

## 腹部大動脈瘤術後の殿筋跛行について

## 近赤外線分光法 (NIRS) による評価

工藤 敏文      井上 芳徳      岩崎 友視      中村 直和  
 松倉 一郎      菅野 範英      中島里枝子      岩井 武尚

要 旨：腹部大動脈瘤 (AAA) 手術後の殿筋虚血に対し近赤外線分光法 (NIRS) による評価と陰茎上腕血圧比 (PBI) との比較を行い、殿筋虚血の観点から内腸骨動脈 (IIA) の温存または再建の適応について検討した。AAA 手術症例 44 例のうち IIA を結紮した 24 例を対象とした。全例腎動脈下腹部大動脈瘤であり、腹部大動脈瘤切除 Y 型人工血管置換術を施行し術中直腸ドプラ音を確認した上で両側または片側 IIA を結紮した症例 (両側 13 例, 片側 11 例) を評価した。NIRS (島津社製 OM-100A) を用いて殿部にプロブを装着しトレッドミル歩行負荷を行い連続的に測定した。回復時間 (recovery time; RT) を測定し recovery ability index (RT / 歩行時間; RAI) を算出した。AAA 術後の RAI の推移は全体として術後経過とともに短縮する傾向にあった。術後 12 ヶ月以内では両側結紮例 (n = 8); RT = 134 ± 61.0 sec, RAI = 0.75 ± 0.34, 片側結紮例 (n = 8); RT = 85 ± 38.1 sec, RAI = 0.47 ± 0.21 であり、両側結紮例の方が RT, RAI とともに延長する傾向を示した。術後 12 ヶ月以降では両側結紮例 (n = 5); RAI = 0.47 ± 0.29, 片側結紮例 (n = 8); RAI = 0.69 ± 0.12 であり、両群間で差を認めなかった。PBI と同側の RAI との比較では相関係数 0.42 と明らかな相関は認められなかった。以上より AAA 術後の殿筋跛行は短期に代償され症状もほぼ消失することから IIA 結紮が有害とは考えられなかった。したがって直腸ドプラ音がよく聴取されるなど術中に腸管虚血が問題ないと判断された症例では、積極的な IIA の再建の適応は低いと考えられた。(日血外会誌 10 : 485-490, 2001)

索引用語：腹部大動脈瘤，内腸骨動脈，殿筋跛行，近赤外線分光法

## はじめに

腹部大動脈瘤 (abdominal aortic aneurysm; 以下 AAA) 手術後の症例で歩行時に殿部の疼痛を訴える

場合がある。これは、内腸骨動脈 (以下 IIA) の血流低下が関与した殿筋虚血による跛行症状と考えられる。閉塞性動脈硬化症に伴う殿筋跛行に対し近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy; 以下 NIRS) を応用した報告<sup>1)</sup>は散見されるものの、AAA 術後の殿筋跛行に対する客観的評価法は定まっていない。

今回われわれは、AAA 手術後の殿筋虚血をトレッドミル歩行負荷による NIRS にて評価するとともに、従来より骨盤内血行の一指標として用いられている陰

東京医科歯科大学第 1 外科 (Tel: 03-5803-5255)  
 〒113-8519 東京都文京区湯島 1-5-45  
 受付：2001 年 1 月 4 日  
 受理：2001 年 4 月 26 日

莖上腕血圧比 (penile brachial pressure index; 以下 PBI) と比較し, さらに殿筋虚血の観点から IIA の温存または再建を行うべきかどうかを検討したので報告する.

## 対 象

対象は 1997 年 6 月 ~ 1999 年 12 月の AAA 手術 44 症例のうち IIA を結紮した 24 例であり, 平均年齢 68.9 歳, 男性 21 例, 女性 3 例であった. 全例腎動脈下腹部大動脈瘤であり, 腹部大動脈瘤切除, Y 型人工血管置換術を施行し, 両側または片側 IIA を結紮した症例を対象とした. IIA 結紮は両側 13 例, 片側 11 例で, 分枝結紮例 2 例, IIA コイル塞栓術施行例 2 例であった. また, 下腸間膜動脈 (以下 IMA) 結紮 17 例, 温存 6 例, 再建 1 例であった.

