

空気抵抗腱板訓練が肩周囲に及ぼす影響について

村上¹⁾ 原正文²⁾ 沖大介¹⁾ 長田愛¹⁾ 三橋一剛¹⁾
工藤憂¹⁾ 江崎繁¹⁾ 柴田真紀子¹⁾ 畑中直子¹⁾

1)久恒病院リハビリテーション部 2)久恒病院整形外科

1. はじめに

一般に肩インナーマッスルは肩関節を円滑に可動させるために重要な筋である。インナーマッスルの筋力、筋機能が低下すると、アウターマッスルとの間にインバランスが生じるといわれている¹⁾。この状態が持続すると、アウターマッスルに負荷が強いられ、肩周囲の筋が疲労し、筋緊張が亢進すると予想される。筋硬度は、筋が疲労した時は硬く計測され、弛緩した時は柔らかく計測されることで、運動による疲労やさまざまな療法による筋の弛緩を評価することが可能であると報告されており²⁾³⁾、筋硬度を測定することで、アウターマッスルの状態を評価することが可能であると考えられる。また近年は、簡便な筋硬度計を用いて筋の硬さを評価した研究が報告されている⁴⁾。しかし、インナーマッスル訓練前・後のアウターマッスルの筋硬度変化を調査した報告はまだない。

また、臨床上、頸部から肩周囲にかけて痛みや不快感を訴える患者で、肩甲帯や胸鎖関節の可動性が低下していることをよく経験する。肩関節運動時、肩甲骨の上・下方回旋や前・後傾は必要な動きであり、その際胸鎖関節における鎖骨の動きが生じる。胸鎖関節は肩関節運動に伴う鎖骨運動の支点であり、肩関節複合体における運動の軸となっている関節と考えることができる。また、上肢帯と体幹を繋ぐ唯一の関節であり、胸鎖関節の可動性が低下すると、肩関節周囲に何らかの問題を生じさせることが予想される。さらに、胸鎖関節を構成する鎖骨には、僧帽筋や大胸筋などのアウターマッスルが付着しており、上記で述べたようにインナーマッスルの状態がアウターマッスルに影響することを考慮すると、インナーマッスルが胸鎖関節の可動性にも間接的に影響することが予想される。肩関節運動時の肩甲帯の動きを客観的に評価する方法としては、諸家らによりCTやMRI、X線像を用いた肩甲帯の関節運動学的解析が行われており⁵⁻⁸⁾、また当院の先行研究において長田⁹⁾は、前額面での鎖骨の可動性を簡便に体表から測定する方法について報告している。しかし、インナーマッスル訓練前・後の鎖骨の可動性変化を調査した報告はまだない。

我々はこれまで、ミズノ株式会社と協力し空気抵抗を用いた腱板訓練器であるAIR FLIPPERを開発してきた。空気抵抗を用いた腱板訓練はアウターマッスルの筋活動を抑え、インナーマッスルを効果的に強化すること¹⁰⁾や、内外旋運動を交互に行うことによって、インナーマッスルをより促通できる¹¹⁾ことを報告している。そこで今回、インナーマッスルを効果的に強化できる空気抵抗腱板訓練器を用いての腱板訓練が、肩周囲に及ぼす影響を調べるために、1) 空気抵抗腱板訓練がアウターマッスルの筋硬度に及ぼす影響と、2) 空気抵抗腱板訓練が鎖骨の可動性に及ぼす影響、の2種類について検討することを目的とした。

2. 研究方法

本研究は当院における倫理委員会の承認を得た。また、測定にあたり対象者には本研究の目的や検査内容、検査に伴うリスク、個人情報の管理などの説明を十分に行い、文章による同意を得て実施した。

2.1 空気抵抗腱板訓練がアウターマッスルの筋硬度に及ぼす影響についての研究

2.1.1 調査対象

対象は肩関節に既往のない男性4名，女性5名，計9名，18肩とした．平均年齢は男性 26.7 ± 3.5 歳，女性 23.6 ± 2.4 歳，平均身長は男性 173.5 ± 6.9 cm，女性 163.7 ± 3.0 cm，平均体重は男性 66 ± 8.7 kg，女性 51 ± 6.0 kg であった。

