

前鋸筋およびその関連筋の比較解剖学的研究

— ニホンサル と ヒト —

土岐彰太, 豊瀬しのぶ

要旨

[はじめに]本研究は、ニホンサルとヒトの比較解剖を通し、前鋸筋およびその関連筋である肩甲挙筋・菱形筋の形態学的特徴を観察した。[対象・方法]成体雄ニホンサル(3体3側)、ヒト男性ご遺体(2体2側)を対象とし、前鋸筋各部及びその関連筋の構造・神経支配の様子を観察して比較した。[結果]ヒト前鋸筋は上部・中部・下部に分けられ、中部の筋束は薄く、下部は厚く発達していた。ニホンサル前鋸筋には明確な区画がみられず、頸椎から起こる筋束(ヒト肩甲挙筋に相当)が前鋸筋の一部となり、ヒトには存在しない前・後環椎肩甲筋がみられた。肩甲骨神経は、ヒトの場合は肩甲挙筋・菱形筋を支配する神経だが、ニホンサル前鋸筋の頸椎からおこる筋束は、この神経の支配を受けていた。[考察]ニホンサルは四足歩行のため、前鋸筋は抗重力筋としてはたらく比重が高い。ヒトは二足歩行へ進化し、前鋸筋は肩関節運動時の肩甲骨の運動・安定にはたらく役割が増し、各区画の機能分化が進んだ。ニホンサル前鋸筋の頸椎からおこる筋束は、肩甲挙筋の未発達なものと考えられる。

背景

機能障害の原因を解剖学的知識に基づいて正確に捉えることは、質の高い理学療法の提供につながる。食事、整容、更衣などのADL障害の原因となりやすい肩関節疾患は、臨床でも多く遭遇し、肩関節に関する基礎知識は重要である。肩関節の運動において、肩甲骨の運動は必要不可欠であり、僧帽筋・小胸筋・前鋸筋・肩甲挙筋・菱形筋など様々な筋が関与している。その中でも、前鋸筋は長胸神経により支配され、この神経の障害は翼状肩甲と呼ばれる症状を呈する。一般的に翼状肩甲を呈する症例では、頸部から肩甲部にかけての痛み、外転運動の可動域制限、僧帽筋萎縮などが認められるものが多い¹⁾。また、前鋸筋は軽度の麻痺でも、正常な肩の関節包内運動が阻害されうる²⁾といわれている。したがって、前鋸筋の機能障害は、ADLの大きな阻害因子になりやすく、理学療法の必要性が高いと考えられる。しかし、胸筋群・僧帽筋と比べると、前鋸筋に関する報告は少ないというのが現状である。

前鋸筋麻痺の原因は、長胸神経の切断のほか、中・後斜角筋、第2肋骨、筋鞘による神経の圧迫・牽引など様々である。臨床では、頸椎症(C5・C6で多発)により麻痺が見られる場合が多い³⁾。今回私たちは、前鋸筋麻痺の病態・原因を

正確に捉えられるようになるためにも、前鋸筋の形態・神経支配に着目して研究を行った。また、前鋸筋・肩甲挙筋・菱形筋の3筋は、肩甲骨内側縁で線維性結合組織により連結しており、上肢挙上において働く前鋸筋は他の2筋と共同するという報告もある⁴⁾ため、肩甲挙筋・菱形筋の調査も同時に行った。

目的

前鋸筋は第1~9肋骨から起こり、胸郭の外側面を覆いながら後上方に走り、肩甲骨と胸郭との間を通して肩甲骨の内側縁に付く幅の広い筋である⁵⁾。また、停止部の形態の差から、前鋸筋は上部・中部・下部に分けられる。上部は肩甲骨上角につく部分で、発達が良く厚い。中部は肩甲骨内側縁全体につく部分で、発達は貧弱で薄い。下部は肩甲骨下角に集中する部分で、発達がもっとも良い⁶⁾⁷⁾。前鋸筋の作用は、上部は肩挙上時の肩甲骨回旋運動の安定性、中部は肩甲骨外転、下部は肩甲骨外転・上方回旋・後方傾斜であるといわれている⁸⁾。しかし、前鋸筋の形態学的特徴に関する報告は、胸筋群・僧帽筋と比べ、少ないというのが現状である。とくに、前鋸筋の支配神経である長胸神経の神経根の構成パターンに関しては、報告者によりその結果が異なっている⁹⁾¹⁰⁾。また前鋸筋、肩甲挙筋・菱形筋と3

