立位と座位における屈曲弛緩現象の違い

Difference in the Flexion Relaxation Phenomenon between Sitting and Standing

隈元 庸夫¹⁾ 世古 俊明²⁾ 田中 昌史²⁾ 信太 雅洋²⁾ 伊藤 俊一²⁾

TSUNEO KUMAMOTO, RPT, PhD¹⁾, TOSHIKI SEKO, RPT²⁾, MASASHI TANAKA, RPT, MS²⁾, MASAHIRO SHIDA, RPT, MS²⁾,
TOSHIKAZU ITO, RPT, PhD²⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, School of Health and Social Services, Saitama Prefectural University: 820 Sannomiya,
Koshigaya-shi, Saitama 343-8540, Japan. TEL+81 48-973-4181 E-mail: kumamoto-tsuneo@spu.ac.jp

²⁾ Hokkaido Chitose Institute of Rehabilitation Technology

Rigakuryoho Kagaku 29(4): 621-626, 2014. Submitted Feb. 18, 2014. Accepted Apr. 6, 2014.

ABSTRACT: [Purpose] We investigated differences in the flexion relaxation phenomenon (FRP) between sitting and standing using electromyography. [Subjects and Methods] We measured the activities of the lumbothoracic spine muscles, and the multifidus, gluteus maximus, and biceps femoris of 10 healthy males. The activities of trunk flexion, at the initiation of extension to restore posture from maximal trunk flexion were measured in the standing, sitting, upright sitting and slump sitting positions. The appearance of FRP, the ratio of muscle activities (FRR), the ratio of the upright/slump muscle activities (Rest FRR), and the ratio of muscle activities excluding the activity at maximal flexion (Movement FRR) were calculated. [Results] The appearance of FRP was high in the standing position, and low in the sitting position. Rest FRR was high in the sitting position, and Movement FRR was high in the standing position. [Conclusion] The appearance of FRP in the sitting position is too infrequent for examination purposes; thus, Rest FRR in the sitting position, and Movement FRR in the standing position are the representative quantitative indices of FRP.

Key words: flexion relaxation phenomenon, low back pain, muscle activity

要旨:〔目的〕立位と座位での屈曲弛緩現象 (FRP) の違いを筋電図学的に検討すること。〔対象と方法〕健康男性 10 名の胸・腰部背筋, 多裂筋, 大殿筋, 大腿二頭筋を導出筋とした。体幹屈曲, 最大屈曲位から伸展して開始姿勢に戻る運動を立位と座位, 直立位 (upright) と脱力位 (slump) の 4 条件で実施した。FRP 出現性, FRP の筋活動比率 (FRR) を upright と slump での筋活動比で求めた安静 FRR, 運動時筋活動を最大屈曲位での筋活動で除した運動時 FRR を算出した。〔結果〕FRP 出現性は立位で高く, 座位で低かった。安静 FRR は座位で高く, 運動時 FRR は立位で高かった。〔結語〕座位での FRP は出現性だけでは検討不十分であり, 座位での安静 FRR, 立位での運動時 FRR が屈曲弛緩現象を示す量的指標となる。

キーワード: 屈曲弛緩現象, 腰痛, 筋活動

¹⁾ 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科: 埼玉県越谷市三野宮 820 番地 (〒343-8540) TEL 048-973-4181

²⁾ 北海道千歳リハビリテーション学院

I. はじめに

厚生労働省が報告した平成22年国民生活基礎調査¹⁾における「世帯員の健康状況」の「自覚症状の状況」の結果を症状別にみると、男性では腰痛、女性では肩こりに次いで腰痛の有訴者率が高く、腰痛対策は重大な社会問題となっている。また、超高齢社会となった今日ではいわゆる老老介護の視点から介護時の作業性腰痛症も問題視される。その発生機序には精神面も含め多くの要因が複雑に絡み合っているが、特に介護においては体幹を屈曲させた前傾姿勢が1日の作業姿勢の3割を占めることから、姿勢の影響が大きいと考えられる²⁾。

