

## 近赤外分光法による腹部大動脈瘤手術時の 骨盤内側副血行評価

佐藤 博子 佐藤 成 渡辺 徹雄 後藤 均 半田 和義  
赤松大二郎 清水 拓也 中野 善之 里見 進

**要 旨**：腹部大動脈瘤( abdominal aortic aneurysm; AAA )手術において内腸骨動脈( internal iliac artery; IIA )再建が困難な場合があり，術後腎筋跛行や腸管虚血の発生が問題になる．近赤外分光法( near infrared spectroscopy; NIRS )を用いてAAA手術時にIIA灌流域の一つである腎筋ヘモグロビン( Hb )濃度変化を測定し，骨盤内側副血行について検討した．対象はY-graftingを施行したAAA 57例．初回( 一側脚 )血流再開の末梢吻合部位により，総腸骨動脈( C )群，外腸骨動脈( E )群に分類した( C群48例，E群 9 例 )．NIRO300のプローブを両側腎部に装着し大動脈遮断前から手術終了まで，oxyHb，deoxyHb量，組織酸素化指数(  $TOI = \text{oxyHb} / \text{totalHb}$  )を連続測定した．回復時間( RT )，初回血流再開後 2 分のTOI変化率(  $\Delta TOI_2$  ) ( % / 秒 )，TOI復帰率( 5 ~ 40分 )( 初回血流再開から 5 分毎のTOI値 - 遮断中TOI値 )( 遮断前TOI値 - 遮断中TOI値 )，および手術終了時のTOI復帰率を算出した．初回血流再開と同側のRTは判定困難例が存在し， $\Delta TOI_2$ はC群 $0.12 \pm 0.08$  % / 秒，E群 $0.014 \pm 0.03$  % / 秒(  $p = 0.0004$  )，TOI復帰率20分はC群 $1.02 \pm 0.18$ ，E群 $0.75 \pm 0.2$ (  $p = 0.0005$  )であった．E群はC群に比べTOI復帰は遅延し，手術終了時TOI復帰率も低値だったが， $0.90 \pm 0.14$ まで上昇し，大腿深動脈( deep femoral artery; DFA )から同側IIAへの側副血行は全例に検出された．初回血流再開時の対側NIRS値の変化は症例によって大きく異なり，C群でも左右の側副血行が検出されない例が存在した．対側 $\Delta TOI_2$ ，TOI復帰率20分はいずれもC，E群に有意差はなかった．術後虚血による合併症は腎筋跛行 1 例のみだった．腎筋跛行例はIIAを閉鎖し，閉鎖側の手術終了時TOI復帰率は最低値だった( 0.48 )．IIA閉鎖時の腎筋への側副血行は，同側のDFA，対側のIIAおよび対側のDFAが由来であり，とくに同側DFAが優位であることが明らかになった．NIRSを用い腎筋Hb濃度を測定することは骨盤内側副血行の評価に有用である．( 日血外会誌 15 : 541-550, 2006 )

索引用語：近赤外分光法，骨盤内血行，腹部大動脈瘤，内腸骨動脈，大腿深動脈

### はじめに

腹部大動脈瘤( abdominal aortic aneurysm; AAA )手術において，内腸骨動脈( internal iliac artery; IIA )の再建

が困難な場合があり，再建できなかった場合，術後に腎筋跛行や腸管虚血の発生が問題となる．そのような合併症を防ぐために，術中の的確なIIA領域の血流評価方法が望まれる．

経肛門的直腸ドブラ法腸管血流評価<sup>1)</sup>，内腸骨動脈断端圧測定<sup>2)</sup>，近赤外分光法( near infrared spectroscopy; NIRS )( Ich<sup>3)</sup> )などを使用し，IIA領域の血流評価を試みた報告はあるが，いまだ適切な方法は確立されていない

東北大学大学院先進外科( Tel: 022-717-7214 )  
〒980-8574 宮城県仙台市青葉区星陵町 1-1  
受付：2005年 8月29日  
受理：2006年 8月13日

いのが現状である。

今回、AAAにてY型人工血管置換術を施行した症例に対し、2chのNIRSを用いて両側臀筋のヘモグロビン (hemoglobin; Hb) 濃度変化を同時に測定した。初回(一側脚の)血流を再開したときの同側、対側の臀筋Hb濃度変化、および手術終了時の両側臀筋Hb濃度を観察し、臀筋へのIIA灌流を評価し、骨盤内側副血行について検討した。

