

コンピュータ制御による低周波音響振動の身体への共鳴を用いた療法 PA メソッド (Physioacoustic Method) の原理と心理的・身体的効果について

(The effects of sound based vibration treatment on the human mind and body “The Physioacoustic Method”)

マルコ・カルカイネン¹、光井浄司²
(Marco KARKKAINEN, Joji MITSUI)

¹Next Wave Oy (フィンランド、エスポー)

²Next Wave 日本事務所 (日本、市川)

要旨： PA メソッドの臨床経験及び音響振動療法に関する各機関の研究から、PA による音響振動の刺激は感覚神経を通して脳に伝えられ、中枢神経、運動神経、自律神経、内分泌系に作用して心と体を沈静化すると考えられている。心の面では、不安・抑うつ・不眠等に明らかな効果が見られ、てんかん患者の症状が改善することもある。また、心理学者であるペトリ・レイコイネンによる PA の刺激に対する脳波のスタディでは、全帯域で脳波出現量の減少が認められ、脳は深いリラックス状態にあることがわかった。このようなことから、PA の刺激は中枢神経系において抑制性神経伝達物質 GABA の作動に影響を及ぼす可能性を示唆している。

1. はじめに

何年かにわたり若者の精神病のリハビリテーションに携わってきた。患者が緊張性混迷状態にあって対話ができないとき音楽を用いてきたが、患者の症状が音楽で改善することには驚きであった。症状の改善につれて歌うことにより言葉を発するようになり、少しづつではあるが対話ができるようになった。このようなかわりを通して、人は精神と肉体の総体であり精神にトラウマや障害があるとき、もう一方の体にもその弱さが現れるということを得心した。

なぜ音楽が人の意識に影響するかということについての科学的な裏づけはないが、音楽の構成要素（音、リズム、メロディ、ハーモニー）がどのように脳に影響を与えるか、また、なぜクラシックや環境音楽が心身の調和を生み出すかということは興味深い。

PA メソッドは、フィンランドにおいて音楽療法の臨床経験の中から生まれた。メソッドは、音楽の構成要素である物理的な音（音響振動）に着目して構築されている。

2. 原理

2.1 周波数と共鳴

我々が知りえた興味ある事柄は、いかに 120Hz 以下の低周波音響振動が人の体に、そして体を通して精神に影響を及ぼすかである。その理由は体内で共鳴を引き起こすことによる。すべての組織は共鳴する固有の周波数を持ち、ある周波数が体に当てられると、体の組織、液体成分、骨格を問わず、それと同じ周波数を持つ部分から共鳴を始める¹⁾。人に対する共鳴・振動問題は複雑であるが、PA では特に筋肉組織への共鳴に重点を置いてメソッドを構築している。用いる周波数域は 27~113Hz であり、波は音叉の波と同じ、目的とする単一の周波数成分しか含まない正弦波である。

人の筋肉組織が音響振動に共鳴するレベルは 0~100Hz であり¹⁾、特に 80Hz 以下は触覚で感じやすく、心身のコンビネーション治療に理想的である²⁾。PA では、ふくらはぎ、大腿部、腰、背中、胸・肩・首・腕に対して、各部位に 27~64Hz のレンジで共鳴するおおよその周波数を用いている。また全身に分布する細かい筋肉グループに対しては 64Hz 以上の周波数を用いている。これらはペトリ・レイコイネンの理学療法を通じた研究に基づいて確かめられたもので、この

光井浄司 jom@pcia.mfnet.ne.jp www.jominfo.sakura.ne.jp
272-0033 千葉県市川市市川南 3-12 A-13F

² 情報の森研究所 内 電話 047-324-3628 FAX 047-324-3617

研究はスウェーデン、カロリンスカ研究所のトーマス・ルンデバーク教授の協力を受けている。

なお、40Hz は体が大変心地よく感じる周波数であり、脳外傷および脳卒中のリハビリに効果があることがわかっている³⁾。また、聴覚と体に対する40Hzの刺激は視床の周波数を強めるとも言われている⁴⁾。これらのことから、PA では40Hzを基盤周波数として多くのプログラムに使用している。その他、特定の症状に対して効果が認められる周波数として、27～38Hzは不眠及び筋肉の腫れ・炎症、48～55Hzは喘息、50Hzは生理痛、52Hzはてんかん、60Hzは痙攣、88Hzは片頭痛等がわかっている。

