

電磁界の作用による筋肉疲労等の改善効果

石橋 新一郎

(東京工科大学電子工学科)

渡辺 慶寿

(同保健体育)

趙 曄

(元東京工科大学客員研究員)

石川 雄一

(日本ヘルスサイエンスセンター)

運動療法と物理療法 第9巻第2号 別刷

(1998年4月30日 発行)

電磁界の作用による筋肉疲労等の改善効果

石橋 新一郎

(東京工科大学電子工学科)

渡辺 慶寿

(同保健体育)

趙 曄

(元東京工科大学客員研究員)

石川 雄一

(日本ヘルスサイエンスセンター)

要旨 電磁気治療器を皮膚表面に装着すると、電磁界の作用による電圧が発生し、体内に電流が流れて血行を促進させ、疲労物質である乳酸の増加を抑制する。この効果を利用して、運動時での最大筋力等を装着と未装着で比較すると、装着のほうが大きな最大筋力を得た。そこで乳酸値を測定してみると、運動終了時で装着のほうが約半分に減少した。この治療器を肩こりの治療に用いると、血行の促進による疲労物質の減少から肩こりが改善された。

Key words : 電磁界 (electromagnetic induction), 筋肉疲労 (muscle fatigue), 乳酸 (lactic acid)

緒 論

人間は健康を維持するために適時な運動を行うことが望ましいといわれ、現にスポーツに興味をもち、運動している人が多い。しかし、運動量が多くなると疲労をもたらす、乳酸などの疲労物質が血液中に増加する¹⁻³⁾。この筋肉疲労などの緩和には、従来から理学療法などさまざまな方法が試みられてきた¹⁻³⁾。

本研究では電磁界の作用に着目し、その動作原理を利用した電磁気治療器を作製した。この治療機を皮膚表面に貼ると、電磁界の作用により電圧が発生し、体内に流れる電流が増加する。これに伴って血行を促進し、運動

時での筋肉疲労や肩こりなどの緩和に効果が得られたので、ここに報告する。

実験方法

電磁気治療器を血流に沿って心臓に近い位置と、少し離れた位置の皮膚表面にテープで装着し、固定する。また装着する位置を逆にした逆装着、磁石のみ、未装着のおのおのについてポリグラフ(脳波計測用装置)を用いて皮膚表面の電圧を測定した。また体内電圧は鍼灸針を皮膚表面から刺し、高入力インピーダンスのマルチメータを用いて、皮膚表面と同じく4種類の電圧を測定した。またこれらの電圧値から、皮膚表面および体内に流れる電流値を求めた。最大筋力はバネバカリを測定

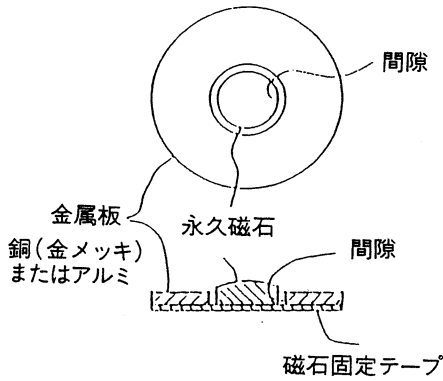


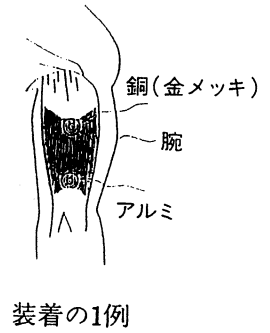
図1 電磁気治療器の概要

台に固定し、最大の力で3秒間保持した後に3秒間休む。これを10回で1セットとし、1分間の休みを挟んで10セット行い、最大筋力を装着、未装着について測定した。また最大筋力で装着、未装着の場合、この運動時での乳酸値の変化についても測定を行った。またルームランナーを用いて、30分間走での装着、逆装着、磁石のみ、未装着での乳酸値の変化も測定した。また電磁気治療器を肩こりにも適用し、その治療効果についても検討を行った。