## 対象と方法

### 1. 対象

Y型人工血管置換術を施行した腎動脈下AAA 57例を対象とした。57例中、男性は49例、女性は8例で、平均年齢は70.3 ± 8.5歳であった。術前画像診断でIIAに閉塞性病変があるもの、また外腸骨動脈 (external iliac artery; EIA) から、総大腿動脈、大腿深動脈 (deep femoral artery; DFA) に病変があるものは除外した。

### 2. 方法

浜松ホトクス株式会社製、近赤外線酸素モニター NIRO300を使用した。手術開始前に照射プローブと検出プローブをプローブホルダーにセットし、仙腸関節下縁レベルの両側臀部に固定(大臀筋中央部～下部)、腹部大動脈遮断前から手術終了まで、左右臀筋それぞれの酸素化ヘモグロビン量 (oxygenated Hb; oxyHb)、脱酸素化ヘモグロビン量 (deoxygenated Hb; deoxyHb)、総ヘモグロビン量 (totalHb)、組織酸素化指数 (tissue oxygenation index; TOI = oxyHb / totalHb) を連続測定した。

手術はY型人工血管置換術で、中枢側吻合後一側脚の末梢側吻合を行い、血流を再開した(初回血流再開側)。次に対側脚の吻合を行い、血流を再開した(対側)。この一側脚(初回)の血流を再開したときに、IIA、EIAの両方に血流が供給される群を総腸骨動脈(C)群、術前開存していたIIAを閉鎖し、EIAのみに血流が供給される群を外腸骨動脈(E)群と分類した。

初回血流を再開したときの同側の臀筋Hb変化、対側の臀筋Hb変化および手術終了時の両側Hb濃度変化を観察した。さらに、下腸間膜動脈 (inferior mesenteric artery; IMA) が開存していた症例で、IMAの血流が遮断、再開された場合は、IMA血流再開時の両側臀筋のHb濃度変化を観察した。

### 3. 検討項目

NIRSの測定値で絶対値として評価可能なのはX軸の

時間とY軸のTOI値である。そこで、時間、TOI値を検討項目として使用した。

大動脈の遮断によって解離したoxyHb, deoxyHbの曲線が初回血流再開後交差するまでの時間を測定し、回復時間 (recovery time; RT) とした。TOI値は血流再開後、初期のHb濃度変化を評価するために、血流再開から2分のTOI変化率 ( $\Delta\text{TOI}2\%$  / sec) を算出した。さらに、側副血行を介したHb濃度変化を評価するため、遮断前TOI値を1、遮断中のTOI値を0とし、初回血流再開から40分まで、5分毎のTOI復帰率を算出した (TOI復帰率 5分～40分)。40分に達する前に、対側脚の血流が再開された場合はその時間までのTOI復帰率を算出した。また、手術終了時に平衡状態となったTOI値を手術終了時TOI復帰率として算出した (Fig. 1)。

### 4. 統計

測定値、計算値はすべて平均値 ± 標準偏差で表示した。統計学的有意差の検定には、まずF検定による等分散の検定を行い、2群の分散が等しいとみなすことができる場合はStudent's t-testを、2群の分散が明らかに異なる場合は、Welch's t-testを用いた。いずれも、p value < 0.05で有意差ありとした。

## 結 果

### 1. 対象症例

初回血流を再開したときIIA、EIAの両方に血流が供給されるC群は48例、術前開存していたIIAを閉鎖し、EIAのみに血流が供給されるE群は9例であった。57例中3例は閉塞性動脈硬化症 (arteriosclerosis obliterans; ASO) を合併していたが浅大腿動脈の病変であった。