2.2 感覚受容器

PAによる音響振動は、体の異なる場所に分布する振動を感知する受容器でとらえられる。これらは皮膚にあるメルケル盤、真皮にあるマイスナー小体、深部皮下組織にあるパチーニ小体である。パチーニ小体は靭帯、骨膜や内臓にも広く分布する。これらの受容器が感知する周波数はPAメソッドで用いる周波数27～113Hzの領域内にあって、それぞれで異なる周波数レベルを感知する。^{5) 6)}

振動の感じ方も各受容器によって異なり、メルケル盤は強度、マイスナー小体は速度、パチーニ小体は速度変化によって生じる加速度を担当する。受容器によって振動への順応(なれ)にも違いがある。なれの遅いものはメルケル盤、速いものはマイスナー小体、パチーニ小体である。なれの遅いものは振動が継続しても応答するが、なれの速いものは振動刺激の強さが変化しているときのみ感じ取り、変化がなくなるとなれてしまっただけで応答しなくなる。

PAではこのような受容器の特性に対して、周波数・強さ・なれを防ぐための周波数の変化(スキッピング)・強さの変化(リズム/脈動)をコンピュータで自由に制御し、目的効果を得るための音響振動をつくり出している。

2.3 神経ネットワークを介した情報伝達、処理

感覚受容器で感知されたPAの刺激は感覚神経、視床を経て大脳新皮質で知覚され、恐怖・不安等の情動を司る扁桃体の情報処理を経て前頭葉で心地よいと認知され、そのメッセージが運動神経および自律神経、内分泌系に伝えられて心と体の沈静化に働く²⁾。このとき、患者が体で振動を感じ、何かが起こっていると自覚することは非常に重要である。患者がその感覚を心地よいと思うとき、その感覚は中枢で相互作用し、

自律神経・内分泌系を介して身体にフィードバックされ、それがさらなる心地よさを生み出す²⁾。そしてこのループが心身の沈静化をますます深めて行く。

2.4 その他のシステム

PAでは神経ネットワークを介さない次のようなシステムも作動している。

細胞レベルの代謝促進：PAの刺激(正弦波低周波音響振動)があてられると、この種の放射に対して細胞膜は反応する。細胞が共鳴する振動数のレベルは非常に高いが、同種の共鳴は低い周波数レベルにも存在し効果も同様と考えられている。そしてこの種の音響振動により細胞膜のイオンチャンネルが開き、細胞内外を物質が移動して代謝が促進される。⁷⁾

音圧による血液・リンパ循環促進：音波の伝播を物体で遮ると、その物体を音波の伝播方向に押す力が生じる。これが音の放射圧による力で、これは物体のみでなく流体にも作用し、音響流と呼ばれる流体運動を励起する。PAにはダイレクションという音圧を体内で移動させる機能があり、これが血液の循環を促進し、静脈の弁に付着した老廃物をクリーニングする。このような働きはリンパ循環の促進にも役立つ。

キャビテーション現象：PAによる刺激の効果に深部の筋肉を暖める働きがある。これは我々の仮説であるが、キャビテーション現象によるものではないか。キャビテーションとは、流体の加速によって流れの中の圧力が低下し、ある圧力以下(例えば飽和蒸気圧)になったときに流体内に微小な気泡が生じる現象のことで、私たちの心臓で加速される血液内でも生じ得る。この場合、音響振動による刺激でその気泡が消滅し、これにより液体分子同士が衝突して熱を発生することにより、音響振動のエネルギーが体内で熱エネルギーに変わるといえるものである。

3. PAメソッド (Physioacoustic Method)

3.1 背景

PAメソッドは、フィンランドで科学の各分野の専門家チームにより開発された療法である。このアイデアは心理学者であるペトリ・レイコイネンによりもたらされた。彼はフィンランドの音楽療法の父でもある。レイコイネンは、音楽に含まれる低周波が精神病患者の精神状態に影響を及ぼすことを見出した。そして15年にわたる研究開発を経て1989年、最初のモデルであるPAチェア(Physioacoustic chair)を発表した。当療法の基本原理は、中枢神経系がPAの音響振動を

認知し、沈静化に働くということである⁸⁾。このことから PA チェアは、最初は脳障害及び精神障害患者のリハビリテーション用に開発された。PA チェアが最初に導入されたリハビリテーションセンターでは、これが腫脹、筋肉の緊張、異なるタイプの疼痛、高血圧、不眠、不安、パニック障害等に有効に作用することを報告している⁹⁾。PA チェアは FDA (米国食品医薬品局) により認証を受けている。認証された効能は、「血液循環の促進」、「筋肉の緊張緩和」、「疼痛緩和」である。¹⁰⁾

