拘縮に関する実験的研究

主として固定包帯時の筋の組織学的所見と 毛細血管像に就て

日本医科大学整形外科教室 (主任 伊藤忠厚教授)

倉 本 一
Hajime Kuramoto

I 緒 言

固定包帯は整形外科領域の種々の疾患の治療に重要な地位を占めている。1852 年蘭人 Mathysen によりギブス固定包帯が完成せられてからは、その固定力の確実さと手技の簡便さからますますその応用は広範囲のものとなり、Schanz¹⁾ は “Ohne Gips keine Orthopädie” とまで述べている。しかしながら同時にこれら固定包帯による固定性筋拘縮、神経麻痺、高度の循環障害等の合併症も又見られる所であり、特に固定性筋拘縮は我々が日常しばしば経験し、長期固定を要するものにおいては必然的な、また難治なものとして我々を悩ますものである。

固定性筋拘縮の発生機転ならびにその本態については今日まで多くの研究成績の発表を見るが、それぞれ臨床的ならびに実験的根拠に基きその見解を異にし、たがいに相反する学説を主張するものも多いが、その説を大別すると、後に文献的考察にてのべる如く純筋性説、神経説、ならびに神経筋性説とに分けられるが、今日に於ては筋と神経との両者に相関聯して固定性筋拘縮の発生を見るものとの考えが強い様である。

この様な場合固定包帯が如何なる機転をもつてその様な筋および神経の変化を招来せしめるのか、その筋および神経の変化に影響を及ぼしているであろうと考えられるものに不働筋肢位の持続と圧迫による血液ならびに淋巴液の循環障害をあげる事が出来よう。

Wilhelm Fick²⁾ (1927) の主張した筋線維の機能的適合作用説によると不働筋肢位の持続は固定肢筋に短縮および萎縮をもたらすものであるが、この外に随意筋運動停止の結果は血液ならびに淋巴液の環流を不良ならしめて固定包帯の圧迫作用による血液ならびに淋巴液の循環障害を一層増強すると述べている。

以上の如く固定包帯は常に或程度の循環障害を伴うものであるが、之は単に拘縮発生の第一要因であるのみならず臨床床上にも直接疾病の治療機転に影響をおよぼすものであるから、固定包帯時の局所血行状態の如

何は我々の寸時もゆるがせになし得ない重要なことと言えよう。

塩津³⁾ (1943) は血管は血液供給の通路であるから血管の拡張、収縮、血管新生等の諸現象は身体の適応現象として末梢組織の栄養保持の必要に応じて発現するものであり、したがって固定包帯によつて末梢組織が長期間の貧血、充血、うつ血状態を保つとすれば、当然これに対する影響として血管壁自体にも何等かの変化が惹起せられ、また循環障害の程度ならびに持続期間に併行して血管壁の変化も増大すべきであるとの想定のもとに、固定包帯の末梢血管におよぼす影響について実験的研究を行つているが、其の実験に於て固定包帯により動静脈の末梢血管に退行変化ならびに血管壁の肥厚を起し、血管壁の変性所見から末梢程高度であり、主幹動静脈の循環障害が永続するときはこれに伴う血管ならびに毛細血管の代償的発達を促し、管腔の拡張あるいは管壁の肥大と共に毛細血管の新生を見たと述べている。塩津氏が報告した如く固定包帯によつて末梢血管が影響せられ変化を示すならば筋肉の毛細血管も当然影響をうけて変化し、毛細血管像も種々なる像がみられるべきことは想像に難くない。

私はかゝる見地の下にギブス固定包帯施行時の筋肉内毛細血管が如何なる変化、如何なる像を示すか解剖学的組織学的検索をなし、その機転について検討を試みた。

II 実験材料と実験方法

実験用動物としては飼育がしやすく、丈夫な成犬を選びギブス固定包帯を汚染する度合の少い牡犬を用いた。体重は基準を 12 kg に置き 10 kg ないし 14 kg 迄のものとし、毛の長いものとか、肢長が短く固定しにくいものをさけた。

固定材料としては当教室で治療に用いているギブス包帯、綿包帯と犬がギブス包帯を咬み砕くことを防ぐために約 4 cm 幅の金網を用い塩酸モルヒネ 0.5 cc/kg を注射麻酔し、注射後 30 分、後肢の周囲径を測定し、次

いで毛の長いものならびに密生している部分は適当に剪毛し、右後肢趾先 1/3 を残して出来るだけ大腿上部迄を包帯範囲とした。膝関節屈曲位 (約 160 度)、足関節伸展位 (約 130 度) で綿包帯、ギプス包帯、金網、ギプス包帯の順に巻いた。金網は犬の咬みやすい大腿上部断端と趾先部断端に用いて重量の増加をきたさぬ様注意し、ギプス固定包帯の緊縛度は我々が治療における程度を基準として、薄く巻き 5~6 層とした。ギプス包帯固定後趾先露出部の腫脹、浮腫に注意をし、2~3 日後趾先露出部に軽度の浮腫を惹起し、皮膚はわずかに充血して赤味を増す程度のものを基準として基準以上の腫脹を来せしものは除外した。

長期固定を行つたものは下肢の消瘦により滑脱するのを防止するためとギプス包帯固定の不十分となるのをさけるために出来るだけ早期に巻換えを行つた。

III 観察方法

ギプス包帯固定期間中は出来るだけ毎日趾端の血行状態を観察しつゝ、研究計画として立てたギプス包帯固定期間 1 週、2 週、3 週、4 週、8 週の後にギプス包帯固定を除去して、非固定肢を対照に固定肢の筋拘縮の模様、栄養障害の有無を精査してから直ちに青酸加里にて屠殺剖検した。

肢の離断は股動脈、股静脈、前脛動脈、前脛静脈、後脛動脈、後脛静脈、大伏在静脈、小伏在静脈を夫々確実に結紮したのちに、股関節ならびに足関節より離断し、出来る限り血液の流出を防止する様注意をはらつた。

