

ACL 再建術後の 下肢筋肉量の変化

Total muscle volume of the lower limb after anterior cruciate ligament reconstruction

永田武豊*¹, 内田良平*², 塩崎嘉樹*²
香川健太郎*¹, 高尾理樹夫*³, 堀部秀二*³

キー・ワード：ACL reconstruction, body composition meter, lower limb muscle mass
前十字靭帯再建術, 体組成, 下肢筋肉量

〔要旨〕 膝前十字靭帯 (ACL) 再建術後の膝伸展筋群の評価は、一般的に筋力測定や、CT・MRI 等の画像による大腿四頭筋断面積 (QA) を用いるが、前者は術後早期には困難で、後者も被曝やコスト面から頻繁には行えない。他方で、近年普及しつつある簡便で非侵襲的な体組成計が筋萎縮評価があるが、そのエビデンスは確立されていない。

本研究では、体組成計での下肢筋肉量 (MV) と、CT での QA を比較し、体組成計での評価の有用性について検討することを目的とした。当院で ACL 再建術を施行した 37 例 (男性 16 例, 女性 21 例) に対し、術後 2 週および 24 週で MV と QA を計測し、両時期での患健比や各測定値の経時的变化を統計学的に分析した。

術後 2 週の MV は患側 8.0 ± 2.2 kg, 健側 7.8 ± 2.2 kg と患側が有意に大きかったが ($P < 0.01$), QA は患側 3600 ± 960 cm², 健側 3900 ± 970 cm² と患側が有意に小さかった ($P < 0.01$)。術後 24 週での MV は患側 8.3 ± 2.4 kg, 健側 8.3 ± 2.3 kg, QA は患側 4100 ± 1100 cm², 健側 4200 ± 960 cm² とどちらも差がなかった。MV と QA の比較では術後 2 週および 24 週の両方で相関はみられなかった。また、MV・QA の患健側とも術後 2 週より術後 24 週の方が有意に高かった ($P < 0.01$)。

術後 2 週では MV は患側で有意に大きく、QA とは異なる傾向を示し、体組成計での筋萎縮評価は困難であった。術後 24 週では、MV・QA 共に患側は健側と同程度までの回復がみられ、筋萎縮からの回復の評価が可能であると考えられた。

緒言

膝前十字靭帯 (ACL) 損傷は代表的な膝のスポーツ傷害であり、手術を要することが多い。手術は再建術を行うが、術後に患側の膝周囲筋、特に膝伸展筋群の筋萎縮が起こることが知られている¹⁾。スポーツ復帰のためには、この術後の筋萎縮を最小限とし、出来る限り速やかに回復させることが重要である。一般的に術後の筋萎縮や回復の

程度の把握のために、膝伸展筋群の筋力測定や CT・MRI などの画像による大腿四頭筋断面積を用いるが、筋力は術後早期には測定できず、また画像検査は被曝やコストの面から頻繁には行えない。他方で、近年普及しつつある生体電気インピーダンス法 (Bio-electrical Impedance Analysis: BI 法) による体組成計では、下肢筋肉量が簡便かつ安価に測定可能である²⁾。しかし、過去に、BI 法を用いた体組成計での ACL 再建術後の患側下肢筋肉量を評価した報告は少ない上に、術後 1 ヶ月までの患側の筋萎縮の評価は大腿周径との比較において困難であった³⁾。また、ACL 再建術後 1 ヶ月以降の BI 法による患側下肢筋肉量について検討さ

*1 正風病院リハビリテーション科

*2 正風病院スポーツ整形外科

*3 大阪府立大学総合リハビリテーション学類

れた報告はない。そこで、本研究の目的は、1) ACL 再建術後2週および24週までの体組成計でのMVの変化を前向きに検討すること、2) 筋肉以外の要素を含む大腿周径よりも高精度で評価できるQAを用いてMVと比較することとした。なお、術前および術後2週から24週の期間においては、既述のような理由で画像検査は頻繁に行えないためQAの計測は行わなかった。また、評価時期の設定については、術後2週は装具固定が除去され筋萎縮が最も著明となる時期であること、術後24週はスポーツ復帰に差し掛かる時期であり、復帰判断の一指標と成り得るのかを検討することを理由に両時期の設定を行った。

仮説は、術後2週のMVはQAとは異なり、手術の影響のため患側の方が健側よりも有意に高く、筋萎縮の評価は困難であるが、術後24週では、患側MVは健側と同程度まで回復しており、QAと比較しても矛盾が無く、MVでの筋萎縮の評価が可能だということである。