その原因の一つを解明しうる知見として屈曲弛緩現象 (flexion relaxation phenomenon; 以下, FRP) がある。FRPとは立位から体幹を屈曲した際に健康者では腰部背筋群の筋活動が消失する現象であり、その存在は従来から広く知られてきた³⁾。FRPの発生機序は伸張反射の抑制で背筋群の遠心性収縮による姿勢保持から靱帯など軟部組織などによる受動的な姿勢保持機構への移行とされる⁴⁾。1990年代頃からFRPについて、椎間板ヘルニアや脊柱管狭窄症といった特異的な腰痛症者を除いた、いわゆる腰痛症とされる非特異的な腰痛症者においては腰部背筋群の過剰収縮が生じており、FRPの出現頻度が低いとする報告が多数みられるようになった⁵⁾。そのためFRPの消失が腰痛増悪と悪化に関与するとされ⁶⁾、その感度と特異度が共に高いことから、腰痛の客観的な治療効果判定の指標になりうるものとして改めて注目されている^{7,8)}。

近年、欧米では屈曲弛緩比率 (flexion relaxation phenomenon ratio; 以下, FRR) として、直立位 (upright) の筋活動量を脱力位 (slump) の筋活動量で除した安静時 FRR や、体幹屈曲時と体幹伸展時の筋活動量をそれぞれ最大屈曲位での筋活動量で除した運動時 FRR を用いて腰痛症に対するリハビリの効果を筋電図学的に検討した報告が散見されるようになった^{9,10)}。しかし、腰痛の訴えは立位時だけではなく座位時のことも多く、立位と座位で痛みが異なる症例も多くみられる。そのため立位と座位での比較検討の必要性が考えられるが、背筋群以外の筋活動状況を立位と座位で比較した報告は少ない。

本研究の目的は健康者を対象に立位と座位でのFRPの出現差、安静時 FRR ならびに運動時 FRR について筋電図学的に背筋群以外の筋活動状況も含めて比較することでFRPの基礎的知見を得ることである。

II. 対象と方法

1. 対象

本研究は事前に研究の目的と方法、個人情報の保護に

ついて十分な説明を行い、全被験者からの研究参加の同意を得て実施した。被験者は運動器疾患ならびに中枢神経疾患の既往のない健康な成人若年者10名 (全例男性、平均年齢22.8歳、平均身長168.4 cm、平均体重63.5 kg) とした。ヘルシンキ宣言に則り、計測において十分な配慮を行い、被験者の安全に細心の注意を払った。

2. 方法

体幹屈曲運動は先行研究¹¹⁾を参考に、開始姿勢で安静3秒後、体幹を4秒かけて屈曲し、最大屈曲位で4秒静止、再び開始姿勢に4秒で戻る動作とした。開始姿勢の体位は立位と座位とし、両上肢は体側に自然におろした構えとした。それぞれの運動開始姿勢の構えの設定を先行研究^{12,13)}を参考に骨盤中間位で脊柱を直立させたupright、骨盤後傾位で体幹を屈曲し脱力させたslumpとして、立位upright、立位slump、座位upright、座位slumpの4条件 (2体位、2構え) とした (図1)。なお一連の動作を視線前方、頸部を屈曲せず、可能な限り骨盤の前後傾位は運動開始姿勢のままで実施するように指示した。

筋活動の測定には表面筋電計 (Tele Myo G2, EM-601, Noraxon 社) を用いた。胸部背筋 (以下, UE)、腰部背筋 (以下, LE)、多裂筋 (以下, MF)、大殿筋 (以下, GMa)、大腿二頭筋 (以下, BF) を導出筋とした。UEは第12胸椎棘突起の外側およそ2から3 cmの筋腹で線維走行に沿った部位、LEは第3腰椎棘突起の外側およそ2から3 cmの筋腹で線維走行に沿った部位、MFは第5腰椎および第1仙椎レベルの棘突起すぐ外側で線維走行に沿った部位、GMaは大転子と仙骨を結ぶ線の1/2あたりの筋腹で走行に沿った部位、BFは膝関節後方と大転子を結ぶ線の遠位2/3あたりの筋腹、走行に沿った部位に電極を設置した¹⁴⁾。測定側は全て左とした。導出方法は双極導出法とした。電極は銀、塩化銀型 disposable 生体用表面電極 (Blue sensor, MEDICOTEST