PA メソッドでは音響振動を制御するためにコンピュータプログラムを使うが、治療効果を高めるためのいくつかのパラメータがある。

3.2 スキャニング

PA メソッドでは共鳴するための適正な周波数を用いることが重要であるが、その人にとっての最適な周波数は、体格や体温・緊張等の諸条件によって異なる。そこで、目的とする筋肉グループが共鳴するためのおおよその周波数を予めコンピュータにインプットしておき、その周波数を基準に上下に一定の幅で周波数を変化させ、共鳴周波数がどこかのポイントで必ず届くことを確実にしている。これがスキャニングである。このことにより、PA メソッドでは治療セッション中、共鳴振動が何十回も生み出される。このように共鳴が一定間隔で繰り返されることは、単調に共鳴が続くことに比べてはるかに効果的である。単調な共鳴が続けば、2~3 分後には筋肉はなれてしまい効果は薄れる。刺激と休息が交互に続くときリラクゼーションはより深まる。⁸⁾

スキャニングのスピードであるが、遅いスピードは心身のリラクセスに働き、速いスピードは活性化に働く³⁾。最初は遅いスピードを用いることが望ましい。速すぎるスピードは不快感を与えることがあり、吐き気、頭痛、痛みを助長することがある。

3.3 脈動 (音の強さの強弱のリズム)

脈動は、単位時間内に音の強さが線形に変化することを意味し、音による刺激のリズムを生み出す。母親が健康で情緒が安定している時のリズムカルな鼓動(脈動)は、胎児に安心感を与える。人に及ぼす効果の最も根源的なことが胎児期の記憶にあり、この脈動で胎児期の記憶につながるにより人は深くリラックスする。¹¹⁾

遅い脈動はリラクセスに働き、速い脈動は活性化に働く³⁾。PA メソッドでは、6 回/分~180 回/分の範囲

で脈動を定義することができる。これを周期で言えば 10 秒~0.33 秒となり、10 秒は大海の波の周期である。

3.4 音の強さ

PA メソッドでは音の強さを調整することができ、強さは全体、ふくらはぎ、大腿部、腰、肩の各部位毎に調整可能である。この機能は個人別に治療プログラムを作成するために重要である。なぜなら、音響振動の強さの許容範囲は人によって多様であるからである。また、異なる症状に応じて最適な音の強さを調整することも必要となる。

3.5 ダイレクション

コンピュータにより音響振動は体の下部から上部へ、そしてその逆へと体内を巡らせることができる。この音響振動の方向性を変化させる機能、ダイレクションは有益である。例えば、心因性の疼痛や筋肉の緊張等、ストレスに関連した症状の治療において⁸⁾。また、このような音響振動の動きは体内を移動する音の圧力をもたらし、血液循環とリンパの流れを促進する。⁸⁾

4. PA メソッドの心理的・身体的効果と応用分野

これまでに認められている PA の効果は、FDA による筋肉の緊張緩和、血液循環の促進、疼痛緩和、及び各研究機関による血圧・心拍数の降下¹²⁾、皮膚温度の上昇(末梢血管の拡張)¹³⁾、不安・抑うつ¹⁴⁾等がある。また、メソッドが実践されている分野として、リハビリ、スポーツ医療、メンタルヘルスケア等があげられる。

リハビリ： フィンランドのリハビリテーション病院において医療行為の一環として使われている。使用目的は、疼痛管理全般、手術前の不安解消・精神の沈静化、手術後の疼痛管理・血液循環の促進、人工膝関節手術の回復期リハビリ(疼痛緩和・筋肉の緊張緩和・不安解消)等。

スポーツ医療： プロスポーツチームにおいて、筋肉及び体のコンディショニングを目的としてトレーニング体系に組み込まれていることが多い。AC ミランをはじめとするヨーロッパのプロフットボールチームやフィンランドオリンピックチーム等多くの実績がある。使用目的は、練習後の筋肉の疲労回復促進、筋肉のトラブルへの対処、集中力の発揮等。時差のある地域への遠征時、睡眠問題や心身の全般的な疲れに対処する目的で使われることもある。

メンタルヘルスケア： 使用目的はリラクゼーション

ン、ストレスからくる筋の緊張・肩こり・腰痛・頭痛の緩和、睡眠障害改善、全体的な疲労の回復、不安・抑うつ等の緩和等である。企業のメンタルヘルスケアに用いられることが多く、フィンランドのノキアや、ストレスの重圧が大きい軍隊での使用例として英国の国防軍等がある。