■ 対象および方法

1. 対象

当院にてACL再建術を施行した37例37膝(24.5±9.2歳、男性16例、女性21例)を対象とし、史野ら⁴⁾の方法に準じて骨付膝蓋腱による解剖学的長方形骨孔ACL再建術を施行した。なお、37例の内訳は初回再建者が28名、再々建者が9名であり、反対側受傷例と複合靭帯損傷例は除外した。

全ての対象者に対し、研究の主旨・目的・測定内容・方法・プライバシーの保護に関して説明を行い、同意を得た上で、術後2週および24週で体組成測定およびCT撮影を行った。後療法は膝関節軽度屈曲位にて2週間の装具固定の後、関節可動域訓練を開始し、術後3週で部分荷重、術後4週で全荷重、術後12週でジョギングおよび着地練習、術後16週でランニングおよびジャンプ、術後20週でダッシュ(50%)、術後24週でダッシュ(80%)を許可した。

2. 体組成測定

体組成測定は医療用体成分分析装置InBody S10(InBody社)を用いて行った。この装置では、生体に非侵襲的な微弱電流を通電させ、その抵抗値を測定した後に、身体組成値が推定される仕組みとなっている。この評価法はCTやDEXA法と同等の精度があることも報告されているが²⁾、抵抗

値の測定は水分の含有率によって変化することが知られており、日内変動や測定条件の影響も指摘されている⁵⁾。そこで、これらに対する配慮として、測定条件は内臓残留物の影響を除くため昼食3時間後とし、体重計測後、体内水分安定のため10分間の安静臥床を課した。その後、両手第1指・3指と両足部内外果やや下方に計8極の電極を装着し体組成値を測定した。なお、本研究で用いた体組成計では、算出した体水分量をもとに除脂肪量や筋肉量など様々な体成分の測定が可能であり、全患者の術後2週および24週のMVと下肢水分量を記録した。

3. 筋断面積測定

CT画像はAquilion16 Multislice CT System(東芝メディカルシステムズ社)にて撮影したデータをもとに、Plissimo EX(パナソニックメディカルソリューションズ社)を用いて、画像の再構成を行い、膝蓋骨中央を通る矢状断にて膝蓋骨上極より近位5cmでの大腿部水平断を作成した。作成した水平断上にて、大腿四頭筋の外周縁をマニュアルでトレースし、QAを計測した。計測は検者2名が3回行い、計測値は平均値とした(図1)。検者間誤差は8%未満、検者内誤差は5%未満であった。

4. 評価項目

MVおよびQAについて①各時期における患側と健側の比較②術後2週から24週までの測定値の推移③各時期における健側2週の値に対する比の相関を評価した。また、体組成計では、下肢水分量については、各時期における患側と健側下肢の比較を評価した。

5. 統計分析

MV・QAと下肢水分量の患側と健側の比較、および術後2週から24週までの測定値の変化にはpaired T-test、術後2週および術後24週でのMVとQAの関係にはPearsonの相関係数を適用した。尚、統計処理には4Steps Excel統計第3版Statcel3を用い、有意水準は5%未満とした。

■ 結 果

患側と健側の比較では、術後2週のMVは患側8.0±2.2kg、健側7.8±2.2kgと患側の方が有意に高値(P<0.01)であり、QAは患側3600±960cm²、健側3900±970cm²と患側の方が有意に低値(P<0.01)であった(図2)。術後24週のMVは患側