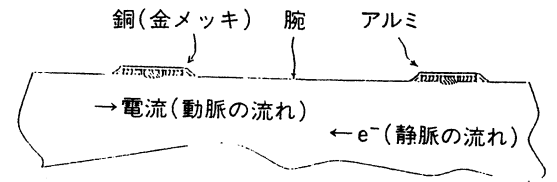
実験結果および考察

1. 電磁気治療器

イオン化傾向の差が大きいアルミと銅(現在は副作用の予防のために金メッキを施している)の円板(径16φ、厚さ1mm)の中央に孔(径5.5φ)をあけ、この孔に永久磁石(径5φ、1300G)を挿入し、磁石と円板をテープで固定した電磁気治療器の概要を示したのが図1である。永久磁石と円板の間には隙間があり、また磁石が上下に動く構造になっている。この金メッキは心臓に近い所にテープで装着させ、動脈の流れに沿って少し離れた場所にアルミをテープで装着し、固定させる。この様子を図2上に示した。脈拍は一般成人の場合1分間に70拍程度であるが、こ



装着の1例



体内の電流とe⁻

図2 装着と電流

の脈拍により皮膚表面は小さな上下運動をしている。電磁気治療器を装着すると磁石の上下運動により磁力線を切ることで、電磁界の作用により電圧が発生する。また血液の約70%は水分で、また弱アルカリ性の電解質であるから、水分は $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$ と電離しておりイオン化傾向は $Al^{3+} > H^+ > Au^+$ となるので、電流の流れは図2下のように $Au^+ \rightarrow H^+ \rightarrow Al^{3+}$ の方向で動脈の流れと同じになるが、 e^- の流れる方向はその逆で静脈の流れと同じになる。また皮膚表面の抵抗は内部より大きくなるので^{4,5)}、電流もしくは e^- は体内に流れることになる。この電流が流れると血行を促進し、筋肉疲労などが緩和される。

2. 電圧と電流の測定

1) 皮膚表面

腕で心臓に近い位置に金メッキ、5cm離れた位置にアルミをテープで装着し、ポリグラフ(脳波測定用装置)の測定端子を皮膚表面にテープで固定する。また金メッキとアルミ

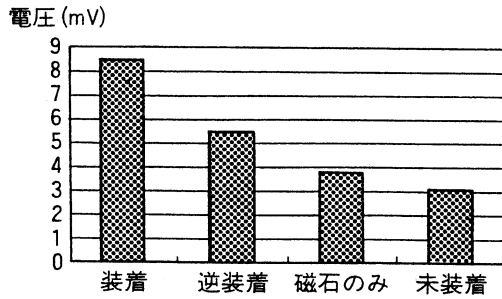


図3 皮膚表面の電圧

の位置を逆にした逆装置、磁石のみ、未装着のおおの4種類について皮膚表面の電圧を測定した結果を図3に示した。この電圧測定については健康な男子学生10人中3人を選び、その平均値を用いた。電圧の値は、心電図等を測定する場合その大きさは電圧で表示されるが、この未装着の電圧も心電図の電圧と同じように人間自身も持っている電圧である。装着の場合、未装着に比べて約2.8倍ほど電圧の上昇がみられた。これは電磁界の作用により発生した電圧で、この発生電圧により体内に流れる電流の量が増加する。逆装着の場合、装着に比べて電圧が低くなっている。これによって電流の流れる方向と動脈の流れる方向とが同じになるように金メッキとアルミを装着したほうが、発生する電圧が大きくなることが明らかにされた。この発生する電圧が大きくなると、後述のように運動時での乳酸の量を抑制する効果が現われる。また磁石のみの場合未装着に比べて少し電圧が上昇しているが、これは磁石からの磁力線と体内の電流による電磁界の作用による電圧の上昇と考えられる。この電圧の上昇は、装着した場合の電磁界の作用により発生する電圧に比べると小さくなる。またこれらの電圧により皮膚表面に流れる電流は個人差はあるが、皮膚表面の抵抗は一般に1~6 k Ω とされている^{4,5)}。1 k Ω と仮定すると、装着の場

