



等尺性筋力増強訓練におけるBiofeedbackの効果

武政, 誠一 ; 嶋田, 智明 ; 武部, 恭一 ; 宮本, 真美 ; 田中, 孝姫 ; 平山, 敦子 ; 西村, 知子

(Citation)

神戸大学医療技術短期大学部紀要, 7:55-61

(Issue Date)

1991

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/80070159>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/80070159>



等尺性筋力増強訓練における Biofeedback の効果

— 訓練頻度の検討 —

武 政 誠 一¹, 嶋 田 智 明¹,
 武 部 恭 一², 宮 本 真 美²,
 田 中 孝 姫², 平 山 敦 子²,
 西 村 知 子²

緒 言

筋力増強訓練を行う方法には, 筋の収縮様式によって, 等尺性運動, 等張性運動, 等速度運動など種々の方法があり, 訓練目的や対象とする疾患によってこれらが使い分けられている。そのなかでも, 1953年に Hettinger と Muller¹⁾によって, 等尺性運動による筋力増強の有効性について報告されて以来, 筋力増強訓練には等尺性筋力増強訓練がよく用いられるようになってきた。しかし, 等尺性収縮では関節運動を伴わないので, 運動量をコントロールすることが困難であり, 適切な負荷を筋収縮抵抗として与えにくいことが問題となる。

近年, 等尺性筋力増強訓練において発揮される筋収縮力そのものを視聴覚にフィードバックさせる(以下 MBF と略す)訓練方法, すなわち関節運動を伴わないで発揮される筋収縮力そのものをフィードバックすることで, その運動量をコントロールすることが可能な等尺性筋力増強訓練法が行われるようになってきた。しかし, その有効性に関する報告は少ない。

そこで今回我々は, 従来から筋力増強法の一手段として使用されてきた等尺性筋力増強訓練と, それに視聴覚に対する MBF を組み合わせた等尺性筋力増強訓練が, 大腿四頭筋の筋力の増大にどれ程異なった効果を示すかを比較し,

特に訓練頻度との関係について検討を行ったので報告する。

対象と方法

1. 対象者

対象者は, 健康男性12名, 女性30名の計42名であった。検査時年齢は18~35 (平均 23.3 ± 2.1)歳であった。全例利き足は右で, ボールを蹴る側の足とした。また, 全例 MBF の知識の無い者とした。

これらの対象者を無作為に従来から行われている大腿四頭筋の等尺性筋力増強訓練をおこなうグループ(以下従来群と言う)と MBF 訓練を行うグループ(以下 MBF 群と言う)の2群に分けた。さらに従来群を1週間に6回(以下従来6回群と言う)・3回(以下従来3回群と言う)・1回(以下従来1回群と言う)行うグループ, MBF 群を1週間に6回(以下 MBF 6回群)・3回(以下 MBF 3回群)・1回(以下 MBF 1回群)行うグループ, 男性2名女性5名の計7名の6群に分けた。また, 訓練期間はそれぞれ1週間単位で6週間とした。

2. 使用機器

今回我々が筋力の測定および MBF 訓練に使用した機器は OG 技研社製マスキュレータ GT-30であった。本器は閾値調節が可能であ

1. 神戸大学医療技術短期大学部

School of Allied Medical Sciences, Kobe University

2. 武部整形外科リハビリテーション

Takebe Orthopedics and Rehabilitation Clinic

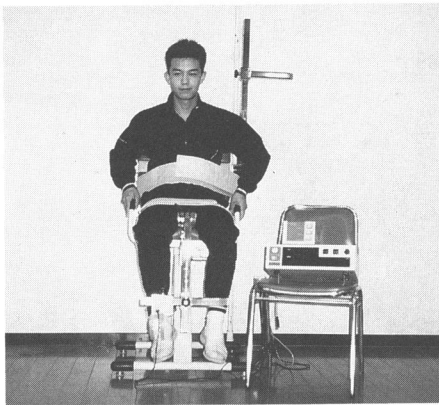


図1 筋力の測定および訓練状況

り対象者の等尺性収縮による筋力があらかじめ調節された閾値を越えると、レベルメータとデジタル値で表示されると共に電子音が発するようになっている。

3. 訓練方法

従来訓練群は、股・膝関節90度屈曲坐位での右側の大腿四頭筋の等尺性の筋力増強訓練を行わせ訓練前後の筋力を比較した。1回の訓練は最大筋力の80%以上の等尺性収縮を5秒間努力させ、5秒休息しこれを10回行わせた。また、この最大筋力の80%については、その日の最大筋力を測定し、その80%の筋収縮力の程度を1日1度口頭で指示した。

