

内反膝がレッグプレス中の下肢筋活動量に及ぼす影響について

曾我部晋哉¹⁾ 向井直樹²⁾ 下條仁士²⁾ 白木 仁²⁾
宮川俊平²⁾ 目崎 登²⁾ 宮永 豊²⁾

A GENU VARUM EFFECTS ON EACH LOWER EXTREMITY MUSCLE
ACTIVITY DURING LEGPRESS EXERCISE

AKITOSHI SOGABE, NAOKI MUKAI, HITOSHI SHIMOJO, HITOSHI SHIRAKI, SYUNPEI MIYAKAWA,
NOBORU MESAKI and YUTAKA MIYANAGA

Abstract

【Purpose】 A leg press generally included in a weight training program to develop the quadriceps. However little is known about the mechanism of the load in lower extremity by the different knee alignment. The purpose of this study is to compare the muscle activity in the different knee alignment during leg press exercise. 【Methods】 Four normal knee and Five genu varum performed the leg press using three stance of narrow, medium and wide stance with the load of 75%/1 RM. Surface EMG data were collected (1000 Hz) from vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL), rectus femoris (RF), adductor longus (AL), biceps femoris (BF), tibialis anterior (TA), gastrocnemius (GAS), soleus (SOL). Integrated EMG (iEMG) values were calculated for each muscle during each rep. A video camera recorded the performing form during leg press from the frontal plane. 【Results and Discussion】 As the leg press was to strengthen of the thigh muscle, VM, VL and RF of both groups worked strongly. However SOL of genu varum worked as strong as the level of activity of the thigh, iEMG of the SOL showed low value significantly by using wide stance. When the genu varum group performed maximal knee flexion using the narrow, their ankle was valgus on the video screen. This result may become cause of SOL higher activity during leg press. From this we can derive the argument that it will be necessary to take that stance into consideration when athletes who are genu varum performs leg press.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2003, 52 : 275~284)

key word : genu varum, EMG, training, leg press

I. 緒 言

ウェイト・トレーニングは、競技スポーツ選手にとっては主運動とともに重要視されており、特に下肢筋群はスポーツ動作において重要な役割を担う事が多いため積極的に行われている。例えば走動作や跳躍運動などでは、重心の加速期に膝関節の伸展、股関節の伸展、足関節の底屈が強くなる。したがって、これらの動作の発揮パワーを高めるには、各々の筋群を協調的に働かせる動作を用いたトレーニング種目を選んで行う事が重要と

なる¹⁾。この代表例としてスクワットやレッグプレスが挙げられる。これらは複合関節運動であり、大腿四頭筋群を強化するトレーニングとして積極的に取り入れられている。またこれらのトレーニングは closed kinetic chain (CKC) と呼ばれ、競技力向上の為の筋力強化以外にもリハビリテーションの一環としての筋力強化として有効であることが報告されている²⁾。そのため、特定の筋に対して負荷をかける事が可能であるならば、大腿四頭筋の内側広筋と外側広筋のアンバランスで生じる可能性のある膝蓋骨脱臼・亜脱臼などの予防にも

¹⁾ 筑波大学人間総合科学研究科
スポーツ医学研究室
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

²⁾ 筑波大学体育科学系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of
Tsukuba 1-1-1 Tennodai, Tsukuba City, Ibaraki 305-8574

Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba 1-1-1
Tennodai, Tsukuba City, Ibaraki 305-8574

役立つことが考えられる。そのためスクワットにおいてはスタンス幅, 膝屈曲角度, 下腿回旋角度などと大腿の筋活動の関係を明らかにする研究³⁻¹⁹⁾が数多くなされている。

しかしながら, これらの報告は下肢のアライメントの正常な者を対象としており, 下肢にマルアライメントを呈する者は対象とされていない。そのため下肢長軸方向に圧縮力の生じるトレーニングでは, 下肢にマルアライメントを呈する場合, 先行研究同様の筋動員様式であるとは言いがたい。また, 最近ではマルアライメントと障害の関係が, 多数報告²⁰⁻²²⁾されており, 競技現場では事前に個々の身体特性を把握するため, 整形外科的メディカル・チェックを行っている所²³⁾も多いが, 仮に下肢のマルアライメントがみつきり障害とのリスクが呈示されたとしても, それを踏まえた上で強化する方法については未確立である。メディカル・チェックを生かし, 障害のリスクを減らした上で目的とする筋を強化するためには, 個々の特性に応じたトレーニングを行う必要がある。しかしながら, 現在実施されているウェイトトレーニングはアライメントの異常を考慮して行われるものではなく皆一様な方法で行われている

のが現状である。よって, マルアライメントを呈する選手は, 障害予防のために行ったトレーニングが逆に局所的な疲労を生じさせてしまい, 障害のリスクを高めてしまうケースもあるのではないかと考えられる。

そこで, 本研究では, 下肢のマルアライメントである内反膝を取り上げ, 下肢長軸方向に圧縮力の生じるレッグプレス動作中の筋活動が, 内反膝の被験者と正常膝の被験者でどのように異なるかを明らかにすることを目的とした。

II. 方 法

A. 対 象

現在または過去に競技レベルでスポーツを行っており, その補助としてウェイト・トレーニングを日常的に行いレッグプレストレーニングの経験のある体育系男子大学生及び大学院生, 正常膝群4名(年齢: 24.0 ± 3.1 歳, 身長: 176.5 ± 1.1 cm, 体重: 70.8 ± 7.2 kg), 内反膝群5名(年齢: 21.0 ± 1.8 歳, 身長 172.2 ± 2.6 cm, 体重 69.2 ± 3.8 kg)を対象とした。膝アライメントの評価方法は, 両足部を揃えた立位で両大腿骨内側顆の距離が2横指以上²¹⁾であり, かつ上前腸骨棘から第1趾と