図1 運動開始姿勢の構えの設定

A/S)を用い、その中心間隔を20 mm、皮膚インピーダンスを5 k Ω 以内とした後、各筋の筋線維走行に並行に貼付した。測定は筋電計内蔵のインピーダンステストをクリアすることを確認後行った。表面筋電計から測定されたデータをサンプリング周波数1 kHzでA/D変換し、解析用パーソナルコンピュータ(LATITUDE D800, EM-P3, Dell Computer Corporation社)に取り込んだ。波形は筋電解析ソフトウェア(MyoeResearch Master, EM-129M, Noraxon社)にて10~500 Hzのバンドパスフィルターにより解析した。波形解析は生波形を心電図ノイズ低減、全波整流、スムージングをし、筋電図積分値(integrated electromyography; 以下, IEMG)を求めた。また、体幹屈曲運動での体幹屈曲角度を表面筋電計と同期させた電気角度計(Norangle, EM-432, Noraxon社)を用いて、Olsonら¹⁵⁾の報告を参考に計測した。得られた筋電図から、FRP出現の定義を三瀧ら¹⁶⁾の報告を参考に「開始姿勢安静時の筋活動の大きさの平均より低値」としてFRPの出現を判定した。またuprightの筋活動量をslumpでの筋活動量で除した安静FRR、そして運動時FRRとして体幹屈曲時の筋活動量を最大屈曲位での筋活動量で除した屈曲FRR、体幹伸展時の筋活動量を最大屈曲位での筋活動量で除した伸展FRRを求めた。いずれも筋活動が安定した時点の前後0.5秒間でのIEMGを求めた。

得られたデータについて、FRP出現の筋での比較はFisherの正確確率検定、FRP出現の体位での比較は二項検定に帰着したMcNemar検定を行った。安静FRRは、体位要因を立位と座位の2水準、筋要因を5水準、体位と筋の2要因を被験者内変数とした反復測定による二元配置分散分析を行った。屈曲FRRと伸展FRRは体位要因を立位と座位の2水準、筋要因を5水準、体位と筋の2要因を被験者内変数とした反復測定による二元配置分散分析にて比較を行った。分散分析の際はGreenhouse-GeisserによるEpsilon修正を行い、調整後のp値を算出した。なお、自由度は調整前の値を用いた。交互作用が認められた場合は単純主効果を検定した。主効果、単純主効果が有意な場合の多重比較法はShaffer法を用いて補正後のp値を求めた。2水準での比較は得られたデータの正規性をShapiro-Wilk検定にて確認し、対応のあるt-testまたはWilcoxon検定を用いた。すべての統計学的検討は統計ソフトR(version2.8.1)を用いて行い、いずれの統計処理も有意水準は5%未満とした。

III. 結果

FRP出現の筋での比較は立位uprightにおいて有意差が認められ、MFでのFRP出現の頻度が有意に高く、BFでのFRP出現の頻度が有意に低かった。一方、立位slumpと座位においてはFRP出現の筋での比較に統計

学的有意差は認められなかった(表1)。FRP出現の体位での比較では立位slumpと比較して座位slumpでのFRP出現の頻度がUEとGMaにおいて有意に低かった(UE; $p=0.031$, GMa; $p=0.008$)(表2)。

uprightでの筋活動量をslumpでの筋活動量で除した安静FRRの体位と筋別での比較では、体位要因($F(1, 9)=9.04$, $p=0.015$)、筋要因($F(4, 36)=4.82$, $p=0.033$)、交互作用($F(4, 36)=3.90$, $p=0.053$)で、体位要因と筋要因に主効果が認められた。多重比較検定の結果、体位要因としては立位と比較して座位でのUEとGMaの安静FRRが有意に高値を示し、筋要因としては座位でのUEの安静FRRがGMaとBFの安静FRRと比較して有意に高値を示した(表3)。