5. 仮説

PA メソッドは異なる種類の疼痛や筋肉の緊張緩和、そして抑制機能の障害による症状と考えられる恐れ、不安、抑うつ、不眠症、てんかん、精神障害、神経症に対して効果がある。¹⁵⁾

疼痛に関しては、ヘルシンキ大学認知脳研究ユニットで30名の被験者（15名はプラセボ）を対象にエンドルフィンの検出を目的としたリサーチを行ったが、科学的に実証することはできなかった。

一方、レイコイネンによるPAメソッドに関する背景脳波のスタディでは、PAの刺激（12分間）に対する被験者の脳波は、安静閉眼時およびリラクゼーション音楽（Frank Lorentzen, Hands）静聴時に比べて明らかに異なり、β波・α波・θ波・δ波の全帯域で出現量が低くなっていた¹⁶⁾。また、そのときの被験者の覚醒度は落ち、終了後はその間の時間感覚も失っていた。

これを見ると、被験者の生体監視システム（大脳辺縁系）は休息し、大脳皮質も深い休息状態にあるように見える。すなわち、アラーム情報の入力・出力を行う扁桃体の働きが抑制され、同時に視床から大脳への感覚情報の入力も抑制されていると推測できる。これらのことから、PAの刺激は中枢神経の情報伝達において、抑制に働くGABAの作動に影響を及ぼす可能性を示唆しているのではないかと考えている。

PAメソッドは音響振動を使うものの、現時点では聴覚には関係性を求めている。PAの刺激は体（触覚）で感知し、脳で心地よいと認知されて心身はこの制御下に入り、深いリラクセス状態となる。このとき、患者は安全で安心しきって、頭も空っぽになり、たとえそれがトラウマによるものであっても、古い記憶を呼び起こすことがある。この状態は、ストレスに関連した症状の治療や、感情障害のリハビリに最適である。

実際の治療を通してこのような状況を見るに、PAによる現象はやはりGABA作動による抑制作用に馴染んでいるように思える。脳の機能は複雑でわからない面も多いが、当面はこのような仮説に基づき、PAの刺激に対する脳神経伝達系における変化の検出

を目標に研究を進めたいと考えている。

参考文献

- 1) Ahonen, H.: *Music - a language without words. The basics of music therapy* (second ed.). Helsinki: Finnlectura Oy. 1993.
- 2) Kärkkäinen, M.: Adding the effects of sound vibration treatment part of the rehabilitation process, 2005.
- 3) Lehikoinen, P.: The Physioacoustic Method. *Music Vibration and Health* (Japanese version), 220-228, 2003.
- 4) Llinas, R., NYU School of Medicine, 1994
- 5) Wall, S. A. and Harwin, W. S.: A high band with interface for haptic human computer interaction. *Mechatronics*, **11**[4]: 371 - 387, 2001.
- 6) Johnsson, K. O: The roles and functions of cutaneous mechanoreceptors. *Current Opinion in Neurobiology*, **11**:455-461, 2001.
- 7) Lehikoinen, P.: *Physioacoustic Sound in Stimulation of Cell Membranes*. Next Wave Ltd., Helsinki: 1996.
- 8) Lehikoinen, P.: The Physioacoustic Method. Kalamazoo, MI: Next Wave Inc., 1990.
- 9) Lehikoinen, P.: Private communication.
- 10) FDA: Number K905256. 510(k) Premarket Notification Database, Decision date: 1991.
- 11) Komatsu, A.: An Examination of Sleep Inducing Effects of Information Carrying Bodysonic Vibrations, *Journal of Japanese Society of Sleep Research*, **3**[1]:108-116, 1995.
- 12) Leikohinen, P. and Kastren, J.: A suitability study of the physioacoustic system as a treatment device in Preventative Corporate Health Care. The Sibelius Academy, Helsinki, 1997.
- 13) Driberg, K., Anderson, T. Brown, S., and Warner, D.: The effects of physioacoustics on skin temperature, electrodermal activity and level of EMG Loma Linda University Medical Center, California, 1993.
- 14) Naukarinen, H.: The Physioacoustic Method in the treatment of psychosomatic pain and anxiety, Helsinki University Central Hospital at the Clinic of Psychiatry, 1991.
- 15) LeDoux, J.: *Synaptic Self: How Our Brains Become Who We Are*. New York: Viking Press. 406 pp. 2002.
- 16) Lehikoinen, P.: Sound vibration and the electric function of brain, a pilot study. *Finnish Journal of Music Education*. **3**[3]: 38-40, 1998.