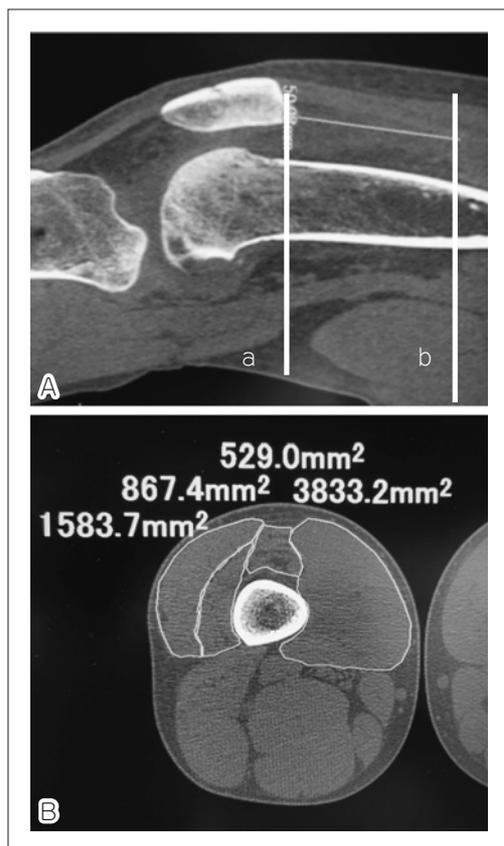


図1 大腿四頭筋筋断面積 (QA) の計測法

A. 膝蓋骨中央を通る膝矢状断

大腿骨軸に垂直な膝蓋骨上極を通る面a(白色実線)および、その近位5cmの面b(黄色実線)を設定

B. 大腿四頭筋の関心領域 (ROI) の設定

面bにて内外側広筋・大腿直筋・中間広筋の外周縁をマニュアルでトレースし、ROIを設定することで、各筋の断面積を計測、総和の大腿四頭筋断面積 (QA) を算出

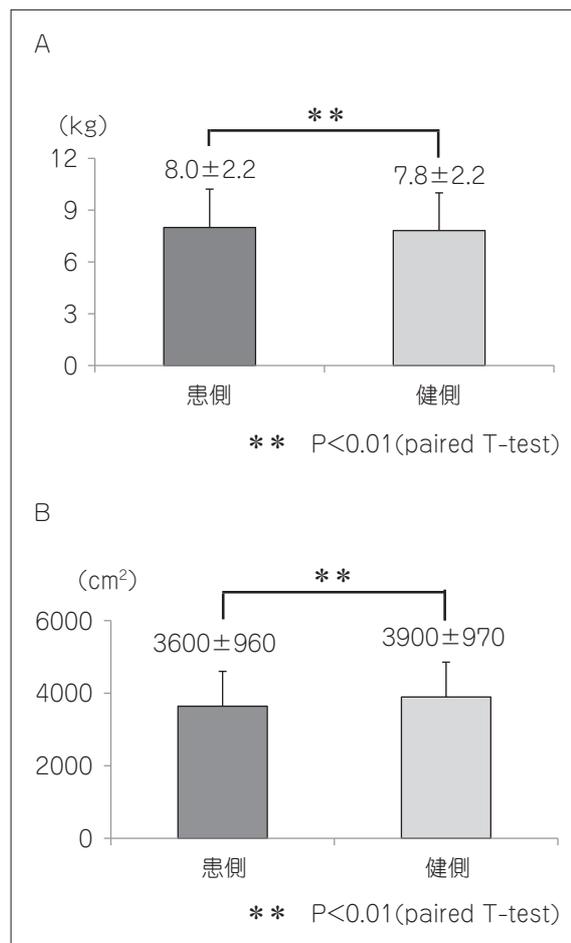


図2 術後2週の下肢筋肉量 (MV) と大腿四頭筋断面積 (QA)

A. 術後2週での患健側 MV

B. 術後2週での患健側 QA

8.3±2.4kg, 健側 8.3±2.3kg, QA は患側 4100±1100cm², 健側 4200±960cm²であり, MV および QA とともに患健側での差はなかった (図3). また, 下肢水分量の比較では, 術後2週は患側 6.3±1.7L, 健側 6.1±1.7L で患側の方が有意に高値 (P<0.01) であり, 術後24週は患側 6.8±1.8L, 健側 6.8±1.8L であり, 患健側での差はなかった.

術後2週から24週までのMVおよびQAの変化については, 患健側いずれにおいても術後2週に対し, 術後24週では有意に増加していた (P<0.01) (図4). MV と QA の関係については術後2週 (r=0.23, P=0.1), 術後24週 (r=0.29, P=0.07) と相関はみられなかった (図5).

考 察

ACL再建術後患者を対象に, 体組成計によるMVとCTによるQAを比較検討したが, 術後2週では, MVは患側で有意に高く, QAは患側で有意に低かった. また, 下肢水分量は患側で有意に高かった. 一方, 術後24週では, MVおよびQAともに患健側での差はみられなかった. また, 下肢水分量でも同様であった. MVとQAの関係については術後2週および24週ともに相関はみられなかった.