### 2. 手術開始～大動脈遮断

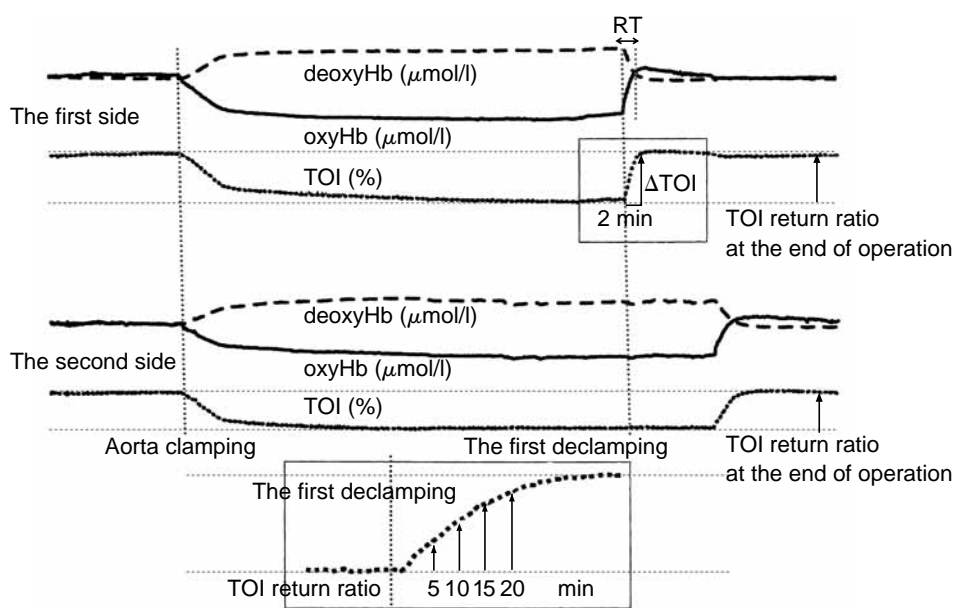
測定開始から大動脈を遮断するまでの間、oxyHb, deoxyHb、およびTOIは、平衡状態に保たれた。大動脈の遮断によってoxyHb、TOIは減少、deoxyHbは増加し、その後ほぼ一定の値となった (Fig. 1)。

実際に測定したTOI値は大動脈遮断前が60～70%、大動脈遮断中が35～45%であった (Table 1)。

### 3. 初回血流再開時、同側臀筋のHb濃度変化

初回血流を再開した時、血流再開側の臀筋Hb濃度は、C群、E群の全例で上昇を認めた (Fig. 2 下段)。

初回血流再開後収束のない症例 (C群9例、E群5例) や、急速な変化後、緩やかに収束する (C群4例) といった症例はRTの判定が困難であった。これらを除いたRT



**Fig. 1** Near-infrared spectroscopy signals during abdominal aortic aneurysm surgery. oxyHb: oxygenated hemoglobin, deoxyHb: deoxygenated hemoglobin, TOI: tissue oxygenation index, RT: recovery time, the time between the first declamping and intersection of the curves of recovering oxyHb and deoxyHb,  $\Delta\text{TOI}$ : TOI change ratio 2 min after the first side declamping, TOI return ratio: (TOI of every 5 min after the first side declamping – TOI during aortic cross clamping) / (TOI before aortic cross clamping – during aortic cross clamping).

**Table 1** Change of tissue oxygenation index (TOI) during abdominal aortic aneurysm operation

	Group C	Group E	p
TOI before aortic cross-clamping (%)			
the first side	67.3±5.8	67.4±4.7	0.966
the second side	64.0±8.7	63.9±9.3	0.959
TOI during aortic cross-clamping (%)			
the first side	41.3±9.0	41.8±4.4	0.814
the second side	38.0±9.5	37.4±6.6	0.813
TOI 20 min after the first declamping (%)			
the first side	67.2±6.5	61.0±5.1	0.006
the second side	44.8±14.4	41.6±10.4	0.47
TOI at the end of operations (%)			
the first side	68.3±5.6	64.6±4.9	0.063
the second side	64.7±9.7	62.5±8.2	0.487
Clamp time (min)			
aortic cross-clamping–the first declamping	83.7±25.1	83.3±23.7	0.967
the first declamping–the second declamping	38.5±23.9	47.9±23.0	0.288