運動時FRRの屈曲FRRについて、uprightでの屈曲FRRは有意差が認められなかった。一方、slumpでの屈曲FRRは体位要因($F(1, 9)=60.06$, $p<0.000$)、筋要因($F(4, 36)=4.14$, $p=0.045$)、交互作用($F(4, 36)=4.48$, $p=0.033$)で有意となった。多重比較検定の結果、体位要因としては座位と比較して立位での屈曲FRRがUE, LE, MF, GMaにおいて有意に高値を示し、筋要因としては立位でのLEの屈曲FRRがUEとBFの屈曲FRRと比較して有意に高値を示した。運動時FRRの伸展FRRについて、uprightでの伸展FRRは体位要因($F(1, 9)=7.19$, $p=0.025$)、筋要因($F(4, 36)=4.74$, $p=0.004$)、交互作用($F(4, 36)=1.46$, $p=0.255$)で、体位要因と筋要因に主効果を認めた。多重比較検討の結果、体位要因としては座位と比較して立位での伸展FRRがUE, LE, GMaにおいて有意に高値を示し、筋要因としては有意差が認められなかった。slumpでの伸展FRRは体位要因($F(1, 9)=18.77$, $p=0.002$)、筋要因($F(4, 36)=4.00$, $p=0.009$)、交互作用($F(4, 36)=5.10$, $p=0.002$)で有意となった。多重比較検定の結果、体位要因としては座位と比較して立位での伸展FRRがLE, MF, GMa, BFにおいて有意に高値を示し、筋要因としては立位でのUEの伸展FRRがLEとMFの伸展FRRと比較して有意に低値を示した(表4)。

IV. 考察

本報告では健常者を対象に立位と座位でのFRPの出現差と安静FRR、運動時FRRについて背筋群以外の筋活動状況も含めて比較することでFRPの基礎的検討を行った。

立位と比較して座位ではFRPの出現が健常者でも不十分となることがわかった。立位ではUEよりもLEレベルでFRPが出現¹⁷⁾、slump座位で腰方形筋、腸筋筋、多裂筋活動が減少する¹⁸⁾との報告がみられる。本結果も同様であり、立位uprightでの多裂筋レベルのFRP出現が他筋と比較して高く、座位では出現差が認められな

表 1 FRP 出現の結果 (筋での比較)

体位	構え	筋	屈曲弛緩現象		Fisher の正確 確率検定	調整済み残差 による p 値
			(+)	(-)		
立位	upright	UE	8	2	p=0.004	n.s.
		LE	9	1		n.s.
		MF	10	0		p=0.047
		Gma	8	2		n.s.
		BF	3	7		p<0.000
	slump	UE	8	2	n.s.	
		LE	9	1		
		MF	10	0		
		Gma	9	1		
		BF	6	4		
	upright	UE	5	5	n.s.	
		LE	6	4		
		MF	7	3		
		Gma	5	5		
		BF	3	7		
	slump	UE	2	8	n.s.	
		LE	7	3		
		MF	5	5		
		Gma	1	9		
		BF	4	6		

n.s.:not significant.

表 2 FRP 出現の結果 (体位での比較)

		立位			
		upright		slump	
筋	座位	FRP (+)	FRP (-)	FRP (+)	FRP (-)
UE	FRP (+)	4	1	2*	0*
	FRP (-)	4	1	6*	2*
LE	FRP (+)	6	0	6	1
	FRP (-)	3	1	3	0
MF	FRP (+)	7	0	5	0
	FRP (-)	3	0	5	0
Gma	FRP (+)	3	2	1*	0*
	FRP (-)	5	0	8*	1*
BF	FRP (+)	1	2	3	1
	FRP (-)	2	5	3	3

*: p<0.05, McNemar 検定.

表 3 安静 FRR の結果

	立位	座位
UE	0.998 ± 0.804	5.633 ± 2.938
LE	0.466 ± 0.269	3.856 ± 5.091
MF	0.485 ± 0.285	3.730 ± 5.703
Gma	0.431 ± 0.283	1.287 ± 0.589
BF	0.674 ± 0.707	0.797 ± 0.399

平均値 ± 標準偏差.

*: p<0.05, 体位要因での比較.

#: p<0.05, 筋要因での比較.