2.1.2 調査方法

腱板訓練にはミズノ社製 AIR FLIPPER を用いた．今回用いた AIR FLIPPER の形状は縦径 73cm，横径 52cm，重量 330g であり，空気で膨らませた腱板訓練機の中に手指から前腕までを入れるような形となっており，空気抵抗が運動に対する負荷となるものである(図1)．訓練肢位は肩関節下垂位・肘関節 90° 屈曲位とした．訓練方法は，1Hz・30回の内外旋運動とし運動範囲は肩関節内旋 30° から外旋 30° を目安として指導したが，厳密には定めなかった．この訓練を毎日，朝・夕の2セット行い，2週間続けた．また，訓練側は利き手のみとした．測定は訓練開始前，1週間後，2週間後の計3回行った．筋硬度測定部位は第7頸椎棘突起と肩峰をむすんだ中点を僧帽筋部とし，肩甲骨上角から2横指内側2横指上方の点で，僧帽筋を介した肩甲挙筋上を肩甲挙筋部とした⁴⁾(図2)．筋硬度の測定は TRY-ALL 製デジタル表示式 NEUTONE 筋硬度計 TDM-Z1 (以下，筋硬度計)(図3)を用い，各部位を3回測定し，測定した値の平均値を各部位の筋硬度とした．測定肢位は，肩関節下垂位での端坐位⁴⁾(図4)，および腹臥位¹²⁾(図5)とした．また，被検者の身体的特徴として，訓練開始前の測定時に，general joint laxity (以下，GJL) を Carter ら¹³⁾の方法に準じて5項目検査し，一侧のみ陽性の場合も陽性とした．さらに訓練開始前，1週間後，2週間後の計3回の測定時に，肩関節下方不安定性について sulcus sign にて検査した．



図1. AIR FLIPPER の形状

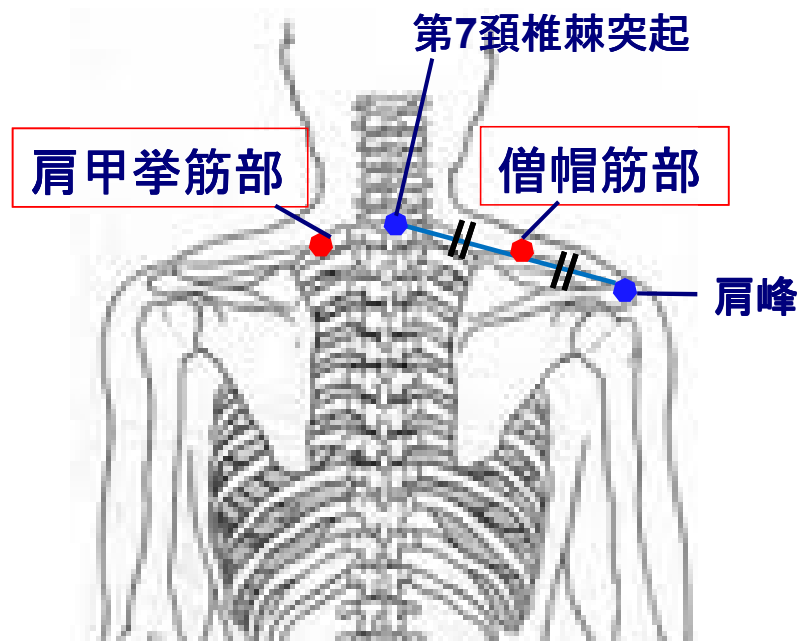


図2. 筋硬度測定部位



図3. 筋硬度計

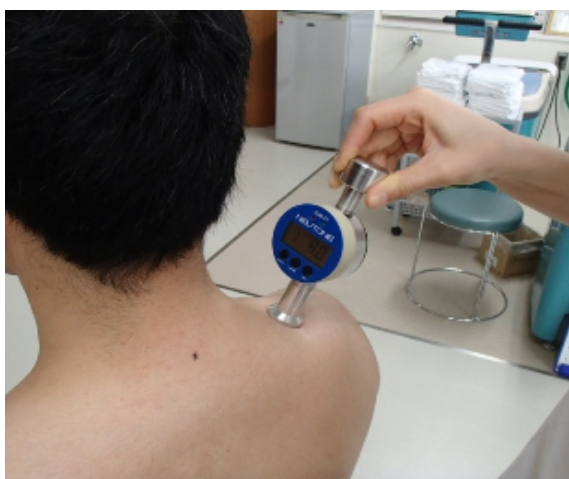


図4. 測定肢位 座位



図5. 測定肢位 臥位

2.1.3 解析

測定結果は利き手側および非利き手側で検討した。結果をもとに、腱板訓練前後の筋硬度を統計学的に比較・検討した。統計学的検討には多重比較検定 (Steel-Dwass 法) を用い、危険率 5%未満を有意差ありとした。