MBF 訓練群は、マスキュレーターの bio-feedback 機構を用いて同様の訓練を行わせた。また筋収縮力の閾値設定は、その日の最大筋収縮力の80%とした。

4. 筋力測定

大腿四頭筋の筋力の測定股位は、マスキュレーター上で、股・膝関節90度屈曲坐位とし、測定点は足関節部とした。測定中、体幹および股関節の代償運動を防ぐため体幹および大腿近位部をベルトで固定した。測定値は3回計測した平均値をとった（図-1）。

表1 従来訓練群の訓練結果

(n=21, 各群7名)

n=21 単位: kgm

	訓練前	訓練後	増加率(%)
6回/W n=7	※ 8.9±2.7	10.2±3.0	※ 15.5±7.8
3回/W n=7	9.8±4.8	10.7±5.0	8.5±11.2
1回/W n=7	7.4±2.4	7.6±2.5	2.8±8.1

※P<0.01

結 果

1. 従来群の訓練結果

従来訓練群の、訓練前後の筋力の増加について、従来6回群では訓練前8.9±2.7kgmであった筋力が訓練後10.2±3.0kgmと増加率15.5±7.8%と有意な筋力の増加がみられた。一方従来3回群・1回群では、訓練後の筋力がそれぞれ8.5±11.2%, 2.8±8.1%増加したものの統計学的な有意差はなかった（表-1）。

また、従来6回群の筋力の経時的変化を見ると、訓練開始後3週間までは有意な筋力の増加はみられず、4週間より危険率1~5%で有意な筋力の増加がみられた（図-2）。

2. MBF 群の訓練結果

MBF 6回群・3回群・1回群の筋力増強訓練前後の訓練効果については、MBF 6回群では、訓練前の筋力が8.7±2.9kgm、訓練後は13.6±3.6kgmで58.4±17.0%と危険率1%で有意な筋力の増加がみられた。また、MBF 3回群においても、訓練前7.3±2.1kgm、訓練後は10.1±2.4kgmで41.3±11.0%と危険率1%で有意な筋力の増加がみられた。しかし、MBF 1回群においては、訓練前8.7±2.9kgm、訓練後9.4±2.9

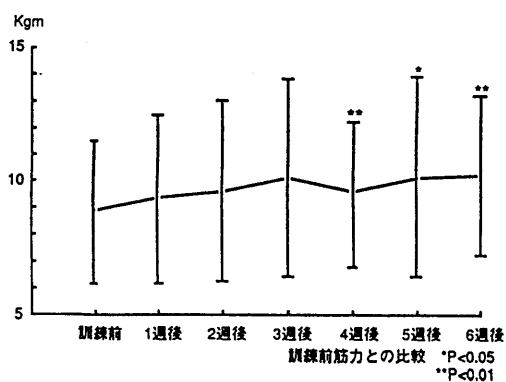


図2 従来6回群の筋力の経時的変化
(n = 7, 単位 kgm)

表2 MBF訓練群の訓練結果
(n = 21, 各群 7名)

n = 21 単位: kgm

	訓練前	訓練後	増加率 (%)
6回/W n = 7	※※ 8.7±2.9	13.6±3.6	※※ 58.4±17.0
3回/W n = 7	※※ 7.3±2.1	10.1±2.4	※※ 41.3±11.0
1回/W n = 7	8.7±2.9	9.4±2.9	8.6±8.4