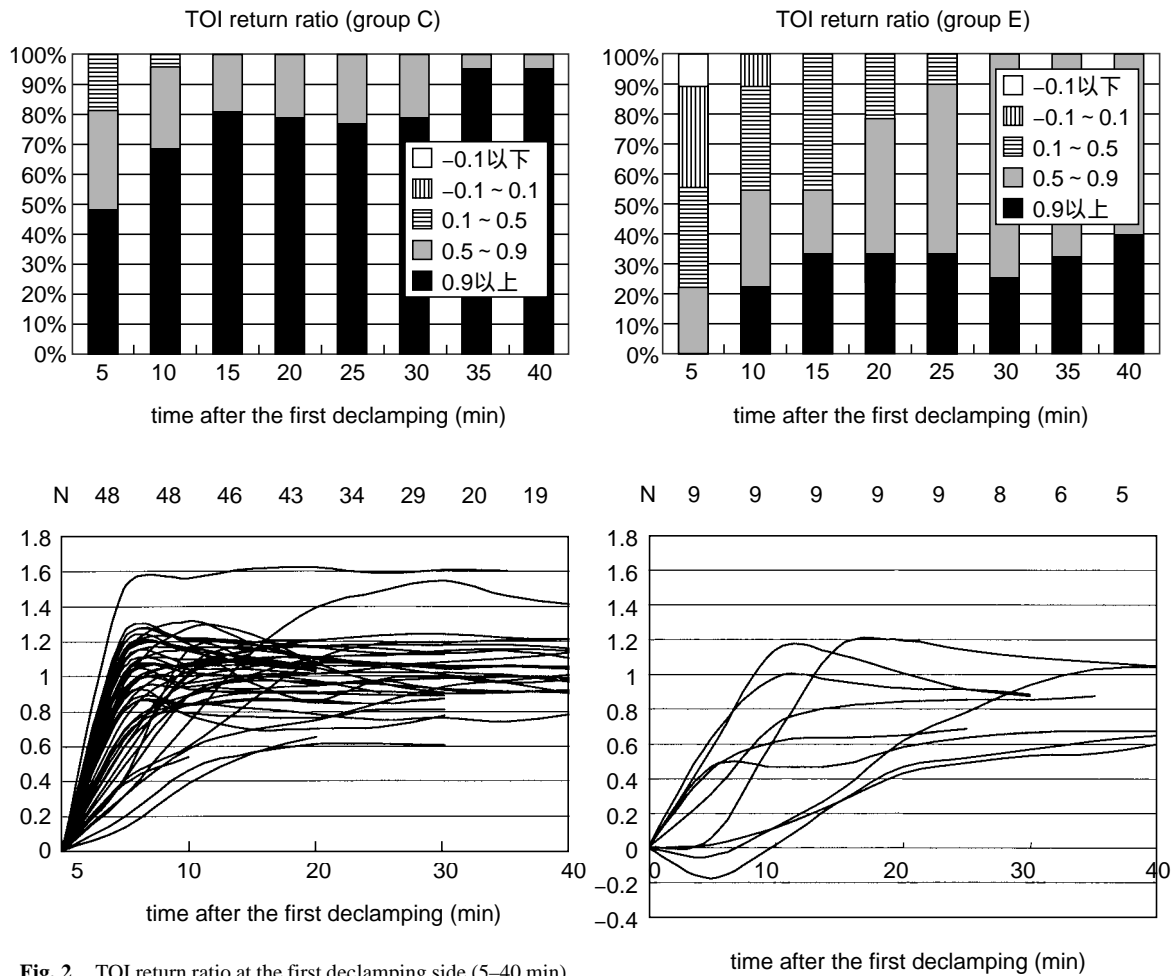


Fig. 2 TOI return ratio at the first declamping side (5-40 min).  
TOI: tissue oxygenation index

判定可能症例では、C群E群間に有意差はなかった( $p = 0.52$ )。

同側の $\Delta$ TOI2はC群が有意に高値であった( $p = 0.0004$ ) (Fig. 3, I)。また、5分~40分のTOI復帰率は、いずれもC群がE群に比べ有意に高値であった。5分のTOI復帰率が0.5以上になった症例はC群39例、E群2例で、0.9以上はC群のみ23例認められた。20分のTOI復帰率が0.5以上になった症例は、C群43例、E群7例で、0.9以上はC群34例、E群3例であった(Fig. 2)。