IIA の温存, 結紮, 再建の適応基準は以下の如くとした. 総腸骨動脈 (以下 CIA) において末梢側吻合が可能であれば原則として IIA を温存した. CIA での吻合が不可能であれば, 直腸ドプラ<sup>2,3)</sup>を用いた 3 枝 (IMA, 両側 IIA) のクランプテストを行い, 上直腸動脈 (以下 SRA) の血流が上腸間膜動脈 (以下 SMA) 優位であれば IIA を結紮し, SMA 非優位の場合 IMA 再建を原則とした.

## 方 法

方法は NIRS (島津社製, OM-100A) を用いて殿部にプロブを装着し, トレッドミルで傾斜 12%, 2.4 km/hr, 3 分間を目標として歩行させ, 歩行中および歩行停止後 5 分までの殿筋の跛行症状を評価するとともに, 酸素化ヘモグロビン量 (以下 HbO<sub>2</sub>) と脱酸素化ヘモグロビン量 (以下 Hb) の変化を連続的に測定した. プロブ装着部位は, 両側 IIA 結紮例では跛行症状が強い側, 片側 IIA 結紮例では結紮側とした. さらに, 患者が歩行時に最も強く疼痛を自覚する部位にプロブを装着し, 跛行症状がない症例では大腿骨大転子レベルの高さとした.

殿筋の跛行症状は以下の如く分類した. 0 度; トレッドミル歩行中, 歩行後も殿部に痛みを認めない. 1 度; 歩行中または歩行後に軽度の痛みを認める. 2 度; 歩行中または歩行後に痛みを認めるものの歩行完遂可能. 3 度; 痛みのため 3 分間歩行を完遂できない.

運動負荷中止後の HbO<sub>2</sub> と Hb の変化により, NIRS

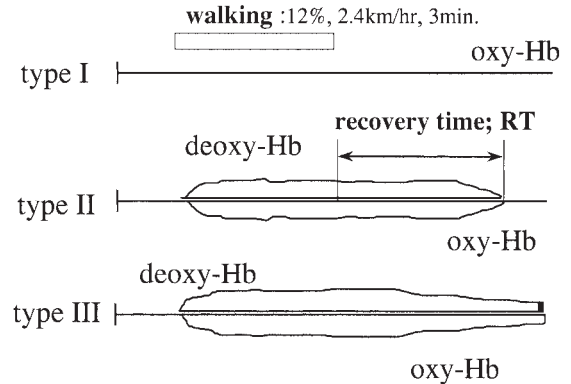


Fig. 1 Classification of NIRS

の検査結果を以下の如く 3 型に分類した (Fig. 1). 正常型 Type I; 運動負荷中止後に HbO<sub>2</sub> と Hb が解離しない型. 跛行型 Type II; 運動負荷中止後に HbO<sub>2</sub> と Hb が解離し, 5 分以内に再び収束し交差する型. 高度跛行型 Type III; 運動負荷中止後の HbO<sub>2</sub> と Hb が解離したのち, 5 分以内では再び収束交差しない型.

運動負荷中止後から解離した HbO<sub>2</sub> と Hb が収束し交差するまでの時間, すなわち回復時間 (recovery time; RT) を測定し, recovery ability index (RT / 歩行時間; 以下 RAI) を算出した. これらの値の経時的変化の検討は, 2.4 km/hr での歩行に同調不能であった症例, 呼吸機能障害例を除いた 22 例 (男性 19 例, 女性 3 例) で行った.

PBI に関しては安静時, 陰茎に幅 3 cm のマンシエットを巻き, 陰茎背動脈または陰茎深動脈のドプラ音を聴取することにより左右別々に収縮期圧を測定した.

## 結 果

AAA 術後のトレッドミル歩行負荷における殿筋跛行の推移を検討すると (Fig. 2), 術後 2 ヶ月以内 (n = 8), 7 ~ 12 ヶ月 (n = 7), 24 ヶ月以上 (n = 6) での症状の度数の平均は各々  $1.2 \pm 0.41$ ,  $0.67 \pm 0.42$ ,  $0.50 \pm 0.22$  であり, 有意差はないものの全体として術後経過とともに跛行症状は改善する傾向にあった. ただし, 1 年以上経過しても全例において跛行症状が消失するのではなく, 軽度の症状を残す症例が 5 例に認められた.

