

音フィードバックを用いたトレーニング手法の開発と臨床応用

Development and Clinical Application of Training Method Using the Sound Feedback

吉田 昌弘¹⁾ 石川 凌²⁾ 中島 千佳³⁾ 吉田 真¹⁾

YOSHIDA Masahiro¹⁾ ISHIKAWA Ryo²⁾ NAKAJIMA Chika³⁾ YOSHIDA Makoto¹⁾

I. はじめに

スポーツ外傷・障害に対するリハビリテーションでは、低下した「筋力」の向上を目的としたプログラムを処方することが多いが、「筋活動」の改善も競技復帰に重要な因子である。先行研究によると、足関節捻挫症例では、ジャンプ動作中の下肢筋活動量が低値を示すことや¹⁾、膝前十字靭帯の術後症例でスクワット中のハムストリングの筋活動が低下することが明らかにされた²⁾。スポーツ外傷・障害による靭帯や関節構成体の損傷は、筋萎縮や筋力低下のみではなく、活動量や活動パターンにも影響をおよぼしている可能性がある。つまり、これらの先行研究のデータは、リハビリテーションが単に「筋力」の改善のみでは不十分であり、「筋活動」の賦活や、活動パターンの修正（正常化）をターゲットとする視点が必要であることを意味している。

しかしながら、筋活動のパターンを修正するトレーニング手法は確立されておらず、未だ経験知的な観点からフォーム指導を行うに止まっている。より確かな効果を上げるためには、トレーニング中における筋活動の客観的な評価と科学的なフィードバックが必要である。本研究プロジェクトでは、上記に関するトレーニング手法の考案とフィードバックシステム構築に取り組んだので、その詳細を報告する。

II. 音フィードバックを用いたトレーニング手法の開発

筋活動の異常に対して何らかのフィードバックを実施した研究報告は散見される。過去の報告では、映像や口頭指示などのフィードバック手法が用いられているが、

十分な効果が得られていない。これまでの問題点は、リアルタイムでフィードバックされないため、運動中の筋活動が改善されたかどうかを、対象者が運動中に理解できない点にあった。そこで、本研究プロジェクトでは、音（聴覚）を用いてこれまでの課題を解決することを試み、「音フィードバックトレーニング」の考案に取り組んだ。

文部科学省の研究助成（平成28年度科学研究費助成事業、若手B：16K16562）を受け、音フィードバックのシステム構築に着手した。システム構築には、(株)身のこなしラボラトリーの協力を得た。身のこなしラボラトリーは福井大学発のベンチャー企業であり、様々な助成金採択を受けながら、これまでに筋活動を音でフィードバックする『MUSCLE ALIVE（マッスルアライブ）』の開発に取り組み、商品化している（平成21年度福井県ふくい次世代技術育成事業補助金事業、他）。今回は、一般向けのトレーニング機器であるMUSCLE ALIVEを研究用にカスタマイズし、音フィードバックによるトレーニング効果を分析可能なシステムの構築を目指した（図1）。



図1 音フィードバック用機器

音フィードバックを行う MUSCLE ALIVE（上部）と筋電計（下部）

1) 北翔大学生涯スポーツ学部スポーツ教育学科

2) 北翔大学大学院生涯スポーツ学研究所

3) 北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター

本システムでは、対象の筋に添付した筋電計でモニタリングした筋活動が、一定のレベルを超えた時点でピープ音が鳴る手法を採用している。我々のシステムでは、フィードバックの筋活動レベルを任意に設定できるようにカスタマイズした。また、フィードバックされた筋活動（音が鳴ったタイミング）を簡便にアウトプットすることが可能となった。これらのシステム構築により、簡便にトレーニング中の筋活動をリアルタイムに音フィードバックし、さらに音フィードバックを受けた筋活動の分析が可能となった（図2）。

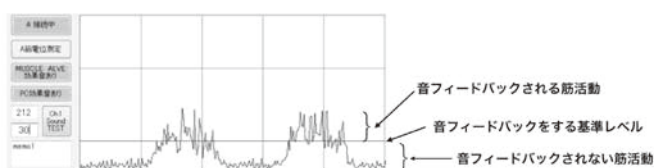


図2 音フィードバックシステムのPC画面

音フィードバックの基準レベルを超える筋活動が発生すると、ピープ音によりフィードバックされる。

Ⅲ. 音フィードバックを用いたトレーニング手法の活用

音（聴覚情報）によるフィードバックを採用するメリットは、ジャンプ動作やカッティング・ターンなど、あらゆる運動状況下においても対象者が筋活動の動態を認識することが可能な点である。これらの手法は、スポーツ領域での試みは乏しく、正しく筋活動が生じているか否かは、触診や経験的な視点から判断されていた。セラピストやトレーナーが経験的に判断していた部分を、客観的に定量化する手法は、リハビリテーションでの活用が

期待でき、効果判定に大きく貢献できるものとする。

本手法の活用が期待されるのは、1) 対象者が適性な筋活動が発揮されているか感覚的に捉えづらい場面、2) 外傷・障害等の病態により筋出力に異常が生じているケースである。

1)の具体例として、運動方向が難しいチューブトレーニング中のフィードバックが挙げられる。特に、肩関節のように運動自由度の高い関節や、運動軸が複雑な足関節内返し・外返しなどのトレーニングのフィードバックとして有用である。また、トレーニングによっては主動筋と拮抗筋の共同収縮（Co-contraction）が求められる場合もあり、対象者が正否を体感的に得づらいことがある。本研究プロジェクトではスクワット中の大腿四頭筋・ハムストリングの共同収縮に着眼したデータ分析を進めており、音フィードバックにより共同収縮を促すことが確認された（図4）。