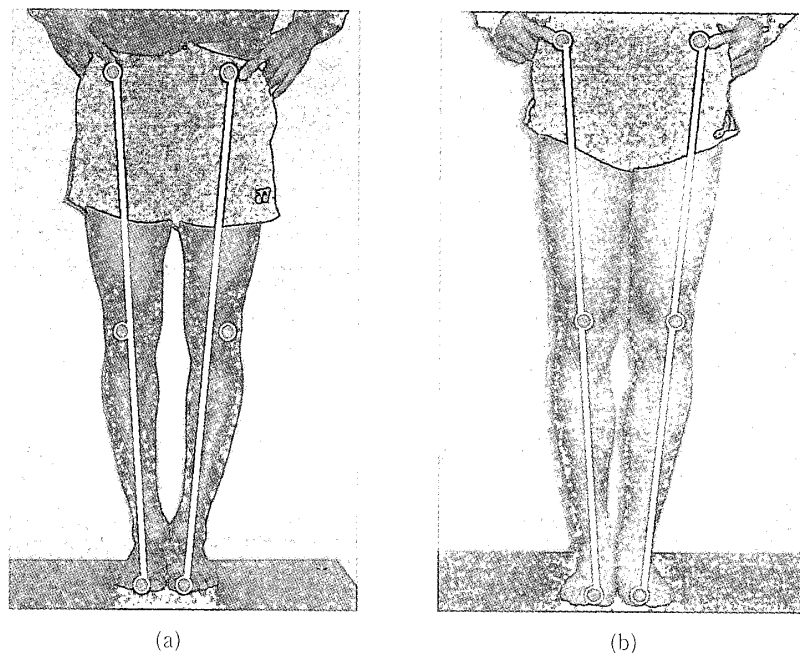


Fig. 1. The classification of the knee alignment.
The figure of right is genu varum and the one of left is normal knee.

Table 1. Physical characteristics of the participants in this study.

	Years	Height (cm)	Weight (kg)	Distance of medial condyles(cm)	Q-angle		Leg-heel alignment	
					R °	L °	R °	L °
Normal knee	24.0	176.5	70.8	0.9	13.5	12.3	5.3	7.3
SD	3.1	1.1	7.2	1.1	1.1	4.6	2.0	3.3
Genu varum	21.0	172.2	69.2	6.0	19.6	18.6	5.6	6.4
SD	1.8	2.6	3.8	1.0	0.8	2.2	2.9	3.0

第2趾の間に向かい直線を引いたラインよりも膝蓋骨の中央が外側にずれている²⁴⁾ものを内反膝とし(Fig. 1-a), 膝内顆間の距離が2横指以下で, 前述のライン上に膝蓋骨の中央が通るものを正常膝とした(Fig. 1-b). そして下肢における他のアライメントの影響を除外する為に, 被験者は両群とも Q-angle は 21° 以下, leg-heel alignment は 13° 以下とした. 各被験者の被験脚は各群ともボールを蹴る際の軸脚となる左脚とした. 身体特性を Table. 1 に示す.

B. 実験試技

正常膝群, 内反膝群両群に, 3種の異なるスタ

ンスによるレッグプレスを行わせた. その時のスタンスはナロウスタンス(両足関節外果間 30 cm, 下腿内外旋位 0°), ミディアムスタンス(両足関節外果間 60 cm, 下腿外旋位 15°), ワイドスタンス(両足関節外果間 90 cm, 下腿外旋位 30°)とした. レッグプレス動作前に足関節の背屈位関節角度 80°, 屈曲位膝関節角度は 60°, 屈曲位股関節角度 40°と規定した. 各試技の重量は, Lombardi の推定法²⁵⁾により 1 RM の 75% を推定し用いた. 実験試技を Fig. 2 に示す.