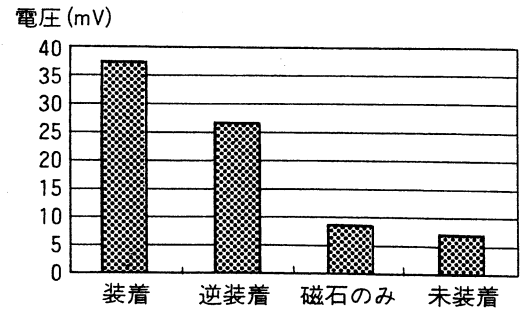


図4 体内電圧

合約8.6 μ Aとなる。人間の体内に流れる電流は皮膚表面で1 mA以下なら安全とされているので^{4,5)}、連続に使用しても8.6 μ A程度なら安全性に関しては十分と考えられる。

2) 体内

皮膚表面の場合と同じように金メッキとアルミをテープで装着し、皮膚表面から下に約10 mm程度に鍼灸針を刺し、入力インピーダンスの高いマルチメータを用いて装着、逆装着、磁石のみ、未装着について測定した結果を図4に示した。皮膚表面と体内の未装着の電圧を比べてみると、体内のほうが約2.3倍ほど大きくなっている。これは皮膚表面に比べて体内の抵抗は小さくなるので^{4,5)}、それだけ流れる電流の量が大きくなる。この流れる電流の量が多くなると、体内での電圧の値も大きくなるものと考えられる。また装着の場合の電圧を比べても、体内は約4.3倍も大きくなっている。これは体内で流れる電流が大きくなると、これに伴って電磁界の作用も大きくなり、体内で発生する電圧は皮膚表面よりも大きくなるものとする。また、これらの電圧値から体内の電流を求めると、体内の抵抗は一般に500 Ω 程度となるので⁵⁾、装着の場合で約75 μ Aとなる。体内に流れる電流は500 μ A以下なら安全とされているので^{4,5)}、使用にあたって安全性に関しては十分と考える。

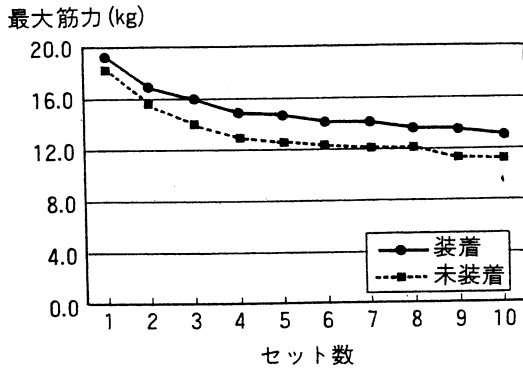


図5 最大筋力

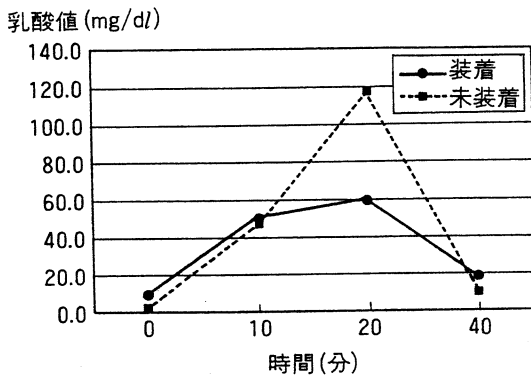


図6 最大筋力と乳酸値の推移

3. 運動量と乳酸値

1) 最大筋力

上腕二頭筋の上部に金メッキ、5 cm 下方にアルミをテープで装着し、バネバカリを測定台に固定し、20°の角度でバネバカリを最大の力で3秒間引っ張り、3秒間休む。これを10回1セットとし、1分間の休みを挟んで10回繰り返す。この測定値は3人の平均値を示したもので、最大筋力の推移を示したのが図5である。

