

博士<リハビリテーション学>論文

頰椎間歇牽引の非侵襲的評価法に関する研究

2014年3月

國安 勝司

川崎医療福祉大学大学院

目次

序章	牽引療法の概要	1
	1. 理学療法における物理療法の位置づけ	1
	2. 物理療法の歴史	2
	3. 牽引療法の実際	6
	4. 牽引療法の問題と本研究の概要	11
	5. 文献	14
1章	頚椎間歇牽引が皮膚血流, 皮膚温度に及ぼす影響	17
	1. はじめに	17
	2. 方法と対象	18
	3. 結果	20
	4. 考察	21
	5. まとめ	24
	6. 文献	24
2章	頚椎間歇牽引が頚部組織血流量と表面筋電図に及ぼす影響	26
	1. はじめに	26
	2. 方法と対象	27
	3. 結果	29
	4. 考察	31
	5. まとめ	34
	6. 文献	34
3章	頚椎間歇牽引が頚部筋の筋硬度に与える影響 —筋硬度計および超音波診断装置を用いた評価—	36
	1. はじめに	36
	2. 方法と対象	37
	3. 結果	41
	4. 考察	42
	5. まとめ	46
	6. 文献	46

4章	頰椎間歇牽引の牽引力の違いによる頰部筋筋厚の変化 —超音波診断装置を用いた測定—	49
1.	はじめに	49
2.	方法と対象	49
3.	結果	52
4.	考察	54
5.	まとめ	55
6.	文献	56
終章	まとめ	57

序章 牽引療法の概要

1. 理学療法における物理療法の位置づけ

我が国の理学療法は、理学療法士および作業療法士法により以下のように定義されている。「理学療法とは、身体に障害のある者に対し、主としてその基本的動作能力の回復を図るため、治療体操その他の運動を行わせ、及び電気刺激、マッサージ、温熱その他の物理的手段を加えることをいう」である。さらに理学療法の分類について服部¹⁾は2つの領域に分けている。1. 一般的理学療法（受動的理学療法）：光線、水、電気、温熱、徒手刺激などの物理的因子を利用するもの。2. 運動療法（積極的理学療法）：他動的、自動的に体を動かして治療するもの。このように理学療法の中で、物理療法は重要な治療法のひとつとしてとらえられている。また、物理療法の本質は直接生体に物理的刺激を加えることで生体組織の形態的、機能的な変化を整えることができ、疾病治療に寄与するもので、法律の定義にもあるように物理療法と運動療法は車の両輪のようなものである。しかしながら、現在の我が国のリハビリテーション医療においては、疾病構造の変化により、運動療法が中核をなし、物理療法は補助的、脇役的存在になっている。日本理学療法士協会が昭和57年に行った実態調査²⁾において、1週間の平均的理学療法業務では運動療法が64.3%と中心をなしているのに対し、物理療法はわずか15.2%であった。さらに1週間に一度も行わなかった比率はホットパック以外は実に60%以上という結果であった。しかし、医療の現場での普及率からいえば、物理療法は一般的な治療手段である。1994年に日本リハビリテーション医学会物理療法機器小委員会が行った調査³⁾では、全国の1380の整形外科、リハ医療施設において牽引療法、低周波療法およびホットパックは90%以上の施設で設置されている。また、同委員会が行った日本

リハビリテーション医学会専門医を対象とした物理療法に関するアンケート調査⁴⁾では、89.8%が物理療法を処方すると答え、そのうち30%は大いに処方すると答えている。処方頻度の高い機器はホットパック、電気（低周波）治療器、牽引治療器、パラフィン浴治療器、極超短波治療器の順である。また、岩谷ら⁵⁾の整形外科、リハ医療施設を対象とした物理療法に関する調査では、開業医においては1日当たりきわめて多くの患者に物理療法が実施されているが、その実施者は理学療法士ではなく、多くはマッサージ師などの他職種が主体であることが明らかになっている。このことは、理学療法自体が業務独占でないことを差し引いても、物理療法が医療現場で必要性が高い反面、実際には軽視されていることを表していると考えられる。

2. 物理療法の歴史

2-1 温熱療法（文献⁶⁾より引用）

人工熱を治療に応用した最古の記録は、中国の黄帝内経にみられ、灸療法として使用されていた。BC3000年ころ書かれたエジプト人の記録に焼灼法を治療に使用したと記されている。ギリシャのヒポクラテス（BC460～355）は、焼灼法をてんかん、肺結核、膿胸などに対して用いた。古代人は自然の熱資源として、太陽で焼けた砂を関節水腫や肥満病に用いたり、罨法として野菜や果物を熱して諸種の疾病治療に使用した。このように温熱療法の歴史が非常に古いものであったのは確かだが、科学的に研究されるに至ったのは18～19世紀になってからであった。技術の進歩に伴い、灼熱法は19世紀後半、Voltaが電池について記述して以来、電気灼熱として子宮癌の破壊に使用され、さらに高周波灼熱法として電気メスが使用されるに至り、灼熱法は理学療法として用いられなくなった。その後、20世紀になって、現在の方法に近い、熱水の袋や熱した pad

で電法が行われるようになった。パラフィンは1914年にフランスの Bouet-Henay によって使われ、それ以後 wax bath として英国に広まっていった。熱を治療として疼痛の緩解の目的で使用するものは、電気エネルギーを熱に変え、これを生体に適応するものが広がっていった。

2-2 水治療法（文献⁶⁾⁷⁾より引用）

水が冷水また温水として治療として使用された記録は温熱と同じく、中国、エジプト、アラビアなどに古くからみられる。ヒポクラテスは筋疾患や関節疾患の治療として用いた。古代ローマ時代は数多くの温泉療養地が設立され、リウマチ、外傷の治療に使われた。しかし、ローマの衰亡とともに中世には水治療法はほとんど使用されなくなった。17～18世紀に至り、英国の医師 Sir Jone Floyer, Jone Wesley の研究によって熱性病に対し冷水浴が盛んに使用されるようになった。ドイツ、フランスでも水に関する科学的な研究を行った医師は冷水療法を用いた。19世紀、ルクセンブルグの Chartet は温水が発作性頭痛、眼精疲労、発作性喘息などに効果を示したと発表した。また、あらゆる種類の疼痛は温水により軽減するとし、リウマチや坐骨神経痛に有効であると記述して以来、冷水療法の代わりに温水療法がその価値を取り戻した。さらに単に温水のみではなく、運動が組み合わさることで効果が高まることが分かり、1918年に Von Leyden, Goldscheider は温水中での運動練習を推奨した。渦流浴はこの時代に考案され、米国に広まった。1924年、水中機能訓練がロスアンジェルス⁸⁾の病院で行われるようになり、1929年、術者が患者の治療を水中外でできるように特殊な形をしたハーバードタンクが考案され、現在に至っている。

また、我が国の水治療法の歴史は温泉療法の歴史とも言える。奈良時代には仏教の影響もあり、僧医が温泉の開拓につとめ、温泉寺を建て、貧しい患者の

療養や宿泊所にしたといわれている。徳川時代には温泉療法が科学的な見地から検討されはじめている。明治以降さらなる研究が進められ、昭和になっていくつかの大学に温泉医学研究所が設立された。また各地に温泉病院の名がつく病院が多数存在し、積極的に温泉を使った治療が行われていた。ただし、現在では、温泉成分の特異的作用を期待するというより、温水が持つ非特異的作用の効果を期待して、運動療法との併用により利用されている。

2-3 光線療法（文献^{6) 8)}より引用）

太陽光線を肥満や創傷の治療に用いることを提唱したのはヒポクラテスであった。中世には光線療法として特にみるべきものはなかったが、ルネッサンスに入って、日光療法が活発になった。太陽光線をそのままの形で治療に使用する方法は19世紀から20世紀当初まで続き、外傷、結核、結核性関節炎などに利用された。1839年、Herschelにより赤外線が発見され、乾燥熱としての作用を、温熱療法の目的で用いられた。1875年、Kelloggは白熱電燈を赤外線の温熱療法の目的で使用した。この方法は1890年代にドイツ、イギリスなどに広まり、痛風の疼痛緩和に効果が認められた。紫外線は1892年、物理学者Aronsが真空中にある水銀蒸気の中を通電すると紫外線に富んだ光を発することを発見して以来、つぎつぎに人工的に作られた。1925～26年にかけてHume, Windausらによって、紫外線がビタミンD生成に有用な化学線としての効果が認められ、現在に至っている。レーザーは1960年にアメリカのMaimanによって開発され、その直後から医学の分野で精力的に研究が進められた。非熱的なレーザー治療は1968年にMesterによる難治性潰瘍の治療に始まり、我が国においては、1978年に大西らがHe-NeとNd-Yagレーザーを用い、また1984年に大城らが半導体レーザーを用いてそれぞれ疼痛治療について報告している。

現在使用されているレーザー治療器は半導体レーザーと He-Ne レーザーで、主に疼痛緩和、血流増加などの目的で使用されている。

2-4 電気療法（文献⁶⁾より引用）

古代ギリシャにおいて、痛風にシビレエイの発電力を用いた記録がある。中世においては、電磁気がすべての疾患に効力を持っていると信じられた。1600年、英国の医師 William Gilbert は電気を治療に利用できることを示唆した。1745年、ドイツの Kranzenstein によってはじめて電気治療の著書が発刊された。19世紀の半ばまで神経筋の治療は平流電気と感電電気で行われ、19世紀後半において、Raymond, Duchenn, Erb らによってその応用範囲は拡大し、発展していった。1960年代には Melzack と Wall らによるゲートコントロール理論の発表があり、それ以降、鎮痛を目的に経皮的電気刺激（transcutaneous electrical nerve stimulation : TENS）として使用されることが増えている。一方、高周波の電気療法においては、1892年に Tesla によって高周波が発見された後、ジアテルミー(diathermy)療法の価値が述べられた。1926年、Schliephake が患者治療において超短波療法の効果を確認し、さらに彼は物理学者と協力し、超短波発生装置を完成し大きな影響を与えた。極超短波は Arthur Tisdale によるマグネトロンの完成により、第2次世界大戦後になって深部温熱療法の目的で医学の中で応用されるようになった。超音波療法は1917年、Langevin が超音波を用いた研究を報告して以来、各国で生物学的効果が追求され、1927年、Wood らにより広範なデータが発表され医学的応用が広められた。また、1949年にはドイツで開かれた世界超音波学会で、その治療効果が認められた。

2-5 牽引療法（文献⁹⁾より引用）

武富がまとめた牽引装置の歴史についての記述⁹⁾より牽引装置は記録が残さ

れている時代より古くから用いられていると考えられている。ヒポクラテスが編集した骨折や脱臼の整復に関する書に牽引装置を意味する語がある。西暦 900 年頃、「医学史の序論」に Niketas はヒポクラテスの脱臼に関する論文の中から、牽引装置の図を取り入れている。1544 年、Guidi は Niketas の書をフランス語に翻訳し、牽引装置の図をさらに美しく再現している。

1895 年、Sayer は head halter（吊り帯）を考案し、頸椎牽引に広く応用されることになる。1949 年、Cyriax はスコットランド製の牽引台で椎間板障害を治療していた。1952 年、Neuwirth と Campbell は頸椎牽引用の傾斜台を考案した。1952 年、Judovich はモーターを組み込んだ電動型間歇牽引を発表した。1955 年、Scott はキャンパスハンモックにハーネスを装着する脊椎牽引用フレームを考案した。1957 年、Turner は上半身と下半身に分割した牽引台を作った。第 2 次世界大戦後、的確に牽引力を働かせ、適切な牽引を施行するため様々な工夫がなされてきた。我が国では、電動脊椎間歇牽引装置が 1966 年に国産化され、1978 年にはマイクロコンピュータで制御された装置も開発され、牽引力、休止、持続時間の設定が容易になっている。

3. 牽引療法の実際

今回の論文題目である頸椎間歇牽引を中心に述べる。

3-1 牽引療法の種類

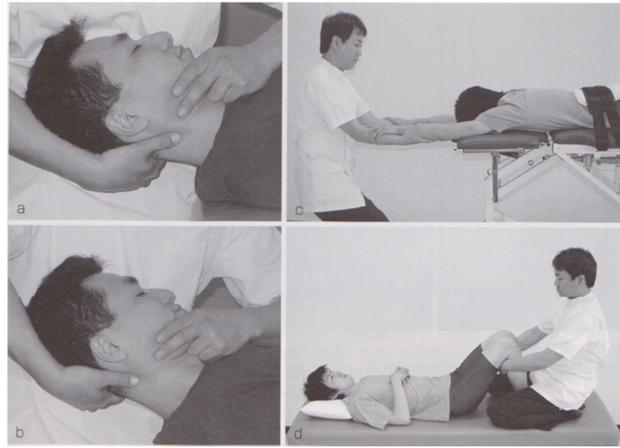
牽引療法には①体位牽引、②徒手牽引、③機械牽引、④自己牽引の 4 つがある¹⁰⁾。わが国では機械牽引、徒手牽引が主である。今回の論文題目である頸椎間歇牽引は機械牽引の中に含まれる。体位牽引は腰痛の治療に使用されることが多くなっており、低強度の長軸方向の力を脊椎の一侧に持続的にかけるため、同じ体位を保持する必要がある。牽引力が弱いため、関節の離開は考えられな

いが、軟部組織の伸張が期待できる。徒手牽引では関節を離開させる方向に理学療法士が力を加える。多数の徒手牽引技法があり、頸椎や腰椎のみでなく、末梢の関節にも利用できる。しかし、物理療法ではなく、徒手療法に分類されるものである。機械牽引は牽引療法の中で最も使用されるものである。機械牽引には持続牽引と間歇牽引があり、前者では治療時間内は同じ力が与えられ、後者では治療中に数秒から数十秒ごとに牽引強度が変わる。持続牽引の多くは急性期におけるベッド上安静を目的として、病棟で行われることが多い。頸椎牽引では1~3kg、腰椎牽引では8~10kg程度で数時間以上行われる。一方、間歇牽引は、亜急性期から慢性期における頸部のさまざまな症状に対して、理学療法室にて行われる。持続牽引と間歇牽引の効果を比べた報告では、頸部の屈曲と回旋の可動域の増加には間歇牽引の方が効果が高いとしている報告¹¹⁾があるが、椎体間の離開に差がないとするもの¹²⁾や、脊柱起立筋の活動に差がないとするもの¹³⁾があり、その効果の違いは明確ではない。自己牽引は重力や患者の体重を利用して、脊柱に牽引力を働かせるものである。牽引力が弱いことと、肢位を保持するために上肢の筋力も必要となることから、適応が限られる。また腰椎には用いられるが、頸椎には用いられない。以下に各種牽引方法の図1(a~d)を示した。