プロトコルを Fig. 3 に示す. 各スタンスにおいてレッグプレスをそれぞれ 3 回行い, 計 9 回動作を行った. それぞれのスタンスの間には少なく

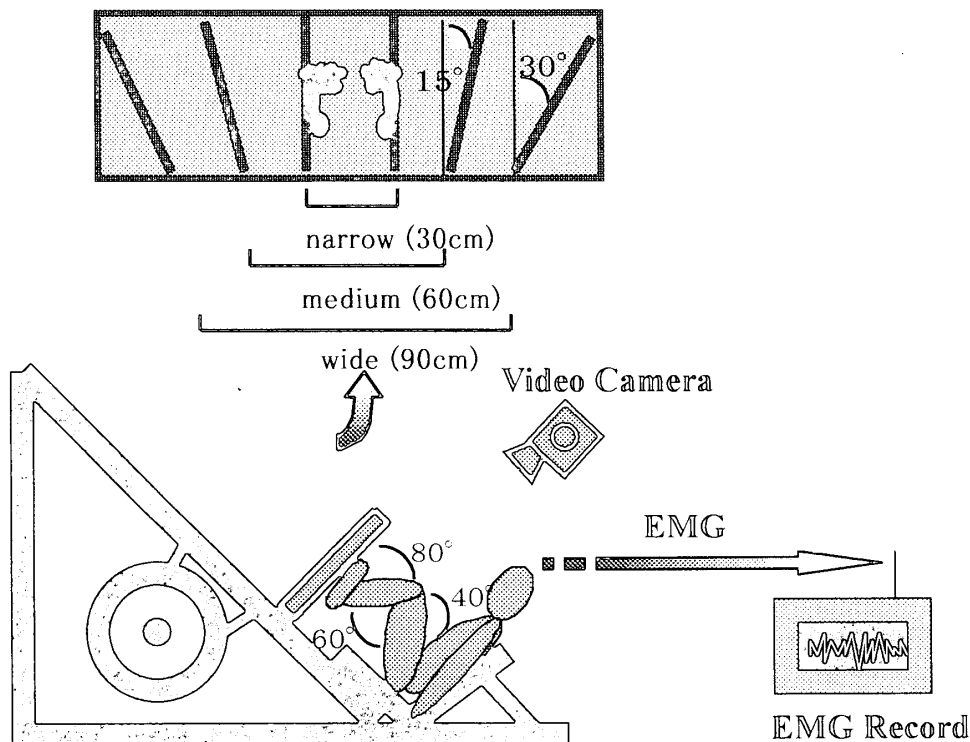


Fig. 2. Setup of the narrow, medium and wide stance leg press.

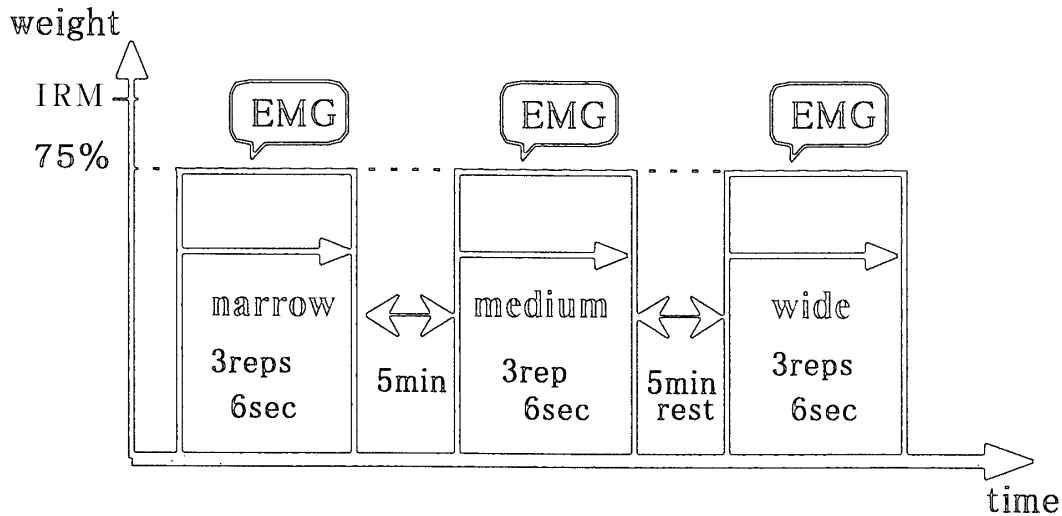


Fig. 3. Experimental protocol.

とも5分以上の休息をとった。動作速度は電子メトロノームにて60拍/分のピッチにあわせるよう指示し、膝伸展期を1秒、膝屈曲期を1秒として計2秒を1動作とした。

C. 筋電図測定

筋電図の測定にはBiopac社製EMGシステムを用い、サンプリング周波数は1kHzにより導出した。測定筋は内側広筋、外側広筋、大腿直筋、長内転筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋の計8筋とし、双極の銀塩化銀電極を電極中心距離15mmで筋線維走行に沿って貼付した。また電極貼付部位は剃毛し、アルコールにて老廃物を取り除き、皮膚前処理用のクリームを用いて皮膚の角質除去も行った。

D. 筋電図解析

導出したデータはAD変換し、Biopac社製Acqknowledge MP100W workstationを用い解析した。全てのデータは10Hzのハイパスフィルターでアーチファクトの除去を行い整流化した。

筋電図のデータは、各スタンスでのレッグプレス1動作(膝伸展期1秒、膝屈曲期1秒の計2秒)ごとに積分し筋活動量を算出した(iEMG)。そして、被験者間で各筋の相対的なiEMGを比較するために、各スタンスでの3回の動作の平均iEMGをとり、最大随意収縮時2秒間のiEMGで

除し%iEMGとした。最大随意収縮の測定は徒手筋力検査にて行った。

E. フォームの解析

各スタンスにおいて動作中のフォームをチェックするために、ビデオカメラを撮影面が膝関節最大伸展時の脚と平行となるように設置した(Fig. 2)。

F. 統計処理

正常膝群と内反膝群のスタンスの変化による交互作用、およびスタンスの変化に伴う各筋%iEMGの変化、各スタンスにおける両群の有意性を検定する為に2-way repeated measures ANOVAを用いた。その結果統計的に有意差が確認されたものについては、どのスタンスで正常膝群と内反膝群間に有意差があるか、また各群のどのスタンス間で有意差がみられたかを確認するために多重比較検定を行い有意差を検出した。なお、統計処理の有意性は危険率5%水準で判定した。