術後2週では, 装具固定・免荷による患側下肢の廃用性筋萎縮が起こることが予測され, 実際にRisbergら⁶⁾はACL再建術を施行し装具を使用した患者では, CTから算出した術後2週でのQAにて, 有意に筋萎縮を認めたとしている. また, Muchaら⁷⁾は超音波によるQAの調査において,

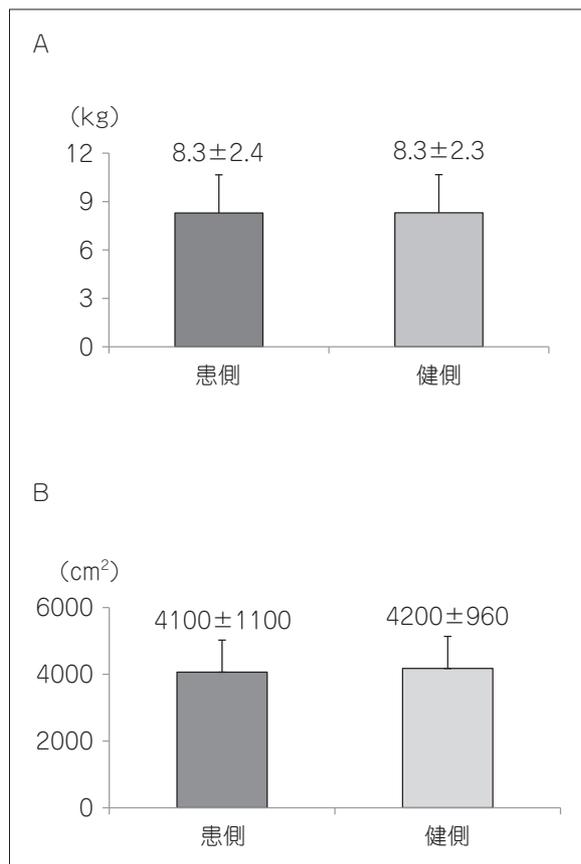


図3 術後24週の下肢筋肉量 (MV) と大腿四頭筋断面積 (QA)
 A. 術後24週での患健側 MV
 B. 術後24週での患健側 QA

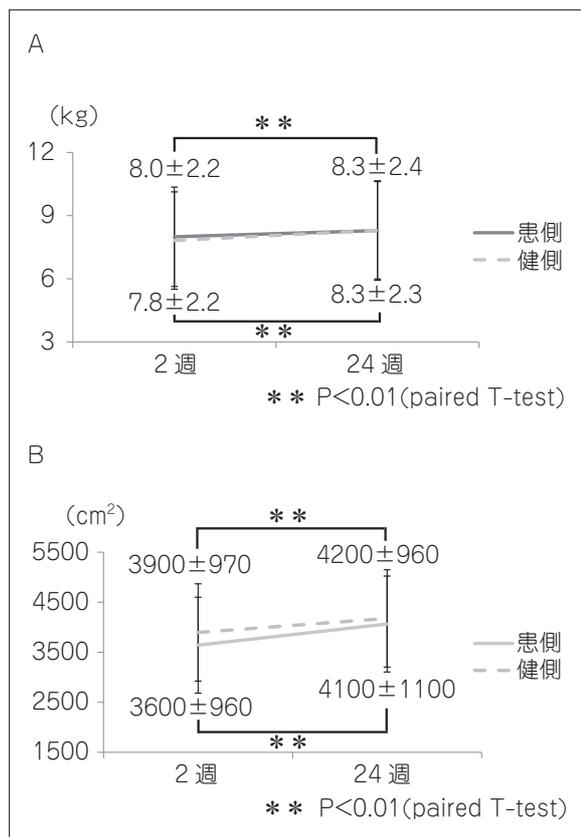


図4 下肢筋肉量 (MV) と大腿四頭筋断面積 (QA) の変化
 A. MVの術後2週から24週までの変化
 B. QAの術後2週から24週までの変化

ACL 再建術後2週では、患側の筋萎縮を認めたと報告している。MVに関しては、高尾ら⁸⁾が術後早期のBI法での体組成測定による患側下肢筋肉量が手術侵襲や術後浮腫により健側より多く、筋萎縮の評価が困難であったと報告しており、今回の我々の結果と同様であった。この要因として、BI法での体組成測定の算出方法による影響が考えられる。MVは体水分量と蛋白質量の和から算出される⁹⁾、本研究において患健側の下肢水分量を比べてみると、術後2週で患側の方が有意に高く、手術後の浮腫や関節内の液体貯留などの影響によって、MVが過大評価されている可能性がある。

このように術後2週でのMVは水分量による影響を受けることで、QAと異なる傾向であること、さらに相関がみられないことを踏まえると、この時期におけるMVの妥当性は低く、体組成計による筋萎縮評価は難しいと考えられた。