2.2 空気抵抗腱板訓練が鎖骨の可動性に及ぼす影響についての研究

2.2.1 調査対象

対象は 2.1 の研究と同じ対象者とした。

2.2.2 調査方法

方法は、腱板訓練、測定時期に関しては 2.1 の研究と同様に行った。鎖骨可動性の測定は STS 株式会社製デジタル傾斜計 DL-155V（以下、デジタル傾斜計）（図 4）による測定、ゴニオメーターによる測定に加え、デジタルカメラ撮影による静止画測定を行った。被検者の測定肢位は両上肢を下垂させた端座位とした。角度測定は鎖骨内側端を通る水平線を基本軸、鎖骨内側端と外側端を結ぶ線を移動軸として、前額面より角度測定を行った。カメラ撮影時のカメラ設定は、カメラと被検者は平行で、胸骨柄を中心に両肩が画面に入るよう設置した。撮影した静止画像はパーソナルコンピュータに取り込み、画像解析ソフト Image J を使用し、角度を測定した。運動課題は肩甲帯の最大自動挙上位保持と肩甲帯の最大自動下制位保持の 2 課題とし、胸鎖関節における鎖骨の挙上角度、下制角度およびトータルアークを算出した。測定時、あらかじめマーカを鎖骨の内側端と外側端に貼り測定を行った。マーカは課題ごとに貼り直した。運動は代償運動を避ける為に両側同時に行わせ、測定は課題ごとに 3 回ずつ行い、測定した値の平均値を鎖骨傾斜角とした。一被験者に対する検者の測定順序は無作為に行った。また同時に、デジタル傾斜計と、ゴニオメーター、静止画測定の間における検者内信頼性を調査した。



図 6. デジタル傾斜計

2.1.3 解析

鎖骨傾斜角の変化の解析に先立ち、デジタル傾斜計の信頼性について検討した。検者内信頼性は、デジタル傾斜計、ゴニオメーター、静止画測定で行った測定各 3 回の再現性を求めた。統計処理には SPSS12.0 を使用し、信頼性の検討には級内相関係数（Intraclass correlation coefficient,

以下 ICC) を用いた。鎖骨傾斜角の測定結果は、2.1 の研究と同様に、利き手側および非利き手側で検討した。結果をもとに、腱板訓練前後の鎖骨傾斜角を統計学的に比較・検討した。統計学的検討には多重比較検定 (Steel-Dwass 法) を用い、危険率 5%未満を有意差ありとした。

3. 結果

3.1 空気抵抗腱板訓練がアウターマッスルの筋硬度に及ぼす影響についての研究

訓練前・1週間後・2週間後の僧帽筋部と肩甲挙筋部のそれぞれについて、筋硬度変化を調査した。座位における、僧帽筋部利き手側の平均値が、訓練開始前が 27.9, 1週間後が 29, 2週間後が 27.1 であり、非利き手側の平均値が、訓練開始前が 28.3, 1週間後が 25.3, 2週間後が 25.6 であった (図 5)。座位における、肩甲挙筋部利き手側の平均値が、訓練開始前が 27.2, 1週間後が 28.2, 2週間後が 26.5 であり、非利き手側の平均値が、訓練開始前が 29.5, 1週間後が、28.3, 2週間後が 26.6 であった (図 6)。臥位における、僧帽筋部利き手側の平均値が、訓練開始前が 19.9, 1週間後が 23.2, 2週間後が 22.1 であり、非利き手側の平均値が、訓練開始前が 18.3, 1週間後が 21.4, 2週間後が 21.2 であった (図 7)。臥位における、肩甲挙筋部利き手側の平均値が、訓練開始前が 24.9, 1週間後が 22, 2週間後が 18.9 であり、非利き手側の平均値が、訓練開始前が 24.2, 1週間後が 23.1, 2週間後が 24.3 であった (図 8)。以上の結果をまとめると、まず臥位よりも座位の方が、全体的に高い値を示す傾向にあった。筋硬度の減少を示したのは、利き手側で座位の僧帽筋・肩甲挙筋部、臥位の肩甲挙筋部、非利き手側で、座位の僧帽筋・肩甲挙筋部であった。筋硬度の増加を示したのは、利き手側で臥位の僧帽筋、非利き手側で臥位の僧帽筋・肩甲挙筋部であった。しかし、いずれの結果においても、訓練前・1週間後・2週間後、それぞれの間には有意差は認められなかった。