III. 結 果

A. 各スタンスにおける%iEMGの変化

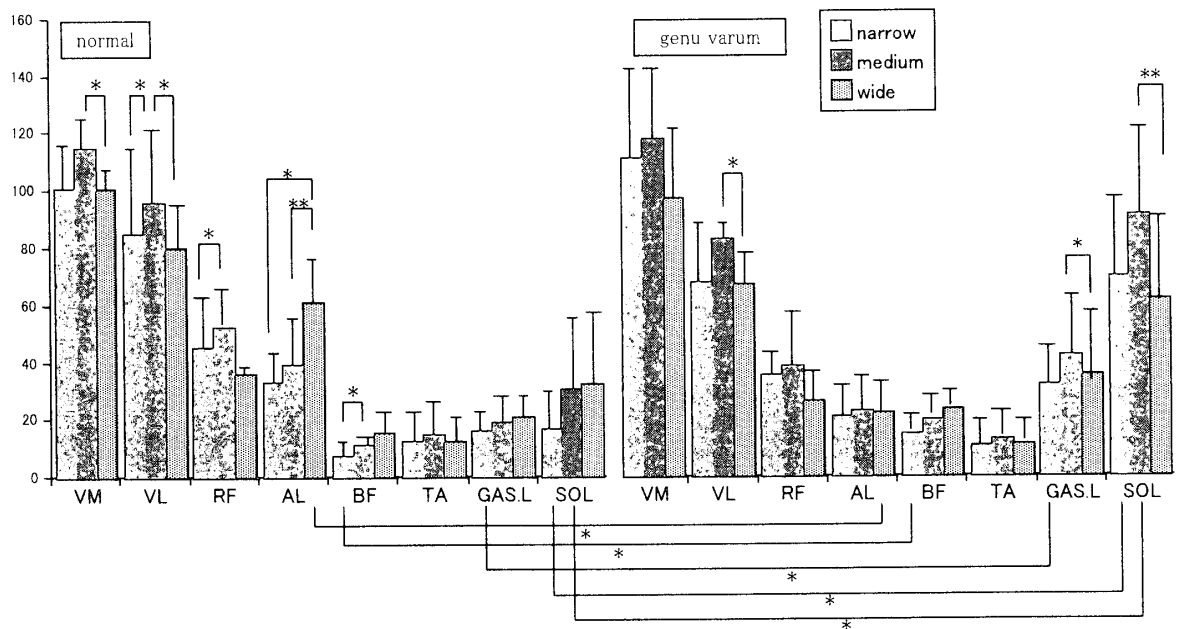
Table 2, Fig. 4に正常膝群、内反膝群のスタンスの変化による各筋の%iEMGを示した。

1. 内側広筋(VM)

内反膝群はナロウスタンスにおいて正常群より

Table 2. Descriptive statistics of both group %iEMG.

Normal knee	VM	VL	RF	AL	BF	TA	GAS.L	SOL
narrow	100.3±14.7	84.4±27.5	45.5±16.4	33.3±12.0	7.4±2.6	12.5±8.3	16.0±7.2	16.7±9.6
medium	114.7±10.2	95.7±26.2	52.9±13.7	39.2±15.4	10.9±1.5	14.6±11.4	18.7±7.5	30.8±21.7
wide	100.3±7.2	79.5±16.1	36.0±2.0	61.4±17.4	15.5±5.0	12.4±7.3	20.9±5.8	32.6±22.8
Genu varum	VM	VL	RF	AL	BF	TA	GAS.L	SOL
narrow	110.8±32.4	68.2±20.3	35.3±8.7	20.6±10.2	14.5±4.9	10.2±7.7	32.0±14.5	69.8±28.7
medium	117.5±26.4	83.0±7.1	38.5±17.0	22.9±12.3	19.4±8.2	13.0±8.2	42.2±23.1	91.0±30.4
wide	97.1±22.8	67.4±8.8	26.2±9.2	22.1±10.8	23.0±6.9	10.9±8.2	35.4±21.8	61.8±29.5



* < 0.05 ** < 0.01

Fig. 4. Comparison of %iEMG between normal knee and genu varum.

As the leg press was to strengthen of the thigh muscle, VM, VL and RF of both groups worked strongly. The SOL of genu varum worked as strong as the level of activity of the thigh.

も高い値を示すが両群間に有意な差はみられなかった。両群とも %iEMG の変化はミディアムスタンスを用いた時に最も高く、ワイドスタンスでは低値を示すといった同様の傾向がみられた。特に正常膝群のミディアム-ワイドスタンス間では有意に低値を示し、その時の低下率は14.4%であった。

2. 外側広筋(VL)

外側広筋では両群を比較すると統計的に有意差はないものの正常群の方が全体的に高い値を示した。また、両群ともスタンスの変化による %

iEMG の変動傾向は内側広筋と同様の推移を示した。特に、正常膝群のナロウからミディアムスタンスにおいて有意に高値を示し、両群ともミディアムからワイドスタンスにかけて有意に低値を示した。

3. 大腿直筋(RF)

全体的に正常膝群の方が高い値を示した。正常膝群のナロウ-ミディアムスタンス間では有意に高値を示し、ミディアム-ワイドスタンス間では有意な差ではないものの ($p=0.0891$) 低い値を示す傾向がみられた。内反膝群の %iEMG の変化

は正常膝群と同様の推移をしており, 特にナロー-ワイドスタンス間では有意な差ではない($p=0.0601$)が, 低値を示す傾向にあった。

4. 長内転筋(AL)

正常膝群と内反膝群のスタンス間には交互作用が認められ, 正常膝群のナローからワイドスタンスにかけて有意に高値($p<0.01$)を示した。またミディアム-ワイドスタンスにかけても有意に高値($p<0.01$)を示した。

しかしながら内反膝群はスタンスを広げても筋活動量は有意な変化はみられなかった。また, 両群のワイドスタンスを比較すると, 正常膝群は内反膝群よりも39.3%も高値を示した。