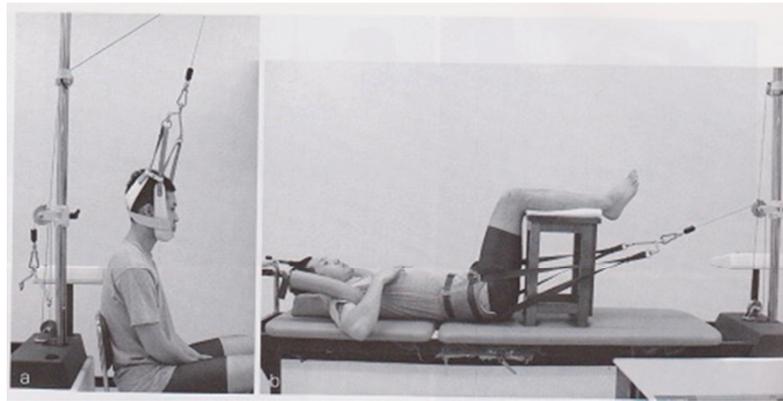


a. 体位牽引





b. 徒手牽引



c. 機械牽引



d. 自己牽引

図1. 各種牽引方法(a~d)

3-2 牽引療法の一般的効果

脊椎牽引の一般的効果としては①椎間関節周囲軟部組織の伸張，②椎間板，椎間関節の軽度の変形，変位の矯正，③椎間関節の離開，④椎間孔の拡大化，⑤椎間板内圧の陰圧化と椎体前後靭帯の伸張による膨隆髄核の復位化，⑥攣縮筋の弛緩，⑦マッサージ的效果による循環改善・促進，⑧患部の安静，固定があげられる¹⁴⁾。牽引により脊柱は伸張され，椎体と椎間関節面の距離が増加する。この効果は筋，腱，靭帯などの軟部組織の伸張によると考えられる。脊柱の軟部組織の伸張は，脊椎の関節離開や椎間板脱出を回復させ，脊椎の可動性拡大，椎間関節面，椎間板，神経根などの減圧が可能である。椎間関節の離開は，椎間関節面の圧迫を減少し，椎間孔を広げ神経根の圧を減少する。これにより関節損傷，炎症および神経根圧迫から生じる疼痛を軽減させる。膨隆髄核の復位化の機序は，牽引による椎間板内圧の低下による吸引力が椎間板の脱出部を中心に引き戻すこと，椎間板後面の後縦靭帯が緊張し前方へ押し戻されるためと考えられている。また，牽引により疼痛に敏感な構造体への圧の減少，間歇牽引による圧変動が機械受容器を刺激し，疼痛伝達のゲートコントロールにより痛みが減少するため，疼痛－攣縮－疼痛の悪循環を起こしている攣縮筋の弛緩を促進し，循環の改善にもつながっている。

3-3 頸椎間歇牽引の適応

頸椎間歇牽引の適応疾患は①頸椎症性神経根症，②頸椎椎間板変性症，③頸椎椎間板ヘルニア，④頸肩腕症候群，⑤頸椎捻挫の急性期以降，⑥椎間関節症などがあり，症状として①頸部，肩，上腕，肩甲間部，傍脊柱部の筋痛やこわばり，②頭重感，③肩こり，④眼精疲労などがあげられる¹⁴⁾。

3-4 頰椎間歇牽引の禁忌

頰椎間歇牽引の禁忌として①悪性腫瘍，脊椎カリエス，化膿性脊椎炎，強直性脊椎炎，骨軟化症，②外傷に由来する症状のうちの急性期，③脊椎分離症・すべり症，④胸郭出口に原因のある頰肩腕痛，⑤高齢で高度な骨粗鬆症，⑥重症な関節リウマチなどがあげられる¹⁴⁾。

3-5 実施方法

3-5-1 牽引力

牽引力については最低 10kg が必要とするもの¹⁵⁾や，体重の 10 分の 1 から開始するのが良いとするもの¹⁾がある。一般的には 7~20kg 程度の範囲で患者の反応に応じて徐々に増量するという方法がとられていることが多い。

3-5-2 牽引角度

牽引角度は，軽度前屈位で行なうのが一般的であるが，上位頰椎に対しては 0~15 度，中位頰椎に対しては 15~30 度，下位頰椎に対しては 30~45 度が適切というように厳密に角度を設定する報告¹⁵⁾もある。屈曲位では椎体関節や椎間孔など後部構造体をより強く牽引し，中間位や伸展位では椎間板腔など前部構造体を強く牽引するため，症状に合わせた設定が必要となる。

3-5-3 牽引時間

効果的な牽引時間についての報告¹⁶⁾では，1 回の牽引時間を 7 秒，30 秒，60 秒とし比較したところ有意差を認めなかったとしている。牽引・休止の割合は 7 秒牽引—5 秒休止が良いとするものや 15 秒牽引—5 秒休止で行なっているもの¹⁷⁾などがある。また治療時間は 15~30 分と幅があるが，初回の治療時間を短くし，症状を見ながら徐々に長くしていくことが多い。

3-5-4 牽引肢位

牽引肢位では椅子座位，背臥位，セミ・ファーラー肢位など施設によりその実施方法は異なっているといえる．最近では牽引装置とシートが一体化し，シートを傾斜させ，よりリラックスできる肢位で牽引できるものが市販されている．

以上のように実施方法に関しては，一定の見解を得ていない．表 1 に頸椎間歇牽引に推奨される設定が記述されたものを比較して示したが，牽引力，牽引時間（牽引期，休止期），治療時間に明らかな違いを認める．

表 1 頸椎間歇牽引に推奨される各種設定			
Oestmann ⁷⁾ による設定	牽引力	牽引期/休止期（秒）	治療時間(分)
椎間板ヘルニア	13kgまで	60/20	5～10
椎間関節の変性	13kgまで	20/10	10～15
椎間関節の機能障害	13kgまで	20/10	10～20
筋スパズム	13kg～20kgまで	60/20	5～15
Michell ¹⁸⁾ による設定			
関節離解	9～13kg	15/15	20～30
筋スパズムの軽減	5～7kg	5/5	20～30
椎間板の問題	5～7kg	60/20	20～30

4. 牽引療法の問題と本研究の概要

物理療法の位置づけの項でも述べたように，医療の現場での普及率からいえば，物理療法は一般的な治療手段である．リハ医療施設において牽引装置は 90%以上の施設で設置されている．さらに処方頻度の高い機器はホットパック，電気（低周波）治療器，牽引治療器，パラフィン浴治療器，極超短波治療器の順であることから，牽引療法は物理療法のなかでも中心的な役割を果たしていると考えられる．しかしながら，その具体的実施方法においては未だ一定の見解を得ていない．また，頸椎間歇牽引の効果に関する研究は古くからなされてお

り、我々が用いる物理療法の教科書に多くが紹介されているが、牽引療法に対するエビデンスを確認するために、システマティック・レビューとメタ・アナリシスを行ない、頸椎の牽引群と無介入群を単純に比較した論文は1編のみであり、改善効果は報告されてないという報告¹⁹⁾がある。

さらに、日本整形外科学会診療ガイドライン委員会の頸椎症性脊髄症診療ガイドライン²⁰⁾では治療の推奨 Grade を Grade C として頸椎持続牽引療法は軽症例に対し短期的には有効な治療法であるとしているものの、頸椎間歇牽引療法についてはエビデンスがなく、その意義については今のところ不明であり、今後検証する必要があるとし Grade I と判断されている。加えて、この分野での研究ではランダム化比較試験による研究の質の低さを指摘しているもの²¹⁾もある。このように牽引療法の評価が分かれる理由を山之内ら²²⁾は、①牽引療法が多種・多様である、②牽引の方法が確立していない、③評価の方法が統一されていない、④牽引療法が単独の治療として行われることが少ない、としている。この中で、筆者が注目したのは、評価方法が統一されておらず、その効果判定は患者の自覚症状に依存しているため、特に不快感や症状の増悪がないかぎり漫然と牽引療法が継続される傾向にあることである。患者の自覚症状は効果判定に重要であることは否定できないが、客観的な評価を行なうことができれば、適応や治療継続の必要性について明確にすることができ、効果のないまま漫然と継続されることが減るのではないかと考える。そこで、我々理学療法士が行える非侵襲的な方法で健常人に対する頸椎間歇牽引の影響を調べ、その結果から効果判定に用いることのできる評価方法を見つけ出すことが本研究の目的である。

本論文の第1章では、頸椎間歇牽引が皮膚血流、皮膚温度に及ぼす影響を検

討した。対象者の体重の6分の1の牽引量で、頸椎間歇牽引を10分間行い、牽引前、牽引中、牽引後のそれぞれの期間の頸部皮膚血流量および皮膚温度、手指血流量および皮膚温度、ならびに皮膚電気反射 galvanic skin response (GSR) を計測した。その結果、牽引により手指血流量および手指皮膚温度の有意な減少を認めた。また牽引による各測定値は個人差が大きかった。この理由は、各個人によって皮膚血流を調節する皮膚交感神経が血管収縮線維に対し亢進的に働くか、あるいは抑制的に働くか異なるためと考察した。従って、今回の測定値を客観的データとして治療効果の判定に用いる場合には、各個人のデータの特徴を把握した上で治療前後の比較や治療中の経時的变化を捉えることが必要であると考えた。

第2章では、異なる牽引量で（僧帽筋と頸部傍脊柱筋の2グループで5kg・10kg・15kgの牽引量各5名ずつ）頸部の筋血流量、皮膚血流量を測定し、さらに牽引前後で筋電図周波数解析を行い、どのような影響が現れ、またどの牽引量が効果的かを検討した。その結果、5kgの牽引にて頸部傍脊柱筋の血流量が牽引後に有意な増加を認めた。さらに、15kgの牽引にて僧帽筋の牽引前後の平均周波数に有意な増加を認めた。今回の結果からは牽引量による明らかな違いや傾向は認められなかった。牽引量としては少ない5kgで頸部傍脊柱筋の筋血流の有意な増加が見られたこと、また、15kgで牽引することで、筋の走行上直接伸張されにくい僧帽筋に平均周波数の増加を認めたことから、頸椎牽引は健康人の頸部の筋には少ない牽引力でも効果があると考えられた。

第3章では、5kgと10kgの牽引量にて頸椎間歇牽引を行い、その前後の頸部筋の筋硬度を評価するために、筋硬度計、および超音波診断装置による筋厚の変化率を計測した。その結果、筋硬度計による筋硬度は5kg、10kgとも牽引前

後で有意差を認めなかった。筋厚の変化率に関しては、僧帽筋では 5 kg, 10 kg とも牽引前後で有意差を認めなかった。頭板状筋では 5 kg で有意な増加を認め、10 kg では有意差を認めなかった。今回の結果より、5 kg の牽引力で頭板状筋に筋厚の変化率の増加を認め、頭部の重さを支える程度の牽引でも、健常人の頸部筋には筋硬度を下げる効果があると考えられた。

第 4 章では、超音波診断装置を用い、頸椎間歇牽引前および牽引中の頸部筋の状態を直接比較することができるよう、超音波診断装置のプロープの固定および測定肢位に工夫を加え、3 種の牽引力 (5kg, 8kg, 11kg) で僧帽筋、頭板状筋の筋厚の変化を測定し比較した。その結果、僧帽筋は kg, 8kg では筋厚の変化はなかった。11kg になると、筋厚に変化が見られ、筋厚比も 5kg, 8kg に対して有意な差を認めた。頭板状筋は、5kg では筋厚に変化を認めなかったが、8kg, 11kg で有意な差を認めた。頭板状筋は、その筋走行から考えると僧帽筋より牽引により直接的に伸張されやすい筋であるため 8kg でも筋厚および筋厚比に有意な差を認めたと考える。今回の結果から、超音波診断装置を用いれば牽引中の頸部筋の状態が直接に画像で確認できることがわかった。局所的な牽引の影響を確認できれば、効果的な牽引力や牽引方向などの設定に役立つと考えられた。

5. 文献

- 1) 服部一郎, 細川忠義, 和才嘉昭: リハビリテーション技術全書 (第 2 版). 学書院, 東京, 1984, pp.243-257.
- 2) 日本理学療法士協会編: 理学療法白書. 1985.
- 3) 吉田正樹: 物理療法機器利用実態調査. 理学診療. 1995 ; 6 : 232-238.

- 4) 日本リハビリテーション医学会物理療法機器委員会：物理療法処方に関するアンケート調査報告ーリハビリテーション専門医の物理療法処方の現状ー. リハ医学. 1998 ; 35 : 138-139.
- 5) 岩谷力：物理療法に関するアンケート調査. リハ医学. 1992 ; 3 : 137.
- 6) 奈良勲編：理学療法概論（第3版）. 医歯薬出版，東京，1991，pp.25-30.
- 7) 福井圀彦：物理療法（第2版）. 医歯薬出版，東京，1981，pp.250-255.
- 8) 日本理学療法機器工業会編：理学療法機器概論. 健友館，東京，1996，pp.160-161，
- 9) 武富由雄：理学療法のルーツ その継承と新たな創造のために. メディカルプレス，東京，1997.
- 10) 松澤正，江口勝彦：物理療法学（改訂第2版）. 金原出版，東京，2012，pp.223-248.
- 11) Zylbergold RS, et al : Cervical spine disorders, a comparison of three types of traction. Spine. 1985 ; 10(10) : 876-871.
- 12) Colachis SC : Effect of intermittent traction on separation of lumbar Vertebrae. Arch Phys Med Rehabil. 1969 ; 50(5) : 251-258.
- 13) Hood CJ : Comparison of electromyographic activity in normal lumbar sacrospinails musculature during continuous and intermittent pelvic traction. J Orthop Sports Phys Ther. 1981 ; 2(3) : 137-141.
- 14) 嶋田智明，田口順子，濱出茂治他：物理療法マニュアル. 医歯薬出版，東京，1996，pp.175-185.
- 15) 伊藤不二夫，木山喬博：頸椎間歇牽引における角度因子. 総合リハ. 1985 ; 13 : 213-218.