筋の関係についてもまとまった研究は多くない。

一方、ヒトとサルは、同じ霊長目に属し、身体の構造に多くの類似性が見られる。しかし、ヒトは直立二足歩行、サルは四足歩行と基本姿勢をとる点に決定的な違いがあり、この違いは、とくに運動器である骨格や筋の形態や機能に大きな影響を及ぼしている。例えば、肩甲骨周囲筋については、サルでは頭・頸・背菱形筋、前・後環椎肩甲筋など、ヒトには見られないものがあり、それらの呼称や形状も異なっている¹¹⁾¹²⁾。

今回、私達はヒトにおける肩甲骨周囲筋の特徴を明らかにするために前鋸筋を中心に菱形筋、肩甲挙筋の形態、支配神経およびその神経根構成について、ニホンサルとの比較解剖学的研究を行った。なお、ヒトとサルの前鋸筋および関連筋の呼称、支配神経根の比較を表1に示した。サル前鋸筋はしばしば腹鋸筋と呼ばれることがあるが、今回は前鋸筋として統一した。

ヒト		ニホンサル	
筋	支配神経	筋	支配神経
肩甲挙筋	C3~4	前・後環椎 肩甲筋	C3~4
大菱形筋	C4~5	背菱形筋	C3~6
小菱形筋	C4~5	頸菱形筋	C3~6
(後頭菱 形筋)	C4~5	頭菱形筋	C3~6
前鋸筋	C5~7	前鋸筋 (腹鋸筋)	C6~8

表 1 ニホンサルおよびヒトの肩甲骨周囲筋と支配神経根の比較

対象と方法

対象:神経学的研究に使用された後、長期間10%ホルマリンで保存された成体雄ニホンサル(3体3側, 右側2例・左側1例, それぞれをNo. 1~No. 3とした), および2012年度長崎大学歯学部解剖実習に供された男性ご遺体(2体, 右側, 平均年齢76歳)を対象とした。

方法:ニホンサルについては、まず頸部から肘部・腹部にかけて、腹側・背側ともに表層の皮膚、筋群を剥離し、前鋸筋、菱形筋、肩甲挙筋、腕

神経叢および長胸神経を剖出した後、これら筋の形態・神経の走行を観察した。次いで、前斜角筋・中斜角筋・腕神経叢を切断し、長胸神経の根部を剖出し、頸神経根の構成を観察した。その後、前鋸筋・菱形筋を連結させたまま体幹から取り外し、長胸神経・肩甲背神経の走行、前鋸筋の各部への筋内分布を、実体顕微鏡(OLYMPUS SZX9, Nikon SMZ-10)で観察し、デジタルカメラ(図1)およびスケッチによって記録した。ヒトについては、長崎大学歯学部の学生解剖実習の進行度合いに応じ、前鋸筋の形態、長胸神経の走行、肩甲挙筋・菱形筋の形態、肩甲背神経の走行をそれぞれ観察し、スケッチにより記録した。



図 1 取り外した前鋸筋、菱形筋と支配神経 (ニホンサル No. 3, 前面)

結果

1. 前鋸筋

ニホンサル前鋸筋(図1, 2, 3)は、第1~9肋骨から起こり、肩甲骨内側縁全体に停止していた。明確な筋の区画はみられず、筋の厚さもほぼ一定していた。また、ヒトにおいては肩甲挙筋が起始する部位の頸椎から起こる筋束も、前鋸筋の一部となっており、肩甲骨上角付近に停止していた。長胸神経の頸神経根構成は、3側でそれぞれC5~7, C6~8, C6~7であった(図4)。図は根部の走行をスケッチしたものであり、分岐部の走行は各個体で若干変異がみられる。長胸神経の筋内侵入は、起始側の約1/3にあたる部位で確認され、侵入後は停止側へ向かって走行し