5. 大腿二頭筋(BF)

ナロースタンスにおいて内反膝群が正常膝群よりも有意に高値を示した。両群ともスタンスが広がるに従い %iEMG 値は高値を示し, 特に正常膝群のナローからミディアムスタンス間にかけて有意に高値を示した。

6. 前脛骨筋(TA)

両群間, 各スタンス間に統計的に有意な差はみ

られなかった。

7. 腓腹筋(GAS)

全体的にどのスタンスにおいても内反膝群が高い値を示し, ナロースタンスでは内反膝群が正常膝群よりも16%高値を示した。またスタンス間での変化は, 内反膝群のミディアム-ワイドスタンス間で有意に低値を示した。

8. ヒラメ筋(SOL) (Fig. 5)

内反膝群が正常膝群よりもナロースタンスで53.1%有意に高値を示し, ミディアムスタンスで60.2%有意に高値を示した。また, 内反膝群のミディアムからワイドにかけて有意に低値($p<0.01$)を示した。正常膝群ではスタンス間に有意な差はみられなかった。

B. 内側広筋と外側広筋の活動バランス (VM/VL 比) (Fig. 6)

両群の VM/VL 比は, ナロー, ミディアム, ワイドスタンスそれぞれ, 正常膝群0.98, 0.98, 1.02, 内反膝群2.19, 1.78, 1.79であった。両群ともスタンスの変化に対して有意な差はみられなかったものの, ナロー及びワイドスタンスにおい

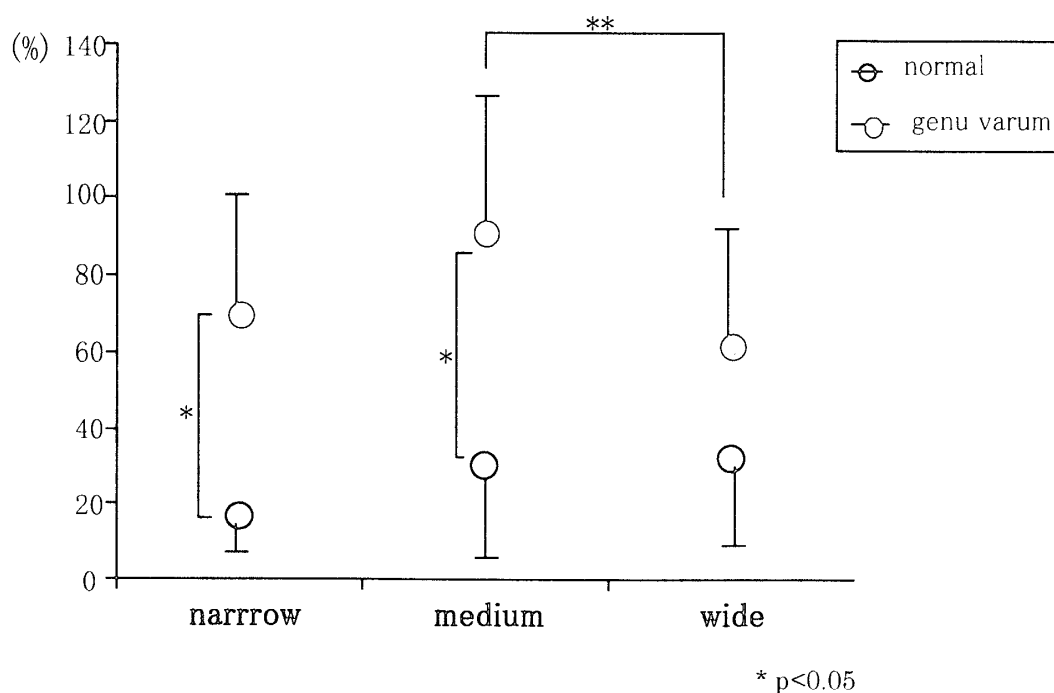


Fig. 5. %iEMG : Soleus.

The %iEMG of genu varum using a narrow and medium stance were severally 53.1%, 60.2% greater than normal knee group. The %iEMG of the SOL presented a significantly low value in subjects using a wide stance.