また訓練開始前の GJL 陽性数は、男性においては 0 項目 2 名, 2 項目 2 名, 女性において 2 項目 3 名, 4 項目 2 名であった。sulcus sign 陽性は利き手側男性においては、訓練開始前 3 名, 1週間後 3 名, 2週間後 2 名。非利き手側男性においては、訓練開始前 3 名, 1週間後 3 名, 2週間後 3 名。利き手側女性においては、訓練開始前 4 名, 1週間後 4 名, 2週間後 3 名。非利き手側女性においては、訓練開始前 4 名, 1週間後 4 名, 2週間後 4 名であった。

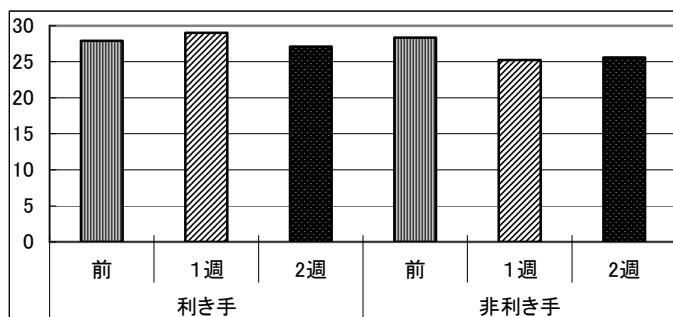


図 7. 座位における僧帽筋部の筋硬度変化

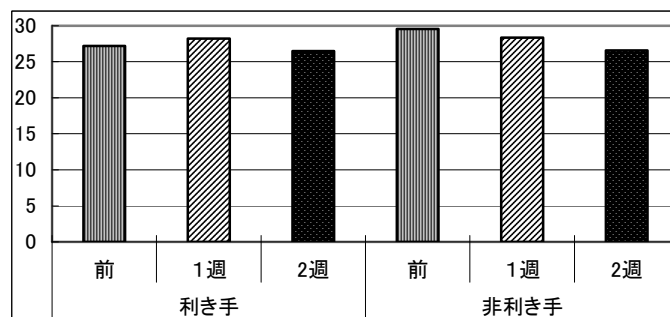


図 8. 座位における肩甲挙筋部の筋硬度変化

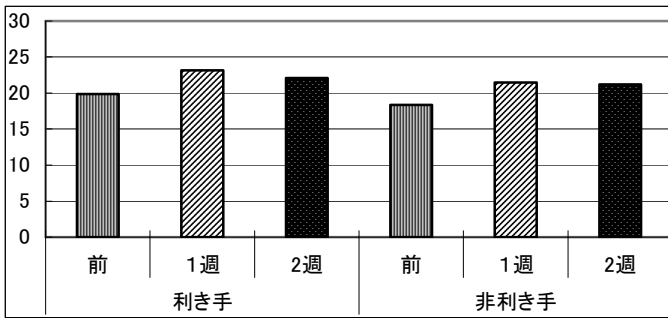


図9. 臥位における僧帽筋部の筋硬度変化

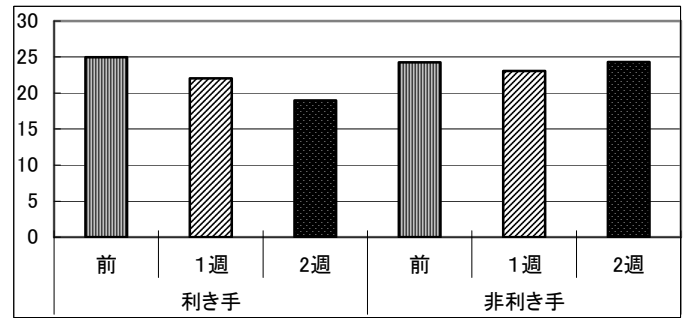


図10. 臥位における肩甲挙筋部の筋硬度変化

3.2 空気抵抗腱板訓練が鎖骨の可動性に及ぼす影響についての研究

鎖骨傾斜角の検者内信頼性は、デジタル傾斜計による挙上 ICC0.79, 下制 ICC0.99, ゴニオメーターによる挙上 ICC0.96, 下制 ICC0.99, 静止画測定による挙上 ICC0.97, 下制 ICC0.99 であり、いずれにおいても再現性が得られた。よって、デジタル傾斜計による測定は信頼性があると判断し、測定結果は、デジタル傾斜計による測定の値を用いた。