- 16) Colachis SC:Cervical traction ,relationship of traction time to varied tractive force with constant angle of pull , . Arch Phys Med Rehabil,. 1969 ; 46(12) : 815-819 .
- 17) 南野光彦, 白井康正, 松沢勲, 今野俊介, 深井靖雄, 松井琴恵, 大野達 : 頸部痛に対する頸椎間欠的介達牽引の検討. 理学診療. 1994 ; 5 : 145-149.
- 18) Michelle H 編, 渡部一郎訳 : EBM 物理療法 (第 3 版). 医歯薬出版, 東京, 2010, pp.299-329.
- 19) 森山英樹, 飯島弘貴, 金村尚彦, 羽田侑里子, 村田健児, 今北英高, 高柳清美, 伊藤俊一, 五味敏昭, 飛松好子 : 運動器障害に対する牽引療法の効果. 運動・物理療法. 2009 ; 20(4) : 69-378.
- 20) 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会/頸椎症性脊髄症ガイドライン策定委員会編 : 頸椎症性脊髄症診療ガイドライン.
<http://minds.jcqh.or.jp/n/med/4/med0034/G0000096/0039>
- 21) Heijden GJMG, Beurskens AJHM : The Efficacy of Traction for Back and Neck Pain: A systematic, Blinded Review of Randomized Clinical Trial Methods. Phys Ther. 1995 ; 75(2) : 93-104.
- 22) 山之内直也, 浅見豊子 : 物理療法のエビデンスと実践 牽引療法. J Clin Rehabil. 2011 ; 20(12) : 1155-1159.

1章 頸椎間歇牽引が皮膚血流，皮膚温度に及ぼす影響

1. はじめに

頸椎間歇牽引は頸部の整形外科的疾患に対する物理療法のひとつとして，臨床的によく用いられる治療法である．その適応は頸部椎間板ヘルニア，椎間板変性症，頸肩腕症候群，頸部脊椎症など頸，肩周囲の痛みやこわばりをもつ疾患である．牽引の効果として椎間関節の離開，椎間孔の拡大，軟部組織の伸張，マッサージ効果などがあげられる．

臨床場面では頸椎間歇牽引の適応のある患者が多いが，その効果判定については，患者の自覚症状に依存している．特に不快感や症状の増悪がないかぎり，漫然と継続される傾向にある．患者の自覚症状は効果判定に重要であることは否定できないが，客観的な評価を行なうことができれば，適応や治療継続の必要性について明確にすることができ，効果のないまま漫然と継続されることが減るのではないかと考える．頸椎間歇牽引の効果を客観的にとらえるための研究では，頸部筋の筋電図ならびに頸部組織の血流量測定¹⁾やサーモグラフィを使用したもの²⁾，X線学的に検証したのもの³⁾などがある．いずれも血流の増加，温度の上昇，椎間孔の拡大などの良好な結果を報告している．しかしながらこれらの方法はサーモグラフィによるもの以外，侵襲的な方法を用いており，筆者のような理学療法士では行なえない方法である．近年，非侵襲的に生体の反応を見るものの一つとして，レーザードップラーによる皮膚血流の測定が行なわれているが，頸椎間歇牽引が皮膚血流にどう影響するかを報告したものはない．

我々は頸椎牽引の効果ひとつであるマッサージ的效果が，被検者をリラックス

スさせ、それにより交感神経性血管収縮線維の活動が抑制されることで、血流の改善が期待できるのではないかと考えた。そこで今回、頸椎間歇牽引により皮膚血流量ならびに皮膚温度はどう影響を受けるのか、またその変化は、頸椎間歇牽引の効果を客観的に判定できる非侵襲的な指標となり得るかを検証するために研究を行なった。

2. 対象と方法

今回の対象者は、頸椎に整形外科的疾患を持たず、頸椎牽引などの治療を受けていない成人 24 名（男女各 12 名，平均年齢 21.6 歳）とした。対象者には研究の目的，方法を説明し，同意を得た後に研究を行った。

測定項目は頸椎牽引前後の頸部皮膚血流量，頸部皮膚温度，手指皮膚血流量，手指皮膚温度，自律神経の活動の指標となる皮膚電気反射 galvanic skin response (GSR)，および筋肉の伸張によるマッサージ効果の判定のために頸部に圧痛を感じる荷重量とした。

皮膚血流量の測定はレーザードップラー血流量計（アドバンス社製 ALF21）を使用し，皮膚温度ならびに GSR の測定は MacLab（AD Instruments 社製）専用の皮膚温測定用プローブおよび GSR 用電極を用い，これらのデータを Maclab ML790 を介し，コンピュータで記録した。頸部皮膚血流は第 7 頸椎棘突起の左外側 1cm，手指皮膚血流は左環指指腹に血流測定用プローブを固定し記録した。頸部皮膚温度は頸部の血流測定用プローブの外側，手指皮膚温度は左小指指腹に温度測定用プローブを固定して記録した。GSR は左示指，中指に電極を固定した。圧痛を感じる荷重量は徒手筋力測定器（OG 技研社製マスキュレータ 10）を用い牽引前後に僧帽筋上部に対し荷重を加え痛みを感じた値を記録した。測定は 2 回行いその平均値を採用した。

頰椎間歇牽引は長時間の同一肢位に耐えられるよう背臥位で行い（図 1），牽引角度は下位の頰椎がより牽引できるとされる頰部屈曲 30 度とし，牽引力は効果が現れはじめるとされる 7~10kg 程度となるよう対象者の体重の 1/6（最大 12kg，最低 8kg）とした．牽引時間は牽引 15 秒，休息 5 秒を 1 サイクルとし合計 10 分間行なった．この姿勢で牽引前 10 分間，牽引中 10 分間，牽引後から 10 分間（牽引後前半）および牽引後 10 分から 20 分間（牽引後後半）の合計 40 分間にわたり上記の項目の計測を行なった．測定時の室温は 21 度から 24 度で，各被検者の測定中の室温の温度差は 0.5 度以内であった．



図 1 測定肢位

被験者は背臥位とし，頰部屈曲 30 度で牽引を行った．
血流測定用プローブを頰部は第 7 頰椎棘突起の左外側 1cm，手指は左環指指腹に固定した．
温度測定用プローブを頰部は血流測定用プローブの外側，手指は左小指指腹に固定した．
GSR の電極は左示指，中指に電極を固定した．
血流，温度，GSR のデータは Maclab ML790 を介しコンピュータで記録した．

皮膚血流量，皮膚温度および GSR の測定値の統計処理は牽引前，牽引中，牽引後前半および牽引後後半の平均値を反復測定分散分析により検定した．分散分析で有意性が認められた場合は，Tukey 法により多重比較を行なった．圧痛を感じる荷重量は牽引前後の平均値を t 検定を用いて比較した．統計ソフトは StatMateIV（アトムス社製）を用い，いずれの方法も有意水準を 5%未満とした．

3. 結果

対象者全員の各時期の平均値および統計処理の結果を表 1・2 に示した．

表 1 各測定項目の平均値と標準偏差

	牽引前	牽引中	牽引後前半	牽引後後半	単位
頸部血流	2.5±2.9	2.2±1.8	2.1±1.5	2.1±1.3	(ml/min/100g)
手指血流	27.5±12.3	22.9±12.1	21.6±12.6	19.4±11.7	(ml/min/101g)
頸部温度	32.8±0.9	32.7±0.9	32.7±0.9	32.8±0.9	(°C)
手指温度	30.8±3.7	30.2±3.8	29.8±3.7	29.3±3.6	(°C)
GSR	-1.4±2.6	-1.0±4.8	-0.9±5.7	-0.5±6.7	(μ s)
			n=24		μ s : 電気伝導率

表 2 各測定項目平均値の各時期における検定結果

	頸部血流	手指血流	頸部温度	手指温度
牽引前—牽引中	NS	P<0.05	NS	NS
牽引前—牽引後前半	NS	P<0.05	NS	P<0.05
牽引前—牽引後後半	NS	P<0.05	NS	P<0.05
牽引中—牽引後前半	NS	NS	NS	NS
牽引中—牽引後後半	NS	NS	NS	P<0.05
牽引後前半—牽引後後半	NS	NS	NS	NS

頸部皮膚血流量 (ml/min/100g) は牽引前，牽引中，後前半，後半の各時期間に有意差を認めなかった．

頸部皮膚温度 (°C) も頸部皮膚血流量と同様に各時期間に有意差を認めなかった．

手指血流量 (ml/min/100g) は牽引前 27.5±12.3，牽引中 22.9±12.1，牽引後前半 21.6±12.6，牽引後後半 19.4±11.7 と徐々に低下し，牽引前と比べ，牽

引中，牽引後前・後半とも有意差を認めた．

手指皮膚温度（℃）は牽引前 30.8 ± 3.7 ，牽引中 30.2 ± 3.8 ，牽引後前半 29.8 ± 3.7 ，牽引後後半 29.3 ± 3.6 と徐々に低下し，牽引前と牽引後前半，牽引前と牽引後後半および牽引中と牽引後後半の間に有意差を認めた．

GSR（ μ S）は各時期間に有意差を認めなかった．

牽引前後の頸部に圧痛を感じる荷重量は牽引前 3.1 ± 0.9 kg，牽引後 3.0 ± 0.9 kg となり有意差を認めなかった．

4. 考察

今回の結果では頸部皮膚血流および頸部皮膚温度に変化はなかった．手指皮膚血流は牽引前と牽引中，牽引後に有意な低下を示し，手指皮膚温度においては牽引前と牽引後に有意な低下を示した．手指皮膚血流については，我々が行った別の報告⁴⁾と同じ結果となった．皮膚血流は主に交感神経性血管収縮線維の作用による血管平滑筋の収縮，拡張の運動によって制御・調節されている．この血管収縮線維の活動性が亢進すると血管が収縮し血流量が減じ結果として皮膚温は低下し，逆に血管収縮線維の活動性抑制によって血管が拡張し血流量が増加し皮膚温が上昇する．このように皮膚血流量の増減と皮膚温の増減とは同じ機序から考察することができるとされており，我々が期待する血流量の増加のためには，頸椎牽引が血管収縮神経の活動性の抑制に働かなければならない．こういった自律神経活動の把握のため，今回は自律神経活動の一指標となる GSR も同時に計測した．その結果，GSR に頸椎牽引前後の有意差は認められなかったが，徐々に上昇する傾向がみられ，交感神経の活動亢進が推測された．それにより血管収縮神経の活動性が亢進し，今回の結果である手指皮膚血流および手指皮膚温度の低下が生じたと推測する．

しかし、今回の測定では図 2 のように血流量は変化しないが、牽引により手指皮膚血流変動の周期が変化しているものや、図 3 に示すように牽引により手指皮膚血流の増加を示すものなど牽引に対する反応の個人差が大きく、一般論として頸椎間歇牽引の皮膚血流、皮膚温度への影響を述べることは難しい。

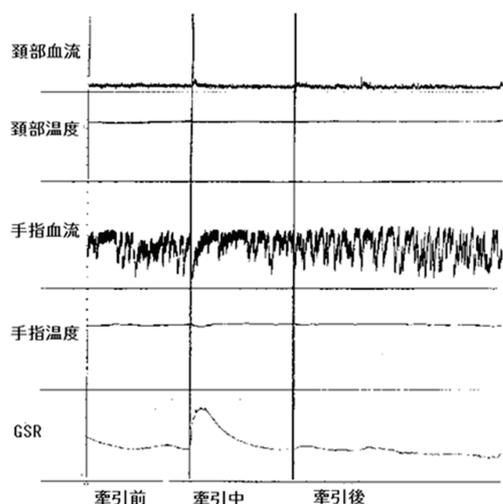


図 2 牽引により血流量に変化のなかった例

牽引前後で血流量は変化していないが、牽引後に手指血流変動の周期が速くなっている。

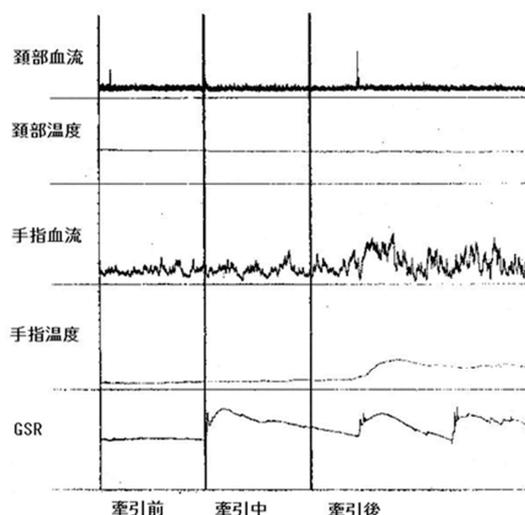


図 3 牽引により手指血流量が増加した例

牽引後に手指血流量が増加し、手指温度も上昇している。

変化が大きい手指皮膚血流に比べ、牽引の伸張による刺激が直接加わる頸部

の皮膚血流はほとんど変化を認めなかった。頸部は結果に示すように手指に比べ皮膚血流が少なく、変動の幅も小さいために有意な差が現れなかったものと考えられる。また、皮膚血管反応は部位による違いがあり、頭部では血管作動性神経の作用がほとんどないとされ⁵⁾、温刺激には反応し血管拡張が生じるが、今回のような牽引刺激では影響を受けにくいと考えられる。皮膚血流・皮膚温に影響を与える要因としては1) 生体リズム、2) 男女差、3) 環境温、4) 肥満・タバコなどの他の生理的要因、5) 心理的要因が挙げられており⁵⁾、頸椎間歇牽引のような物理的刺激がどう影響するかは、今後さらに検証しなければならない。また皮膚血流については加納ら⁶⁾が血流波形分析をしており、その波形により交感神経の活動の状態を把握することが必要となり、今回のような数値のみでの比較では十分とはいえないと考える。皮膚血流量および皮膚温度での効果判定を行う場合には、血流波形分析までを含めた評価をすることで、個人の特徴をつかみ、その上で経時的な変化を捉え、頸椎間歇牽引の治療効果を判定することが必要になると考える。