一方, NIRS における RAI の推移をプロットすると

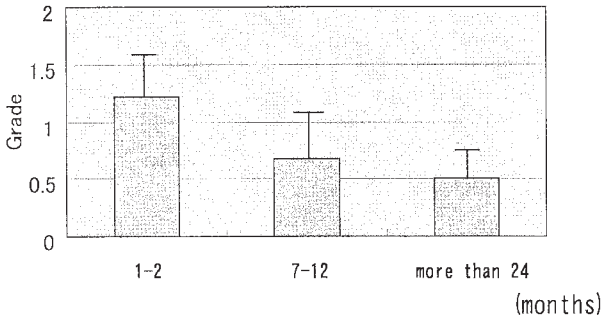


Fig. 2 Severity of buttock claudication in 19 cases (mean ± SE)

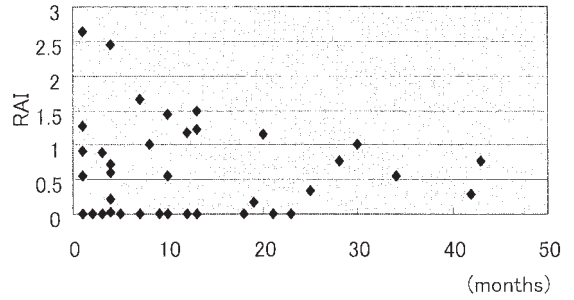


Fig. 3 Postoperative recovery ability index (RAI) in 22 cases

Table 1 RAI and RT in the patients between bilateral and unilateral IIA ligation within 12 months after surgery

	RAI (mean ± SE)	RT(sec) (mean ± SE)
Patients with bilateral IIA ligation (n=8)	0.75 ± 0.34	134 ± 61.0
Patients with unilateral IIA ligation (n=8)	0.47 ± 0.21	85 ± 38.1

RAI: recovery ability index

RT: recovery time

IIA: internal iliac artery

Table 2 RAI in the patients between bilateral and unilateral IIA ligation more than 12 months after surgery

	RAI (mean ± SE)
Patients with bilateral IIA ligation (n=8)	0.47 ± 0.29
Patients with unilateral IIA ligation (n=8)	0.69 ± 0.12

RAI: recovery ability index

IIA: internal iliac artery

(Fig. 3), 術後1ヵ月以内 (n = 6), 7 ~ 12ヵ月 (n = 8), 24ヵ月以上 (n = 7) でのRAIの平均は各々 0.90 ± 0.99, 0.73 ± 0.68, 0.53 ± 0.35であり, 有意差はないものの全体として術後経過とともにRAIは短縮する傾向にあった. しかし両側, 片側IIA結紮例ともに, 1年以上経過しても全例が正常型 (Type I) に回復するのではなく, 1.0以下の軽度のRAI延長を残す症例が認められた. なお各症例間で測定時期にバラつきがあったため, 今回の検討では全体の傾向をみるにとどめた.

術後期間に分けて検討すると, 12ヵ月以内での検討 (各症例につき初回の検査結果のみを採用した) では (Table 1), 両側結紮例 (n = 8); RT = 134 ± 61.0 sec, RAI = 0.75 ± 0.34, 片側結紮例 (n = 8); RT = 85 ± 38.1 sec, RAI = 0.47 ± 0.21であり, 両側結紮例の方がRT, RAIともに有意差がないものの延長する傾向を示した. 片側結紮例のうち1例は, 手術より4ヵ月後の検査でRAI = 2.4と高値を示したが, これは術前にIIA分枝に対しコイル塞栓術を行った症例であった. 12

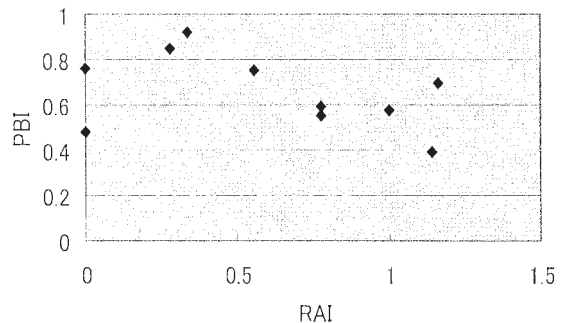


Fig. 4 Scatter plot of PBI/RAI in 10 cases

PBI: penile-brachial pressure index

RAI: recovery ability index

ヵ月以降での検討 (各症例につき最終回の検査結果のみを採用した) では (Table 2), 両側結紮例 (n = 8); RAI = 0.47 ± 0.29, 片側結紮例 (n = 8); RAI = 0.69 ± 0.12であり, 両群間で有意な差を認めなかった.

