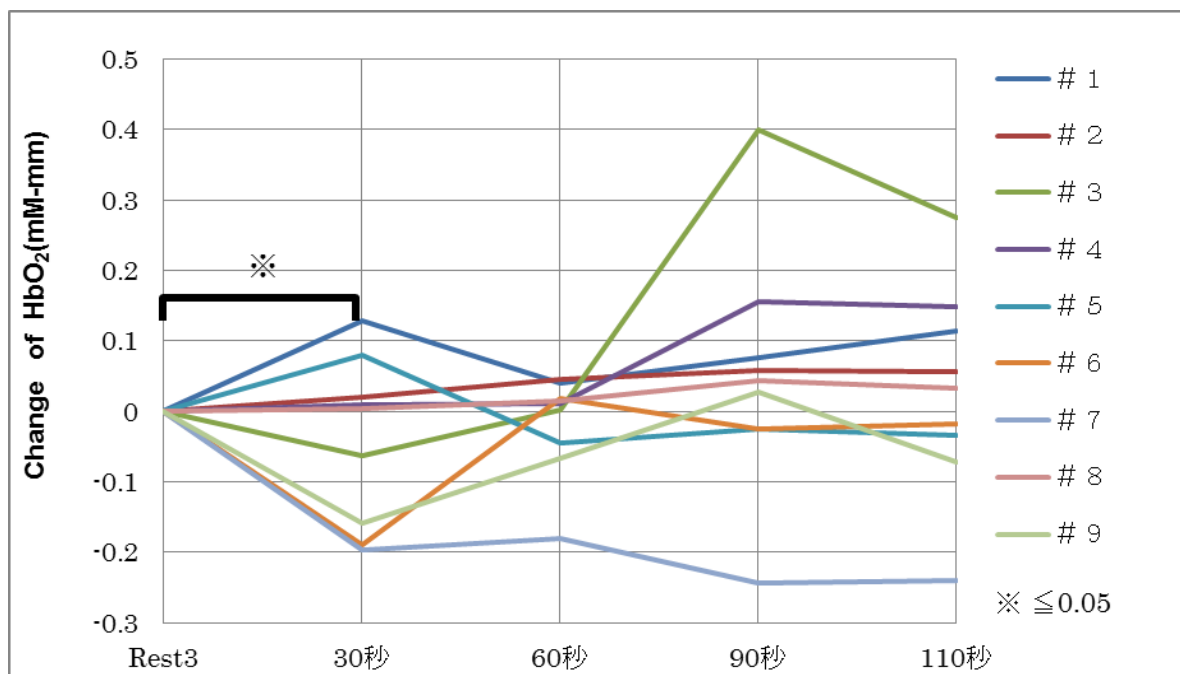


図 4:ジムノペディ聴取時の脳内 HbO₂ 濃度の変動

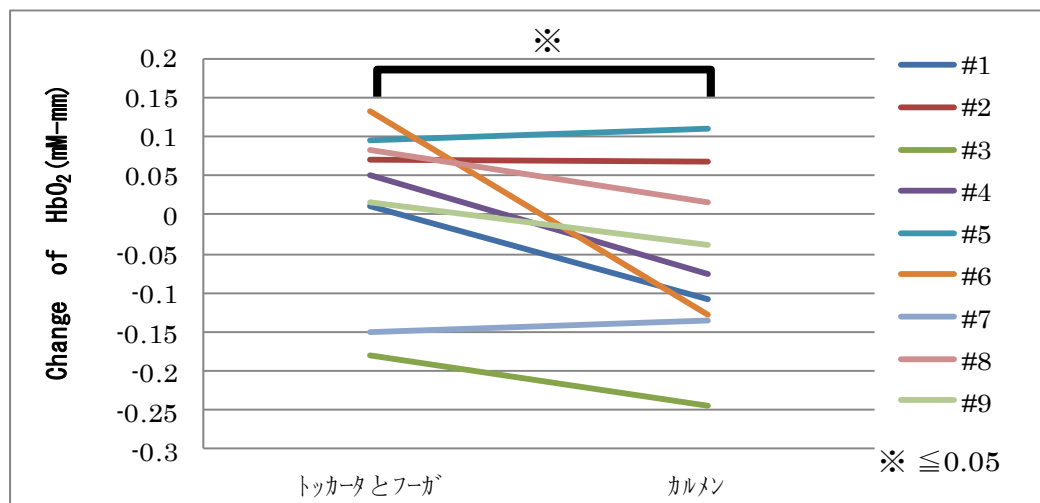


図 5 : 『トッカータとフーガ』と『カルメン』聴取 90 秒後の脳内 HbO₂ 濃度の比較

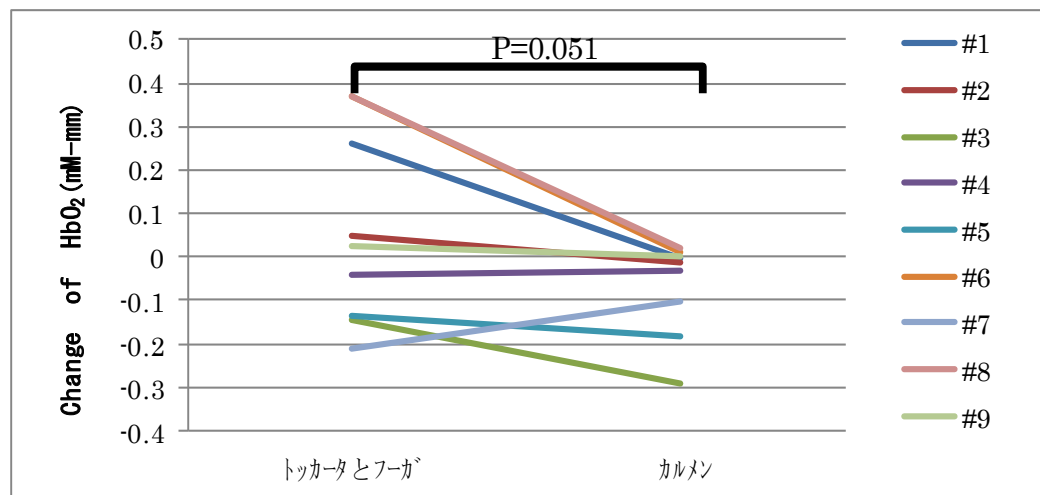


図 6 : 『トッカータとフーガ』と『カルメン』聴取 110 秒後の脳内 HbO₂ 濃度の比較

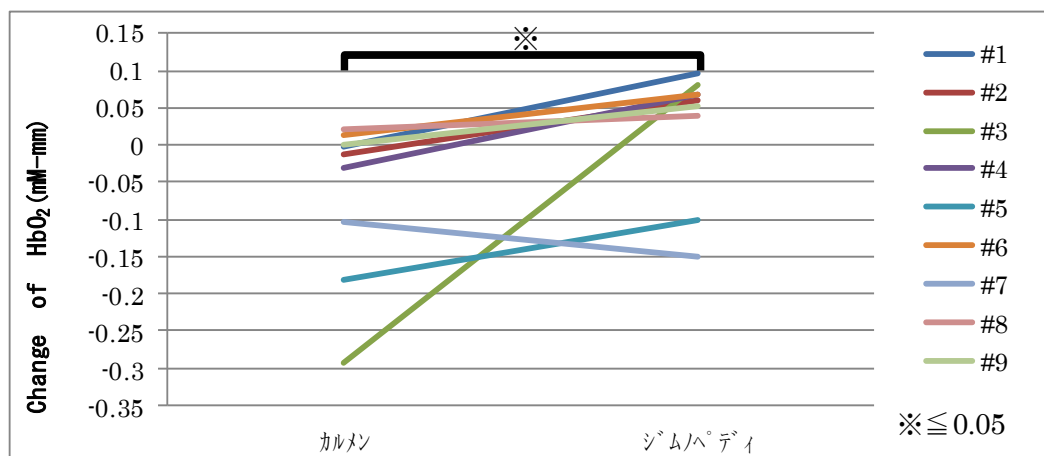


図 7 : 『カルメン』と『ジムノペディ』聴取 110 秒後の脳内 HbO₂ 濃度の比較

4. 統計処理

実験により得られたデータの統計処理手法として Wilcoxon の順位検定を用い評価した。

5. 倫理的配慮

被験者には事前に研究目的や方法、プライバシーの保護について口頭で説明し、同意を得たうえで実験を行った。

結 果

実験開始前の各被験者の安静時 (Quiet) の HbO_2 濃度を基準値 (0) とし、それぞれの曲聴取時の被験者 9 人の脳内 HbO_2 濃度の経時的変動を測定した。『トッカータとフーガ』『ジムノペディ』では聴取後に HbO_2 濃度が増加したが、『ピアノ協奏曲』と『カルメン』では聴取後に HbO_2 濃度が減少した (図 2)。