1セット後で装着の場合、最大筋力は19.1 kgで、未装着の場合の18.3 kgとの差は0.8 kgであるが、途中からその差は少しずつ大きくなり、10セット終了時では装着の場合13.3 kg、未装着では11.5 kgとその差は1.8 kgと大きくなっている。装着すると体内に流れる電流の量が増えるので、血行

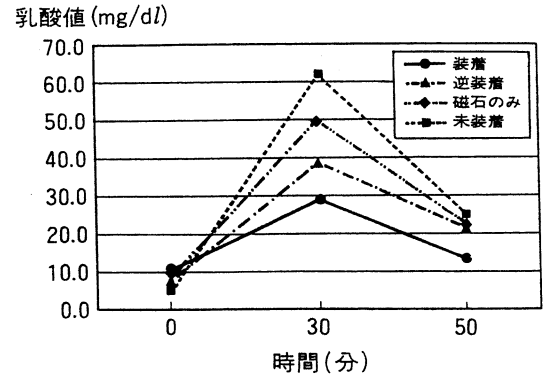


図7 30分間走と乳酸値の推移

を促進し、血流の量も増える。乳酸などの疲労物質の増加が抑制される。この抑制効果を調べるために乳酸値の測定を行った。その推移を図6に示している。まず運動開始前に血液を採取し、運動開始10分後、運動終了時および運動終了後20分休憩時で装着、未装着の場合についてもおのおの血液を採取した。この測定結果から、10分後までは装着、未装着の差はそれほどないが、疲労がピークに達する運動終了時では、乳酸値が装着の場合は60 mg/dlであるのに、未装着では118 mg/dlと約2倍の差が出ている。運動量が増えても装着していると疲労物質である乳酸の量を抑制しており、運動していても疲れなことが推測される。

2) 30分間走

ルームランナーを用いて30分間走を行ったときの乳酸値を装着、逆装着、磁石のみ、未装着のおのおのについて、運動開始前に血液を採取し、運動終了時および運動終了後20分休憩時について測定し、その推移を図7に示した。この測定値も3人の平均値である。運動終了時で装着の場合、乳酸値は約28 mg/dlであるのに対して、未装着では約63 mg/dlと約2倍の差があり、最大筋力の場合とほぼ同じ傾向を示している。また乳酸

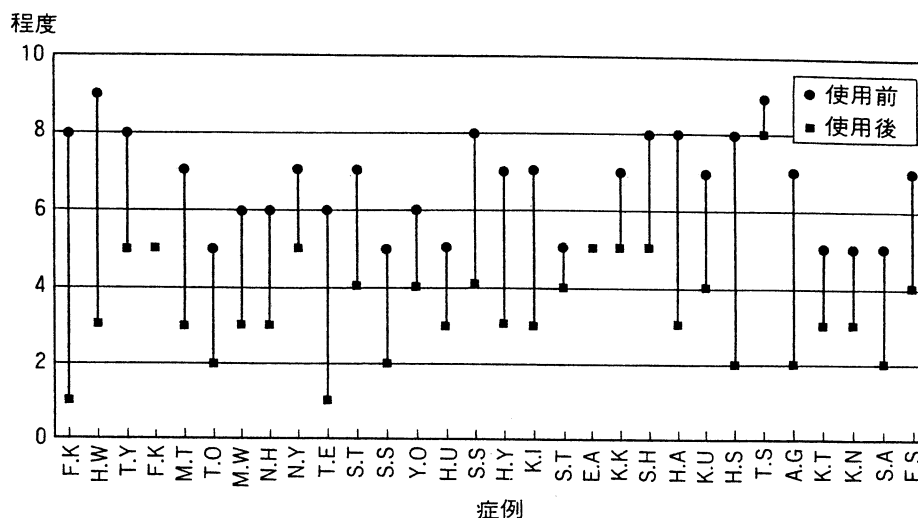


図8 肩こりと治療効果

値は装着，逆装着，磁石のみ，未装着の順に大きくなっており，これは電圧を測定したときと同じ傾向を示している．発生する電圧が増加すると，流れる電流の量も増えて血行を促進し，血流の量も増えるので，疲労物質である乳酸の量を抑制し，運動量が増えても疲労の度合いが小さくなることから明らかになった．