※P<0.05
※※P<0.01

表3 MBF訓練群の筋力の経時的変化 (n = 21, 各群 7名 単位 kgm)

n = 21 単位: kgm

	訓練前	1週後	2週後	3週後	4週後	5週後	6週後
6回/W n = 7	※ 8.7±2.9	※ 10.2±3.9	※※ 11.2±3.2	※ 11.7±3.6	12.7±3.1	13.3±3.2	13.6±3.6
3回/W n = 7	※ 7.3±2.1	※※ 8.2±2.1	8.8±2.0	9.4±2.0	9.1±1.7	9.7±1.9	10.1±2.4
1回/W n = 7	8.7±2.9	8.7±2.9	9.0±2.9	9.2±3.0	9.2±3.0	9.3±2.8	9.4±2.9

※P<0.05
※※P<0.01

kgmと筋力が8.6±8.4%と増加したものの統計学的な差はなかった(表-2)。

MBF 6回群の経時的変化については、訓練開始1週目と1週と2週の間で危険率5%, 2と3週の間で危険率1%, 3と4週の間で危険率5%の筋力の増加がみられた。しかし4と5週および5と6週の間には緩やかな筋力の増加はみられるものの統計学的な有意差はなかった(表-3)。

MBF 3回群の経時的変化については、訓練

開始1週目で危険率5%, 1週と2週の間で危険率1%の筋力の増加がみられた。しかし2週後は緩やかな筋力の増加はみられるものの、各週間での統計学的な有意な筋力の増加はなかった。(表-3)。

MBF 6回群・3回群の訓練前後の筋力の増加率を比べると、MBF 6回群の方が MBF 3回群よりも危険率5%で有意な筋力の増加がみられた(図-3)。すなわち MBF 群では6回群, 3回群, 1回群の順に筋力増強訓練の効果

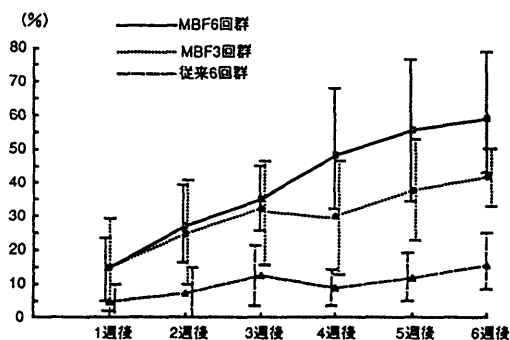


図3 MBF 6回・3回群および従来6回群の筋力増加率
($n=21$, 各群7名, 単位 %)

が高かった。

3. 従来の訓練と MBF 訓練の効果の比較

訓練効果の見られた従来訓練6回群と MBF 3回群・6回群の筋力の経時的変化を見ると、従来訓練群では、訓練開始後3週後までは有意な筋力の増加はみられず、4週後より危険率1～5%で有意な筋力の増加がみられた。一方 MBF 3回・6回群では、訓練開始2～4週の早期に有意な筋力の増加がみられ、その後は筋力の変化率は小さかった。

また、筋力の増加率を比較すると、MBF 6回群、MBF 3回群、従来6回群の順に高かった。すなわち、従来群に比べ MBF 3回、6回群では、早期より筋力の増加がみられると共に、その増加率も大きいことが示された(図-3)。

考 察

理学療法の分野において、筋力増強が治療の大きな目的となることは多く、その際どのような方法が効果的かについては、古くから論議されている。1953年に Hettinger ら¹⁾は、筋力トレーニングのための最適なトレーニング刺激を分析し報告している。また、Hettinger²⁾は、筋力増強訓練を施行する条件として、負荷強度・時間・頻度が必要条件であると報告している。すなわち、負荷強度と時間の関係については、