ていた。長胸神経は前鋸筋各筋束に分布するが、その枝の数は若干下部の方が多かった。上部では、根部からの独立した枝の侵入も確認された。

ヒト前鋸筋(図5)は、第1~9肋骨から起り、肩甲骨の三角・内側縁全体・下角に停止していた。また、停止部の形態の違いから上部・中部・下部に分けられ、中部が薄く、下部が発達していた。長胸神経の頸神経根構成は、2体ともC5~C7であった。長胸神経の走行は、下部の起始側・停止側へ分かれていた。長胸神経の前鋸筋への分布は、下部の方が多く、他部位の分布は比較的少なかった。上部では、根部からの独立した枝が分布していた。

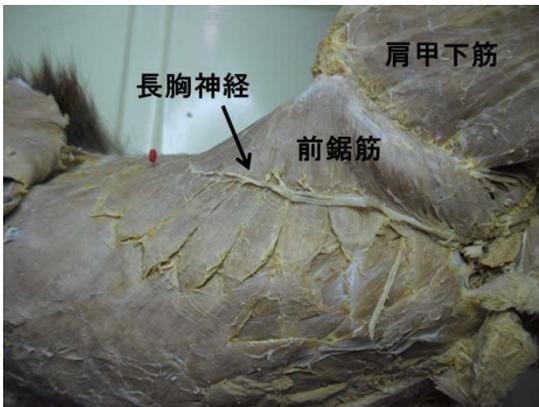


図2 前鋸筋と長胸神経(ニホンサル No. 1)

2. 肩甲挙筋, 菱形筋

ニホンサルにおいては、ヒト肩甲挙筋に相当する前・後環椎肩甲筋, ヒト大・小菱形筋に相当する背・頸菱形筋および頭菱形筋がみられた。肩甲骨背神経の頸神経根構成は、それぞれC3~C5, C3~C6であった(図6)。肩甲骨背神経の走行は、長胸神経と共通の根部からも分岐し、前面から独立した枝が前鋸筋の頸椎から起る

筋束へ分布していた。その後、独立した枝は背内側へ回り、菱形筋へと分布していた(図7)。

ヒトにおいては、肩甲挙筋は3束で構成されており、1体では異常筋束がみられた。この異常筋束は、停止部である肩甲骨三角を越えて、菱形筋と前鋸筋の間の筋膜へ広範囲に付着していた。肩甲骨背神経の走行は、根部からすぐに肩甲挙筋の背内側へ回り、筋束に沿って枝を出しながら下行し、そのまま小・大菱形筋の背内側へ下行し、枝を出していた(図8)。

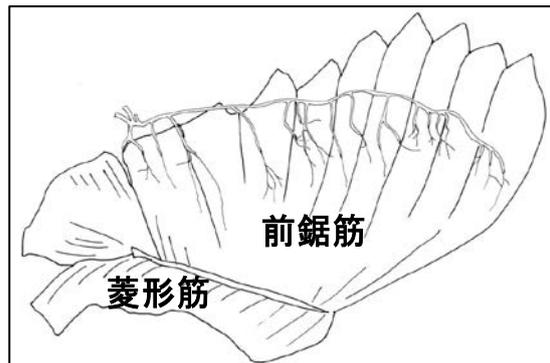


図3 前鋸筋(ニホンサル No. 1, 前面)

考察

1. 前鋸筋の機能分化

ニホンサルが前肢による支持を行う際、図9のように、支持となる前肢から肩甲骨・前鋸筋を介し、体幹をつりさげるような構造となっている¹³⁾。このように、ニホンサルを含む四足歩行動物の前鋸筋は、抗重力筋としての役割が大きい。ニホンサル前鋸筋の筋線維タイプ構成は、遅筋線維優位の部位が多くみられる¹⁴⁾との報告もあり、これは前鋸筋が抗重力筋としての働きを示すと考えられる。またヒト前鋸筋は、上部・中部・下部に明確に区分されており、中部の筋束は薄く、下部は