固定は 15% ホルマリン液にて約 1 週間浸漬固定し、膝関節屈曲主動作筋の大腿二頭筋、半膜様筋、半腱様筋、膝関節伸展主動作筋の大腿直筋、足関節足底側屈曲主動作筋の腓腹筋、ヒメウ筋、足関節背側屈曲主動作筋の前脛骨筋より大体同じ様な位置より各筋片を採取して組織学的検査を行つた。

1. 毛細血管表現法としての和氣—Campbell 氏⁴⁾ Benzidin 染色

2. H.E. 染色

和氣—Campbell 氏 Benzidin 染色標本は保存困難なため顕微鏡写真として保存した。

IV 実験成績

A 一般所見と剖検所見 (表 1)

1. 1 週間ギプス包帯固定群

ギプス包帯固定後 3~4 日後より趾端露出部の静脈わやゝ怒張し、皮膚は少しく暗赤色をおびる様になるが、1 週間後にわその度を増している。ギプス包帯除去後の皮膚を見るに非固定肢と対照して余り変化はみ

表 1 固定期間と筋拘縮、固定肢消瘦との関係

動物番号	色	固定期間	筋 拘 縮	固定肢の消瘦 (%)
No. 1	黒	2 週間	+	12.3
No. 2	茶	8 週間	卅	31.2
No. 3	黒	趾端部壊死を起す		
No. 4	茶	3 週間	++	13.8
No. 5	茶	趾端部を咬みきり固定不充分 (対照例)		
No. 6	白	1 週間	±	9.2
No. 7	茶	4 週間	++	19.5
No. 8	茶	8 週間	卅	26.6
No. 9	茶	固定 40 日後ギプス滑脱 (対照例)		
No. 10	白	4 週間	++	24.0
No. 11	茶	2 週間	+	11.9
No. 12	黒	固定 16 日後ギプス滑脱 (対照例)		
No. 13	茶	固定 12 日後死亡		
No. 14	白	3 週間	++	14.6
No. 15	黒	固定 4 日後ギプス滑脱 (対照例)		
No. 16	茶	1 週間	+	9.4

られないが、やゝ貧血様色調をおびている。固定性筋拘縮は少しく見られ、その程度は非固定肢と対照して膝関節、足関節の他動的屈伸に際していくらかの反撥性抵抗を感じる位である。

筋の硬度は非固定肢と比較して変化は見られず、筋の萎縮も著明でないが周囲径の測定に於て非固定肢より平均 9% の消瘦を見た。

皮下動静脈は非固定肢と対照してやゝ怒張し、水腫様変化がみられた。皮膚の剝離は殆んど非固定肢と対照して変化なく容易に剝離することが出来、筋の光沢も殆んど正常に近く、筋膜にわずかな浮腫様変化がみられた。

2. 2 週間ギプス包帯固定群

趾端露出部にみられた静脈の怒張は 1 週間固定群より増加し、ギプス固定後 2 週間前後を頂点として段々減少する。趾端露出部の皮膚は暗赤色の度を増しているがやはり静脈の怒張の減退と共に減少する。

ギプス包帯除去後の皮膚は少しく脱毛しやすくなり、固定性筋拘縮も明らかになつて膝関節、足関節の他動的屈伸に際して明らかに反撥性抵抗を感じる。

筋の硬度は少しく減少し、筋萎縮も触診上認められ、筋力の減退も現われ、周囲径の測定において非固定肢より平均 12% の消瘦を見た。

皮下動静脈は怒張し、1週間固定群と比較して明らかにその度を増し、水腫が著明にみられた。皮膚の剝離は非固定とは勿論、1週間固定群と比較してもやゝ困難となり、少しく菲薄化し脱毛しやすくなって下床との移動性はやゝ減少している。筋膜は浮腫性濁濁を示し、筋肉は萎縮が著明で正常光沢を失って少しく暗赤色をおびて来る。

3. 3週間ギブス固定群

趾端露出部の静脈の怒張は減少し、また全く怒張を見ないものもあり露出部に脱毛現象がみられた。固定肢の皮膚は弾力性を減じて脱毛が目立ち一部に表皮剝脱を来すものがあり滲出液を認めた。

固定性筋拘縮も著明であり、歩行時に固定肢を前外方に出して跛行する様になつて膝関節、足関節の他動的屈伸の際の反撥性抵抗はその度を増す。固定肢は非固定肢より平均 14% の削瘦をみた。

皮下動静脈は1,2週間固定群より怒張し、水腫も著明であり、皮下結締組織の増殖見られる様になる。皮膚の剝離も困難の度を増し皮膚の菲薄化がはつきりして皮膚と下床との移動性の減少が目立つ。

筋膜は少しく肥厚して白濁する様になり、筋肉の萎縮は強くなつて特に大腿伸筋および下腿屈筋に強く見られる様になり、正常光沢を失って暗赤色の度を増して来る。

4. 4週間ギブス固定群

1,2,3週間固定群の趾端露出部に見られた静脈の怒張は見られず、趾端露出部の脱毛が見られた。固定肢の皮膚は一部表皮剝脱して滲出液を認めるものもあるが乾燥して滲出液を認めないものもあつた。

固定性筋拘縮は益々著明で歩行時の固定肢を前外方に出しての跛行も顕著となり、膝関節、足関節の他動的屈伸の際の反撥性抵抗も短期固定のものより大である。

筋の硬度の減少も目立ち非固定肢より平均 21% の削瘦をみた。

皮下結締組織の増殖が著明となつて皮膚の剝離も益々困難の度を増し、皮膚の菲薄も強くなり、下床との移動性も相当に減じ特に表皮剝脱した部分に強く見られた。

筋膜は肥厚して白濁し、筋肉は益々光沢を失って暗赤色を呈する。

皮下動静脈の怒張もみられ短期固定群より強く、血管周囲結締組織の増加がみられる。

5. 8週間ギブス固定群

ギブス包帯固定除去後、趾端露出部は、1,2,3週間固定群に見られた様な静脈の怒張はみられず、固定肢の皮膚は弾力性に強い変化を示して減少し、脱毛現象も全体的に強く、束になつて脱毛する。