内反膝がレッグプレス中の下肢筋活動量に及ぼす影響について

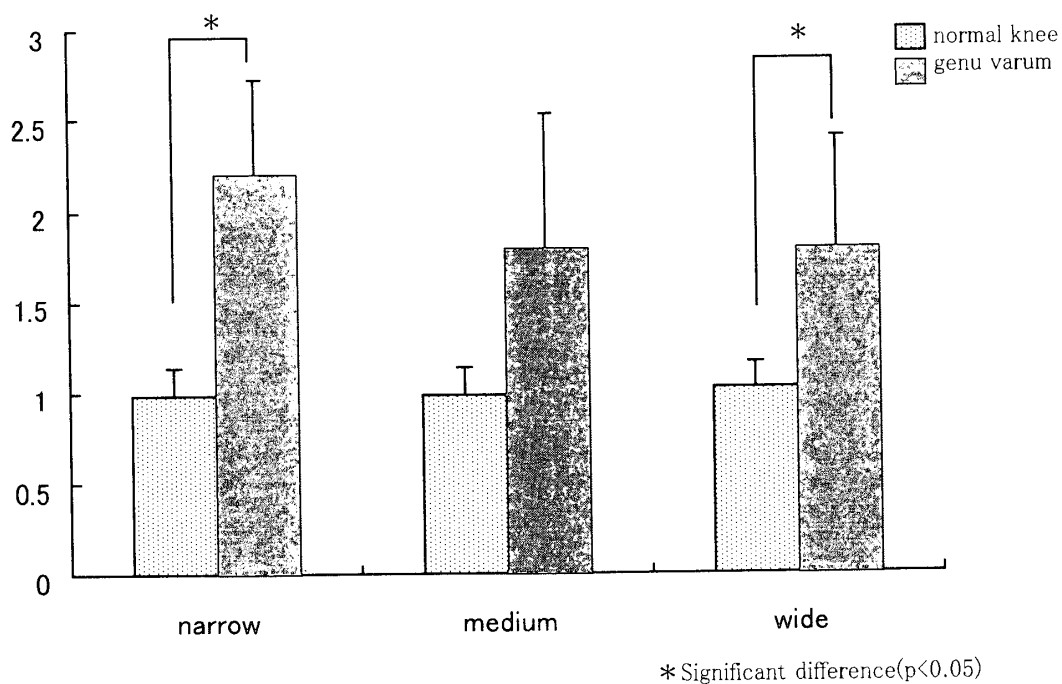


Fig. 6. VM/VL ratio.

The VM/VL ratio of genu varum showed significantly higher than normal knee during narrow and wide stance.

て内反膝群が正常膝よりも有意に高い値を示した。

C. 各群におけるフォームの特徴(Fig. 7)

内反膝群5名中4名は、ナロウスタンス時のレッグプレス動作で膝関節最大伸展時から屈曲するに従い、明らかに足関節の回内が強くなる傾向に

あった。逆に膝関節が屈曲から伸展に移行するに従い足関節の回内も動作開始時に戻った。他のスタンスでは、ビデオカメラ上において正常膝群、内反膝群とも明らかなフォームの違いはみられなかった。

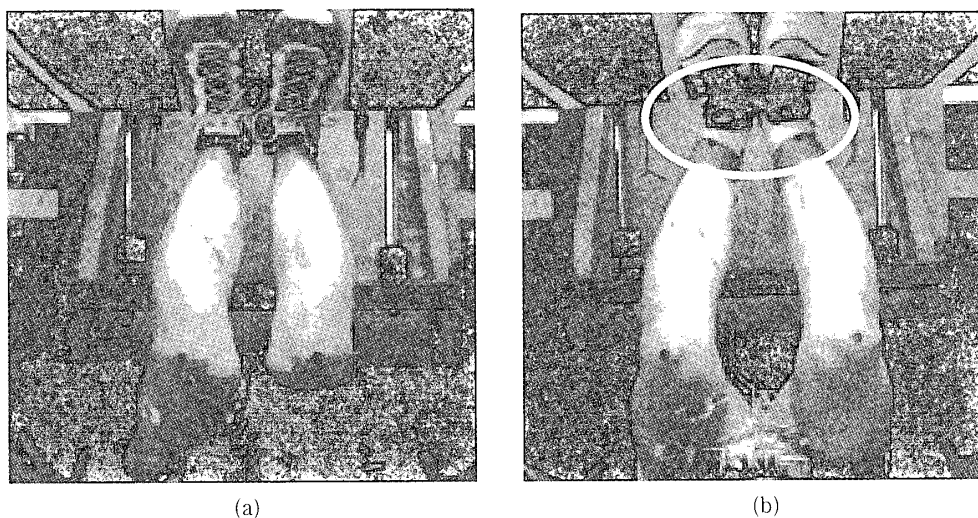


Fig. 7. Performing the narrow stance legpress, (a) normal knee and (b) genu varum. When the genu varum group performed maximal knee flexion using the narrow, their ankle was valgus on the video screen.

IV. 考 察

A. 各筋群における %iEMG について

1. 大腿筋群

大腿四頭筋群に着目してみると, 正常膝群, 内反膝群ともミディアムスタンスで高い値を示した. これはミディアムスタンスを用いることで, レッグプレスの屈曲, 伸展全動作を通して最も筋線維が動員されていることを意味する. つまりミディアムスタンスを用いた時に, 最も四頭筋群に負荷が生じることが考えられる.

また, 長内転筋に着目してみると正常膝群ではスタンスが広がるに従い強く活動し, 特にワイドスタンスでは内反膝群よりも39.3%も有意に強く活動しているが, 内反膝群ではスタンスによる影響は認められなかった. この正常膝群における長内転筋の筋動員パターンは, スクワットにおける先行研究^{5,6)}などとも一致している. このことは, ワイドスタンスを用いる事で, 股関節の外転・外旋はより大きくなり, 上昇段階で大腿を正中線上に引っ張るように活動する為, 他の内転筋と同様に強く活動するであろう事は推測できる. しかしながら, 内反膝群ではワイドスタンスのポジションをとっても長内転筋の活動には影響がなかった. この結果はこれまでの先行研究とも異なる. 長内転筋の起始は恥骨上枝から始まり, 大腿骨の粗線内側唇の中 1/3 に停止する. 内反膝を呈すると, 膝の内顆同士は密着しない為, 大腿骨長軸の角度が外方に偏位する. 筋自体が個人の特性に適應した活動を行うため, 内反膝の場合内転筋群が活動しにくい傾向にあるのではないだろうか.

2. 下腿筋群

レッグプレスは, 大腿の筋及び臀部の筋を強化する種目^{1,26)}として知られている. 実際に正常膝群の下腿三頭筋群をみても %iEMG は30%前後, もしくはそれ以下であるのに対し, 内反膝群のミディアムスタンスでのヒラメ筋は91.0%も動員されている. 特にヒラメ筋に着目すると, ナロウスタンスでは正常膝群よりも53.1%も強く活動し ($p < 0.01$), ミディアムスタンスでは60.2%も強く活動している (Fig. 5). このことは, 内反膝

を呈することで, 大腿筋群だけでなく, 下腿筋群に対しても負荷が生じている事が考えられる.