4. 肩こりへの適用

電磁気治療器を用いて肩こりの治療を行った．この治療器を肩こりの部位に銅(今回の症例は金メッキではなく，銅を用いた)，動脈の流れに沿って少し離れた部位にアルミをテープで装着し，固定する．これを1週間継続する．被験者(患者)30人(31～73歳，女性26人，男性4人，基礎疾患として高血圧，変形性頸椎症，筋緊張性頭痛，単純性肩こり，その他である)に対し，肩こりスコアより肩こりを10段階の自覚症状の強度に分類し，数字が大きいほど肩こりの症状は重いとされた．治療器の使用前と使用後の自覚症状改善を測定したところ，きわめて改善(5段階以上の改善)6名，よく改善(3～4段階改善)14名，まあまあ改善(1～2段階改善)8

名，変化なし2名，悪化0名で，平均改善度3.1段階ときわめて良好な結果を得た．これらの結果をまとめて示したのが図8である．ここで副作用として5名にかぶれが現れたが，金メッキを使用することにより大幅に改善された．

結 言

電磁気治療器を用いて筋肉疲労等の改善効果と肩こりの治療について研究を行い，以下の結果を得た．

1) 電磁気治療器を装着し，皮膚表面と体内の電圧を測定したところ，ともに装着したほうが未装着よりも発生する電圧が大きくなった．これは電磁界の作用によるもので，この発生する電圧が大きくなると，体内に流れる電流も増えて，血行を促進し，筋肉疲労等を改善する．また逆装着，磁石のみについても発生する電圧を測定したところ，装着，逆装着，磁石のみ，未装着の順で発生する電圧が大きくなった．

2) バネバカリを用いて10セットの運動による最大筋力を測定した．1セット後の装着と未装着の差は0.8kgであったが，途中

で少しずつ大きくなり、10セットの運動終了時ではその差は1.8 kgと大きくなっている。また乳酸値の測定を行ったところ、運動終了時で装着の場合、約半分に低下した。これは運動量が増えても装着していると疲労物質である乳酸の量が抑制され、運動しても疲れないものと考えられる。

3) ルームランナーを用いて30分間走を行い、そのときの乳酸値を測定したところ、最大筋力のときと同じ傾向を示し、装着、逆装着、磁石のみ、未装着の順で乳酸値が低下していた。

4) 電磁気治療器を30人の患者の肩こりの治療に用い、肩こりを10段階の自覚症状の強度に分類し、使用前と使用後で自覚症状改善を測定したところ、平均改善度3.1段階ときわめて良好な結果を得た。治療器を装着すると、電流による血行の促進が肩こりを緩

和させることになる。

本研究を行うにあたり乳酸値の測定、肩こり、安全性などご協力頂いた石橋クリニック院長の石橋幸滋氏、NTT技術協力センタプロジェクトリーダーの山内五郎氏に深く感謝します。またデータ整理などで協力頂いた那須謙一君、中口一之君、原田尚武君に感謝する。

文 献

- 1) Fox EL.: Sports physiology. 朝比奈一男監訳、渡辺和彦訳、大修館、1982.
- 2) MacArdle WD. et al.: Exercise physiology. 田口貞善ほか監修、杏林書院、1992.
- 3) 真島英信ほか: 人体生理の基礎. 杏林書院、1978.
- 4) 日本電気協会: 電気施設技術基準国際化調査報告書. 1997.
- 5) 高橋健彦: 図解接地技術入門. 川瀬太郎監修、オーム社、1986.