固定性筋拘縮も強度に発現して膝関節、足関節屈伸の際には強い反撥性抵抗を感じ、手を離すと速かに固定肢位に復する。

固定肢は周囲径の測定において平均 28% の削瘦をみた。

皮下動静脈は著しく怒張し、皮下毛細血管にも拡張ならびに充血がみられ、皮下結締組織の増殖も強度に現われ筋膜は肥厚白濁して血管周囲結締組織の増加のため、神経、血管との癒着をみる。皮膚は強度に菲薄化して癒着のため剝離困難となり、剝離に時間を要し、移動性も極度に減じている。

筋肉の萎縮も3,4週間固定群より見られた大腿伸筋、下腿屈筋は益々高度となり、この群では下腿伸筋にも高度にみられた。筋肉の光沢は強く失われて暗赤色を呈している。

B. H. E. 染色所見

対照例、各固定群について別表に記載し、筋収縮の度合を示したが、これは屠殺後切片を採取する時の肉眼的所見を参考にし、横紋の間隔（緻密度）、筋原線維の迂曲度、筋形質の Eosin 染色における濃淡度等から推定したもので勿論精密なものではなく、大体の程度を表現したものである。

1 非固定（対照）（表2）

筋膜に著変なし。筋組織は筋膜に近い浅部と筋束中央に近い深部では多少像が異なる。浅部は一般に筋線維がやゝ太く直走し、或は軽度の緩い迂曲を示し、Eosin の染色性は少々弱い。筋原線維は明瞭だが横紋が比較的不鮮明の事が多い。之等は収縮度がそれ程強くないための所見と思われる。筋線維鞘は菲薄な細線維で之に卵形、長橢円形の中等大核が見られ一列に筋線維表面に附着する如く点化している。

毛細血管は個々の筋線維間に微細に進入しているが赤血球を入れていないものも多く、其の内腔は不明で単に内皮細胞が細索状に走っている様に見える。赤血球を入れた毛細血管は表の如く極く稀であり、その赤血球は一列に並び、これを入れた毛細血管壁は極めて薄い。又間質の小動脈は収縮状で内腔が狭く、やはり殆ど赤血球を入れていない。静脈内には赤血球が充満している。これは恐らくは筋収縮によつて個々の筋線維間に微細に入込んでいる毛細血管内血液が静脈側に

表 2

		筋の浅部 深部の区別	筋線維の太さ	筋原線維	横 紋	筋線維の 収縮状態	筋線維の走向	筋線 維鞘	筋膜
非 固 定 H・E 所 見 (標 本 番 号 N N o o ・ 5)	大 腿 直 筋 (中央部)	浅 部	普 通	明 瞭	瞭明(緻密)	+	大体直走一部 軽 度 迂 曲	普通	普通
		深 部	普 通	ごく少数不明 瞭のものあり	瞭明(やゝ緻密)	++	軽 度 迂 曲	普通	
	大 腿 直 筋 (膝関節近位部)	浅 部	普 通	明 瞭	瞭明(緻密)	++~++	軽 度 迂 曲	普通	普通
		深 部	普 通	明 瞭	明瞭(緻密)	++~++	大体直走一部 やゝ強く迂曲	普通	
	前 脛 骨 筋 (中央部)	浅 部	普 通	明 瞭	明瞭(緻密)	++~++	軽 度 迂 曲	普通	普通
		深 部	普 通	明 瞭	明瞭(緻密)	++~++	軽 度 迂 曲	普通	
	前 脛 骨 筋 (足関節近位部)	浅 部	普 通	明 瞭	明瞭(緻密)	++~++	大体直走一部 軽 度 迂 曲	普通	普通
		深 部	普 通	明 瞭	明瞭(緻密)	++~++	軽 度 迂 曲	普通	
	大 腿 二 頭 筋	浅 部	普 通	明 瞭	明瞭(緻密)	++~++	軽 度 迂 曲	普通	普通
		深 部	普 通	明 瞭	明瞭(緻密)	++	軽 度 迂 曲	普通	
	半 膜 様 筋	浅 部	普 通	明 瞭	明瞭(緻密)	++	軽 度 迂 曲	普通	普通
		深 部	普 通	明 瞭	明瞭(緻密)	++	1/10はやく強 く 迂 曲	普通	
	腓 腹 筋	浅 部	やゝ太い	明 瞭	やゝ不明瞭	+	軽 度 迂 曲	普通	普通
		深 部	やゝ太い	明 瞭	やゝ不明瞭	+~++	軽 度 迂 曲 1/10は強く迂曲	普通	
	ヒ ラ メ 筋	浅 部	普 通	明 瞭	明瞭(やゝ緻密)	++	軽 度 迂 曲	やゝ 多い	普通
		深 部	普 通	明 瞭	明瞭(やゝ緻密)	++	大体直走一部 軽 度 迂 曲	やゝ 多い	

駆出されたものと思われる。深部では浅部に比し筋線維は少々細く Eosin に比較的濃染する。筋原線維は大体直走するが一部のものは少々強く迂曲蛇行する。迂曲蛇行する筋線維はそうでないものよりやゝ細く Eosin 染色性が更に強く且横紋が緻密であることが多く、時には Eosin に良染する横紋でない皺状の横線が比較的粗な間隔を置いて節状に見られるのは一層収

縮の強いものと思われる。以上の如く深部の筋線維は浅部よりは一般的に収縮度が強い。然し個々の筋線維により収縮度に差があり、又同一筋線維でも部位によりかなり差が見られる。筋線維鞘、毛細血管の状態は浅部と大体同様である。以上の所見は各筋について云える共通的所見である。

2. 1 週間固定群 (表 3)