牽引前後の頸部に圧痛を感じる荷重量に関しては、今回有意差を認めなかった。頸椎間歇牽引により頸部周囲の筋が伸張されて、マッサージ効果となって圧痛を感じる荷重量が減少すると予測していたが、変化がなかった。これは今回の対象者が健常者でさらに平均年齢が21.6歳と若く、頸部周囲の筋の柔軟性があり、体重の6分の1の牽引力では十分な伸張とならなかったと考える。また澤田ら⁷⁾は筋電図を用いた研究で、頸椎の屈曲角度および個人により筋放電のパターンが異なることを報告しており、今回の牽引角度30度が各個人の頸部周囲筋を有効に伸張しなかったことも考えられる。

5. まとめ

今回頸椎間歇牽引の効果を客観的に評価するために皮膚血流，皮膚温度を測定したが，個人により反応が異なるため，平均値のみでなく各測定値の経時的変化や波形の解析が必要になると考えた．皮膚血流計や皮膚温度計を臨床的に用いることはそれほど難しいことではないと考えるが，測定値を客観的データとして治療効果の判定に用いる場合には，やはり患者のデータの特徴を把握した上で治療前後の比較をしなければならない．また，対象者が20歳前後と若く，頸部の柔軟性があり，今回の条件による頸椎牽引の刺激は頸椎周囲の伸張にそれほど効果を示してしない可能性もあり，今後牽引力，牽引角度，牽引肢位などの条件を変化させ比較，検討を行いたい．

本研究は平成10年度川崎医療福祉大学プロジェクト研究費（研究代表者：国安勝司）の補助を受けた．

6. 文献

- 1) 南野光彦，白井康正，松沢勲，今野俊介，深井靖雄，松井琴恵，大野達朗：頸部痛に対する頸椎間欠的介達牽引の検討．理学診療．1994；5：145-149.
- 2) 下野訓伸，山本博司，野並誠二，谷俊一，上岡禎彦，石田健司：頸椎牽引における頸部局所形態と末梢循環．理学診療．1992；3：8-11.
- 3) 松沢勲，白井康正，南野光彦，今野俊介，深井靖雄：頸椎牽引による頸肩腕部痛の鎮痛効果について．理学診療．1992；3：16-20.
- 4) 西本千奈美，西本哲也，国安勝司，千野根勝行，高橋利幸，渡邊進：頸部に物理刺激を加えた場合の指尖皮膚血流の変化．川崎医療福祉学会誌．1998；

8 : 201-205.

- 5) 廣田昭久 : 末梢皮膚循環の計測とバイオフィードバック. バイオフィードバック研究. 1997 ; 24 : 28-37.
- 6) 加納龍彦, 志茂田茂, 安元正信, 堤隆治 : レーザードップラ皮膚血流波形の分析. 医学のあゆみ. 1987 ; 143 : 791-793.
- 7) 澤田出, 小野村敏信, 富永通裕, 瀬本喜啓, 島田恭光, 小嶋博司, 山口淳 : 頸椎介達牽引時における頸部周囲筋の反応について. 理学診療. 1992 ; 3 : 2-7.

2章 頸椎間歇牽引が頸部組織血流量と表面筋電図に及ぼす影響

1. はじめに

頸部椎間板ヘルニア，椎間板変性症，頸肩腕症候群，頸部脊椎症など頸部，肩周囲の痛みやこわばりを症状とする疾患に処方される物理療法のひとつとして頸椎間歇牽引がある．脊椎間歇牽引の治療効果としては，これまでの報告の成果から①椎間関節周囲軟部組織の伸張，②椎間関節に離開，③椎間孔の拡大化，④攣縮筋の弛緩，⑤マッサージ的效果による循環改善・促進などが挙げられる¹⁾．頸椎間歇牽引の効果に関する研究では，頸部軟部組織へのマッサージ的效果により頸部筋の血流改善を示した報告²⁾や，牽引後に手背部の皮膚温の上昇を認めたとするもの³⁾，さらにX線学的にその効果を検証したもの⁴⁾もある．実態調査として頸椎間歇牽引により頸部痛，上肢感覚障害に3割が著効，4割が改善したという報告⁵⁾があり，筆者の経験としても牽引後に頸部の疼痛や上肢痛が改善する患者が少なくない．しかし，頸椎間歇牽引前後の僧帽筋の筋電図による検証でリラクセーションは得られなかったとの報告⁶⁾や，牽引療法の過去の研究を盲検法により再検証した報告⁷⁾では，その効果の有無は証明されていないとしている．

日常の治療場面において，頸椎間歇牽引を受けている患者は多く，治療は長期間継続される傾向にあり，牽引量は徐々に増やされていくことが多い．痛みやしびれといった症状は客観的な程度の判定が難しく，そのため治療効果判定は自覚症状に頼らなければならない．その効果判定について客観的な評価を行なうことができれば，適応や治療継続の必要性について明確にすることができ，効果のないまま漫然と継続されることが減るのではないかと考える．我々は，

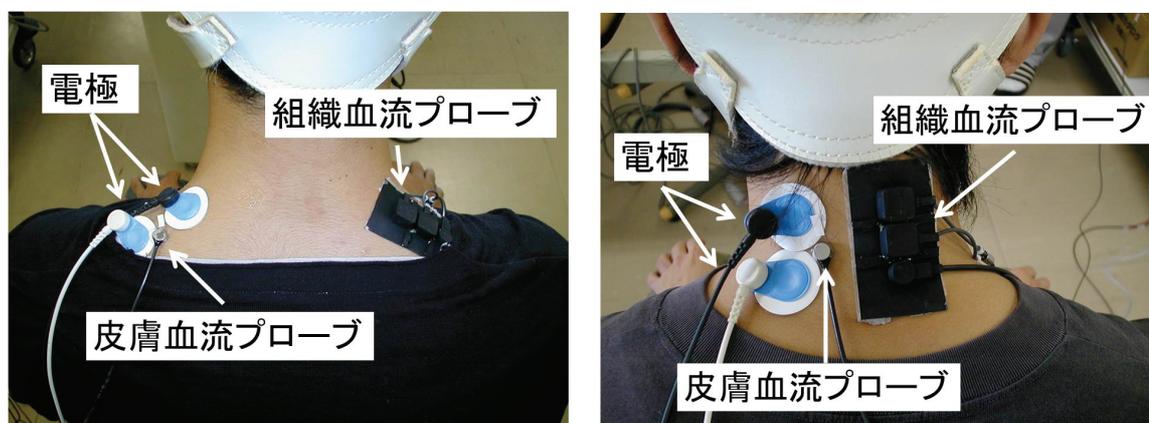
頰椎間歇牽引の影響を皮膚血流，皮膚温度を用いて検証⁸⁾したが，個人差が大き
く一定の傾向を示さないため，牽引療法の効果判定の指標とするのは難し
かつた．今回は牽引のマッサージ的效果による循環改善・促進に注目し，3つの異
なる牽引量で牽引を行い，頰部皮膚血流量，頰部組織血流量，頰部組織酸素飽
和度を測定した．また，筋疲労の指標となる筋電図周波数スペクトル解析による
平均周波数を，牽引前後の頰部筋で測定・算出し比較を行った．

2. 対象と方法

対象者は，頰椎に整形外科的疾患を持たず，頰椎牽引などの治療を受けてい
ない成人30名（男13名，女17名，平均年齢 21.8 ± 0.4 歳）とした．対象者
には研究の目的，方法を説明し，同意を得た後に研究を行った．対象者を牽引
力5kg，10kg，15kgの10名ずつ3グループに分け，また，グループ内では頰
部傍脊柱筋または僧帽筋の測定を行うもの5名ずつに分けた．同一の対象者
で3種の牽引を行ない比較しなかったのは，牽引および頰部筋の最大収縮を行
わせることで，その影響が次の牽引時に生じる可能性があり，それを排除す
る目的で，独立したグループで比較した．

測定項目は頰椎間歇牽引前後および牽引中の頰部皮膚血流量，頰部組織血
流量，牽引前後の頰部伸展等尺性最大収縮時の表面筋電図とした．皮膚血
流量の測定はレーザードップラー血流量計（アドバンス社製ALF21）を
使用し，組織血流量の指標となる総ヘモグロビン量をレーザー組織酸素
モニタ（オメガウェーブ社製BOM-L1TRW）で計測した．頰部筋筋電図は
Power Lab用筋電図セット（AD Instruments社製Power Lab 16sp）
を使用し，サンプリング周波数は2kHzとし，遮断フィルタを10Hz～500Hz
として記録した．これら各測定機器からのデータをPower Lab 16spを
介し，コンピュータで記録した．計測部位

は僧帽筋上部線維，頸部傍脊柱筋とした。僧帽筋では上部線維の筋腹を確認し，2 cmの間隔でディスプレイザブル電極(Ambu 社製 ブルーセンサー)を貼付した。皮膚血流プローブは筋腹上で2つの電極の間に貼付した。組織血流プローブは筋腹上に筋走行に沿うように貼付した。頸部傍脊柱筋では第6頸椎棘突起の左外側2cmに筋電図電極を貼付し，皮膚血流プローブは第6頸椎棘突起の左外側1cmで電極の間に貼付した。組織血流プローブは第6頸椎棘突起の右外側2cmに貼付した。(図1)



僧帽筋

頸部傍脊柱筋

図1 各プローブ・電極の貼付位置

僧帽筋

筋電図 上部線維の筋腹を確認し電極を貼付した。

皮膚血流プローブ 僧帽筋筋腹上で電極の間に貼付した。

組織血流プローブ 上部線維の筋腹を確認し貼付した。

頸部傍脊柱筋

筋電図 第6頸椎棘突起の左外側2cmに電極を貼付した

皮膚血流プローブ 第6頸椎棘突起の左外側1cmに貼付した。

組織血流プローブ 第6頸椎棘突起の右外側2cmに貼付した。

表面筋電図は5秒間の頸部伸展の等尺性最大収縮を行わせて記録した。牽引前の筋電図測定は，各種のプローブ，電極を貼付した後，牽引を行う椅子座位で検者の徒手による抵抗に抗して，5秒間の頸部伸展の等尺性最大収縮を行わせ

た。牽引後の筋電図測定は各種の測定が終了した時点で、牽引前と同様に 5 秒間の頸部伸展の等尺性最大収縮を行わせた。その後、計測した筋電図で Chart5 (ADInstruments 社製) を用い周波数スペクトル解析を行い、牽引前後の僧帽筋および頸部傍脊柱筋の平均周波数を求めた。

頸椎間歇牽引は一般的に用いられる椅子座位で行い、牽引角度は下位の頸椎がより牽引できるとされる頸部屈曲 30 度とした。牽引力は 5kg, 10kg, 15kg とし、牽引時間は牽引 10 秒, 休息 5 秒を 1 サイクルとし合計 10 分間行なった。この姿勢で牽引前 2 分間, 牽引中 10 分間, 牽引後 2 分間の前記項目の測定を行なった。すべての測定は空調設備のある静かな部屋で行った。

皮膚血流量, 組織血流量の測定値の統計処理は、各牽引量と牽引前 2 分, 牽引前半 5 分, 牽引後半 5 分, 牽引後 2 分の牽引時期の 2 要因で 2 元配置分散分析を行い、交互作用を認めない場合は、各牽引量ごとに 1 元配置分散分析を行うこととした。post hoc test として Tukey 法を用いた。筋電図周波数スペクトラム解析により得られた平均周波数の牽引前後の比較は対応のある t 検定を用いた。統計ソフトは StatMateIV (アトムス社製) を用い、いずれの方法も有意水準を 5%未満とした。

3. 結果

各測定項目の各時期の平均値と標準偏差を表 1. 2 に示した。

		表1 牽引前後における各測定値平均と標準偏差					n=5
		牽引量	牽引前	牽引前半5分	牽引後半5分	牽引後	
僧帽筋	TotalHB	5kg	40.14±12.52	39.75±12.95	39.27±12.40	41.29±12.40	
	(×10 ⁴ /mm ³)	10kg	44.55±12.64	44.35±13.12	45.39±12.74	45.30±11.59	
		15kg	47.56±15.12	46.70±13.10	47.69±13.36	48.13±15.80	
皮膚血流 (ml/min/100g)		5kg	2.34±0.36	2.24±0.44	2.33±0.47	2.40±0.47	
		10kg	1.75±0.32	1.68±0.34	1.55±0.38	1.56±0.40	
		15kg	3.11±2.27	4.44±3.00	4.15±2.89	3.55±1.78	
頸部傍脊柱筋	TotalHB	5kg	20.18±3.40	19.91±3.07 *	20.63±2.90	21.17±3.05 *	
	(×10 ⁴ /mm ³)	10kg	20.00±4.27	19.97±2.98	19.93±3.34	19.94±2.31	
		15kg	19.74±2.52	19.57±3.35	19.73±3.05	19.89±2.67	
皮膚血流 (ml/min/100g)		5kg	3.09±0.86	2.76±0.53	2.59±0.41	2.42±0.51	
		10kg	3.63±1.58	3.10±1.31	2.88±1.27	2.76±1.13	
		15kg	2.07±0.65	2.12±0.75	2.09±0.69	2.17±0.69	
				*:牽引前半5分と牽引後の間に有意差 p<0.05			

Total HB: レーザー組織血液酸素モニターにより測定された酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの総量

		表2 牽引前後の平均周波数平均値と標準偏差				n=5
		僧帽筋		頸部傍脊柱筋		
牽引量	牽引前	牽引後	牽引前	牽引後		
5kg	50.05±1.36	52.04±4.21	61.53±21.87	61.96±21.91		
10kg	63.99±17.07	66.01±18.67	72.68±20.26	80.62±24.65		
15kg	52.28±15.87	60.12±18.53 *	58.73±12.37	60.91±13.90		
*:牽引前と牽引後の間に有意差 p<0.05				(Hz)		

3. 1 僧帽筋

統計処理の結果、各測定項目において牽引量と牽引時期の要因の交互作用は認められなかったため、各牽引量ごとに牽引時期での比較を行った。組織血流量（総ヘモグロビン量）はどの牽引量においても変動は少なく、各時期の間に有意な差を認めなかった。皮膚血流量は牽引量15kgで牽引前半に増加したものの、その後低下し、有意な差は認められなかった。平均周波数は牽引量15kgで牽引前52.28±15.87Hz,牽引後60.12±18.53Hzと有意な増加を認めた。