レッグプレスのフォームを見てみると (Fig. 7), 内反膝群のナロウスタンスにおいて, 強い足関節の回内傾向がみられた. 内反膝を呈する者は狭いスタンスをとると膝と足の位置関係から, 屈曲するに従い下肢の連関により足関節が回内する. これは, 脛骨過労性骨膜炎の原因ともなる²¹⁾ことを示唆している. 膝の内反を呈すると下肢への長軸方向の負荷により足関節が回内し, 内反底屈筋群であるヒラメ筋付着部に過度のストレスが加わることが予想される. そのことが原因で, 筋が疲労を生じ伸張性が低下する. そして筋付着部への伸張ストレスが増大し脛骨過労性骨膜炎を生じる²⁷⁾可能性も考えられる. 本研究において内反膝群のヒラメ筋が強く活動していることは, 脛骨過労性骨膜炎を生じる者の中に内反膝を呈する者が多い²⁷⁾といった報告にも納得がいく.

内反膝群の下腿の筋群が強く活動する事が, 直接障害の発生に関与するとはいえない. しかし, 明らかに正常膝群とは異なる筋活動パターンを示しているため, 今後内反膝を呈する者がトレーニングを行う場合下腿にも考慮する必要があるのではないだろうか.

B. 内側広筋・外側広筋の動員バランス (VM/VL 比)

内側広筋と外側広筋の活動量の違いは同一動作を行った時の膝伸展力への筋線維動員バランスを表す. 内側広筋と外側広筋の伸展力にアンバランスが生じると, 膝蓋骨周囲疼痛 (AKP) や膝蓋骨の脱臼, 亜脱臼のリスクが大きくなるといわれており, その理由の一つに内側広筋よりも外側広筋が強いこと²⁸⁾が挙げられている. そのため, 内側広筋に選択的に負荷をかける方法が模索されている.

本研究では, 正常膝群ではスタンスの変化に限らず, VM/VL 比は1に近く内側広筋, 外側広筋とも同様のバランスで活動している. しかしながら, 内反膝群では内側広筋が外側広筋よりも2倍近く活動していることが分かる (Fig. 6). 明ら

かに内反膝群の方がどのスタンスにおいても内側広筋と外側広筋のアンバランスが大きい。しかしながら、このアンバランスは外側広筋優位ではなく、内側広筋の方が強く活動しており、膝伸展機構、膝蓋骨の安定に強く関与していると考えられる。内反膝群でみられるナロウスタンスにおける屈曲時の回内は、Q-angleが増加²⁹⁻³¹⁾するように働く。Q-angleが大きくなると、膝蓋骨にかかる外側方向への引きに対して内側広筋が対立する力を発揮するため、内側広筋が肥大するとの報告³²⁾もある。同様に、内反膝群のレッグプレス動作では、膝を屈曲する際の距骨下関節の回内によりQ-angleが増加するように働き、その影響で内側広筋が強く活動し膝蓋骨を保持させている可能性もある。しかしながら、今回の研究のレッグプレスでは75%/1RMの負荷で各スタンス3回しか行わせていないため、総トレーニング量は少ない。その為、筋力トレーニングの効果を得るレベルまで筋に負荷をかけた時、同様のバランスで活動するかどうかは不明である。今後、オールアウトをきたすまで筋活動量が測定可能であれば、膝アライメントの違いと疲労段階における内・外側広筋の動員割合の推移が明らかになり、より詳細な筋活動メカニズムが明らかになるのではないかと考えられる。

V. ま と め

本研究は膝のアライメントに関係なく行われているレッグプレスだが、下肢長軸方向に圧縮力が生じるため、膝アライメントの差異によって筋活動量が異なるのではないかという仮説のもと、膝アライメントの異なる者を対象に筋電図学的解析を行った。そしてレッグプレス動作中の筋活動が、内反膝の被験者と正常膝の被験者でどのように異なるかを明らかにすることを目的とした。

両群とも大腿筋群はナロウ、ミディアム、ワイドのスタンスを通して強い活動を示したが両群に有意な差はみられなかった。しかしVM/VL比では内反膝群においてアンバランスが大きく、外側広筋よりもむしろ内側広筋が優位に活動する傾向がみられた。両群の下腿三頭筋群を比較すると

各スタンスとも内反膝群が高い値を示す傾向にあった。特にヒラメ筋のナロウスタンスでは53.1%、ミディアムスタンスでは60.2%も正常膝群より強く活動したが、ワイドスタンスを用いることで有意に低値を示した。

以上のことから、今後内反膝を呈する者がトレーニングを行う際には下腿にも考慮する必要があることが示唆された。

(受理日 平成15年3月15日)