負荷強度80～90%では4～6秒の収縮で効果があると報告している。また、筋力増強訓練の1日の回数について Josenhans³⁾は、1日5～10回の最大筋収縮が最も効果的であると報告している。そこで、我々は等尺性筋力増強訓練における MBF の有効性、特に訓練頻度について検討する目的で、従来から行われている大腿四頭筋の等尺性筋力増強訓練と、これに MBF を併用した訓練をそれぞれ週6回・週3回・週1回の6群に分けて比較検討した。訓練条件は、前述の条件に従った。また、訓練頻度について Hettinger²⁾は、等尺性筋力増強訓練の効果について2週間に1回の訓練では効果がなく、1週間に1回の訓練では筋力の増加率は1.69%であり、2日に1回の訓練では効果は前回の訓練効果の $\frac{1}{3}$ 減少するとし、毎日訓練するのが最も効果的であると報告している。今回の結果においても、筋力の増加率からみると従来群および MBF 群ともに6回群、3回群、1回群の順に筋力の増加率が高く、Hettinger²⁾の報告と一致した。すなわち、筋力増強効果は、従来の方法であっても、それに MBF を併用しようとも訓練頻度に関係がある、ということが示唆された。

しかし今回の結果では、Hettinger ら²⁾によると効果のある従来3回・1回群および MBF 1回群において訓練後の筋力の有意な増加はなかった。これは、Hettinger は訓練期間が33週間と長期間であり、我々の訓練期間が6週間と短期間であったためと考えられた。また、嶋田⁴⁾や Ward ら⁵⁾は、等尺性筋力増強訓練における筋力の増大パターンに関して、訓練開始初期に著明な筋力の増大が認められたと報告している。しかし、今回の結果において従来群の中で唯一訓練効果のあった6回群の筋力の増大パターンは訓練開始3週間は有意な筋力増加はみられずその後も緩やかな増加パターンを示した。これは、諸家らの訓練方法の負荷の量や1回の訓練における筋収縮の回数の違いによるものと思われた。しかし、同様の訓練方法においても MBF 6回・3回群では訓練開始初期より有意な筋力の増加がみられた。すなわち、従来6回

群で効果の見られない訓練初期においても MBF を併用すると有効であると考えられた。このメカニズムについては、すでに報告したごとく、従来の訓練方法では目標とする筋力が十分発揮されているか不明瞭であるが、MBF を併用すると、閾値を目標とする目的意識と、電子音・レベルメーター・デジタル値の視聴覚へのフィードバックが、大脳皮質の興奮性を高め、それによる運動単位へのインパルスの発射頻度と、筋収縮に参加する運動単位の数の増加などを効率的に生じさせ心理的限界が向上する⁶⁾。その結果、熊本⁷⁾の報告の如く、従来から行われている等尺性筋力増強訓練そのものより、MBF 訓練は即効的に筋力の増加をもたらせたであろうと考えられる。

また、MBF 3 回群と 6 回群を見ると、訓練開始 2～4 週間の訓練初期に有意な筋力の増加がみられ、それ以後の筋力の変化率は少なかった。また増加率を比較すると、6 回群の方が 3 回群に比べ訓練終了時の筋力の増加率は有意に高かった。この 3 回・6 回群における、訓練開始 2～4 週以後の筋力の変化率の少なかったのは、MBF を用いた等尺性筋力増強訓練の効果は訓練初期に著しく、ある時期をすぎるとその変化率は一定になることを示していた。この現象は、Muller ら⁸⁾の述べる、筋には最終筋力という一定のレベル (limited strength) がありそれ以上筋力を高めることは不可能であることを暗に示唆している。すなわち、MBF を併用した等尺性筋力増強訓練は、早期より訓練効果が現れ、加えて早期に limited strength に達することが示唆され、短期間で筋力増加を目的とする訓練に適しているものと考えられた。また、その訓練頻度については、週 1 回ではあまり効果がなく、週 3 回以上の訓練が必要であり毎日訓練を行うことがより有効であると考えられた。

最後に、今回は健康者について行ったが、本法を臨床で用いる場合の適応条件としては、目的とする筋力が抵抗に抗しうることを、すなわち 3 以上の筋力が必要であると考えられる。また本法に対する理解と協力が必要であると考えられ

る。また、より効果的な訓練効果を得るには心理的限界の上昇が必要であり、そのためには「訓練への集中力」が重要となろう。したがって、可能な限り静かな環境も必要になってくると思われる。今後、臨床での方法論について検討していきたい。