3. 2 頸部傍脊柱筋

統計処理の結果、僧帽筋と同様に、各測定項目において牽引量と牽引時期の要因の交互作用は認められなかったため、各牽引量ごとに牽引時期での比較を行った。組織血流量は牽引量 5kg で牽引前から牽引前半に減少した後、牽引後半から増加が見られ、牽引前半と牽引後に有意な差を認めた。10kg, 15kg では有意な差を認めなかった。皮膚血流量は牽引量 5kg, 10kg で牽引後、低下傾向を見せたが有意な差を認めなかった。平均周波数は牽引量 10kg において牽引前 $72.68 \pm 20.26\text{Hz}$ 、牽引後 $80.62 \pm 24.65\text{Hz}$ と増加したが有意な差とはならなかった。

4. 考察

脊椎間歇牽引の牽引方法については共通の条件が規定されていないのが現状である。牽引力については最低 10kg を必要とするもの⁹⁾や、体重の 10 分の 1 から開始するのが良いとするもの¹⁰⁾があるが、一般的には 7~20kg 程度の範囲で患者の反応に応じて徐々に増量するという方法がとられていることが多い。そのため今回は 5kg, 10kg, 15kg の 3 つの牽引量での比較をした。

組織血流量は頸部傍脊柱筋において、牽引量 5kg で牽引後に増加を認め、牽引前半 5 分と比較し有意な増加となった。頸部傍脊柱筋は牽引により直接ストレッチを受けると考えられ、牽引量が多ければ、それだけ強くストレッチされ、牽引後にはどの牽引量においてもマッサージ効果により筋血流の上昇が生じると考えた。しかし実際には 5kg においてのみ牽引前半と牽引後の間に有意な血流量の増加を認めた。これは 5kg という牽引量は被検者の頭部の重さを支える程度の力であり、頸部は重力に抗して頭部を支える負担が少なくなり、頸部傍脊柱筋がリラックスできた状態となったことで、血流量の上昇が生じたと推測

する．牽引量を大きくすることで，歯や顎関節への負担や頸部筋の防御的収縮が生じたり¹⁾，牽引方向によっては頸部筋に筋放電を認めたという報告¹¹⁾がある．今回の10kg，15kgでの牽引中の筋電図上では5kgと比較し筋放電の違いは認められず，防御的な収縮は生じていなかったが，血流量の増加は確認できなかった．これは被検者が健常者であり，さらに年齢が21.8歳と若いため，頸部の軟部組織に十分な柔軟性があり，10kg，15kgでの牽引によるストレッチの効果が少なかったためと推測する．また，牽引後の測定時間を長くすることで血流量に変化を生じたかもしれないが，牽引後2分で血流量が最大となり，その後減少するという報告¹²⁾があり，今回は牽引後の測定時間を2分とした．一般的に人の頭部の重量は体重の8.1%程度といわれており，5kgの牽引量は対象者の頭部重量をほぼ支えることができていると考えられる．伊藤ら⁹⁾によると頸椎軟部組織のマッサージ・ポンピング効果を期待する場合は7～8kgでも目標を達成できるとしており，今回の結果もそれに近い結果となった．

皮膚血流量は牽引前後での有意な差を認めなかった．頸部傍脊柱筋の5kg，10kgでは牽引開始から減少傾向であったが有意な差はなく，僧帽筋では15kgで上昇傾向を示したが有意な差を認めなかった．脊椎間歇牽引の効果のひとつであるマッサージ的効果が，被検者をリラックスさせ，それにより交感神経性血管収縮線維の活動が抑制されることで，皮膚血流の改善が期待できるのではないかと考えたが一定の傾向は認められなかった．

表面筋電図のスペクトラム解析により得られた平均周波数は筋疲労の指標として用いられており，疲労により平均周波数は低値になることが報告され，その後いくつもの検証がされている¹³⁾¹⁴⁾．牽引の効果として軟部組織の伸張やマッサージ効果があり，筋血流量が増えることで疲労している筋の回復が考えら

れる。頸部に痛みがある患者は筋スパズムにより常に血流量が低下している状態であり、慢性的に疲労していると考えられる。南野ら²⁾は頸部痛のある患者の頸部傍脊柱筋の平均周波数は健常人に比べ有意に低値で、牽引により平均周波数は健常人と同様になったとしている。このことから健常人においても血流の改善により平均周波数に変化が生じるのではないかと考え、牽引前後の平均周波数を比較した。結果は15kgで牽引したときの僧帽筋の平均周波数が牽引後に有意に上昇した。僧帽筋は筋の走行から考えると頸椎牽引により直接的に伸張される筋ではない。しかし15kgとやや強めの牽引が加わることで、筋の伸張が行われ、マッサージ効果があったものと考えられる。ただし、今回の平均周波数は1回の頸部伸展の最大等尺性収縮により求めたものであり、健常人である今回の被検者に牽引前に筋疲労が生じていたのか検証はできていない。さらに僧帽筋の組織血流量および皮膚血流量には有意な差を認めておらず、血流量の改善が影響したのかどうかはわからない。今後は運動負荷を与え筋疲労を確認してから牽引を行い、その効果を検証しなければいけない。

5. まとめ

今回3つの牽引量による頸椎間歇牽引の効果を評価したが、効果的な牽引量を特定するまでの結果とはならなかった。評価結果は個人差が大きく臨床的な評価の難しさをあらためて感じた。牽引療法の過去の研究の再検証⁷⁾では、その効果の有無は証明されていないとされており、個人差の大きさがその原因のひとつとなっていると推測する。しかし、実際に牽引により症状の改善がある患者は多い。そういった患者に、より効果的な牽引療法を提供するためにも、まず健常人での基礎的なデータ収集は必要と考えている。今後は牽引時間、治療姿勢なども考慮し、客観的データを収集したいと考えている。

本研究は平成 14 年度川崎医療福祉大学プロジェクト研究費（研究代表者：国安勝司）の補助を受けた。

6. 文献

- 1) 細田多穂, 柳澤健編：理学療法ハンドブック（第 2 版）. 協同医書出版社, 東京, 1991, pp.1197-1205.
- 2) 南野光彦, 白井康正, 松沢勲, 今野俊介, 深井靖雄, 松井琴恵, 大野達朗：頸部痛に対する頸椎間欠的介達牽引の検討. 理学診療. 1994;5(2):145-149.
- 3) 下保訓伸, 山本博司, 野並誠二, 谷俊一, 上岡禎彦, 石田健司：頸椎牽引における頸部局所形態と末梢循環. 理学診療. 1994 ; 3 : 8-11.
- 4) 松沢勲, 白井康正, 南野光彦, 今野俊介, 深井靖雄：頸椎牽引による頸肩腕部痛の鎮痛効果について. 理学診療. 1992 ; 3 : 16-20.
- 5) 小山照幸, 富田祐司, 三戸部聖子, 安保雅博, 宮野佐年：頸椎牽引・温熱療法の実態調査. 総合リハビリテーション. 2002 ; 30(9) : 837-841.
- 6) Jette DU, Falkel JE, Trombly C : Effect of intermittent supine cervical traction on the myoelectric activity of the upper trapezius muscle in subjects with neck pain. Phys Ther. 1985 ; 65(8) : 1173-1176.
- 7) Heijden GJMG, Beurskens AJHM: The Efficacy of Traction for Back and Neck Pain : A systematic, Blinded Review of Randomized Clinical Trial Methods.. Phys Ther. 1995 ; 75(2) : 93-104.
- 8) 国安勝司, 西本千奈美, 西本哲也：頸椎間歇牽引が皮膚血流, 皮膚温度に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌. 2001 ; 11(1) : 149-153.
- 9) 伊藤不二夫, 木山喬博：頸椎間歇牽引における角度因子. 総合リハビリテー

ション. 1985 ; 13 : 213-218.

- 10) 服部一郎, 細川忠義, 和才嘉昭:リハビリテーション技術全書 (第2版).
医学書院, 東京, 1984, pp.243-257.
- 11) 澤田出, 小野村敏信, 富永通裕, 瀬本喜啓, 島田恭光, 小嶋博司, 山口淳 :
頰椎介達牽引時における頰部周囲筋の反応について. 理学診療. 1992 ; 3 :
2-7.
- 12) 南野光彦, 白井康正, 松沢勲, 今野俊介, 深井靖雄, 大野達朗 : 頰部痛に
対する頰椎間欠的介達牽引前後の変化. 理学診療. 1994 ; 5 : 145-149.
- 13) Basmajian JV, De Luca CJ : *Muscle alive*. Muscle Fatigue and
Time-Dependent Parameters of the Surface EMG Signal. Williams &
Wilkins, Baltimore, 1985, pp.201-222.
- 14) Allison GT, Fujiwara T. : The relationship between EMG median
frequency and low frequency band amplitude changes at different levels
of muscle capacity. Clin Biomech. 2002 ; 17 : 464-469.

3章 頸椎間歇牽引が頸部筋の筋硬度に与える影響

ー筋硬度計および超音波診断装置を用いた評価ー

1. はじめに

理学療法の中で運動療法と物理療法は重要な治療法といえるが、近年、物理療法は運動療法の補助的手段となっている。しかしながら、物理療法は直接生体に物理的刺激を加えることができ、組織の形態や機能を変化させることのできる治療法である。特に整形外科的な疾患、障害により何らかの痛みを持つ患者に、物理療法が処方されることは非常に多い。

その中で、頸部、肩周囲の痛みやこわばりを症状とする疾患に処方される物理療法のひとつとして頸椎間歇牽引がある。日常の治療場面において、頸椎間歇牽引を受けている患者は多いが、痛みやしびれといった症状は客観的な程度の判定が難しく、そのため治療効果判定は自覚症状に頼らなければいけない。また、牽引療法はその牽引量や時間、方向などの設定が未だ統一されたものがないといってよい状況である。我々は、牽引療法の効果を判断するために理学療法士が行える非侵襲的な方法として、皮膚血流量、皮膚温度、皮膚電気反応 (galvanic skin response : GSR)、深部組織血流、筋電図を用い生体への影響を評価してきた^{1, 2)}。しかしながら、測定値およびその反応には個人差が大きく、効果判定として用いるには検討の余地があることがわかった。治療効果判定には、より客観的な指標が必要であることはいうまでもない。漫然と継続されがちな牽引療法の適応、牽引条件の変更などの判断のために、客観的な指標となるものを見つけていかなければならない。今回は、頸椎間歇牽引が筋硬度に与

える影響を調べるために、筋硬度計を使用し牽引前後での筋硬度変化を調べた。また、運動器疾患の診断や評価に対して、最近よく用いられるようになってきた超音波診断装置で、筋厚が計測できることを利用し、牽引前後に頸部筋に圧を加えた時の筋厚の変化を調べ、筋硬度の指標として、頸椎間歇牽引の影響を評価した。

2. 対象と方法

対象者は、頸椎に整形外科的疾患を持たず、頸椎牽引などの治療を受けていない成人男性 10 名（身長 176.5 ± 5.8 cm, 体重 76.7 ± 13.4 kg, 年齢 33.7 ± 5.3 歳）とした。対象者に頸椎間歇牽引を行い、その前後の頸部筋の硬度を評価するために、筋硬度計により筋硬度および超音波診断装置による筋厚を計測した。なお、各対象者には、研究の趣旨および方法を説明し、同意を得た後に研究を実施した。

頸椎間歇牽引は一般的に用いられる椅子座位で行い、牽引角度は中位から下位の頸椎がより牽引できるとされる頸部屈曲 30 度とした。牽引力は 5kg, 10kg とし、牽引時間は牽引 20 秒, 休息 10 秒を 1 サイクルとして合計 10 分間行なった。牽引は同一被験者に対し、5kg での牽引後、1 日以上空けた別の日に 10kg の牽引力で施行した。各対象者には、5kg での牽引後の日常生活に制限を加えておらず、翌日以降であれば 5kg での牽引の影響は少ないと判断し、引き続き 10kg の牽引による測定を行った。筋硬度は生体組織硬度計 PEK-1（井本製作所）を用い、牽引前後に第 6 頸椎棘突起の外側で超音波装置のプローブをあてる位置で 3 回計測しその平均値を採用した。超音波装置による計測は、汎用超音波画像診断装置 Prosound SSD-3500（アロカ株式会社）を使用した。画像描出は B モード (brightness mode) でリニアプローブを用い第 5～第 7 頸椎の

外側で，木野ら³⁾の示す画像を参考に僧帽筋と頭板状筋が描出できるようにプローブをあてた．超音波画像には中央に筋厚を計測する目安となるラインマーカーを表示させ，被験者ごとに周波数，コントラストなどを同一条件として描出した．図1に実際の描出画像を示す．また，牽引前後でできるだけ同一部位を描出できるよう第7頸椎棘突起をランドマークとし，第5・6頸椎棘突起外側にプローブがあてられるよう調節式フレームとプローブホルダーを用いて固定した（図2）．