術式別に検討すると, 両側結紮例では, 最長23ヵ月 (平均15.1ヵ月) の観察期間にて, NIRS上RAIは1例を除き全例で改善傾向を示し, 有意差はないもの

の RAI は 12 ヶ月以内で  $0.75 \pm 0.34$  ( $n = 8$ ) から 12 ヶ月以上で  $0.47 \pm 0.29$  ( $n = 5$ ) と短縮した (Table 1, 2). 片側結紮例においては, 最長 43 ヶ月 (平均 17.9 ヶ月) の観察でも  $RAI = 0.69 \pm 0.12$  ( $n = 8$ ) と明らかな改善傾向は示さなかった (Table 1, 2).

上述の方法で測定した PBI を同側の RAI と比較した. 10 例と少数例での検討であるが, 相関係数 0.42 と明らかな相関は認められなかった (Fig. 4).

## 考 察

腹部大動脈瘤手術における合併症のうち IIA が関与する病態として, 特に S 状結腸から直腸の腸管壊死があり重篤な合併症であるため現在まで様々な工夫がなされ成果をあげてきた<sup>2-4</sup>). 術中の S 状結腸, 直腸の血行動態の評価法として IMA 断端圧測定<sup>4</sup>), さらに当科では経肛門の直腸ドプラ法やレーザードプラ法を積極的に採用し臨床応用してきた<sup>2,3</sup>). 腸管虚血の点からみた IMA や IIA の再建または温存の必要性を検討し, 約 70% の症例で SRA の血流は SMA 優位であり, これらの症例では IMA および IIA 再建, 温存の意義は少ないことが明らかとなった<sup>2,3</sup>). これに基づき, 当科で過去 13 年間に AAA 手術 284 例において IIA 再建の適応を判断し, 両側 IIA 結紮 72 例 (25.4%), 片側 IIA 結紮 110 例 (38.7%) であった. 他方, 同様に IIA 血流が関与する殿筋虚血に関しては, AAA 術後 IIA 結紮例において殿筋に跛行症状を訴える症例が経験的に知られてはいたものの, これに対する客観的評価法は定まっていない. 本研究では, AAA 手術後の殿筋虚血をトレッドミル歩行負荷時に NIRS を用いて評価するとともに, 従来より骨盤内血行の一指標として用いられている PBI との相関を検討し, さらに殿筋虚血の観点から IIA 温存または再建の適応につき考察することを目的とした.

今回の検討において, 殿筋跛行は全症例で術後経過とともに改善する傾向を示した. 術後 1 年以上経過しても軽度の跛行症状を残す症例も存在していたものの, 術後 6 ヶ月以降では跛行症状の度数の平均は 1 以下となり, この時期においては殿筋跛行が臨床上的問題となる可能性が低くなることが示唆された. 一方 NIRS における RAI の変化を評価すると, 観察期間が長くなるにつれて RAI は短縮し, 跛行症状の改善とほぼ同様の傾向を示した. 殿筋虚血の改善に一致して

跛行症状が軽快したといえる. 腰動脈, 正中仙骨動脈, 腸腰動脈, IMA を除く, 深腸骨回旋動脈, 下腹壁動脈, 外側大腿回旋動脈, 外陰部動脈が殿筋への側副血行路として発達したことが, 殿筋虚血の改善に寄与したと考えられた. 術後長期にわたる経過観察でも  $RAI = 0$  とならず軽度延長を残す症例も認められたが, 術後 20 ヶ月以降に測定した症例 8 例では全例とも RAI は 1.0 以下であった. 国原ら<sup>5</sup>) は今回の測定と同様の歩行負荷速度で NIRS を用いた治療効果の判定を行っており, その報告によると下腿における治療の最終目標を RAI 1.0 以下としている. これらのことより RAI の改善には個体差があり, 全例で正常型 (Type I) となるわけではないことが判明したものの, 長期経過において殿筋虚血は改善し自覚症状としても満足できる程度であるといえた.

さらに今回検討した症例は全例腎動脈下大動脈瘤であったものの, IMA 下大動脈で中枢側吻合を行った症例 (6 例) や, IIA の分枝結紮 (2 例) または IIA コイル塞栓術施行例 (2 例) などが含まれており, 術式によって側副血行路の温存にも差があった可能性がある.