各曲を聴取したときの脳内 HbO_2 濃度の経時的変動を分析したところ、『ピアノ協奏曲』では、聴取 30 秒後において、脳内 HbO_2 濃度は聴取前に比べて有意に

($P=0.008$) 減少した。同じく『ピアノ協奏曲』の聴取 110 秒後において、脳内 HbO_2 濃度は聴取 90 秒後に比べて有意に ($P=0.028$) に減少した (図 3)。また『ジムノペディ』では、聴取 30 秒後において、脳内 HbO_2 濃度は聴取前に比べて有意に ($P=0.038$) 減少した (図 4)。

異なる楽曲聴取による脳内 HbO_2 濃度の変動を比較したところ、『トッカータとフーガ』聴取 90 秒後には脳内 HbO_2 濃度が増加した。一方で、『カルメン』聴取 90 秒後には脳内 HbO_2 濃度が減少しており、その 2 楽曲間には有

意差 ($P=0.038$) が認められ (図 5)、さらに、聴取 110 秒後においても、『トッカータとフーガ』聴取により脳内 HbO_2 濃度は増加、『カルメン』聴取により脳内 HbO_2 濃度は減少し、ほぼ有意に近い ($P=0.051$) 差が認められた (図 6)。また『カルメン』と『ジムノペディ』聴取 110 秒後において『カルメン』では脳内 HbO_2 濃度は減少し、『ジムノペディ』では脳内 HbO_2 濃度が増加しており、その 2 楽曲間で有意差 ($P=0.015$) があった (図 7)。

楽曲聴取後の被験者の感想では『トッカータとフーガ』では「怖い」「暗い」、『ピアノ協奏曲』では「落ち着いた」「リラックスできた」『カルメン』では「ワクワクした」「楽しい」、『ジムノペディ』では「淋しい」「暗い」などの感想が聞かれた。さらに、被験者全員に聴いた曲の好み順位より『ピアノ協奏曲』と『カルメン』が好まれており、『トッカータとフーガ』『ジムノペディ』は好まれていなかった (表 1)。

考 察

今回の実験に当たり、聴取用楽曲は、『トッカータとフーガ』と『カルメン』は聴取により恐怖心を抱く、気分が高揚するなどしてリラックスできず脳内 HbO_2 濃度が増加し、『ピアノ協奏曲』と『ジムノペディ』の聴取ではリラックスし、脳内 HbO_2 濃度が減少すると予測しそれぞれの楽曲を選択した。『トッカータとフーガ』の聴取により脳内 HbO_2 濃度は増加していた。

	トッカータとフーガ [*]	ピアノ協奏曲	カルメン	ジムノペディ
#1	終わって欲しかった	落ち着いた	リラックスした	淋しい感じがした
#2	怖い、緊張した	リラックスした	ワクワクした	知っている曲だった
#3	イライラした	落ち着いた	歩きたくなった	リラックスできた
#4	聴いたことある曲	この曲は一番嫌い	楽しい感じ	リラックスした
#5	落ち着かない	リラックスできた	知っている曲	淋しい感じがした
#6	この曲は一番好き	落ち着いた	知っている曲だった	和音や響きが苦手
#7	暗い感じがした	幸せな感じだった	曲にのった	ゆったりしていた
#8	怖い感じがした	眠くなる感じ	楽しい曲だった	淋しい感じがした
#9	嫌いではない	落ち着く	楽しい感じがした	悲しい感じがした
合計	17	29	27	17

表1：被験者の感想

これは、音楽を聴取したことで脳の神経細胞の働きがより活発になり酸素の消費量が増え、それを補うため酸素の供給量増加を必要とし脳血流が増加したものと考えられる。聴取後の被験者からは「怖い」「暗い感じがした」等の感想が多く聞かれ、著者らの予測と一致した。遠くにいる人を大声で呼ぶことをイメージする、暗算をするといった精神を集中させる課題を実施したところ脳内 HbO_2 濃度は増加し、清流の流れる山中を映した映像を見ながら、川のせせらぎ音を聞くリラックス状況を与えた状態では脳内 HbO_2 濃度は減少していたという尾形らの報告⁷⁾や、音楽の受動聴取によりリラックス状態になった被験者の脳内 HbO_2 濃度は減少したという下茂らの報告⁸⁾があるが、これらの研究から、リラックスすることで脳内 HbO_2 濃度が減少すると考えられる。この『トッカータとフーガ』にはパイプオルガンが使用されており、冒頭から強い音調で演奏される。その音や不可解なメロディーを聴取した