表 3

		筋の浅部 深部の区別	筋線維の太さ	筋原線維	横 紋	筋線維の 収縮状態	筋線維の走向	筋線 維鞘	筋膜
一 週 固 定 H・E 所 見 (標 本 番 号 N N o o ・ 1 6 6)	大 腿 直 筋 (中央部)	浅 部	やゝ太い	明 瞭	明 瞭	+	軽 度 迂 曲	普通	変化 なし
		深 部	やゝ太い	明 瞭	明 瞭	++	軽 度 迂 曲	普通	
	大 腿 直 筋 (膝関節近位部)	浅 部	やゝ太い	明 瞭	明 瞭	+	軽 度 迂 曲	普通	変化 なし
		深 部	やゝ太い	明 瞭	明 瞭	++	軽 度 迂 曲	普通	
	前 脛 骨 筋	浅 部	普 通	明 瞭	やゝ不明瞭	+	軽 度 迂 曲	普通	変化 なし
		深 部	普 通	明 瞭	やゝ不明瞭	++	軽 度 迂 曲	やゝ 多い	
	半 膜 様 筋	浅 部	普 通	明 瞭	明 瞭	+	軽 度 迂 曲	普通	変化 なし
		深 部	普 通	明 瞭	明 瞭	++	軽 度 迂 曲	普通	
	腓 腹 筋	浅 部	普 通	明 瞭	明瞭(やゝ緻密)	+	大 体 直 走	普通	変化 なし
		深 部	普 通	明 瞭	明瞭(やゝ緻密)	++	軽 度 迂 曲	普通	
	ヒ ラ メ 筋	浅 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	+	軽 度 迂 曲	普通	変化 なし
		深 部	普 通	明 瞭	明 瞭	++	軽 度 迂 曲	普通	

浅部：筋膜に著変なし。筋線維は太さ殆んで減少しておらず、筋原線維、横紋も明瞭で即ち萎縮変性等の変化は殆んどない。唯々非固定群に比し収縮状態がやゝ悪く筋線維鞘も殆んど増生なく、間質結合増生もない。

深部：筋線維の太さは非固定同様浅部に比し稍々細く、やゝ強い収縮状態を示す。萎縮変性等殆んどない。

筋線維鞘に著変なし。

3. 2週間固定群(表4)

浅部：筋線維は稍々細く軽度ながら萎縮が現われ始める。筋原線維、横紋は大部分明瞭だが極く少数のものは軽度ながら不明瞭化し、収縮状態は大体一週間のものと同程度である。筋線維鞘は筋線維の萎縮と共に

表 4

		筋の浅部 深部の区別	筋線維の太さ	筋原線維	横 紋	筋線維の 収縮状態	筋線維の走向	筋線 維鞘	筋膜
二週 H・E 固定所見 (動物番号 NN・ 〇・ 111)	大 腿 直 筋	浅 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	+	軽 度 迂 曲	少しく増加	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	やゝ不明瞭	++	軽 度 迂 曲	少しく増加	変化なし
	前 脛 骨 筋	浅 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	+	軽 度 迂 曲	少しく増加	変化なし
		深 部	やゝ細い	やゝ不明瞭	明 瞭 一部不明瞭	+	軽 度 迂 曲	少しく増加	変化なし
	大 腿 二 頭 筋	浅 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	+	軽 度 迂 曲	少しく増加	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	やゝ不明瞭	++	軽 度 迂 曲	少しく増加	変化なし
	腓 腹 筋	浅 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	+	直 走 一 部 迂 曲	少しく増加	変化なし
		深 部	やゝ細い	やゝ不明瞭	やゝ不明瞭	+	軽 度 迂 曲	少しく増加	変化なし

増生し、稍々小卵形、長楕円形核が増加する。

深部：大部分の筋線維が軽度に萎縮し、少数のものは稍々高度に萎縮する。又筋原線維、横紋が稍々不明瞭となり、筋線維に軽微な変性機転が現われて来たものと解釈される。又小数であるが筋線維の所々が部

分的に Eosin 難染性、Haematoxylin 淡染性均質な筋形質に変性しているが然し筋収縮は比較的強い。之等のことから萎縮、変性がおこるにもかかわらず収縮度には対照、1週間固定群等と大差ない様である。筋線維鞘は増加し、其の度合は筋萎縮の度合と平行する。

表 5

		筋の浅部 深部の区別	筋線維の太さ	筋原線維	横 紋	筋線維の 収縮状態	筋線維の走向	筋線 維鞘	筋膜
三週 H・E 固定所見 (動物番号 NN・ 〇・ 144)	大 腿 直 筋 (中央部)	浅 部	普 通	明 瞭	明 瞭	++	やゝ強く迂曲	普通	変化なし
		深 部	普 通	明 瞭	明 瞭	++	軽度迂曲1/10 はやゝ強く迂曲	少しく増加	変化なし
	大 腿 直 筋 (膝関節近位部)	浅 部	普 通	明 瞭	明 瞭	++	やゝ強く迂曲	普通	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	++	軽度迂曲1/10 はやゝ強く迂曲	少しく増加	変化なし
	前 脛 骨 筋 (中央部)	浅 部	普 通	明 瞭	やゝ不明瞭	+	大 体 直 走	普通	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	++	大体直走1/10 はやゝ強く迂曲	少しく増加	変化なし
	前 脛 骨 筋 (足関節近位部)	浅 部	やゝ細い	明 瞭	やゝ不明瞭	++	大 体 直 走	少しく増加	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	やゝ不明瞭	++	大 体 直 走	少しく増加	変化なし
	大 腿 二 頭 筋	浅 部	やゝ細い	明 瞭	やゝ不明瞭	++	軽 度 迂 曲	普通	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	やゝ不明瞭	++	部分的にやゝ 強く迂曲	普通	変化なし
	半 膜 様 筋	浅 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	+	大 体 直 走	普通	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	+	大体直走1/10 はやゝ強く迂曲	少しく増加	変化なし
	腓 腹 筋	浅 部	普 通	明 瞭	やゝ不明瞭	+	軽 度 迂 曲	普通	変化なし
		深 部	細 い	1/3は不明瞭	1/3 は不明瞭	++	大部分やゝ強 く迂曲	少しく増加	変化なし
	ヒ ラ メ 筋	浅 部	普 通	明 瞭	やゝ不明瞭	+	軽 度 迂 曲	普通	変化なし
		深 部	細 い	1/3 は不明瞭	1/3 は不明瞭	++	大部分やゝ強 く迂曲	少しく増加	変化なし