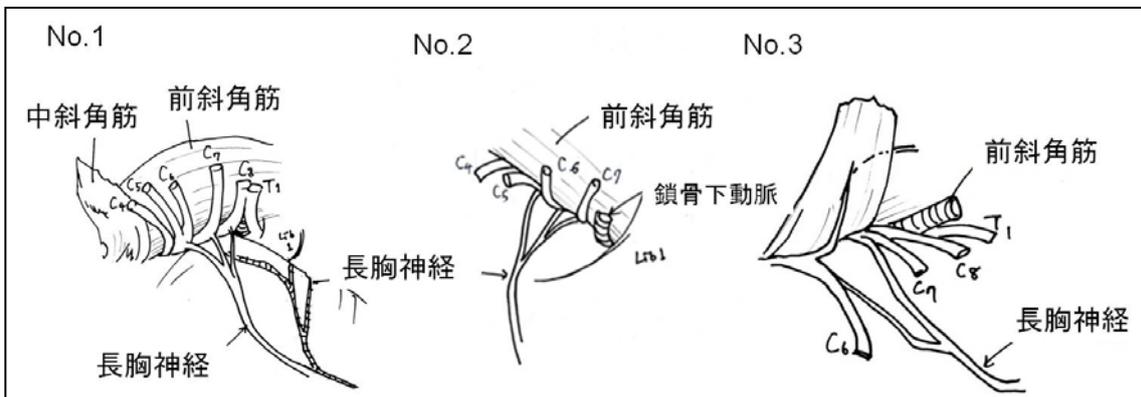


図4 長胸神経の根部(ニホンサル)

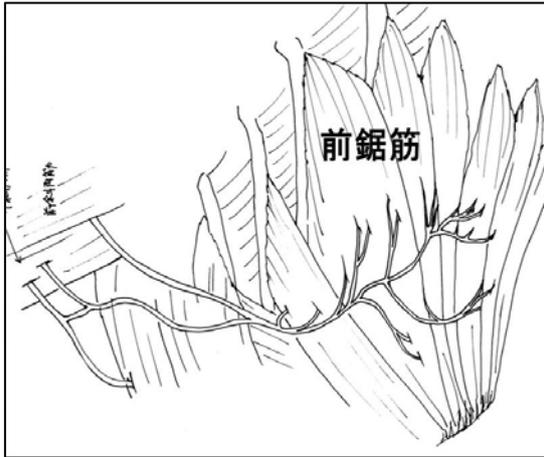


図5 前鋸筋および長胸神経の分布(ヒト)

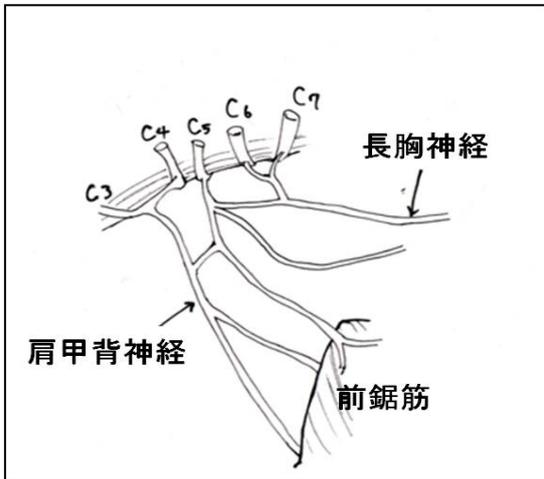


図6 肩甲骨神経と長胸神経の根部
(ニホンサル No. 2)

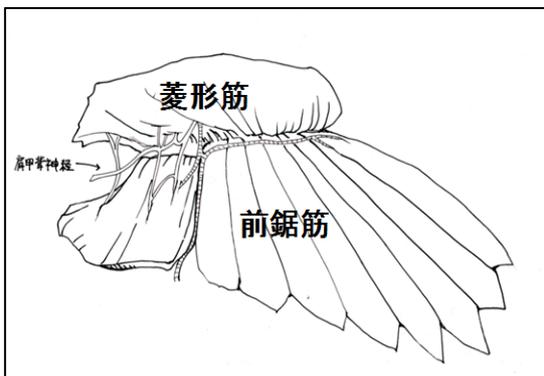


図7 肩甲骨神経の走行
(ニホンサル, No. 3, 背面)