ことにより被験者は恐怖心を抱き、リラックス効果を得ることができなかったため、脳内 HbO_2 濃度が増加したと考えられる。

一方で『ピアノ協奏曲』の聴取では脳内 HbO_2 濃度は減少していた。脳の神経細胞の活動が沈静化し、酸素消費量が減少したため脳血流量が減少したと考えられる。また、被験者からは「落ち着いた」との感想があった。今回の実験において被験者が聴取した部分は主にピアノ演奏で構成され、曲調はゆっくりとし、メロディーはなめらかである。リラックス状況を与えたところ脳内 HbO_2 濃度が減少したという前述の報告⁷⁾より、被験者は『ピアノ協奏曲』を聴取し、リラックスすることができたため脳内血流量が減少したと考えられる。

『カルメン』の聴取では脳内 HbO_2 濃度が減少していた。実験後の被験者の感想では「ワクワクした」「楽しい」といった感想が聞かれた。この曲はテンポが速く、演奏中にシンバル音が入るため被験者の気持ちが高揚し、リラックスできずに脳内 HbO_2 濃

度は増加すると予測したが、聴取者の楽曲に対する好感情により、脳内 HbO_2 濃度は予想に反し減少した。

また、『ジムノペディ』聴取では脳内 HbO_2 濃度が増加しており被験者からは「淋しい」「暗い」といった感想が聞かれていた。この曲はゆったりとした曲調であるため、聴取によりリラックスし、脳内 HbO_2 濃度が減少すると予測したが、脳内 HbO_2 濃度は予想に反し時間の経過とともに増加した。「淋しい」「暗い」という感想は、被験者がこの音楽を快とは感じていないことを反映し、被験者はリラックスせず、不安感や緊張感から楽曲を受け入れられないものとして集中して判別したために脳内 HbO_2 濃度が増加したものと考えられる。

本研究では『ピアノ協奏曲』と『カルメン』は被験者から好まれ、『トッカータとフーガ』『ジムノペディ』は被験者から好まれていなかった。そして『ピアノ協奏曲』や『カルメン』を聴取した時にはどちらも脳内 HbO_2 濃度の減少が見られ、『トッカータとフーガ』や『ジムノペディ』を聴取した時には脳内 HbO_2 濃度が増加した。佐藤ら⁹⁾は嗜好に合った音楽を聴取することで不安が軽減すると報告し、寺口ら¹⁰⁾の心電図を用いた研究では、被験者にとって快な音楽を聴取すると副交感神経が高くなり、不快な音楽を聴取することで交感神経が高くなるとの報告がされている。副交感神経はリラックスしているときに優位になる

ことから、聴取者の嗜好に合う楽曲を聴取するとリラックスして脳血流は減少し、それを反映して脳内 HbO_2 濃度は減少したものである。また、聴取者の嗜好に合わない楽曲を聴取すると不快感や緊張感を脳が判別してまず脳血流が増加し、それを反映して脳内 HbO_2 濃度は増加、同時に逃避行動が惹起され交感神経が優位になったものと思われる¹¹⁾。

吉田らの研究¹²⁾によると20代はj-popやロック、洋楽といった曲を好むという報告があるが、本研究の被験者は20代であったため、ロックやj-popの曲調に近い軽快な『カルメン』が好まれ、聴取によりリラックスして脳血流量が減少したと思われる。『ジムノペディ』は楽曲全体の約41%において同一の和音が反復¹³⁾されていることから曲調に大きな変動がなく、テンポがゆるやかなため、20代の嗜好¹²⁾に合わなかったと考えられる。そのために『ジムノペディ』を聴取し初めは変動のないゆっくりとした曲調でリラックスできていたが、20代の被験者はそのメロディーの単調さとテンポの遅さに飽きて次第に我慢できずにリラックスできなくなり、脳血流量が増加したものと思われる。

音楽を臨床や生活の場で効果的に活用するためには、対象となる聴取者の世代や文化的な背景を考慮し嗜好を配慮した上で、目的に合う音楽を選択して用いることが大切であると思われる。

結 論

嗜好に合う曲を聴取することで脳内 HbO₂ 濃度は減少し、嗜好に合わない曲を聴取することで脳内 HbO₂ 濃度は増加したという結果より、嗜好に合う曲を聴取するとリラックスして脳血流量が減少し、嗜好に合わない曲を聴取すると不快さからリラックスできずに脳血流量が増加するという結果を得た。以上のことより音楽の嗜好が脳血流量の変動に影響していることが示唆された。