又萎縮度は深部の方が稍々強い。

4. 3週間固定群(表5)

浅部：筋膜に著変なし，筋線維は更に萎縮がすゝんでいるがまだかなり僅少であり，2週間群と差が僅少である。

深部：之も2週間群と大差ない。

5. 4週間固定群(表6)

浅部：筋膜は一部やゝ緻密の線維となり肥厚し，或いは更に硝子化しているものがある。筋線維は軽度萎縮したものもあるが顕著な差は見られない。筋原線維，横紋の不明瞭化もやゝ多くなる。

深部：筋原線維，横紋共に浅部よりやゝ不明瞭で3週間固定群との差は著しくない。

6. 8週間固定群(表7)

浅部：筋膜の一部に肥厚し硝子化しているものがある。筋線維は細く萎縮が強く現われ筋原線維は不明瞭で横紋のみが明瞭なもの，筋原線維明瞭で横紋不明瞭なもの，共に不明瞭のものがやゝ中等度見られ筋収縮の判定はやゝ困難である。しかし筋形質の Eosin 好性度，横紋の密度から考えてやゝ収縮像と思われる。中には小不正卵形核が筋線維の中央に位置し数個列状配列を呈するものあり，一般に核が軽度に増加している。又ある筋線維は太さが非常に不規則で側面が凹凸状をなし，或いは筋線維の一部が細くなっているものなどがある。筋線維鞘は増生し，また線維芽細胞核も多い。筋線維間に一部脂肪組織の軽度な増生を認めた。

深部：浅部とほぼ同様であるが筋線維の萎縮がやゝ強く，筋線維鞘もやゝ増生している。

表 6

		筋の浅部 深部の区別	筋線維の太さ	筋原線維	横紋	筋線維の 収縮状態	筋線維の走向	筋線 維鞘	筋膜
四週固定 H・E 所見 (標本番号 NN0077)	大 腿 直 筋	浅 部	普 通	明 瞭	やゝ不明瞭	＋～＋	軽 度 迂 曲	普通	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	＋	軽 度 迂 曲	普通	変化なし
	前 脛 骨 筋 (中央部)	浅 部	普 通	1/10はやゝ不明瞭	1/10はやゝ不明瞭	＋	軽 度 迂 曲	普通	やゝ緻密となり
		深 部	普 通	明 瞭	やゝ不明瞭	＋	軽 度 迂 曲	普通	線維肥厚
	前 脛 骨 筋 (足関節近位部)	浅 部	普 通	明 瞭	やゝ不明瞭	＋	大体直走1/10は迂曲	少しく増加	一部は肥厚し硝子化
		深 部	やゝ細い	明 瞭	やゝ不明瞭	＋	大 体 直 走	普通	変化なし
	半 腱 様 筋	浅 部	普 通	明 瞭	明 瞭	＋	軽 度 迂 曲	普通	変化なし
		深 部	普 通	やゝ不明瞭	やゝ不明瞭	＋	軽 度 迂 曲	普通	変化なし
	腓 腹 筋	浅 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	＋	軽 度 迂 曲	少しく増加	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	＋	大体直走1/10は迂曲	少しく増加	変化なし
	ヒ ラ メ 筋	浅 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	＋	軽 度 迂 曲	少しく増加	変化なし
		深 部	やゝ細い	明 瞭	明 瞭	＋	大体直走1/10は迂曲	少しく増加	変化なし

表 7

		筋の浅部 深部の区別	筋線維の太さ	筋原線維	横紋	筋線維の 収縮状態	筋線維の走向	筋線 維鞘	筋膜
八週固定 H・E 所見 (標本番号 NN0022)	大腿二頭筋	浅 部	細 い	不 明 瞭	やゝ不明瞭	判定困難	大 体 直 走	増加＋	変化なし
		深 部	細 い	不 明 瞭	不 明 瞭	判定困難	軽 度 迂 曲	増加＋	変化なし
	半腱様筋	浅 部	細 い	一 部 不 明 瞭	大体明瞭一部特に不明瞭	＋	軽 度 迂 曲	少い	変化なし
		深 部	細 い	一 部 不 明 瞭	大体明瞭一部特に不明瞭	＋	軽 度 迂 曲	少い	変化なし
	腓 腹 筋	浅 部	細 い	1/10は不明瞭	1/10は不明瞭	＋	大 体 直 定	増加＋	変化なし
		深 部	細 い	大 体 明 瞭 一部特に不明瞭	大体明瞭一部特に不明瞭	判定やや困難＋	大体直走一部軽度迂曲	増加＋	変化なし
	ヒラメ筋	浅 部	細 い	1/5 は不明瞭	1/5 は不明瞭	判定困難	軽 度 迂 曲	増加＋	軽度肥厚し硝子化
		深 部	細 い	1/5 は不明瞭	1/5 は不明瞭	判定困難	軽 度 迂 曲	増加＋	変化なし

C 和氣 —Campbell 氏染色所見

図 1 の如く

- a. 各筋線維間の毛細血管について
1. 全…すべての筋線維間に毛細血管の認められるもの。
 2. 2/3…平均して筋線維間の 2/3 に毛細血管の認められるもの。
 3. 1/2…平均して筋線維間の 1/2 に毛細血管の認められるもの。
 4. 1/3…平均して筋線維間の 1/3 に毛細血管の認められるもの。
- b. 一本の毛細血管について
1. 卅…筋線維間にある一本の毛細血管が長く続いて見えるもの。
 2. 卅…筋線維間にある一本の毛細血管が少々短かく断裂して見えるもの。
 3. ++…筋線維間にある一本の毛細血管が部分的に短く見えるもの。