術式別に片側結紮例と両側結紮例とを比較すると, 術後比較的早期では両側結紮例の方が RT, RAI が延長する傾向が認められたが, 片側結紮の場合, 健側肢に加重することにより患肢の歩行負荷が軽減された可能性がある. しかし 1 年以上経過すると両者でほとんど差が認められず, 前述した側副血行路が十分に発達したため殿筋虚血が消失または改善したのであろう. 今回の検討では術後 12 ヶ月以降で片側結紮例の RAI が両側結紮例より高値となっていたが有意差はなく, 今後さらに症例を増して検討する必要がある.

以上から, 殿筋跛行の観点からは長期的には片側 IIA 結紮と両側 IIA 結紮による差はなかったと考えられる. 今回の検討のように術中に直腸ドプラ音が良好に聴取され, 腸管虚血の可能性が極めて低いと判断された症例では, 積極的な IIA 再建の臨床的意義は少ないと考えられた.

従来より PBI は骨盤内血行を示す指標の 1 つとして有用であると考えられてきたため, RAI と比較検討した. 少数例の検討ではあるが, 結果として IIA 結紮例では安静時 PBI と歩行負荷後の殿筋虚血とは有意な相関がないことが判明した. この理由として, 術後陰莖

動脈に対しても側副血行路が発達する可能性があるものの、これは必ずしも先に述べた殿筋への側副血行路の発達の程度とは一致しないことが考えられる。また勃起に要する血流量は、短時間ではあるものの歩行時の殿筋への血流と比較して多量であることも要因の一つであろう。

NIRSは、近年下腿の血流障害の評価に関して応用され確立されてきている<sup>1,6,7)</sup> NIRSでの光の経路<sup>8,9)</sup>、組織への平均深度<sup>10)</sup>、皮膚血流の影響<sup>11)</sup>などの測定原理より、今回の検討におけるNIRSを用いた測定が殿筋の虚血状態を反映していると考えことに妥当性があるといえる。従来より用いられてきた臨床症状によるFontaine重症度分類、ドプラ法による足関節上腕動脈血圧比(ankle-brachial pressure index; ABI)測定、歩行負荷による最大歩行距離および負荷後の足関節血圧の低下などに比して、NIRSは客観性と局所血流の評価に優れるとされる<sup>1)</sup>。さらに歩行負荷時の下腿筋虚血状態をリアルタイムに測定することが可能であり<sup>1,6,7)</sup>、従来の評価法とは独立した位置づけとしてとらえられている。これらのことから現在まで標準化された客観的な評価法をもたなかった殿筋虚血の評価手段として今後NIRSの役割が増すことが期待される。

しかしながら下腿と殿部との構造上の違いから、殿部の脂肪層の厚さ<sup>1)</sup>、測定部位のズレなどが測定結果に影響を与える因子として考えられる。またNIRSの再現性については佐藤ら<sup>12)</sup>が下腿におけるトレッドミル歩行負荷時の測定において確認している。殿筋における再現性の報告はないが、測定原理は同一であり対象も同じ骨格筋であることから、殿筋での測定についても再現性が得られるといえよう。これらの問題点に加えて、殿筋跛行症例における歩行負荷の至適条件の設定、心肺機能に障害がある症例の評価、血管撮影との比較、男性例では陰茎背動脈の血流との関係など、今後症例を重ね検討を行っていく必要がある。

## 結 語

AAA術後の殿筋跛行について、歩行負荷時にNIRSを用いて測定を行った。本法はその測定原理より、殿筋虚血を評価するものとして妥当といえる。

全体として術後経過とともに殿筋虚血は改善する傾向にあった。術後早期では片側IIA結紮例に比して両

側結紮例において殿筋虚血が強い傾向があるものの、長期経過するとほとんど差がなく、いずれも臨床症状およびNIRS所見が改善した。したがって殿筋跛行の観点からは積極的なIIA再建の適応は低いと考えられた。