謝 辞

本研究にあたり、ご指導とご協力を頂きました浅野和仁先生に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) ハンス＝ヘルムート・デッカー＝フォイクト/加藤美知子：魂から奏でる－心理療法としての音楽療法入門，株式会社人間と歴史社，東京，2002.
- 2) 中山ヒサ子，兼平孝，柏崎晴彦他：音楽の聴取による生体への影響の研究～唾液中のストレスマーカーを指標として～，日本音楽療法学会誌，10(2)，210-215，2010.
- 3) 和田恵美，野村竜也：音楽聴取による人のストレス認知の変化，日本認知科学会 文学と認知・コンピュータⅡ研究分科会，第25回定例研究会予稿集，25G-06(6頁)，2011.
- 4) 栗野理恵子，伊藤義美：不快な感情状態での音楽聴取が感情と記憶に及ぼす影響，日本音楽療法学会誌，8(1)，76-85，2008.
- 5) 阿比留睦美，酒井浩，澤田泰洋他：音楽刺激と前頭葉機能の関

連性について，作業療法，30(5)，593-601，2011.

- 6) 草山太一，田中真一，草山聡子他：近赤外分光法による打楽器演奏脳活動計測 昭和大学保健医療学雑誌，8，41-49，2011.
- 7) 尾形元，石井良和，向井利春他：精神集中課題時の各種生理学的指標に関する研究－近赤外分光法（NIRS）、脳波、心拍変動、脈波の比較－，電気学会論文C，電子・情報・システム部門，129(10)，1808-1814，2009.
- 8) 下茂円，菅生恵子，揚原祥子他：NIRS計測による脳血流パターンを指標とした音楽のリラクセーション効果の評価，千葉大学教育学部研究紀要，56，343-348，2008.
- 9) 佐藤佐和子，山崎郁子，橋本健志：好みの音楽は高齢者の不安を軽減させる，目白大学科学研究 3，25-30，2010.
- 10) 寺口佐與子，谷田恵子：嗜好の異なる音楽が副交感神経活動に及ぼす影響，京都大学医療技術短期大学部紀要，23，51-59，2003.
- 11) 森彩香，安部聡子，浅野和仁他：香りの脳内酸化ヘモグロビン濃度への影響，昭和大学保健医療学雑誌，9，53-57，2012.
- 12) 吉田菜穂，長峯卓哉：学生と両親による「なじみの曲」のジャンルについての世代間差の分析，長崎県看護学会誌，8(1)，15-22，2012.
- 13) 青柳謙二：サティの〈シムホペディ第1番〉の受容について，下関女子短期大学，3，59-72，1984.

Influence of listening to different kind of classic music on the changes in oxyhemoglobin concentration in brain

Nana Ichimura¹⁾, Emiko Oguchi²⁾

- 1) Department of Nursing, School of Nursing and Rehabilitation Sciences, Showa University
- 2) Graduate School of Nursing and Rehabilitation Sciences, Showa University

Abstract

We measured changes in the concentration of oxyhemoglobin(HbO₂) induced by listening to different kind of classic music in the bilateral prefrontal cortex of healthy 9 volunteers (mean age of 22.1 years old), using optical topography device (NIRS:near-infrared spectroscopy).

The music numbers used are 4 pieces of 'Toccata and fugue D minor', 'Piano concerto the 21st C major', 'Opera Carmen prelude', and 'Jimunopedei'.

The presentation time of the music is 120 seconds respectively, and at the change of the music, sixty seconds interval was taken.

As a result, intracranial HbO₂ concentration was increased by listening to 'Toccata and fugue' and 'Jimunopedei' and intracranial HbO₂ concentration was decreased by listening to 'Piano concerto' 'Carmen'.

Research subjects were asked about impression and the preference of those music numbers to find out 'Toccata and fugue' and 'Jimunopedei' are tended to be disliked for the research subjects that made intracranial HbO₂ concentration increased.

'Piano concerto' and 'Carmen' tended to be favorable for the research subjects that made intracranial HbO₂ concentration decreased.

From these results some possibility that psychological effect with the preference of the music makes the cerebral blood flow change was suggested.

Key Words: oxyhemoglobin(HbO₂), near-infrared spectroscopy (NIRS), music, preference