かった. 立位 slump と比較して立位 upright では動作開始前の MF 部の筋活動量が体幹伸展位保持として高まっていたため, FRP としての筋活動量の減少が相対的に認められたものとする. 立位と座位の比較では, UE と Gma において座位 slump での FRP の出現頻度が低かった. 座位 slump では立位 slump と比較してより骨

盤後傾していた可能性, 膝屈曲位のため BF が短縮位となっていた点が影響したと考える. 座位 slump では胸部背筋である UE が後部靱帯性の支持機構を用いて重心を前方に維持し, 体幹屈曲時に骨盤に付着する Gma が姿勢制御として活動したため座位 slump での FRP の出現頻度が低値となった可能性が考えられた. これらのこ

表 4 運動時 FRR の結果

		upright		slump	
		立位	座位	立位	座位
屈曲 FRR	UE	4.93 ± 3.03	2.62 ± 2.02	3.72 ± 2.40	1.93 ± 1.07
	LE	8.01 ± 4.24	5.13 ± 4.30	11.13 ± 5.95	3.23 ± 2.12
	MF	9.85 ± 5.90	15.64 ± 27.50	15.46 ± 13.69	3.45 ± 3.42
	Gma	4.51 ± 4.17	1.80 ± 1.08	7.48 ± 5.67	1.45 ± 0.67
	BF	2.66 ± 3.04	2.60 ± 3.45	3.62 ± 3.70	1.70 ± 1.22
伸展 FRR	UE	7.36 ± 5.62	2.73 ± 1.44	7.74 ± 9.51	2.47 ± 1.13
	LE	14.33 ± 8.65	7.77 ± 7.40	17.56 ± 10.97	4.95 ± 2.47
	MF	14.67 ± 8.04	10.50 ± 10.49	18.08 ± 10.39	3.54 ± 2.42
	Gma	8.76 ± 6.32	3.51 ± 2.20	14.67 ± 10.42	2.87 ± 1.29
	BF	5.09 ± 5.56	6.06 ± 8.76	7.51 ± 5.66	4.23 ± 4.18

平均値 ± 標準偏差.

*: $p < 0.05$, 体位要因での比較.

#: $p < 0.05$, 筋要因での比較.

とから、座位で FRP を確認する場合は FRP の出現の有無だけでは検討不十分となりうるということが考えられた。

座位での安静 FRR が UE と GMa で高値を示したことも、これらの筋活動量が運動開始の段階で upright では高く、slump では低かったことを示唆し、上述した見解を裏付ける結果となっている。また、安静 FRR は立位で筋要因に有意差が認められなかったのに対し、座位では下肢筋群と比較し体幹伸展筋群の安静 FRR が高い値を示した。安静 FRR は upright と slump での筋活動量の比率であるため、FRP の出現差だけでは検討しきれなかった体幹伸展筋群の筋の弛緩状態を表す一指標として、座位では安静 FRR が有用となる可能性を示唆するものとする。

運動時 FRR の upright では屈曲 FRR で立位と座位の間には有意差がなく、伸展 FRR で有意差が認められ、体幹を屈曲した状態から戻すときに、健常者では座位よりも立位での動作においてより筋活動を要していることが分かった。これは座位と比較し、立位では支持基底面が狭い状況で重心を上方に持ち上げる必要があるため、より高い姿勢制御能力が必要とされている可能性が考えられた。腰痛症者では屈曲していく段階で疼痛を訴えることも多いため、今後腰痛症者においてより意義深い検討が可能になると考えられる。また slump においては座位と比較して立位での運動時 FRR が屈曲 FRR、伸展 FRR とともに高く、なかでも体幹伸展筋群の運動時 FRR

が高い値を示した。これは脱力した姿勢での運動は逆に運動中においては高い筋活動が生じていたことを示している。つまり、開始前の姿勢の状況によっては、目的動作が始まると予測的姿勢制御に近似した筋活動がより必要とされる可能性を示唆するものとする。

以上のことから、静的な状況としては座位での FRR、動的な状況としては立位での FRR が、筋の弛緩現象として背筋群のリラクゼーション状況を示す量的な指標として有用となる可能性が示された。

腰痛症に対しては腹筋よりも背筋に対するアプローチでの成果が数多く報告されている。従来背筋群の筋活動の質的指標の一つであった FRP を現在では筋内圧¹⁹⁾や筋血流量²⁰⁾といった量的指標で検討している報告もある。しかし、いずれも侵襲性という点で臨床応用には限界がある。侵襲性に問題が少なく、簡便であるという点からも表面筋電図での検討が改めて注目されている。つまり背筋群の状況を量的指標として捉える点で古くて新しいテーマが本報告である。過去の筋電図学的報告では筋活動量をそのまま μV で処理している。これは屈曲弛緩現象出現についての筋電図学的定義が未定義のままとなっていることも原因の一つであり、個人差が生じてしまう。本報告で用いたパラメーターは、基準とする筋活動量で正規化した比率を用いるため個人差のない量的指標として有用なものとなる。対象も健常者であるがゆえに、本報告で得られた結果が腰痛症者における理学療法