## 文 献

- 1) 土田博光, 四方達郎, 市橋弘章他: 近赤外線分光法を用いた間歇性跛行の評価. 日血外会誌, 7: 475-483, 1998.
- 2) 桜沢健一, 岩井武尚, 村岡幸彦他: 経肛門の直腸内ドップラー法による腹部大動脈瘤102例の観察. 日血外会誌, 4: 407-412, 1995.
- 3) 松倉一郎, 岩井武尚, 井上芳徳他: 腹部大動脈瘤手術時の遠位結腸, 直腸の血行動態. 日血外会誌, 6: 815-819, 1997.
- 4) Ernst, C. B.: Colon ischemia following aortic reconstruction. Edited by RB Rutherford, In Vascular Surgery 5th edition vol. II, W.B. Saunders, Philadelphia, 2000, pp.1542-1549.
- 5) 国原孝, 小山基弘, 深田靖久他: 近赤外線分光法を用いた間歇性跛行の評価と治療のstrategy. 日血外会誌, 7: 649-657, 1998.
- 6) Komiyama, T., Shigematsu, H., Yasuhara, H. et al.: An objective assessment of intermittent claudication by near-infrared spectroscopy. Eur. J. Vasc. Surg., 8: 294-296, 1994.
- 7) 市来正隆, 大内博: 近赤外線分光法を臨床応用した間歇性跛行肢の重症度評価法. 脈管学, 35: 53-59, 1995.
- 8) Chance, B., Maris, M., Sorge, J. et al.: A phase modulation system for dual wavelength difference spectroscopy of hemoglobin deoxygenation in tissues. Proc. Soc. Photo. Optical Instrum. Eng., 1204: 481-491, 1990.
- 9) Delpy, D. T., Cope, M., van der Zee, P. P. et al.: Estimation of optical pathlength through tissue from direct time of flight measurement. Phy. Med. Biol., 33: 1422-1442, 1988.
- 10) David, S. S., Warren, L., Michael, M. et al.: Reperfusion hyperoxia in brain after circulatory arrest in humans. Anesthesiology, 73: 12-19, 1990.
- 11) Hampson, N. B. and Piantadosi, C. A.: Near infrared monitoring of human skeletal muscle oxygenation during forearm ischemia. J. Appl. Physiol., 64: 2449-57, 1988.

- 12) 佐藤一喜, 金城正佳, 西巻博他: 間歇性跛行肢の客観的重症度評価法としての近赤外線分光法の有用性に関する研究. 7: 813-820, 1998.

## Buttock Claudication after Abdominal Aortic Aneurysmectomy

Toshifumi Kudo, Yoshinori Inoue, Tomomi Iwasaki, Naokazu Nakamura,  
Ichiro Matsukura, Norihide Sugano, Rieko Nakashima and Takehisa Iwai

First Department of Surgery, Tokyo Medical and Dental University, School of Medicine

**Key words:** Abdominal aortic aneurysm, Internal iliac artery, Buttock claudication, Near-infrared spectroscopy

Buttock claudication after abdominal aortic aneurysmectomy was investigated. In order to prevent postoperative ischemic colitis, the blood flow of the superior rectal artery (SRA) was monitored intraoperatively by transanal intrarectal Doppler (rectal Doppler) in all cases. We performed near-infrared spectroscopy (NIRS) in 24 patients (21 men, 3 women) and penile brachial pressure index (PBI) in the male patients. All cases underwent abdominal aortic aneurysmectomy and bifurcated graft replacement with ligation of internal iliac arteries (IIA), which consisted of ligation of unilateral IIA (group UL) in 13 cases and ligation of bilateral IIA (group BL) in 11 cases. Muscle ischemia was monitored with NIRS (Shimadzu Co. Noninvasive Oxygenation Monitor OM-100A, Tokyo, Japan) during and after 3-minute treadmill exercise at 2.4 km/hr on a 12% incline. The probe was located on the buttock, and oxygenated hemoglobin and deoxygenated hemoglobin were recorded continuously. Ipsilateral penile pressure was measured in a resting state. Recovery time (RT) and recovery ability index (RT/duration of exercise; RAI) were evaluated.

In general, the RAI improved in the postoperative period. Within 12 months after surgery, the RT was  $134 \pm 61.0$  sec and RAI was  $0.75 \pm 0.34$  in group BL (n = 8), RT was  $85 \pm 38.1$  sec and RAI was  $0.47 \pm 0.21$  in group UL (n = 8). More than 12 months after surgery, RAI was  $0.47 \pm 0.29$  in group BL (n = 5), and RAI was  $0.69 \pm 0.12$  in group UL (n = 8). There was no significant difference between the two groups. There was also no significant correlation between PBI and ipsilateral RAI.

NIRS is a useful noninvasive technique for evaluating buttock claudication, and demonstrated that O<sub>2</sub> balance improved in the buttock in patients with ligation of IIA in the postoperative period. These results suggest that IIA reconstruction is not mandatory to prevent buttock claudication after AAA surgery.

(Jpn. J. Vasc. Surg., **10** : 485-490, 2001)