表 8 和氣 —Campbell 氏染色所見

動物番号	固定期間	大腿直筋	大腿二頭筋	半腱様筋	半膜様筋	腓腹筋	ヒラメ筋	前脛骨筋
No. 5	非固定	全 卅	全 卅	全 卅	全 卅	全 卅	全 卅	全 卅
No. 15	非固定	全 卅	全 卅	全 卅	全 卅	全 卅	全 卅	全 卅
No. 6	1 週間	1/2 +	1/2 +	2/3 +	1/3 +	2/3 +	2/3 +	1/2 +
No. 16	1 週間	1/3 +	2/3 +	2/3 +	2/3 +	1/3 +	2/3 +	2/3 +
No. 12	2 週間	全 卅	全 卅	2/3 +	2/3 +	2/3 +	1/3 +	1/2 +
No. 11	2 週間	2/3 +	2/3 +	2/3 +	2/3 +	1/2 +	1/2 +	2/3 +
No. 4	3 週間	1/2 +	1/3 +	1/2 +	1/3 +	1/2 +	1/2 +	1/3 +
No. 14	3 週間	1/3 +	1/2 +	1/3 +	1/3 +	1/2 +	1/3 +	1/3 +
No. 7	4 週間	1/3 +	1/3 +	2/3 +	1/3 +	2/3 +	1/3 +	1/3 +
No. 10	4 週間	1/3 +	1/3 +	1/3 +	1/3 +	1/3 +	1/3 +	1/3 +
No. 2	8 週間	1/3 +	1/3 +	1/3 +	1/3 +	1/3 +	2/3 +	2/3 +
No. 8	8 週間	1/2 +	1/3 +	1/3 +	1/3 +	1/2 +	2/3 +	2/3 +

以上の如き基準を以つて表 8 の如き結果を得た。一週にて毛細血管血液は少しく減少、二週では一週より多く対照より少なく、再び三週、四週と減少し四週にて最少を示し、八週にて再び増加を示している。

V 筋拘縮に関する文献的考察

筋拘縮に関する先人の主なる研究業績を年代順に列記すれば

R. Volkmann⁵⁾ (1881) は実験的研究を行つて時に見受けられる固定包帯後発生する筋拘縮の成因は、神経に基因するものにあらずして、血行障害による筋収縮物質の急速かつ多数の崩壊と他方之に続発する再生修復機転によるものとし、血流の遮断即ち循環障害が大なる影響をあたえることを力説し、貧血性筋拘縮なる学説を樹立してその成因を次の如く説明している。動脈血下足に酸素欠乏のために、筋収縮物質が先ず凝固を起し、次で崩壊吸収するものとなし、此の際同時に存在する静脈血のうつ積は麻痺の出現を促進する。筋原線維の崩壊吸収に続発する再生現象は癰疽性萎縮を起して、筋拘縮は強固持続性のものとなつた。また R. Volkmann の門下生 E. Leser⁶⁾ は動物の四肢をゴム管でしばつて貧血を起した筋肉と骨折時の固定包帯後に出現する拘縮筋を比較研究し、拘縮を起した筋肉が直接電気刺激に対して殆んど無反応となつた場合でも、神経を通じて電気刺激を行う時は反応することを証し、神経伝導性の障害せられない場合にも純筋性に筋拘縮を起し得ると力説した。

Hildebrand⁷⁾ (1908) は臨床例ならびに文献中より臨床報告例を集めて、神経障害を伴うものと然らざるものとの 2 群に分類して研究し、筋拘縮の主因は血行障害に基く筋肉の変化によるものであるが神経が筋肉の栄養ならびに機能に重要な意義を有するものであり、筋肉の変性強いときは神経の変性も強く、筋肉の変性少いときはまた神経の変性も少く、神経と筋肉の変性度はたがいに相関的關係をとるものが多い点から見て神経の変化もまた筋拘縮の成因として多少の關係を有するものであると言及した。

Baudenheuer⁸⁾ (1911) は、R. Volkmann の主張する貧血性筋拘縮を 3 期に區別し、筋肉は固定包帯の影響による血行障害が先ず急性筋炎を起し、筋間組織内に組織液、白血球の浸潤を来し、次いで筋線維の崩壊更に進んで壊死を起す、しかし此等の変化の軽いとき、あるいは血行恢復して来る時は筋線維は線維様に変化し、癰疽性萎縮を招来してその結果貧血性筋拘縮を来すものとした。同氏は此等の変化を血行障害による動

脈血の不足よりは、むしろ静脈血のうつ血により、炭酸ガスの中毒が重大なる意義を有するものであると説明している。R. Volkmann の純筋性説に対しては全くその説を是認するが、たゞ特別な場合に於いては神経もまた関係することがあると神経との関聯性については極めて消極的立場をとっている。

K. Krause⁹⁾(1912) もまた静脈性うつ血の結果筋拘縮を生ずると説明し、筋拘縮発生には必ずしも強度緊縛を要せずして、緊縛の弱い場合にも長期間弾性緊縛を施す時はうつ血性筋拘縮を生ずるとした。

H.H. Meyer u. A. Fröhlich¹⁰⁾(1916) 等は動物実験により脊髄後根切断後四肢にギブス包帯を行い、持続性固定後その四肢に固定性筋拘縮を起さぬことを発見し、筋拘縮発生には筋肉自体から伝わる知覚性興奮が決定的役目を果すものと断じ、換言すれば脊髄が筋肉の強制位置に関する報告を受け、これにより筋をその静止位緊張の長さに適合せしめることにより拘縮を惹起すると述べ、初めて固定性拘縮の成因が神経系統と密接なる関係を有する事実に注目した。