2)の場面に関しては、現在、足関節捻挫症例の機能低下に着目した活用を進めている。我々は、これまでの研究で慢性足関節捻挫症例ではスポーツ動作中に筋活動に異常が生じることを明らかにしており^{3) 4)}、この現象の解決手法として音フィードバックを用いることを試みている。

Ⅳ. 音フィードバックを用いたトレーニング手法の今後の臨床応用に向けて

ここ10年でスマートフォンやタブレット端末の普及が飛躍的に進むと同時に、インターネット環境も整備され、安価で高速なネット環境が提供されるようになった。これにより、個人が動画を簡単に撮影し、特定間の

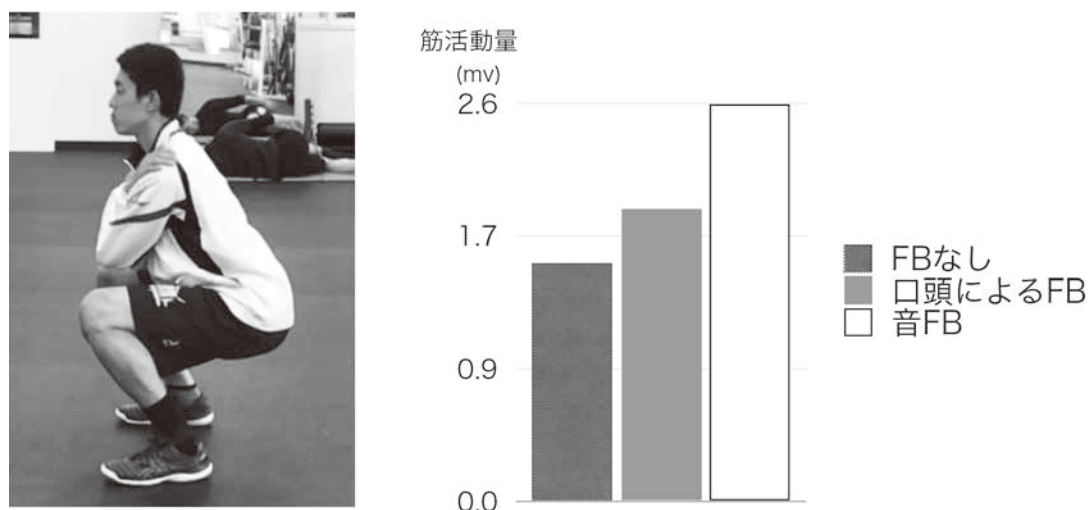


図3 音フィードバックによる共同収縮の促進

音フィードバックを用いてスクワット中の大腿四頭筋・ハムストリングの共同収縮を促した。音フィードバックでは、他の条件と比較して高い筋活動が得られた。

送受信やサーバへのアップロードが可能となった。また、YouTubeなどの動画共有サイトを通じて動画の閲覧やダウンロードが可能となり、トレーニングの見本やバリエーションはこのような動画を活用する機会が高まっている。さらに、現在ではトレーナーやセラピストがビデオ通話を通じて対象者を遠隔指導するケースも珍しくなくなってきた。

しかし、最先端のツールを活用し、時間や距離などの物理的なハードルを超えることは容易になったものの、トレーニングを指導する手法には大きな変革が起こっていない。媒体は変われど、トレーニング指導はトレーナーやセラピストのそれぞれの視点に委ねられている。臨床経験豊富なトレーナーの指導は高い効果が期待されるものの、その効果を裏付ける科学的根拠はなされていない。本研究プロジェクトで構築したシステムは、これらの効果検証としても利用価値があると考えられる。

V. まとめ

本システムは、あらゆるトレーニングの正否を即時に客観的に検証でき、対象者に適切なフォームを指導することを可能にするものである。トレーニングの種類や場所を問わないことから、汎用性と拡張性に優れており、アイデア次第で今後の臨床応用がさらに進むと考えられる。従来の筋力トレーニング、バランストレーニングなどの画一的な治療プログラムに加えて、動作中の筋活動自体を向上させる革新的な評価・治療手法として幅広く臨床活用することが期待される。

付 記

本研究は、平成30年度北方圏生涯スポーツ研究センター選定事業として実施された。また、本研究は科学研究費助成事業（若手B：16K16562）の助成を受けたものである。

利益相反

申告すべき利益相反はなし。

参考文献

- 1) Malmir K, Olyaei GR, Talebian S, et al. : Comparing the Effects of Peroneal Muscle Fatigue and Cyclic Loading on Ankle Neuromuscular Control During Lateral-Hop Landing. J Sport Rehabil, 24 : 293-299, 2015.
- 2) Junge T, Wedderkopp N, Thorlund JB, et al. : Altered knee joint neuromuscular control during landing from a jump in 10-15 year old children with Generalised Joint Hypermobility. A substudy of the CHAMPS-study Denmark. J Electromyogr Kinesiol, 25 : 501-507, 2015.
- 3) Yoshida M, Taniguchi K and Katayose M : Analysis of muscle activity and ankle joint movement during the side-hop test. J Strength Cond Res, 25 : 2255-2264, 2011.
- 4) Yoshida M, Aoki N, Taniguchi K, et al. : Kinematic analysis of the ankle joint on the side-hop test in subjects with ankle sprains. Translational Sports Medicine, 1 : 265-272, 2018.