術後24週では、渋井ら¹⁰⁾はACL再建術後24週でのMRIによる大腿四頭筋断面積から、有意差

はないが患側の筋萎縮は残存傾向であったと報告しており、我々のQAに関する結果と同様であった。一方、MVに関しては、ACL術後1ヵ月以降での検討は本研究が初めての報告であり、術後24週でのMVは健側と差がなく、QAと同様の傾向であった。また、患健側の下肢水分量は術後2週と異なり差がなく、過大評価され測定されている可能性は低い。さらに術後24週のMVとQAは、術後2週と同様に相関はみられないものの、 $r=0.29, P=0.07$ と弱い相関傾向が伺えており、術後24週でのMVは筋萎縮からの回復傾向を評価できる可能性が示唆された。

本研究のlimitationは幾つかある。まずは術後2週と24週でしか計測しておらず、その間の期間についての評価を行っていなかったことが挙げられる。CTについては、被曝の問題があるため、頻回な撮影が出来ないことも原因の一つであるが、今後は横断的にデータを検討することで解決出来るのかも知れない。また、初回再建術と再々建術の患者を同一の対象群として検討したことが挙げら

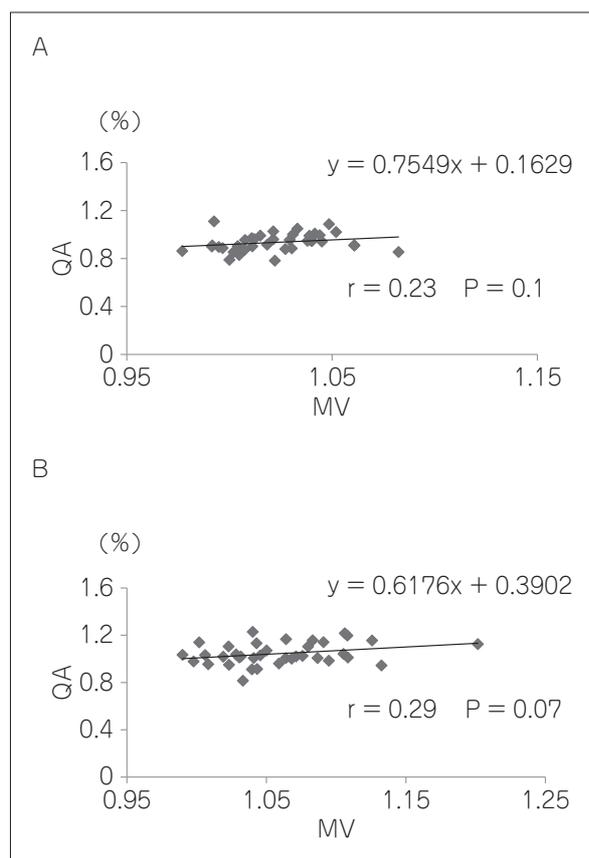


図5 下肢筋肉量 (MV) と大腿四頭筋断面積 (QA) の相関
 A. 術後2週のMVとQAの相関
 B. 術後24週のMVとQAの相関

れる。再々建を施行した患者では前回手術からの期間や、移植腱などの影響が考えられ、今後、別の群として比較検討していくべきなのかも知れない。またBI法では、水分量の測定が重要であるが、術後の関節内の液体貯留に対する検討は今回行っていない。ただし、関節水腫を含めた下肢全体の水分量はBI法で測定可能であり、下肢水分量の把握は可能であった。次に性差や患者のアクティビティーレベルによる影響が検討されていないことが挙げられる。この点については、今後検討を重ねていく必要があるものの、今回の結果が今後の研究に対する基準と成り得ることが考えられる。最後に、本研究におけるQAは、膝蓋骨上縁より近位5cmのみでの評価であったことが挙げられる。過去の報告では、他部位に比べて膝蓋骨上縁より近位5cmでのQAが内側広筋の評価には適していると考えられており¹¹⁾、術後の筋萎縮が主に内側広筋で起こることを考えると、他部位でのQAよりも適しているのかもしれない。

結 語

1. ACL再建術後2週、24週における体組成計での下肢筋肉量とCT画像での大腿四頭筋断面積について検討し、どちらも2週から24週まで有意に増加していた。

2. 術後2週での患肢筋肉量は膝伸展筋群の筋萎縮を反映していなかったが、術後24週での患肢筋肉量は膝伸展筋群の筋萎縮からの回復の評価を評価できる可能性が示唆された。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなかった。