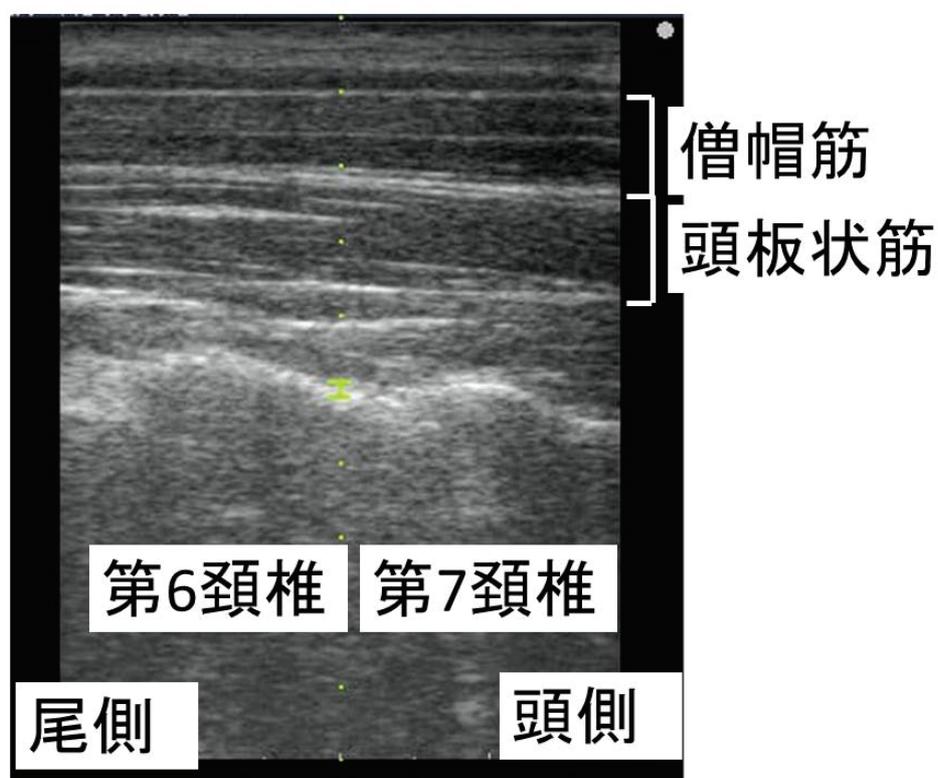


図1 超音波描出画像

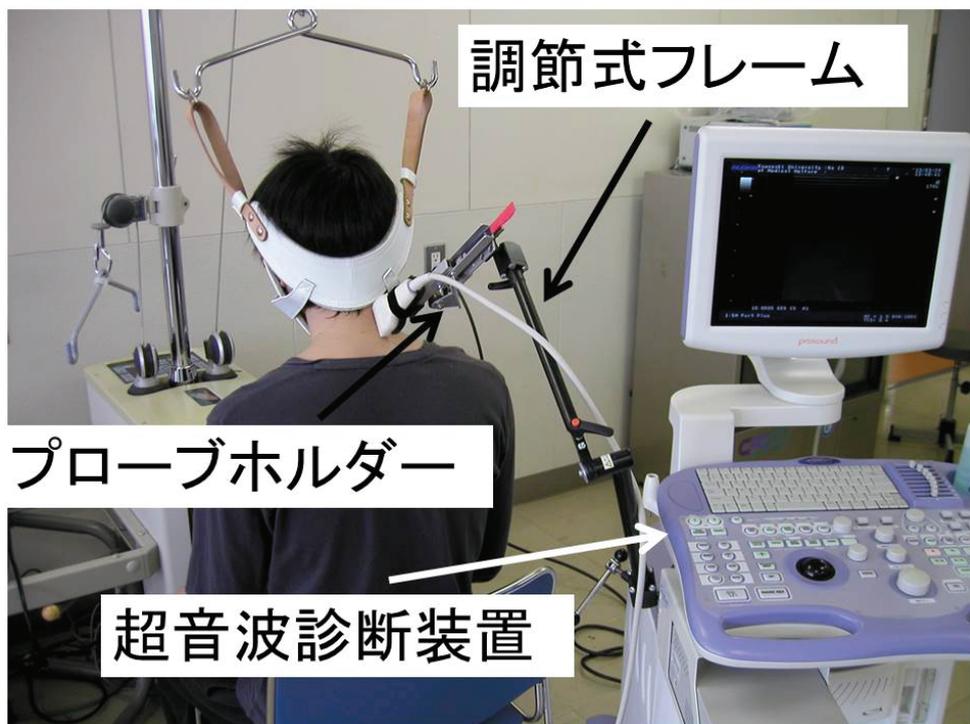


図2 調節式フレームとプローブホルダー

牽引前後の筋厚を計測するために、牽引前に通常のプローブのあて方で描出し、その後、定荷重ばねを取り付けた専用のプローブホルダー（図3）により1 kgの強さで同部位を圧迫し、その画像を抽出した。プローブによる圧迫前後の僧帽筋と頭板状筋の厚さを装置に内蔵の距離計測機能を利用し計測した。計測された筋の筋厚は圧迫により、その厚さを減少させることから、その変化の程度を、いわゆる筋の硬さとし、筋硬度の指標とするため、プローブの圧迫のない状態での筋厚と圧迫した時の筋厚を比較し、変化率を $100 - (\text{圧迫時筋厚} / \text{圧迫前筋厚} \times 100)$ (%) として表した。今回はこの変化率が大きいほど筋硬度が低いと判断することとした。

超音波での各筋の筋厚測定時のばらつきを確認するために、牽引前後で、通常の描出方法である、プローブによる圧迫なしでの画像による筋厚測定値の級内相関係数（ICC）を求めた。僧帽筋の 5kg の牽引前後の ICC は 0.875、10kg の牽引前後では 0.421 であり、頭板状筋では、5kg の牽引前後の ICC は 0.985、10kg の牽引前後が 0.912 となり、僧帽筋の 10 kg 牽引前後で低い値となった。今回、プローブをあてる位置をできるだけ同部位にするよう努力したが、僧帽筋と頭板状筋がきれいに描出できることを最優先にしたために、わずかに描出位置がずれたためと思われる。ただし、それぞれの筋厚計測時には、同一部位を圧迫できており、その筋厚の変化については妥当性があると考えられる。

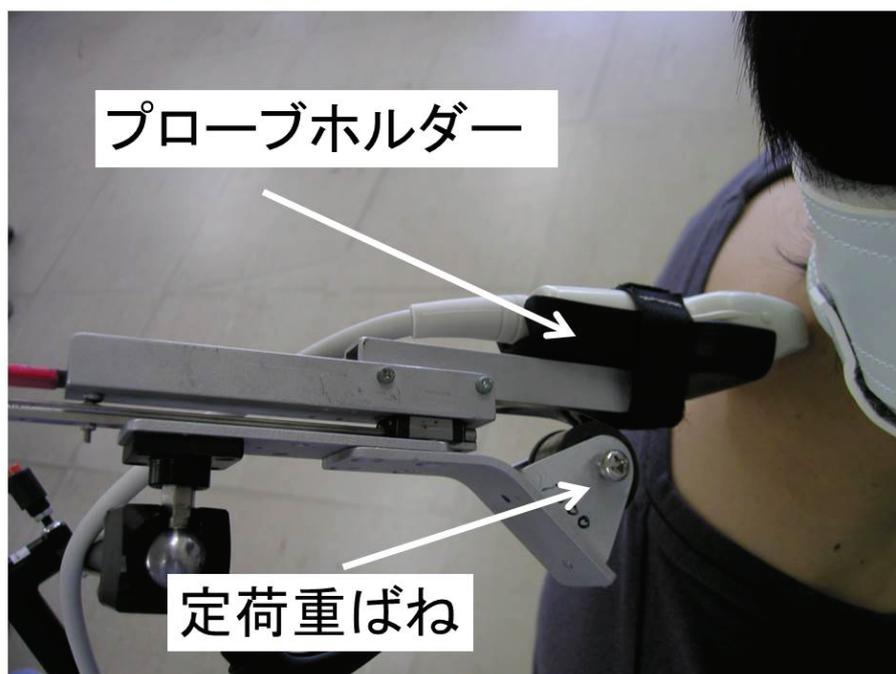


図3 定荷重ばねを取り付けたプローブホルダー

測定値の処理は牽引前後での筋硬度計による筋硬度、僧帽筋および頭板状筋の筋厚の変化率を SPSS Statistics 22 (IBM 社製) を用い有意水準を 5% として、対応のある t 検定で比較した。

3. 結果

各測定項目の牽引前後の平均値と標準偏差を表1に示した。

表1 測定項目平均値と標準偏差(牽引前後の比較)				
	牽引力5kg		牽引力10kg	
	牽引前	牽引後	牽引前	牽引後
筋硬度	56.6±7.2	54.0±7.3	57.3±6.7	58.6±7.1
僧帽筋変化率 %	11.3±6.3	13.4±7.7	17.6±8.0	16.7±9.5
頭板状筋変化率 %	6.6±7.2	15.1±9.7 *	9.7±8.9	12.5±7.4
		* : p<0.05		n=10

3.1 筋硬度計による筋硬度

筋硬度は、5kgの牽引前が56.6±7.2、牽引後が54.0±7.3となり、減少傾向であったが、有意差は認めなかった。10kgの牽引前は57.3±6.7、牽引後は58.6±7.1となり、わずかに増加したが、有意差を認めなかった。

3.2 筋厚の変化率

3.2.1 僧帽筋

5kgでの牽引前の筋厚は、圧迫なしが7.14±1.90 mm、圧迫ありが6.26±1.45 mmであった。牽引後は、それぞれ7.68±1.98 mm、6.72±2.03 mmとなった。これから求めた変化率は、牽引前が11.3±6.3%、牽引後が13.4±7.7%となり、わずかに増加したが、有意差を認めなかった。10kgでは、牽引前の筋厚は圧迫なしが7.92±1.83 mm、圧迫ありが6.54±1.68 mmで、牽引後はそれぞれ7.91±2.04 mm、6.69±2.19 mmとなった。変化率は、牽引前が17.6±8.0%、牽引後が16.7±9.5%と減少したが、有意差を認めなかった。

3.2.2 頭板状筋

5kgでの牽引前の筋厚は、圧迫なしが9.86±2.63 mm、圧迫ありが9.32±2.97 mmで、牽引後はそれぞれ10.24±2.48 mm、8.72±2.41 mmとなった。変化率は、

牽引前が $6.6 \pm 7.2\%$ 、牽引後が $15.1 \pm 9.7\%$ と有意な増加を認めた ($p < 0.05$)。10kg では、牽引前の筋厚は圧迫なしが 10.14 ± 2.04 mm、圧迫ありが 9.10 ± 2.18 mmで、牽引後の筋厚は圧迫なしが 10.49 ± 1.85 mm、圧迫ありが 9.22 ± 2.07 mmとなった。変化率は、牽引前が $9.7 \pm 8.9\%$ 、牽引後が $12.5 \pm 7.4\%$ と増加傾向であったが、有意差を認めなかった。

4. 考察

脊椎牽引療法は、①椎間関節の機能障害、②筋スパズム、③神経根の絞扼、④椎間板ヘルニア、⑤軟部組織の損傷、⑥亜急性期・慢性期の捻挫など幅広い疾患や障害に適応がある。また、その治療効果として、①関節離解、②椎間板脱出の減少、③軟部組織の伸張、④筋弛緩、⑤関節モビライゼーションなどが挙げられる⁴⁾。頸椎間歇牽引の効果に関する研究は古くからなされており、前述した治療効果について検証がされており、我々が用いる物理療法の教科書に多くが紹介されている。今回の我々と同じように、非侵襲的な測定方法でその効果を判定したものでは、サーモグラフィにより手背部の皮膚温の上昇を認めたもの⁵⁾、頸部筋の筋電図のスペクトラム解析により健常者のそれに近づいたとするもの⁶⁾などがある。

その一方で、頸椎間歇牽引前後の僧帽筋の筋電図による検証でリラクゼーションは得られなかったとの報告⁷⁾や、牽引療法に対するシステマティック・レビューとメタ・アナリシスを行ない、頸椎の牽引群と無介入群を単純に比較した論文は1編のみであり、改善効果は報告されていないという報告⁸⁾もある。また、日本整形外科学会診療ガイドライン委員会の頸椎症性脊髄症診療ガイドライン⁹⁾では治療の推奨 Grade を Grade C (行うことを考慮してもよい。弱い根拠に基づいている) として頸椎持続牽引療法は軽症例に対し短期的には有効な治療

法であるとしているものの、頸椎間歇牽引療法についてはエビデンスがなく、その意義については今のところ不明であり、今後検証する必要があるとし **Grade I**（行うよう、または行わないように勧めるだけの根拠が明確でない）と判断されている。さらに、この分野での研究ではランダム化比較試験

（Randomized Controlled Trial : RCT）による研究の質の低さを指摘しているもの¹⁰⁾もある。山之内¹¹⁾らは、このように牽引療法の評価が分かれる理由を、①牽引療法が多種・多様である、②牽引の方法が確立していない、③評価の方法が統一されていない、④牽引療法が単独の治療として行われることが少ない、としている。

我々も、これまでに頸椎間歇牽引の影響を皮膚血流、皮膚温、GSR、深部組織血流、筋電図の周波数解析を用いて検証したが、個人差が大きく一定の傾向を示さないため、牽引療法の効果判定の指標とするのは難しいと考えた。しかし、より効果的な牽引療法を提供するためにも、健常人での基礎的なデータ収集は必要と考えている。そこで、今回は筋硬度計による筋硬度測定、および運動器障害の診断や評価に用いられることが多くなった超音波診断装置を利用して、頸部筋の筋厚を計測し、筋の圧迫による筋厚の変化を筋硬度の指標として、頸椎間歇牽引の頸部筋への影響を調べた。その結果、筋硬度は、5kgと10kgとも牽引前後で有意差を認めなかった。我々が期待するのは、牽引による軟部組織伸張により頸部の筋緊張低下が生じ、筋硬度の値が減少することであるが、期待した結果とはならなかった。筋硬度計は生体組織の一部を押し込み、反発力や押し込み距離との関係から、その硬度を示すものであり、その再現性については検証がされている。矢野ら¹²⁾は、生体軟部組織は粘弾性体であり、力学的性質は変形速度にあまり依存しないということから、弾性体としての測定法に

一定の妥当性があることを示している。また、皮下脂肪の影響を考慮しても筋の硬度を体表から測定することも可能であるとしている。今回測定した筋硬度は、その部位から僧帽筋の筋硬度と考えている。測定部位は同一部位を計測できており、その値は信頼できると思われるが、測定時の姿勢が座位で、牽引吊革を装着したまま、自分で位置を保持するために、僧帽筋が収縮していた可能性が高い。それが、筋硬度に影響を及ぼしていると考えられ、測定姿勢の再考が必要と思われる。

もう一つの筋硬度の指標として、超音波診断装置により筋厚を測定し、プローブの圧迫により変化した筋厚の割合を変化率で表した。超音波Bモード法による筋厚の測定は、精度および再現性について、先行研究¹³⁾により確認されている。僧帽筋の変化率は5kgでわずかに増加したが、有意差を認めておらず、我々の期待した結果とはならなかった。また、10kgではわずかに減少しており、これも期待した結果とはならなかった。僧帽筋は、筋の走行から考えると頸椎牽引により直接的に伸張される筋ではなく、その効果が現れにくいかもしれない。また、いわゆる肩こりを訴える場合に筋硬結や圧痛の多い部位であり、今回の被験者である健常人においても事務作業などの繰り返して慢性的に疲労し筋緊張が高くなっていた可能性がある。また、今回プローブに装着した定荷重ばねの強さは1kgであり、表層に存在し、もともと筋厚がそれほど厚くない僧帽筋には圧迫が強すぎて、微細な変化が捉えられていないことも考えられる。頭板状筋は、5kgで有意な変化率の増加を認めた。10kgでは有意な増加とはならなかったが、僧帽筋に比べるとその増加の値は大きかった。頭板状筋は、その筋走行から考えると直接的に伸張されやすい筋であると考えられる。しかし、5kgという牽引力は今回の被験者の体重から考えると軟部組織が伸張されるまでの力