参 考 文 献

- 1) 石井直方, レジスタンストレーニングの理論と実際 [8] 股関節, 膝まわりの筋の強化1. 臨床スポーツ医学, (1995), 12, 1401-1410.
- 2) Yack, H. J., C. E. Collins, and T. J. Whieldon. Comparison of closed and open kinetic chain exercise in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am. J. Sports Med.* (1993), 21, 49-53.
- 3) Tesch, P. A., and G. A. Dudley. MRI examines the squat. *Musc. Fit.* November (1992), 116.
- 4) Tesch, P. A and G. A. Dudley. Muscle meets magnet. PA Tesch AB, Stockholm, (1993), 51-52.
- 5) Signorile, J. F., Kwiatkowski, J. F. Caruso and B. Robertson. Effect of foot position on the electromyographic activity of the superficial quadriceps muscles during the parallel squat and knee extension. *J. Strength. Cond. Res.* (1995), 9, 182-187.
- 6) MaCaw, S. T., Melrose, D. R. Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Med. Sci. Sport Exerc.* (1999), 31 (3)428-436.
- 7) Escamilla, R. F., G. S. Fleising, N. Zheng, S. W. Barrentine, K. E. Wilk, and J. R. Andrews. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med.Sci.Sports Exerc.*, (1998), 30, 556-569.
- 8) Anderson, R., C. Courtney, and E. Cameli. EMG analysis of the vastus medialis/vastus lateralis muscles utilizing the unloaded narrow-and wide-stance squats. *J. Sport Rehabil.* (1998), 7, 236-247.
- 9) Blanpied, P. R. Change in muscle activation during wall slides and squat-machine exercise. *J. Sport Rehabil.*, (1999), 8, 123-134.
- 10) Hung, Y. J., and M. T. Gross. Effect of foot position on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during lower-extremity weight-bearing activities. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, (1999), 29, 93-105.
- 11) Ninos, J. C., J. J. Irrgang, R. Burdett, and J. R. Weiss. Electromyographic analysis of the squat performed in self-selected lower extremity neutral rotation and 30 degrees of lower extremity turn-out form

- the self-selected neutral position. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, (1997), **25**, 307-315.
- 12) Dahlkvist, N. J., P. Mayo, and B. B. Seedhom. Forces during squatting and rising from a deep squat. *Engl. Med.*, (1982), **11**(2), 69-76.
 - 13) Signorile, J. F., B. Weber, B. Roll, J. F. Caruso, I. Lowenstyn, and A. C. Perry. An electromyographical comparison of the squat and knee extension exercises. *J. Strength Condit. Res.*, (1994), **8**, 178-183.
 - 14) Stuart, M. J., D. A. Meglan, G. E. Lutz, E. S. Grownny, and K. N. An. Comparison of intersegmental tibiofemoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic chain exercises. *Am. J. Sports Med.* (1996), **24**, 792-799.
 - 15) Wilk, K. E., R. F. Escamilla, G. S. Fleising, S. W. Barrentine, J. R. Andrews, and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. *Am. J. Sports Med.*, (1996), **24**, 518-527.
 - 16) Wretenberg, P., Y. Feng, F. Lindberg, and U. P. Arborelius. Joint moments of force and quadriceps activity during squatting exercise. *Scand J. Med. Sci. Sports*, (1993), **3**, 244-250.
 - 17) Wretenberg, P., Y. Feng, and U. P. Arborelius. High- and low-bar squatting techniques during weight-training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, (1996), **28**, 218-224.
 - 18) Wright, G. A., T. H. DeLong, and G. Gehlsen. Electromyographic activity of the hamstrings during performance of the leg curls, stiff-leg deadlift, and back squat movements. *J. Strength Condit. Res.*, (1999), **13**, 168-174.
 - 19) Isear, J. A., Jr., J. C. Erickson and T. W. Worrel. EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. *Med. Sci. Sports Exerc.*, (1997), **29**, 532-539.
 - 20) Krissoff, W. B., Ferris, W. D. Runner's injuries. *Phys. Sportsmed.* (1979), **7**, 53-63.
 - 21) 山本利春. ランニング障害予防のための下肢アライメント評価. *トレーニングジャーナル*, (1996), **6**, 86-89.
 - 22) 増島 篤. 腸脛靭帯炎について. *東日本スポーツ医学研究会会誌*. (1983), **4**, 184-187.
 - 23) 山本利春. 体育系大学における整形外科的メディカル・チェック. *臨床スポーツ医学*, (1996), **13**(10), 1095-1104.
 - 24) J. M. ブーハー, G. A. シボドー著, 渡辺好博監訳. *スポーツ外傷アセスメント*. 西村書店, (1993), 310.
 - 25) Lombardi, V. P. *Beginning Weight Training*. Dubuque, IA. W. C. Brown, (1989), 201-204.
 - 26) 石井直方. *レジスタンストレーニング*. ブックハウス HD, 東京, (1999), 178-179.
 - 27) 平野佳代子, 宮下浩二, 井戸田 仁, 横江清司, 馬越信行, 山賀 寛. 脛骨過労性骨膜炎の発生要因について. *Journal of Athletic Rehabilitation*. (1999), **2**, 103-110.
 - 28) 蒲田和芳, 佐藤まゆみ. Anterior knee pain のメカニズムと下肢アライメント. *Journal of Athletic Rehabilitation*, (1999), **2**, 13-20.
 - 29) D'Amico J, Rubin M. The influence of foot orthoses on the quadriceps angle. *Am. Podiatr Med. Assoc.* (1986), **76**, 337-340.
 - 30) Kernozek T, Green N. Quadriceps angle and rear-foot motion: relationships in walking. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* (1993), **74**, 407-410.
 - 31) Powers C, Maffucci R, Hampton S. Rearfoot posture in subjects with patellofemoral pain. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* (1995), **22**, 155-160.
 - 32) Schulthies S, Francis R, Fisher A, Van De Graaff K. Does the Q-angle reflect the force on the patella in the frontal plane? *Phys. Ther.* (1995), **75**, 24-30.