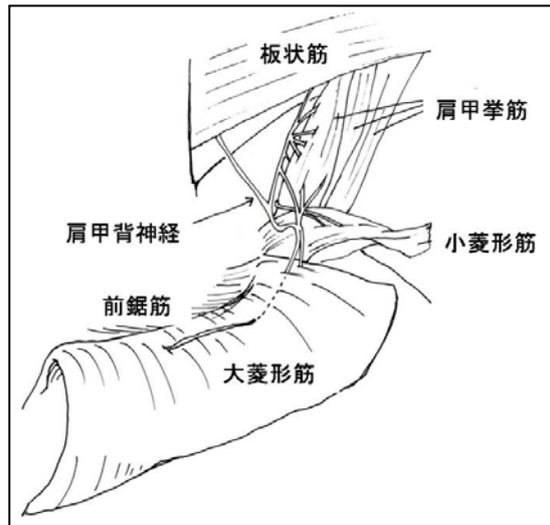


図8 肩甲骨神経の分布(ヒト, 背面)

く発達していた。一方、ニホンサルにおいては、明確な筋の区画がみられず、頸椎から起こる筋束(ヒト肩甲挙筋に相当)が前鋸筋の一部となっていた。また、ヒトには存在しない前・後環椎肩甲筋がみられた。ニホンサルの頸椎から起こるヒト肩甲挙筋に相当する筋束も、四足歩行の影響を受けている。この筋は肩甲骨の“挙上”というよりは、前鋸筋と同様に抗重力筋としての働きが強い。その代わりに、ニホンサルは前・後環椎肩甲筋といった特有の筋を持ち、肩甲骨挙上に作用すると考えられる。このような筋の形態の違いについては、ニホンサルは四足歩行、ヒトは直立二足歩行という基本姿勢の違いによるものと考えられる。二足歩行を獲得したことによってヒトの鋸筋は抗重力筋としての役割から解放された。そのため前鋸筋は、可能になった上肢の多彩な運動に対応し、肩関節運動時の肩甲骨の運動および安定をになう役割が大きくなり、その結果各区画の形態の違いや機能分化が進んだと考えられる。

2. 肩甲挙筋, 菱形筋

肩甲骨神経は、ヒトの場合は肩甲挙筋・菱形筋を支配する神経である。しかし、ニホンサル前鋸筋の頸椎からおこる筋束は、この神経の支配を受けていた。

五十嵐ら⁴⁾による、前鋸筋, 肩甲挙筋, 菱形筋の形態形成過程を図10に示した。この説による

と、肩甲挙筋、菱形筋、前鋸筋は共通の一塊の胚から分化したものであり、各筋は C3~C7 の神経根で共通に支配を受けているという。

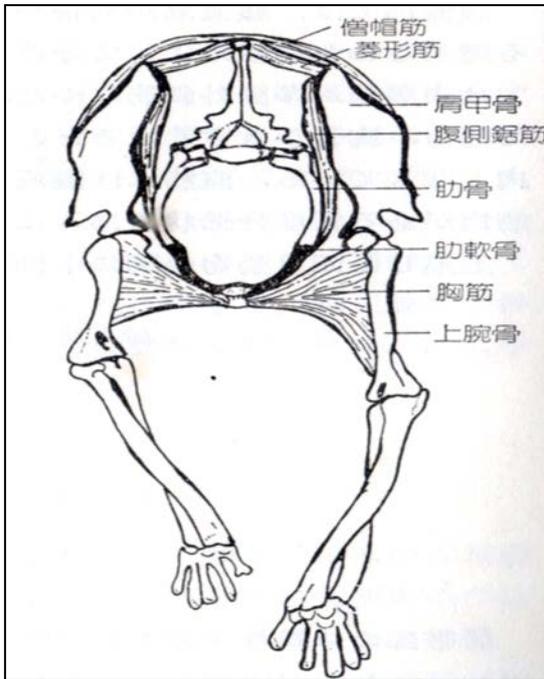


図 9 前肢による支持 (A. S. ローマーら, 1983)