の手技選択基準としての筋活動状態の量的目標値となり、体幹屈曲姿勢が多い介護作業での腰痛予防の一指標にも発展できる。また、ストレッチ効果の検証として筋長だけでは捉えきれなかった過剰収縮改善の指標となる。本報告によって特に筋由来の腰痛症者の筋活動状況を簡便な表面筋電図によって量的に把握可能になることはより良い理学療法実践に還元される点で意義深いだけでなく、世界から注目される本邦特有の超高齢社会での作業性腰痛症における簡便な指標として利用できる点でも意義があると考えられる。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 25882026 の助成の一部にて実施されたものである。

引用文献

- 厚生労働省大臣官房統計情報部：グラフで見る世帯状況—国民生活基礎調査(平成22年)の結果から—。統計印刷工業，東京，2012，pp28-41.
- 熊谷信二，田井中秀嗣，宮島啓子・他：高齢者介護施設における介護労働者の腰部負担。産衛誌，2005，47(4)：131-138.
- Floyd WF, Silver PH: The function of the erector spinae muscles in certain movements and postures in man. *J Physiol*, 1951, 129(1): 184-203.
- Holleran K, Pope M, Haugh L, et al.: The response of the flexion-relaxation phenomenon in the low back to loading. *Iowa Orthop J*, 1995, 15: 24-28.
- Shirado O, Ito T, Kaneda K, et al.: Flexion-relaxation phenomenon in the back muscles. A comparative study between healthy subjects and patients with chronic low-back pain. *Am J Phys Med Rehabil*, 1995, 74: 139-144.
- 菊地臣一：腰痛。医学書院，東京，2003，pp43-62.
- Geisser ME, Ranavava M, Haig AJ, et al.: A meta-analytic review of surface electromyography among persons with low back pain and normal, healthy controls. *J Pain*, 2005, 6(11): 711-726.
- Mayer TG, Neblett R, Brede E, et al.: The quantified lumbar flexion-relaxation phenomenon is a useful measurement of improvement in a functional restoration program. *Spine*, 2009, 34(22): 2458-2465.
- Dankaerts W, O'Sullivan P, Burnett A, et al.: Altered patterns of superficial trunk muscle activation during sitting in nonspecific chronic low back pain patient. *Spine*, 2006, 31(17): 2017-2023.
- Geisser ME: Surface electromyography and low back pain. *Biofeedback*, 2007, 35(1): 13-16.
- Solomonow M, Baratta RV, Banks A, et al.: Flexion-relaxation response to static lumbar flexion in males and females. *Clin Biomech*, 2003, 18(4): 273-279.
- Marshall PW, Murphy BA: Muscle activation changes after exercise rehabilitation for chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 2008, 89(7): 1305-1313.
- O'Sullivan PB, Grahamslaw K, Kendal M, et al.: The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population. *Spine*, 2002, 27(11): 1238-1244.
- 下野俊哉：表面筋電図マニュアル。酒井医療，東京，2010，pp123-159
- Olson MW, Li L, Solomonow M: Flexion-relaxation response to cyclic lumbar flexion. *Clin Biomech*, 2004, 19: 769-776.
- 三瀧英樹，伊藤友一，三和真人・他：腰痛と屈曲弛緩現象の関係。日本腰痛会誌，2007，13(1)：136-143.
- Toussaint HM, de Winter AF, de Haas Y, et al.: Flexion relaxation during lifting: implications for torque production by muscle activity and tissue strain at the lumbo-sacral joint. *J Biomech*, 1995, 28(2): 199-210.
- Andersson EA, Oddsson LIE, Grundström H, et al.: EMG activities of the quadratus lumborum and erector spinae muscles during flexion-relaxation and other motor tasks. *Clin Biomech*, 1996, 11(7): 392-400.
- 紺野慎一，菊地臣一：腰椎背筋群のコンパートメント内圧上昇と腰痛。臨整外，1993，28：419-426.
- 菊地臣一：腰椎背筋群におけるコンパートメント症候群の病態と治療。リハ医学，1995，32(8)：531-541.