となっていない。頭部は体重の7%程度といわれており、ちょうどその重さを支えている程度である。そのため、頭部を重力に抗して保持する必要がなくなり、頸部筋がリラックスできた状態であったと思われる。実際に被験者の半数は、牽引中にうとうとと居眠りをするほどであった。特に被験者は健常人のため痛みによるスパズムもなく、5kgの牽引力で筋が伸張されなくても、よりリラックスでき、筋弛緩が生じたことが変化率を高めた理由と考える。

一般的に頸椎牽引の牽引力は5kg程度から始め症状をみながら徐々に上げていくが、今回の結果から考えると5kg程度から始めることは、頭部の重さを支える必要がなくなることで、過剰な筋緊張やスパズムを和らげるために適していると考えられる。しかし、頸部に痛みがあり、強い筋スパズムが生じている場合には、それをストレッチするためには頭部の重さを支える程度では不十分であり、筋スパズムに抗してさらに伸張できる牽引量が必要になると考えられる。その反面、牽引量を大きくすることで、歯や顎関節への負担や頸部筋の防御的収縮が生じ、牽引が不快になる場合もあるため13.5kgを超えてはならないともされている⁴⁾。このように、牽引力については最低10kgが必要とするもの¹⁴⁾や、体重の10分の1から開始するのが良いとするもの¹⁵⁾などがあり、一定の見解になっていない。

我々の先行研究²⁾では、5kgの牽引にて頸部傍脊柱筋の血流量が牽引後に有意な増加を認めた。血流測定用プローブの貼付位置は、今回の超音波プローブをあてた位置と近似しており、また、血流測定深部が2cmであったことを考えると、今回の画像描出部位とほぼ同じであったと考える。さらに、頸部傍脊柱筋とした部位は、今回測定した僧帽筋および頭板状筋を含むと考えられる。先行研究で5kgの牽引で血流量が増加したことから、今回の研究で我々が筋硬度の

指標とした筋厚の変化率が低下したこととの関連を示すことはできないが、頸椎の牽引量は健常な対象者の頭部の重さを支える程度の力でも生体への影響があると思われる。今後、この二つ項目を同時に測定し、その関連を検証したい。

5. まとめ

超音波診断装置を用い、筋厚の変化率を筋硬度の指標として、牽引療法が頸部筋に与える影響を調べることができた。5kgの牽引力で頭板状筋の筋厚の変化率に増加が認められ、牽引力は小さくなくても頭部の重さを除くことで、頸部筋のリラクセーションが生じ、筋硬度の低下につながったと考えられる。牽引療法を実施する場合は、牽引量、治療時間および牽引・休止のサイクル、牽引角度、肢位などいくつかの要素を考えなければならず、その治療効果について疑問視されているものと思われる。そのためには、効果判定に用いる評価方法を見つけ出さなければならない。今後は、今回使用した超音波診断装置による筋厚の測定を用いた指標で、牽引量や治療時間、および牽引・休止のサイクルなどの条件を変え検証を続けたい。

6. 文献

- 1) 国安勝司，西本千奈美，西本哲也：頸椎間歇牽引が皮膚血流，皮膚温度に及ぼす影響．川崎医療福祉学会誌．2001；11(1)：149-153.
- 2) 国安勝司，古我知成：頸椎間歇牽引が頸部組織血流量と表面筋電図に及ぼす影響．川崎医療福祉学会誌．2007；17(1)：129-133.
- 3) 木野達司編：運動器の超音波．南江堂，東京，2008，pp.141-145.
- 4) Michell H C 編，渡部一郎訳：EBM 物理療法（第3版）．医歯薬出版，東京，2010，pp.300-302.

- 5) 下保訓伸, 山本博司, 野並誠二, 谷俊一, 上岡禎彦, 石田健司 : 頤椎牽引における頤部局所形態と末梢循環. 理学診療. 1992 ; 3 : 8-11.
- 6) 南野光彦, 白井康正, 松沢勲, 今野俊介, 深井靖雄, 大野達朗 : 頤部痛に対する頤椎間欠的介達牽引前後の変化. 理学診療. 1994 ; 5 : 145-149.
- 7) Jette DU, Falkel JE, Trombly C : Effect of intermittent supine cervical traction on the myoelectric activity of the upper trapezius muscle in subjects with neck pain. Phys Ther. 1985 ; 65(8) : 1173-1176.
- 8) 森山英樹, 飯島弘貴, 金村尚彦, 羽田侑里子, 村田健児, 今北英高, 高柳清美, 伊藤俊一, 五味敏昭, 飛松好子 : 運動器障害に対する牽引療法の効果. 運動・物理療法. 2009 ; 20(4) : 369-378.
- 9) 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会/頤椎症性脊髄症ガイドライン策定委員会編 : 頤椎症性脊髄症診療ガイドライン.
<<http://minds.jcqhc.or.jp/n/med/4/med0034/G0000096/0039>>
- 10) Heijden GJMG, Beurskens AJHM : The Efficacy of Traction for Back and Neck Pain : A systematic, Blinded Review of Randomized Clinical Trial Methods. Phys Ther. 1995 ; 75(2) : 93-104.
- 11) 山之内直也, 浅見豊子 : 物理療法のエビデンスと実践 牽引療法. J Clin Rehabil. 2011 ; 20(12) : 1155-1159.
- 12) 矢野忠, 有馬義貴, 井元俊之 : 圧痛閾値同時計測型生体用組織硬度計「Digital Palpometer」の開発 (第 1 報). 日本手技療法学会雑誌. 1998 ; 9 (1) : 33-39.
- 13) 福永哲夫, 松尾彰文, 石田良恵, 角田直也, 内野滋雄, 大久保真人 : 超音波 B モード法による皮下脂肪厚および筋厚の測定法の検討. 超音波医学. 1989 ; 16 : 170-177.

- 14) 伊藤不二夫, 木山喬博: 頰椎間歇牽引における角度因子. 総合リハビリテーション. 1985 ; 13(3) : 213-218.
- 15) 服部一郎, 細川忠義, 和才嘉昭: リハビリテーション技術全書 (第2版). 医学書院, 東京, 1984, pp.243-257.

第4章 頰椎間歇牽引の牽引力の違いによる頰部筋筋厚の変化

—超音波診断装置を用いた測定—

1. はじめに

整形外科的な疾患，障害により何らかの痛みを持つ患者に，物理療法が処方されることは非常に多い．その中で，頰部，肩周囲の痛みやこわばりを症状とする疾患に処方される物理療法のひとつとして頰椎間歇牽引がある．日常の治療場面において，頰椎間歇牽引を受けている患者は多いが，痛みやしびれといった症状は客観的な程度の判定が難しく，そのため治療効果判定は自覚症状に頼らなければいけない．また，牽引療法はその牽引力や時間，方向などの設定が未だ統一されたものがないといってよい状況である．治療効果判定には，より客観的な指標が必要であることはいうまでもない．漫然と継続されがちな牽引療法の適応，牽引条件の変更などの判断のために，客観的な指標となるものを見つけていかなければならない．

筆者はこれまで頰椎間歇牽引療法の効果判定の指標と成り得るものを検証するために，我々理学療法士が行える非侵襲的な方法として，皮膚血流量，皮膚温度，皮膚電気反応 (galvanic skin response : GSR)，深部組織血流，筋電図，超音波画像を用いてきた．今回は牽引前，および牽引中の頰部筋の状態を直接比較することができるよう，超音波診断装置のプローブの固定および測定肢位に工夫を加え検証を行った．

2. 対象と方法

対象者は，頰椎に整形外科的疾患を持たず，頰椎牽引などの治療を受けていない成人男性 15 名 (身長 172.5 ± 4.0 cm，体重 67.9 ± 15.6 kg，年齢 21.3 ± 1.8

歳)とした。対象者に頸椎間歇牽引を行い、その牽引直前と牽引中の筋厚を超音波診断装置を用い計測した。各対象者には、研究の趣旨および方法を文書にて説明し協力を求め、同意書に署名、捺印を得た。なお本研究は川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を受けた(承認番号 421)。

牽引肢位はリクライニング車いす上の座位でヘッドレストに頭部を置き、頸部屈曲が 10 度となる肢位で牽引を行った。これは頸部に肢位保持のための筋収縮が生じないようにすることと、超音波画像を描出するために、頭頸部の動きを最小限に抑えるよう配慮したためである。牽引力は 5kg, 8kg, 11kg の 3 つで、牽引時間は牽引 20 秒、休息 10 秒を 1 サイクルとした。牽引は同一被験者に対し、5kg, 8kg, 11kg の牽引をランダムに行った。各牽引力で 2 サイクル行い、2 サイクル目の超音波画像から筋厚を計測した。

超音波装置による計測は、超音波画像診断装置 Prosound SSD-3500 (アロカ株式会社)を使用した。画像描出は B モード (brightness mode) でリニアプローブを用い、第 5~第 7 頸椎の外側で、僧帽筋と頭板状筋が描出できるようにプローブをあてた。超音波画像には中央に筋厚を計測する目安となるラインマーカーを表示させ、被験者ごとに周波数、コントラストなどを同一条件として描出した。また、牽引前後でできるだけ同一部位を描出できるよう第 7 頸椎棘突起をランドマークとし、第 5・6 頸椎棘突起外側にプローブがあてられるよう調節式フレームとプローブホルダーを用いて固定した。プローブホルダーには、頸部とプローブを常に同じ力で密着させるため、200g の定荷重ばねを取り付けたものを使用した (図 1・2)。

描出した画像（図 3）から僧帽筋と頭板状筋の厚さを装置内蔵の距離計測機能
を利用し計測した。筋厚は各牽引の直前と牽引中を計測し，牽引前の筋厚を 100
として牽引中の筋厚の割合を算出し，筋厚比（%）として表した。