A.W. Meyer¹¹⁾(1921) は臨床例および動物実験の結果、後根切断、反射弓遮断時においては固定性筋拘縮を発生せざるを認め、拘縮発生には神経反射が前提要件であつて筋萎縮はその結果であると称した。したがつて固定包帯施行に際し骨折あるいは炎症が存在して知覚神経終末がたえず刺激を受ける様な場合は早期かつ高度に筋拘縮が発現を見る。また短期間固定による筋拘縮が固定包帯除去後、麻酔あるいは後根切断を行うことにより著明に減退するに反し、長期間固定による拘縮に対しては深麻酔も後根切断も大なる影響を認めない。すなわち前者が反射性筋拘縮であるに対し後者は反射性拘縮が長く持続することにより筋線維実質の短縮を来したためであると解釈した。

O. Beck¹²⁾(1922) は R. Volkmann の貧血性筋拘縮を単純なる死強直をもつて説明するは不充分であるとして次の如く述べている。

固定性筋拘縮は動脈血不足ならびに之に伴ふ酸素欠乏が、直接主幹動脈の遮断あるいは動脈副枝の遮断によつて起るのみならず、場合によつては原発性に静脈血環流が遮断せられることによつて惹起せられるとなした。緊縛固定包帯により、先ず表在性の静脈管が圧迫せられ、次いでこれと連絡する深部静脈管の血流停止を来す。同時に筋肉が静止位に置かれることによつても淋巴液の蓄積すなわち組織の浮腫をもたらし、かゝる高度の浮腫がさらに動静脈に圧迫を及ぼす結果益

々血行障害を増悪せしめる。斬様な循環障害に基く酸素の欠乏は筋肉中に乳酸の蓄積を惹起し、これが直接筋拘縮の原因となる。さらに神経が高度に損傷せられ或は切断せられた場合においても固定包帯施行により乳酸の形成ならびに筋拘縮が同様に惹起せられる点より見て、神経は筋拘縮の発生に直接影響を及ぼすものではないと述べている。また Baudenheuer の云う如きうつ血及び炭酸ガス中毒作用を証明しなかつたので、これに筋拘縮の原因をおくことを否定している。

沢井¹³⁾(1923)は、家兎にて実験し、A.W. Meyer の神経筋性説を肯定し、かつ骨折肢固定包帯後に起る筋拘縮は主として血行障害による貧血性拘縮であるが栄養性萎縮による筋拘縮および神経反射作用にもとずく筋痙直様拘縮が同時に関与するものであると報告している。

岩田¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾(1925)は動物実験に於て骨折、出血および皮膚損傷等の知覚道の刺激となり得る諸機転は何れも固定性筋拘縮を増強せしめ、之に反して反射路の機能低下または癱絶は筋拘縮を減退または消失せしめることを立証し、神経反射作用は固定性筋拘縮の発生には第一義的に重要な意味のあることを述べ、筋自体の変性は単に二次的現象に外ならないと報告している。

W. Fick²⁾(1927)は固定性筋拘縮を純筋性の機能的適応作用を以て説明せんとし、動物実験の結果、血液および淋巴液の循環障害ならびに神経反射作用は必ずしも筋拘縮発生の第一要素ではなく、筋拘縮の初期においても筋線維自身の機能的適応作用がすでに重大意義を有するものであることを強調したが、しかし後根切断、あるいは神経幹切断により筋性適合現象を防止する点において、筋拘縮発生に対する神経の影響を全然否定したものではない。

浜¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾(1930)は中枢神経系統と固定性筋拘縮との関係について実験的研究を行い、筋緊張亢進を招くすべての条件は固定性筋拘縮の成因のすべての条件に一致し、消失のすべての要素はまた固定性筋拘縮出現の遅延消失のすべての要素に一致すると述べている。

三村²¹⁾(1931)は強度緊縛固定包帯に際し血行障害の程度によつて痙直性筋拘縮より次第に非痙直性拘縮に移行することを認め、又此の血行障害の程度に比例して肢体の麻痺の著しいことを確めた。此の痙直性傾向を有する拘縮は神経の反射作用の影響を受けたものであり、非痙直性の拘縮は貧血の作用によるものであるとして、この下肢に見られる拘縮は血行障害の程度に

比例する貧血の作用と、之に反比例する神経の作用とがたがいに移行型の状態で作用するものであると説明している。

塩津³⁾(1943) は実験的に家兎後肢にギブス固定包帯を行った場合、夫々其の緊縛度に応じて或は静脈性うつ血、或は動脈性貧血を主とする循環障害を惹起し、之が為に、配下血管壁に種々の変性を生ずると報告している。

VI 総括並びに考按

犬の一侧後肢に普通ギブス固定包帯を行うと筋拘縮は二週固定群から著明となり、以後漸次その度合を増加し、膝関節並びに足関節屈伸の際の反撥性抵抗も長期固定に及ぶにしたがつて増加して8週では手を離すと固定肢位に復する程である。筋萎縮は肉眼的にも3週固定群より認められ皮膚の脱毛現象も現われて皮膚に栄養障害を来していることが考えられる。下肢の削瘦も筋萎縮と共に増加し、8週固定では実に対照肢に比し、周囲径の測定にて平均28%の減少を見た。剖見所見にても述べた如く皮下動静脈は固定の長期に及ぶに従ひ怒張の度を増加し、血管周囲組織も増生して漸次移動性を失ひ皮膚と癒着する様になる。正常光沢も徐々に失つて暗赤色の度を増し、筋の重量も明かに減少している。H. E. 所見では固定の継続により筋膜はやゝ緻密の線維となり次第に肥厚し、一部硝子化を示し、筋線維は漸次細くなり、太さが不規則となり、又側面が凸凹状を呈し、萎縮度は徐々に増加している。筋原線維、横紋も固定の継続によつてやゝ不明瞭化し、8週固定群では中等度に不明瞭化が見られ筋収縮の判定が困難なものがあつた。筋実質の萎縮により間質としての筋線維鞘の増生が漸次増加し、線維芽細胞も軽度の増加を示し変性萎縮機転が進行していることを示している。和気 — Campbell 氏染色所見で毛細血管血液の増減を見ると固定の継続により先ず減少し次で一時的に増加し、3—4 週で再び減少して8週固定群では再び増加をしめし、筋肉内の血流に変化があることが推定される。以上の点より固定包帯の継続が、筋に萎縮と変性をもたらし、増強させ、筋の毛細血管血流量にも影響をあたえることが判つた。之等はギブス包帯によるごく軽度の圧迫と固定肢筋の不動状態継続とにより惹起される局所の循環障害、特に静脈性うつ血ならびに淋巴還流障害の結果と思われる。即ち固定包帯の施行により固定肢の随意筋の活動を制限せられ、その結果毛細血管血流の減少をみるが漸次増強して来たやゝ軽度の圧迫による循環障害、すなわち静脈血の