デジタル傾斜計による測定結果は、挙上角度は利き手側における平均値が、訓練開始前が 37.2° , 1週間後が 38.4° , 2週間後が 39.9° であり、非利き手側における平均値が、訓練開始前が 39.4° , 1週間後が 40.8° , 2週間後が 41.4° であった (図9)。下制角度は、利き手側における平均値が、訓練開始前が 4.8° , 1週間後が 3.5° , 2週間後が 3.9° であり、非利き手側における平均値が、訓練開始前が 2.8° , 1週間後が 3.6° , 2週間後が 3.8° であった (図10)。トータルアークは、利き手側における平均値が、訓練開始前が 42.4° , 1週間後が 42.2° , 2週間後が 43.8° であり、非利き手側における平均値が、訓練開始前が 42.6° , 1週間後が 44.4° , 2週間後が 45.2° であった (図11)。結果をまとめると、鎖骨挙上角度、鎖骨下制角度、鎖骨挙上・下制のトータルアークともに増大する傾向にあった。しかし、いずれにおいても、訓練前・1週間後・2週間後に有意差は認めなかった。

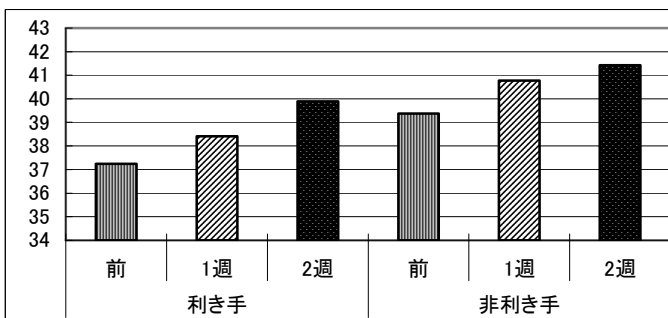


図11. 鎖骨挙上角度の変化

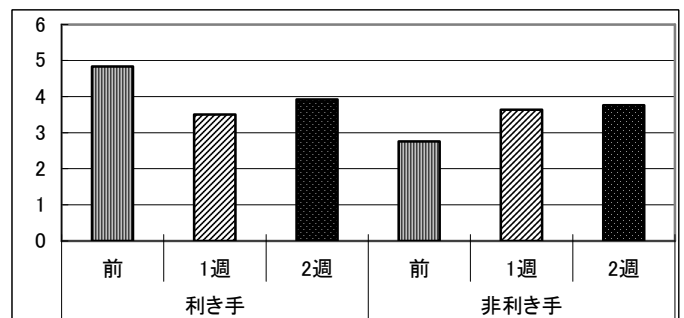


図12. 鎖骨下制角度の変化

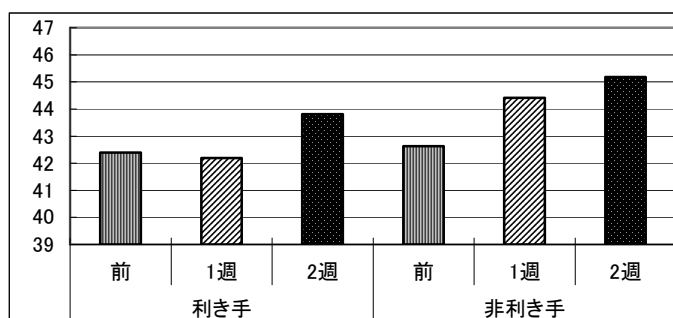


図 13. 鎖骨トータルアークの変化

4. 考察

4.1 空気抵抗腱板訓練がアウターマッスルの筋硬度に及ぼす影響についての研究

僧帽筋部，肩甲挙筋部ともに，腱板訓練を行った利き手側は筋硬度が減少していく傾向ではあったが，いずれの結果においても，訓練前・1週間後・2週間後，それぞれの間に有意差は認められなかった．今回の研究では，対象は健常者であり，被検者には日常生活においても一切の制限をもうけず，自由に過ごしてもらった．健常者であっても，インナーマッスルの訓練を行うことで，アウターマッスルの筋硬度は低下するという仮説を立てて研究をおこなった．しかし，健常者においては，腱板訓練を行いインナーマッスルの筋力強化を行っても，訓練前後の筋硬度に有意差は認められず，筋硬度に大きな変化は得られなかった．前述したように，インナーマッスルの筋力，筋機能が低下すると，アウターマッスルとの間にインバランスが生じるが，それが肩関節下方不安定性と関係するともいわれている¹¹⁴⁾．また，肩関節下方不安定性とGJLには相関が認められるという報告¹⁵⁾¹⁶⁾もある．今回，GJL陽性で，また肩関節下方不安定性を一つの指標であるsulcus sign陽性の被検者が多かったにも関わらず，2週間の腱板訓練でsulcus signに大きな変化はなく，またアウターマッスルの筋硬度にも大きな変化は生じなかった．