結 語

1. 検査時平均 23.3 ± 2.1 歳の健常男性 12 名、女性 30 名の計 42 名を対象として、従来から筋力増強法の一手段として使用されてきた等尺性筋力増強訓練と、それに視聴覚に対する MBF 訓練法を組み合わせた等尺性筋力増強訓練をそれぞれ 6 週間行わせ、大腿四頭筋の筋力の増大にどれ程異なった効果を示すかを比較し、特に訓練頻度との関係について検討を行った。
 2. 従来群の訓練結果は、従来 6 回群で有意な筋力の増加がみられたが、3 回群・1 回群では、訓練前後の筋力に統計学的な有意差はなかった。
 3. MBF 群の訓練結果は、MBF 6 回群・3 回群では有意な筋力の増加がみられたが、MBF 1 回群においては、訓練前後の筋力に統計学的な差はなかった。
 4. 訓練効果の見られた従来訓練 6 回群と MBF 3 回群・6 回群の筋力の経時的変化を見ると、従来訓練群では、訓練開始後 3 週後までは有意な筋力の増加はみられず、4 週後より危険率 1～5% で有意な筋力の増加がみられた。一方 MBF 3 回・6 回群では、訓練開始 2～4 週の早期に有意な筋力の増加がみられ、その後は筋力の変化率は小さかった。
- また、筋力の増加率を比較すると、MBF 6 回群、MBF 3 回群、従来 6 回群の順に高かった。

文 献

1. Hettinger T, Muller EA : Muskelleistung and muskeltraining. Arbeits physiologie 15 : 111, 1953.
2. Hettinger TH : Isometrisches Muskel-

- training. Geg Theieme Verlag Stuttgart, 1968 (translated by Ikai in Japanese)
3. Josenhans WT : Duchblutungs-und Umsatzanderungen bei isometrischen Kontraktionen großer Muskelgruppen. Pflugers Arch Ges Physiol 28 : 46, 1964 (cited from 2.)
 4. 嶋田智明 : 大腿四頭筋筋力増強における Isokinetic Exercise と Isometric Exercise との効果の実験的比較 理作療法 10:228, 1976
 5. Ward J and Fisk GH : The Difference in Response of the Quadriceps and Biceps Brachii Muscles to Isometric Exercise. Arch Phys Med 45 : 614, 1964
 6. 武政誠一 嶋田智明 武部恭一 他 : EMG-Biofeedback による筋力増強訓練の効果について 神大医短紀要 4 : 41, 1988
 7. 熊本水頼 : バイオフィードバック法の基礎と臨床—神経・筋機能回復のための—杏林書院 1983, P157
 8. Muller EA and Rohmert W : Die Geschwindigkeit der Muskelkraft-Zunahme bei isometrischem training. Int Z Angew Physiol 19 : 79, 1963

The effect of Biofeedback Training on Muscular Strength

Seiichi Takemasa¹,Tomoaki Shimada¹,Kyoichi Takebe¹,
Mami Miyamoto²,Takahime Tanaka²,Atsuko Hirayama²,
and Tomoko Nishimura².

ABSTRACT : The purpose of this study was to compare the effect of conventional training with that of biofeedback training for the improvement of isometric muscular strength of the quadriceps femoris. Subjects were twelve healthy young men and thirty healthy young women (23.3 ± 2.1 years old) . They were divided into two groups ; one group to which only conventional isometric exercise was given for six weeks (C-G) and the other group to which biofeedback training with a device for muscle training (muscular biofeedback trainer, MBF) was given for six weeks (BF-G). In addition, to clarify the most effective frequency of conventional training and MBF training, the C-G and BF-G were also divided into three groups ; one with the frequency of once a week, and the second three times a week and the third six times a week. The results obtained revealed : 1) the training using MBF was more effective than the conventional training to increase isometric muscular strength, 2) the most effective frequency of MBF training was six times a week, 3) MBF training showed an expective result in a short period when the conventional training was not effective. These findings suggested that the most effective muscular strength training was performed as daily exercise with visual or auditory feedback, and MBF training was suitable for the muscular strength training in a short period.

Key Words : Biofeedback,
Isometric muscular strength,
Physical therapy.

1 School of Allied Medical Sciences, Kobe University

2 Takebe Orthopedics and Rehabilitation Clinic