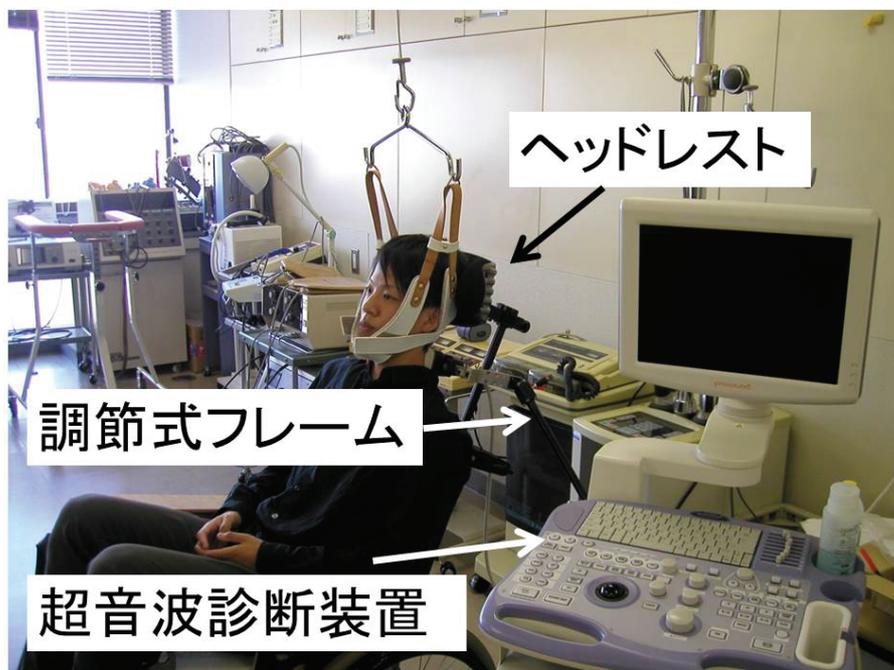


図 1 測定風景

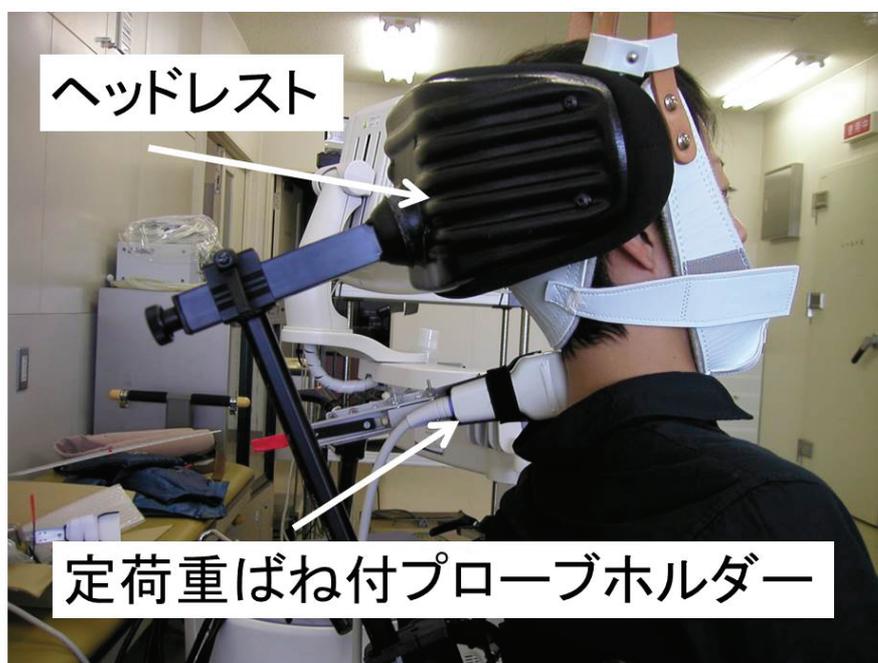


図 2 定荷重ばね付プローブホルダー

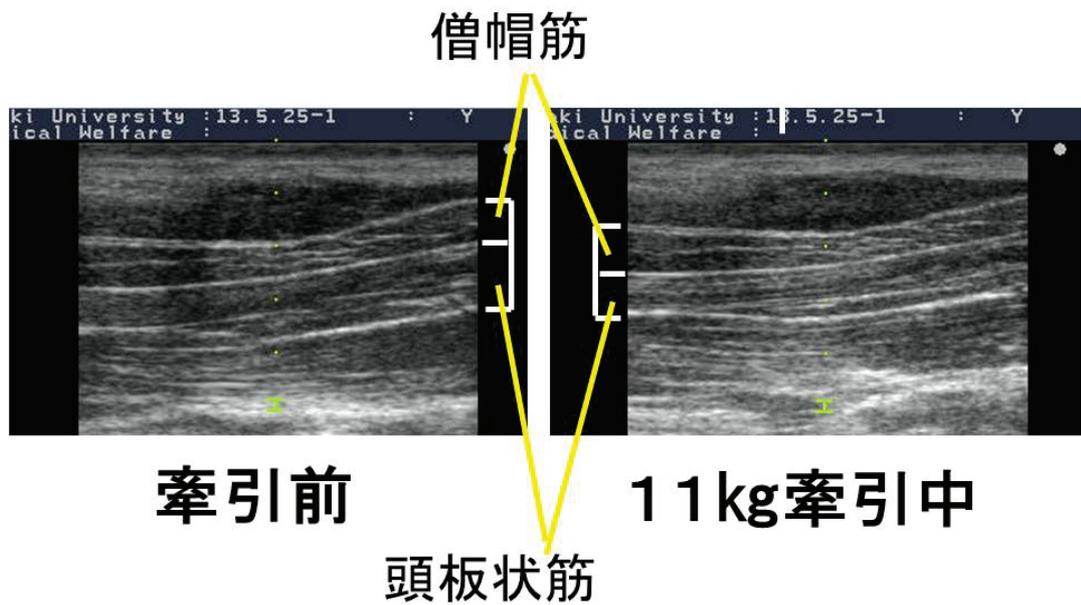


図3 超音波描出画像

各牽引力において超音波により同じ部位を描出できたかを確認するため、3つの牽引力における牽引前の筋厚の級内相関係数（ICC）を算出した。僧帽筋で0.968，頭板状筋では0.986と高い相関が得られ，各牽引時に同じ部位を描出できていると判断した。

測定値の処理は，各牽引力ごとに牽引前，牽引中の筋厚をt検定により比較した。また3つの牽引力における筋厚比を1元配置分散分析により比較した。post hoc testはTukey法を用いた。統計ソフトはSPSS Statistics 22（IBM社製）を用い有意水準を5%未満とした。

3. 結果

各牽引量による筋厚および筋厚比の平均値と標準偏差を表1に示す。

		僧帽筋	頭板状筋
5kg	牽引前 (mm)	5.98±1.56	8.97±1.85
	牽引中(mm)	5.93±1.57	9.07±1.78
	筋厚比(%)	100.7±3.6	101.2±4.2
8kg	牽引前 (mm)	5.98±1.64	8.91±1.88
	牽引中(mm)	5.94±1.57	8.65±1.87*
	筋厚比(%)	99.7±5.9	97.1±4.8†
11kg	牽引前 (mm)	6.05±1.66	9.02±1.84
	牽引中(mm)	5.73±1.72 *	8.32±1.94*
	筋厚比(%)	94.4±9.0†‡	91.8±5.3†‡
		*: 牽引前後での有意な差 p<0.05	
		†: 5kgの牽引との有意な差 p<0.05	
		‡: 8kgの牽引との有意な差 p<0.05	

僧帽筋では 5kg で牽引前が 5.89±1.56 mm, 牽引中は 5.93±1.57 mm, 筋厚比が 100.7±3.6%となった。8kg ではそれぞれ 5.98±1.64 mm, 5.94±1.57 mm, 99.7±5.9%となった。11kg ではそれぞれ 6.05±1.66 mm, 5.73±1.72 mm, 94.4±9.0%となった。牽引前, 牽引中の筋厚は 11 kgのみに有意な差を認めた。筋厚比は 11kg と 5kg および 8kg の間に有意な差を認めた。

頭板状筋では 5kg では牽引前が 8.97±1.85 mm, 牽引中は 9.07±1.78 mm, 筋厚比が 101.2±4.2%となった。8kg ではそれぞれ 8.91±1.88 mm, 8.65±1.87 mm, 97.1±4.8%となった。11kg ではそれぞれ 9.02±1.84 mm, 8.32±1.94 mm, 91.8±5.3%となった。牽引前, 牽引中の筋厚は 8kg, 11kg に有意な差を認めた。筋厚比は 5kg と 8kg および 11kg, 8kg と 11kg の間に有意な差を認めた。

4. 考察

我々は、これまでに頸椎間歇牽引の影響を皮膚血流、皮膚温、GSR、深部組織血流、筋電図の周波数解析を用いて検証したが、個人差が大きく一定の傾向を示さないため、牽引療法の効果判定の指標とするのは難しいと考えた^{1,2)}。しかし、より効果的な牽引療法を提供するためにも、健常人での基礎的なデータ収集は必要と考えている。そこで、今回は牽引により頸部筋の筋厚にどのような変化が生じるかを検証するため、運動器障害の診断や評価に用いられる超音波診断装置を利用した。

超音波により筋厚を計測した報告では筋収縮によりその厚さを増すというものが多く^{3,4)}。また筋の伸張による影響は、筋腱移行部の変位量や筋束長の変化で算出されているものなどがある^{5~7)}。しかし頸椎牽引による影響を筋厚で検証しているものはない。

今回の結果では、僧帽筋は5kgの牽引前後で筋厚はほとんど変化しなかった。頭部は体重の7%程度といわれており、ちょうどその重さを支えている程度であるため、筋の伸張が生じなかったと考える。また8kgでも筋厚の変化はなかった。僧帽筋は筋の走行から考えると牽引により直接的に伸張される筋ではなく、その効果が現れにくいかもしれない。しかし、11kgになると、筋厚に変化が見られ、筋厚比も5kg、8kgに対して有意な差を認めた。僧帽筋の伸張のためにはやや強めの牽引力が必要と考えられる。

頭板状筋は、5kgでは筋厚に変化を認めなかったが、8kg、11kgで有意な差を認めた。5kgでは僧帽筋と同じく、頭部の重さを支える程度のため、筋の伸張が生じなかったと考える。頭板状筋は、その筋走行から考えると牽引により直接的に伸張されやすい筋であると考えられる。そのため、8kgでも筋厚および筋

厚比に有意な差を認めたと考える。11kg では 8kg との筋厚比で有意な差を認めており、より強い牽引力が働いたと考える。

一般的に頸椎牽引の牽引力は 5kg 程度から始め、症状をみながら徐々に上げていくことが多い。5kg 程度から始めることは、筋の伸張には至らないが、頭部の重さを支える必要がなくなることで、過剰な筋緊張やスパズムを和らげるために適していると考えられる。今回の結果で 8kg において僧帽筋と頭板状筋で結果が異なったのは、筋走行の違いと考える。これは効果的な頸椎牽引のためには、どの部位に影響を与えるかをよく考えて行わなければならないことを示している。11kg では両筋に十分な牽引力が働いたと考える。

今回の結果から、超音波診断装置を用いれば牽引中の頸部筋の状態が直接画像で確認できることがわかった。局所的な牽引の影響を確認できれば、牽引力や牽引方向などの設定に役立つと考える。

5. まとめ

今回用いた超音波診断装置による筋厚の測定は、精度および再現性について確認されている。ただし、同一部位を描出するためには、注意しなければならないことが多く、測定には工夫が必要である。今回は頸部の動きを最小限にするためのヘッドレスト、プローブ固定のための調節式フレームとプローブホルダー、密着度を一定にするための定荷重ばねを用いて測定を行った。その結果、各牽引前の筋厚の級内相関係数は高いものとなった。今後も牽引療法の適応、牽引条件の変更などの判断のために、客観的な評価方法を考えていきたい。特に超音波診断装置は非侵襲的な検査法であり、その特徴を生かし、理学療法の評価技術の一つとして用いられるよう研究を続けたい。

6. 文献

- 1) 国安勝司, 西本千奈美, 西本哲也 : 頸椎間歇牽引が皮膚血流, 皮膚温度に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌. 2001 ; 11(1) : 49-153.
- 2) 国安勝司, 古我知成 : 頸椎間歇牽引が頸部組織血流量と表面筋電図に及ぼす影響. 川崎医療福祉学会誌. 2007 ; 17(1) : 129-133.
- 3) 中村 壮大, 勝平 純司, 堀本 ゆかり, 磯 毅彦, 黒澤 和生 : 肩関節外転角度変化と重錘負荷の有無が棘上筋厚に与える影響. 理学療法科学. 2013 ; 28 (3) : 339-342.
- 4) Kim HI , Kim SY, Kim TY : Comparison of Changes in Abdominal Muscle Thickness Using Ultrasound Imaging during the Abdominal Drawing-in Maneuver Performed by Patients with Low Back Pain and Healthy Subjects. J Phys Ther . Sci2012 ; 24(5) : 383-385.
- 5) Morse CI, Degens H, Seynnes OR, et al : The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. J Physiol. 2008 ; 586 : 97-106.
- 6) Mizuno T, Matsumoto M , Umemura Y : Viscoelasticity of the muscle-tendon unit is returned more rapidly than range of motion after stretching. Scand J Med sci Sports. 2013 ; 23 : 23-30.
- 7) Nakakura M , Ikezoe T , Takeno Y, et al : Acute and prolonged effect of static stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit in vivo. J Orthop Res. 2011 ; 29 : 1759-1763.

終章 まとめ

先にも述べたが、本研究は、我々理学療法士が行える非侵襲的な方法で健常人に対する頸椎間歇牽引の影響を調べ、その結果から効果判定に用いることのできる評価方法を見つけ出すことを目的に行った。第1章では、皮膚血流、皮膚温度を測定したが、個人により反応が異なるため、平均値のみでなく各測定値の経時的変化や波形の解析が必要になると考えた。皮膚血流計や皮膚温度計を臨床的に用いることはそれほど難しいことではないと考えるが、測定値を客観的データとして治療効果の判定に用いる場合には、やはり患者のデータの特徴を把握した上で治療前後の比較をしなければならない。また対象者が20歳前後と若く、頸部の柔軟性があり、今回の条件による頸椎牽引の刺激は頸椎周囲の伸張にそれほど効果を示してしない可能性もあり、今後牽引力、牽引角度、牽引肢位などの条件を変化させ比較、検討をする必要があると考えた。第2章では、皮膚血流量、組織血流量、筋電図周波数スペクトル解析による中間周波数により3つの牽引量による頸椎間歇牽引の効果を評価したが、効果的な牽引量を特定するまでの結果とはならなかった。測定結果は個人差が大きく臨床的な評価の難しさをあらためて感じた。牽引療法の過去の研究の再検証では、その効果の有無は証明されていないとされており、個人差の大きさがその原因のひとつとなっていると推測する。しかし、実際に牽引により症状の改善がある患者は多い。そういった患者に、より効果的な牽引療法を提供するためにも、まず健常人での基礎的なデータ収集は必要と考えた。第3章では、超音波診断装置を用い、筋厚の変化率を筋硬度の指標として、牽引療法が頸部筋に与える影響を調べることができた。5kgの牽引力で頭板状筋の筋厚の変化率に増加が認められ、牽引力は大きくなくても頭部の重さを除くことで、頸部筋のリラクセ

ーションが生じ、筋硬度の低下につながったと考えられる。今後は、今回使用した超音波診断装置による筋厚の測定を用いた指標で、牽引量や治療時間、および牽引・休止のサイクルなどの条件を変え検証が必要である。第4章では、超音波診断装置のプロープの固定および測定肢位に工夫を加え、頚椎間歇牽引前および牽引中の頸部筋の状態を直接比較することができるよう、3種の牽引力（5kg, 8kg, 11kg）で僧帽筋と頭板状筋の筋厚の変化を測定し比較した。その結果、両筋とも5kgでは変化はなかったが、頭板状筋が8kgでも筋厚および筋厚比に有意な差を認めた。これは筋走行から考えると僧帽筋より牽引により直接的に伸張されやすい筋であるためと考える。今回の結果から、超音波診断装置を用いれば牽引中の頸部筋の状態が直接に画像で確認でき、筋走行など解剖学的な位置関係を配慮して効果的な牽引力や牽引方向などの設定が可能になると考えられた。今後は、超音波画像の描出方法にさらに工夫を加え、異なる牽引角度でも再現性のある画像を描出できるよう検証が必要である。

頚椎間歇牽引療法を実施する場合は、牽引量、治療時間および牽引・休止のサイクル、牽引角度、肢位などいくつもの要素を考えなければならず、それが治療効果の判定の難しさにつながっており、効果について疑問視されている原因のひとつと思われる。繰り返しになるが、そのためには、効果判定に用いる評価方法を見つけ出さなければならない。今回、さまざまな項目を測定し、頚椎間歇牽引が与える影響について検証を行ったが、皮膚血流量、皮膚温、組織血流量、組織酸素飽和度など血流に関する測定値は個人差が大きく、一定の傾向を見出すことは難しかった。ただし、今回得られた健常人の測定値と、実際に頚椎間歇牽引療法を受けている患者の測定値の比較ができれば、効果判定が可能な評価項目となる可能性はある。また、超音波診断装置を用いることで牽

引の影響を直接確認できたことは、効果的な牽引力や牽引方向などの設定が可能になると考えられる。今回のように筋だけでなく、骨を指標とした描写方法を工夫できれば、牽引力が働いている部位の特定ができ、より効果的な牽引の方法が決定できると考えられる。今後も非侵襲的な方法を用い、牽引量や治療時間および牽引・休止のサイクルなどの条件を変えて効果判定ができる評価方法の検証を続け、さらに実際に患者に適応してより臨床的な研究を続けたい。

謝辞

本論文の作成にあたり、ご多忙の中、懇切丁寧なご指導を賜りました渡邊 進教授をはじめ、井上桂子教授、古我知成教授に心から感謝の意を表します。また、本研究の実施に際し、お力添えをいただきました川崎医療福祉大学リハビリテーション学科の諸先生方と、快く被験者としてご協力いただきました本学科学学生の皆様に深く感謝申し上げます。