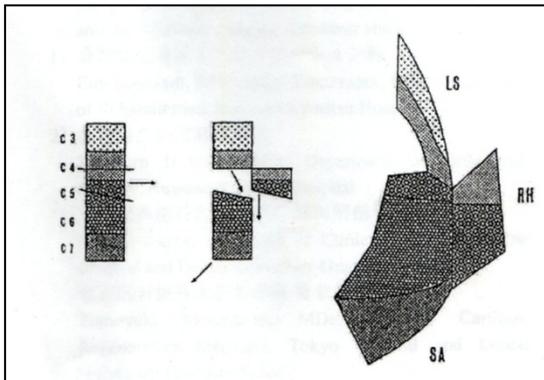


図 10 前鋸筋・肩甲挙筋および菱形筋の形態形成過程 (五十嵐絵美ら, 2008)
LS:肩甲挙筋 RH:菱形筋 SA:前鋸筋
C3~C7: 第 3~7 頸神経根

このように共通の神経根によって支配される 3 筋は、肩甲骨の運動時に、共同して働くことが可能である。また系統発生学的には、サルやヒトなどの霊長類以外の動物では、前鋸筋と肩甲挙筋は連続したものであると報告されている¹⁵⁾。つまり、ニホンサル前鋸筋の頸椎から起こる筋束は、

本来ヒト肩甲挙筋の未発達なものであるという見方ができる。

3. 前鋸筋各部

ヒト前鋸筋上部への長胸神経の分布は、肩甲挙筋への肩甲背神経の分布に類似している¹⁵⁾との報告がある。本研究においても、確かにヒト前鋸筋上部へは、中部・下部へ向かう枝とは独立して分布する長胸神経の枝が観察された。

ヒト前鋸筋上部は肩甲骨の安定に働き、機能的にも肩甲挙筋と類似している。したがって、ヒト前鋸筋上部に分布する独立した枝は、肩甲背神経に近い性質、特徴をもち、上部筋束は肩甲挙筋と前鋸筋の中間的存在であると考えられる。

中部に関しては、ヒトでは著しく薄く、神経の筋内侵入も乏しくなっていた。この理由として、比較解剖学に基づいた説が提唱されている¹⁵⁾。爬虫類・鳥類・単孔類・コウモリやハリネズミなどの哺乳類では、前鋸筋は 2 つの部分(頭部と尾部)に分かれており、中部筋束は存在しないという。また Nasu ら¹⁵⁾の報告では、中部が筋質ではなく、結合組織で成り立っているヒトの例も確認されている。ヒト前鋸筋中部は、発達の過程で特別に分化した可能性が考えられる。

下部に関しては、ニホンサルおよびヒトともに神経の筋内侵入枝が最も多く、筋も比較的発達していた。これは肩甲骨の外転・上方回旋において、下部筋束がより作用することを示すと考える。また、Nasu ら¹⁵⁾の報告では、ヒト 5 体 10 側全例において、前鋸筋下部に分布する肋間神経の枝が確認された。これは前鋸筋下部が体幹の要素に関連する可能性を示唆している。また、発生学的な研究によると、鳥類などの肩甲骨周囲の筋は、体幹と同じ体節に起源するという。以上の事実は、前鋸筋下部は体幹の要素に関連することを示唆している。Braus の報告によれば、前鋸筋下部は呼吸や姿勢維持に影響を与える肋骨から頸椎への直線的な構造を形成しており、この連結は肩甲骨上方回旋における前鋸筋および大菱形筋の関係に影響する重要な構造であるとしている。

現在、前鋸筋が呼吸補助筋として働くか否かという問題が注目されている。この点に関して、前鋸筋が肋間神経によって支配される可能性を

示唆した上述の Nasu ら¹⁵⁾の報告は注目に値する。しかし、肋間神経の枝が運動性ないし感覚性ニューロン、どちらを含むのかいまだ明らかにはなっておらず、今後のさらなる研究が必要とされている。