ということは，GJLや肩関節下方不安定性があったとしても，肩関節に既往・愁訴のない健常者であれば，AIR FLIPPERを使用した腱板訓練を行ったとしても，インナーマッスルに対する影響は小さくなく，その結果アウターマッスルへの影響も小さくなったのではないかと考えられる．つまり，健常者では腱板訓練をおこなってもアウターマッスルの筋硬度変化は起こらないと考えられた．次に測定肢位による結果の違いについて考察する．今回の結果を検証すると，筋硬度の値は全体的に座位が高く，臥位は低かった．また座位は減少していき，臥位は増加していく傾向がみられた．人は多くの時間を立位か座位の抗重力位で生活しており，肩の症状を自覚するのも立位か座位のときがほとんどである．また腱板訓練を実施する肢位も立位という抗重力肢位であることから，普段自覚する肩の症状に腱板訓練が及ぼす影響を筋硬度で評価するのであれば，座位の方が適しているのかもしれない．今後は，健常者における，さらなる調査を行うとともに，この結果をもとにして自覚的肩こりを訴える患者や，肩こりを伴う疾患群を対象とした研究を引き続き行い，空気抵抗腱板訓練による筋硬度変化の調査を継続して行っていきたい．

4.2 空気抵抗腱板訓練が鎖骨の可動性に及ぼす影響についての研究

デジタル傾斜計はこれまで，肩甲骨位置の評価に用いられており¹⁷⁻¹⁹⁾，簡便で，優れた信頼性を

示し、肩甲骨位置の評価においては、臨床でも用いることが可能であると報告されている。一方 ICC は桑原らの報告によると、完全な一致が 1 となり、0.7 以上であれば信頼性が高いとされている²⁰⁾ 21)。今回我々が行った、デジタル傾斜計による鎖骨の可動性の調査においても、ゴニオメーターや静止画測定と変わらない高い信頼性を得ることができた。今回デジタル傾斜計の信頼性が高いという結果が得られた要因としては、基本軸の設定が容易なことではないかと考えられる。一般的なゴニオメーターでの角度測定では、測定方法で述べたように、基本軸である鎖骨内側端を通る水平線を、検者の手と目で厳密に定める必要がある。しかしデジタル傾斜計は、いったん水平な床に置き「ゼロ設定」を行えば、容易に基本軸を取ることができる。よって、デジタル傾斜計での鎖骨傾斜角の測定は、簡便で臨床的であり、検者側が理学療法士や作業療法士でなくても、比較的正確な測定が行えるのではないかと考えられた。

鎖骨傾斜角については、鎖骨挙上角度、鎖骨下制角度、トータルアークともに、増大する傾向にあったが、いずれにおいても、訓練前・1 週間後・2 週間後に有意差は認めなかった。今回の研究では、対象者数が少なく、健常者であった。我々は健常者においても、インナーマッスルの訓練を行うことで、アウターマッスルの筋硬度は低下し、その結果鎖骨の可動性が向上し、鎖骨傾斜角は増大するという仮説を立てて、研究をおこなったが、鎖骨傾斜角に大きな変化は得られないということが確認できた。しかし、有意差は認められなかったが、全体的に増加する傾向がみられたため、今後は対象者数を増やし、さらに自覚的肩こり群や、肩こりを伴う疾患群を対象とした研究を行い、鎖骨傾斜角についても、新たな研究結果がでることを期待したい。