文 献

- 1) Urabe Y, Ochi M, Onari K. Change in isokinetic muscle strength of the lower extremity in recreational athletes with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Rehabil.* 2002; 11: 232-267.
- 2) 田辺茂雄, 大田哲生, 越水さゆき, 他. 生体電気インピーダンス法を用いた体組成測定装置の妥当性に関する検討. *総合リハビリテーション.* 2006; 34: 777-781.
- 3) 永田武豊, 内田良平, 塩崎嘉樹, 他. 体組成計を用いたACL再建術後早期の筋肉量評価. *関西臨床スポーツ医・科学研究会誌.* 2015; 25: 19-22.
- 4) Shino K, Nakata K, Nakamura N, et al. Anatomically oriented anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-patellar tendon-bone graft via rectangular socket and tunnel: a snug — fit and impingement — free grafting technique. *Arthroscopy.* 2005; 21: 1402.
- 5) 仲立 貴, 韓 一栄, 慶伊孝亮, 他. 部位別生体電気インピーダンス法による身体組成分析. *慈恵医大誌.* 2005; 120: 35-44.
- 6) Risberg MA, Holm I, Steen H, et al. The effect of knee bracing after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective, randomized study with two years' follow-up. *Am J Sports Med.* 1999; 27: 76-83.
- 7) Mucha Christian, 平澤泰介. 膝前十字靭帯再建後の大腿四頭筋に対する治療的電気刺激の効果. *総合リハビリテーション.* 2010; 38: 257-262.
- 8) 高尾理樹夫, 北口拓也, 佐藤のぞみ, 他. ACL再建術後の体組成変化について. *スポーツ傷害.* 2014;

19: 44-45.

- 9) Takumi Kawaguchi, Eitaro Taniguchi, Minoru Itou, et al. Body cell mass is a useful parameter for assessing malnutrition and severity of disease in non-ascitic cirrhotic patients with hepatocellular carcinoma or esophageal varices. *Int J Mol Med.* 2008; 22: 589-594.

- 10) 渋井洋子, 油井直樹, 杉本聖子, 他. ACL 再建術後

の大腿四頭筋筋断面積の経時的変化について. *理学療法学.* 1994; 21: 251.

- 11) 金村朋直, 岡戸敦男, 平野佳代子, 他. 膝前十字靭帯再建術後における大腿部筋萎縮の評価—大腿部周囲径測定の妥当性に関する検討—. *愛知県理学療法学会誌.* 2004; 16: 59-60.

(受付: 2018年5月1日, 受理: 2019年2月28日)

Total muscle volume of the lower limb after anterior cruciate ligament reconstruction

Nagata, T.^{*1}, Uchida, R.^{*2}, Shiozaki, Y.^{*2}
Kagawa, K.^{*1}, Takao, R.^{*3}, Horibe, S.^{*3}

^{*1} Department of Rehabilitation, Seifu Hospital

^{*2} Sports Orthopedic Surgery, Seifu Hospital

^{*3} Osaka Prefecture University Faculty of Comprehensive Rehabilitation

Key words: ACL reconstruction, body composition meter, lower limb muscle mass

[Abstract] (Purpose) To investigate the relationship between the total muscle volume (MV) and the cross-sectional area of the quadriceps femoris (QA) of both the affected and contralateral limbs after ACL reconstruction.

(Methods) In 37 consecutive patients (16 males and 21 females, mean age 24.5 ± 9.2 years), who underwent ACL reconstruction, we measured the MV of the lower limb using a body composition meter Inbody S10 (InBody Japan, Inc.) and QA using computed tomography, at two and 24 weeks postoperatively.

(Results) At two weeks postoperatively, the mean MV of the affected side was significantly larger than that of the contralateral side (8.0 ± 2.2 kg vs. 7.8 ± 2.2 kg, $P < 0.01$), whereas the mean QA of the affected side was significantly smaller than that of the contralateral side (3600 ± 960 cm² vs. 3900 ± 970 cm², $P < 0.01$). At 24 weeks postoperatively, neither the mean MV nor the QA of the affected side was significantly different from those of the contralateral side (MV: 8.3 ± 2.4 kg vs. 8.3 ± 2.3 kg, QA: 4100 ± 1100 cm² vs. 4200 ± 960 cm²).

(Conclusion) Only at 24 weeks postoperatively was the MV of the affected side consistent with the QA, which suggests that measurement of MV may be a reliable indicator of recovery from muscle atrophy of the affected limb.