以上、総合すると前鋸筋上部は肩甲挙筋に近い意義をもつ筋束であり、機能や神経分布も類似している。下部は肩甲骨の運動における主要な機能をにない、中部は上部と下部を連結するために発達してできたものだと考えられる。ヒト前鋸筋は、中部による肩甲骨の外転運動よりも、下部による肩甲骨上方回旋運動により強い力を発揮するが、上記の考えはこのことと何らかの関連性を有すると考えられる。

まとめ

ニホンサルは四足歩行のため、前鋸筋は抗重力筋として働く比重が高い。ヒトでは二足歩行の

獲得によって前鋸筋は抗重力筋としての役割から解放された。その結果、ヒト前鋸筋は上部・中部・下部に分かれ、各筋束は発達の過程から異なる形態・神経分布をとり、機能分化が進んだ。この発達の過程において、上肢の運動における比重が高まった影響は大きいと考えられる。

最後に、理学療法士は臨床において、患者の機能障害を即座に把握し、病態に応じた的確なアプローチを行うことが求められる。本研究で得られた前鋸筋、肩甲挙筋、菱形筋の形態学的知見は、翼状肩甲などの肩甲帯周囲の機能障害を治療する上で、意義があるものと考えられる。

謝辞

今回の研究にご協力していただいた加藤教授、長崎大学歯学部顎顔面解剖学分野の諸先生方、深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 北村貴弘, 三浦裕正: 当科における翼状肩甲症例の検討. 整形外科と災害外科. 1998;47(4): 1147-1149.
- 2) Donald A. Neumann(著), 嶋田智明, 平田総一郎(訳): 筋骨格系のキネシオロジー, 医歯薬出版, 東京, 2011:136-136.
- 3) 北野英基, 白木正孝: 臨床内科医が診る危険な肩こり. 日本臨床内科医会会誌, 2007;22(2):146-146.
- 4) 五十嵐絵美, 浜田純一郎, 他: 肩甲挙筋, 前鋸筋, 菱形筋の機能解剖学的研究. 東北理学療法学. 2008;20:65-67.
- 5) 藤田恒太郎: 人体解剖学(改訂第42版). 南江堂, 東京, 2009:132-132.
- 6) 佐藤達夫: 肩周辺の複雑な筋の配置を形態学的に解析する-肩甲筋の歴史的背景の理解のために-. 理学療法. 2003, 20(7), 709-718.
- 7) 佐藤達夫, 加藤清忠: 肩関節周囲の筋配列を神経支配から考える. The Journal of Clinical Therapy. 2011;14:1-13.
- 8) Hamada J, Igarashi E, et al: A Cadaveric Study of the Serratus Anterior Muscle and The Long Thoracic Nerve. J Shoulder Elbow Surg. 2008; 17(5):790-794.
- 9) Bertelli JA, Ghizoni MF: Long Thoracic Nerve: Anatomy and Functional Assessment. The Journal of Bone&Joint Surgery. 2005; 87-A(5):993-998.
- 10) Yazar F, Kilic C, et al: The Long Thoracic Nerve: Its Origin, Branches, and Relationship to the Middle Scalene Muscle. Clinical Anatomy;2009;22(4):476-480.
- 11) Richmond F. J, Singh K, Corneil B. D. : Neck Muscles in the Rhesus Monkey. I. Muscle Morphometry and Histochemistry. 2001;86(4):1717-1728.

- 12) Nagashima S, Miyauchi R: The Anatomy of the Muscular System in the Formosan Monkey / editorial supervision. Nagasaki University, Nagasaki. 2006:34-102.
- 13) ローマー AS, パーソズ TS (著), 平光厲司 (訳): 脊椎動物のからだ<その比較解剖学>第5版. 法政大学出版局, 東京, 1983, 236.
- 14) 小島龍平: ニホンザル腹鋸筋の筋線維タイプ構成. 第66回日本人類学会大会プログラム・抄録集 P-01. 2012.
- 15) Nasu H, Yamaguti K, et al: An anatomic study of structure and innervation of the serratus anterior muscle. Surg Radiol Anat. 2012;34(10):921-928.

(担当教員: 加藤克知)