5. まとめ

今回、インナーマッスルを効果的に強化できる空気抵抗腱板訓練器を用いての腱板訓練が、1) アウターマッスルの筋硬度に及ぼす影響と、2) 鎖骨の可動性に及ぼす影響、の 2 種類について検討した。空気抵抗腱板訓練によって、アウターマッスルの筋硬度は減少し、鎖骨の可動性は向上する傾向にあったが、どちらも有意差を認めるほどの変化ではなかった。その要因として、今回は対象数が少なかったこと、また肩に愁訴・既往のない健常者であったことによる影響が大きいと思われる。現在、今回の研究を、「肩に自覚症状がなく、頸部項部痛を有する患者」を対象にして、継続して調査を行っている。我々は、上記の対象者であれば、今回の研究での仮説が実証されるのではないかと考えている。今後も継続して測定を行っていき、空気抵抗腱板訓練が肩関節周囲に及ぼすであろう好影響について、引き続き研究を行っていきたい。

参考文献

- 1) 筒井廣明ほか：肩関節不安定症に対する腱板機能訓練，肩関節，16：140-145，1992
- 2) Komiya H et al：A new functional measurement of muscle stiffness in humans. *Adv Exerc Sports Physiol* 2：31-38，1996
- 3) Maruyama M et al：Changes in hardness of human elbow flexor muscles after exercise. *Eur J Appl Physiol* 82：361-367，2000
- 4) 内田誠也ほか：肩の筋硬度計測による肩こりの評価に関する検討，心身医，51：1120-1132，2011
- 5) 戸松泰介ほか：鎖骨の運動機能とその障害，整形外科，21(10)：787-794，1970
- 6) 本多宏明ほか：CT を用いた肩関節前方挙上時の肩関節の 3 次元動態解析，肩関節，32(3)：525-528，2008

- 7) 建道寿教ほか: Open MRI を用いたダイナミック撮影と今後の展望, MB Orthop, 18(8) : 39-49, 2005
- 8) 三浦雄一郎ほか: 肩関節屈曲と外転における鎖骨・肩甲骨の運動, 総合リハ, 36(9) : 877-884, 2008
- 9) 長田愛ほか: 胸鎖関節における鎖骨の可動性—測定方法の試み—, 理学療法福岡, 25 : 56-58, 2012
- 10) 道喜明弘ほか: 空気抵抗による腱板機能訓練機の試作, 九州・山口スポーツ医・科学研究会, 13 : 66-70, 2001
- 11) 道喜明弘ほか: 空気抵抗による腱板機能訓練機の試作(第2報), 九州・山口スポーツ医・科学研究会, 14 : 56-61, 2002
- 12) 古後晴基ほか: 筋硬度の定量化ならびに筋硬結における筋疼痛と筋硬度の関連性, 理学療法科学, 25(1) : 41-44, 2010
- 13) Carter et al : Persistent joint laxity and congenital dislocation of the hip. J. Bone Joint Surg 46-B : 40-45, 1964
- 14) 下方不安定性を有する肩の腱板および肩甲胸郭関節機能, 日関外誌, 16(4) : 309-314, 1997
- 15) 安楽岩嗣ほか: loose shoulder と general joint laxity について, 肩関節, 8 : 133-135, 1984
- 16) 鶴田敬郎ほか: 肩関節不安定症と General Joint Laxity, 12 : 64-68, 1988
- 17) Johnson MP et al : New method to assess scapular upward rotation in subjects with shoulder pathology. J Orthop Sports Phys Ther 31 : 81-89, 2001
- 18) Lewis JS et al : Intraobserver reliability of angular and linear measurements of scapular position in subjects with and without symptoms. Arch Phys Med Rehabil 89 : 1795-1802, 2008
- 19) 上田泰之ほか: 若年健常者を対象とした肩甲骨位置測定方法, 基準値の検討—デジタル傾斜計, テープメジャーによる測定, PT ジャーナル 44(12) : 1119-1123, 2010
- 20) 桑原洋一ほか: 検者内および検者間の Reliability (再現性, 信頼性) の検討, 呼と循, 41(10) : 945-952, 1993
- 21) 今井樹ほか: 理学療法研究における“評価の信頼性”の検査法, 理学療法科学, 19(3) : 261-265, 2004