うつ血と淋巴液の環流障害の影響をうけて2週間固定群では毛細血管血液の増加を示す。次にギブス包帯固定の継続による不働性筋萎縮の増強に伴つて間接的に静脈性うつ血並びに淋巴液環流障害を少くする結果、筋萎縮の増加と併行して再び毛細血管血液の減少が起る。がしかし固定の継続により固定肢筋の退行変性は益々進行し、こゝに機能的適応現象として固定肢筋の再生補強が進行して来て8週固定群にみられる毛細血管血液の増加を示したのではないかと考える。

VII 結 語

1. 普通ギブス包帯固定にて固定二週前後より、固定性筋拘縮を認め、長期固定包帯を行ったものは強い反撥性抵抗を示した。
2. 皮下動静脈は次第に怒張の度を増し、血管周囲結締組織の増強と共に次第に移動性を失つて皮膚と癒着する様になる。
3. 筋膜はやゝ緻密になり、一部肥厚して硝子化しているものがある。
4. 筋線維は次第に細く萎縮して筋原線維、横紋が不明瞭化し不正卵形核の増加がみられる。
5. 筋線維萎縮の増強に伴つて筋線維鞘が増生し、又線維芽細胞核の増加を見た。
6. 筋の浅部と深部では深部がやゝ萎縮が強く、筋線維鞘も少しく増生し、毛細血管血流量は減少している。
7. 毛細血管血流量は一週固定にて減少、二週固定にて少しく増加、三週、四週固定と減少して、八週固定にて再び中等度の増加をみた。

稿を終るに当り、懇切なる御指導と御校閲の勞を賜つた恩師伊藤忠厚教授に深謝し、御指導御協力を賜つた吉井隆博講師始め 病理学教室各位に感謝の意を表します。

本論文の要旨は、第33回日本整形外科学会総会に於て発表した。

文 献

- 1) 神中正一：神中整形外科学，5 (1954)
- 2) W.Fick : Deutsch. Zeitsch. f. Chir., **206**, 157 (1927)
- 3) 塩津徳政：北野病院業績報告，**4**, (2), 1 (1943)
- 4) 和気，大久保：日本病理学会誌，**31**, 133 (1941)
- 5) R. Volkmann : Centralbl. f. Chir., **8**, 801 (1881)
- 6) Leser : Volkmann, Chirargie III, **77**, 2087 (1885)
- 7) Hildebrand : Deutsch. Zeitsch. f. Chir., **95**, 299 (1908)
- 8) Bardenheuer : Deutsch. Zeitsch. f. Chir., **108**, 44 (1911)
- 9) K. Krause : Deutsch. Med. Wochenschr., **111**, 6 (1912)
- 10) H.H. Meyer u. A. Fröhlich : Schmiedebergs Arch., **79**, 55 (1916)
- 11) A.W. Meyer : Deutsch. Zeitsch. f. Chir., **162**, 122

(1921)

- 12) O. Beck : *Langenbeek's Arch.*, **120**, 61 (1922)
- 13) 沢井為三 : 日本外科学会雑誌, **21**, 91 (1923)
- 14) 岩田清臣 : 日本外科宝函, **2**, (4), 85 (1925)
- 15) 岩田清臣 : 日本外科宝函, **3**, (2), 301 (1925)
- 16) 岩田清臣 : 日本外科宝函, **3**, (4), 808 (1926)
- 17) 岩田清臣 : 日本外科宝函, **3**, (6), 1 (1926)
- 18) 浜 良三 : 日本整形外科学会雑誌, **5**, (2), 139 (1930)
- 19) 浜 良三 : 日本外科宝函, **7**, (3), 405 (1930)
- 20) 浜 良三 : 日本外科宝函, **7**, (6), 65 (1930)
- 21) 三村忠雄 : 日本整形外科学会雑誌, **6**, 427 (1931)

附 図 説 明

第 1 図～第 12 図は H.E. 染色, 第 13 図～第 18 図は和気—Campbell Benzidin 染色。

第 1 図は対照で弱拡大。

第 2 図は対照で強拡大, 横紋, 筋原線維明瞭。

第 3 図は 1 週固定で弱拡大, やゝ萎縮。

第 4 図は 1 週固定で強拡大, 一部横紋やゝ不明瞭。

第 5 図は 2 週固定で弱拡大, 更に萎縮状。

第 6 図は 2 週固定で強拡大, 筋線維やゝ強く迂曲, 横紋一部やゝ不明瞭。

第 7 図は 3 週固定で弱拡大, 更に萎縮状で筋線維鞘増生。

第 8 図は 3 週固定で強拡大, 横紋, 筋原線維一部やゝ不明瞭。

第 9 図は 4 週固定で弱拡大, 中等度に萎縮状で筋線維鞘増生, 筋線維は強く迂曲。

第 10 図は 4 週固定で強拡大一部横紋不明瞭。

第 11 図は 8 週固定で弱拡大, 高度に萎縮状を呈し, 筋線維鞘増生。

第 12 図は 8 週固定で強拡大, 一部横紋不明瞭。

第 13 図は対照。

第 14 図は 1 週固定。

第 15 図は 2 週固定。

第 16 図は 4 週固定。

第 17 図は 8 週固定。

第 18 図は 8 週固定。

倉本論文附図（1）

倉本論文附図（2）

倉本論文附图(3)