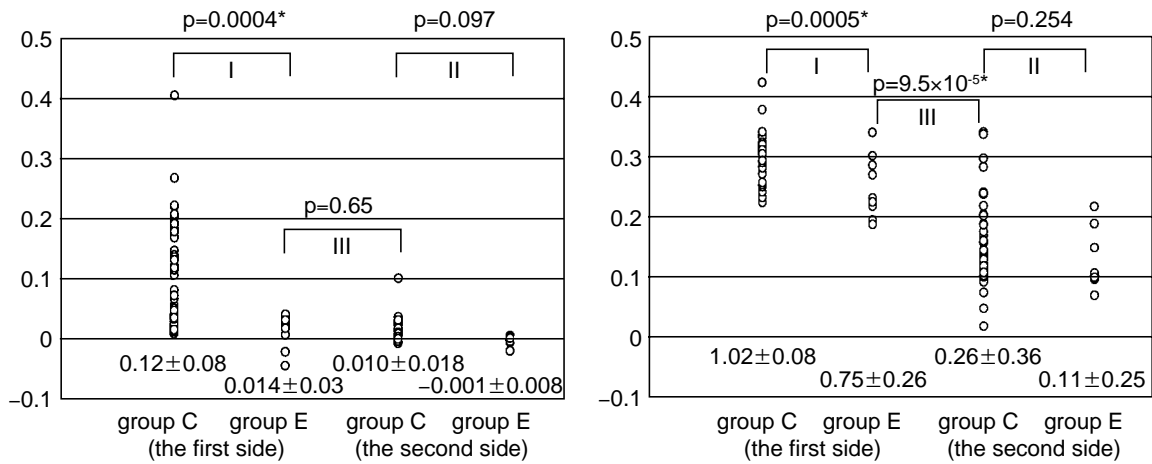
#### 4. 初回血流再開時、対側臀筋のHb濃度変化

初回血流を再開した際、対側臀筋のHb濃度変化は、左右の側副血行を観察することになる。Hb濃度変化は症例によって大きく異なり、左右の側副血行が検出さ

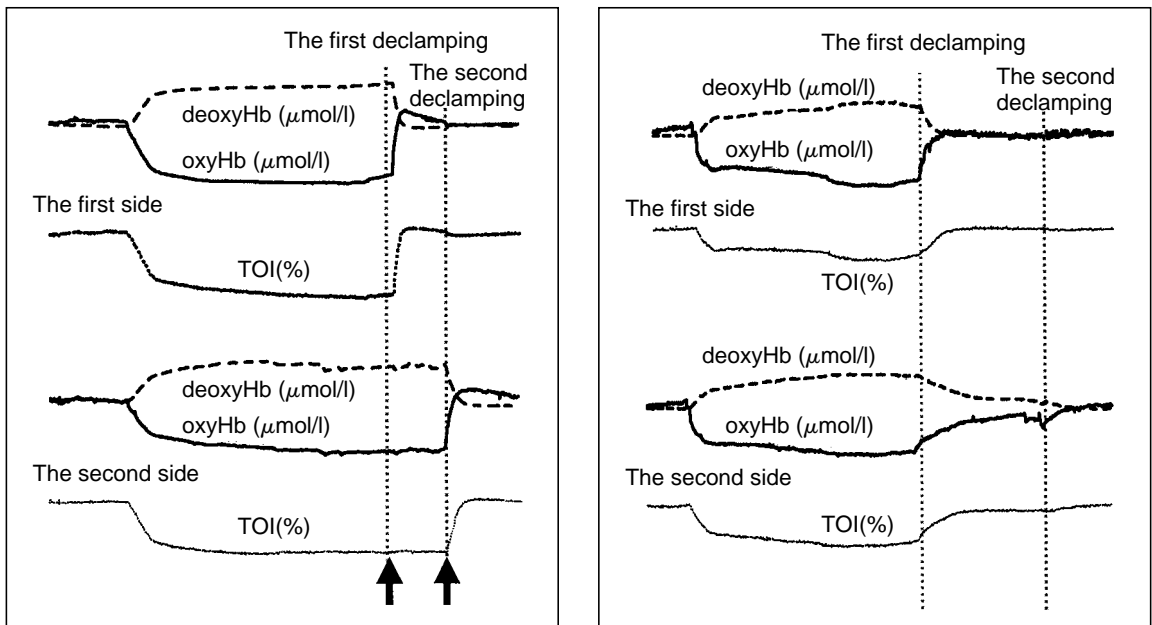
れた症例と検出されない症例が存在した(Fig. 4)。

対側の血流が再開される前に、対側のoxyHb, deoxyHb曲線は収束しなかったため、RTは測定できなかった。また対側 $\Delta$ TOI2は、C群E群間に有意差はなかった( $p = 0.097$ ) (Fig. 3, II)。初回血流再開から、対側の血流再開までに、TOI復帰率が0.5以上となった症例は、C群15例、E群2例で、TOI復帰率が1以上、すなわち大動脈遮断前の値に戻った症例はC群のみ3例存在した。一方、TOI復帰率が0.1以下の症例は、C群17例、E群4例であった(Fig. 5)。

左右IIA間の側副血行と、DFAから同側IIAへの側副血行を比較するため、左右IIA間の側副血行を表す「C群の対側」と、IIAを閉鎖した時のDFAから同側IIAへの側副



**Fig. 3** (a)  $\Delta TOI_2$  (%/sec) (b) TOI return ratio at 20 min after the first side declamping.  
 I: Student's t-test between group C and E at the first side, II: Student's t-test between group C and E at the second side, III: (a) Welch's t-test between group E at the first side and group C at the second side, (b) Student's t-test. \* There is significant difference between two groups.  
 TOI: tissue oxygenation index



**Fig. 4** The response of the second side after the first declamping.  
 (a) No response at the first declamping (arrows), (b) Response at the first declamping.  
 deoxyHb: deoxygenated hemoglobin, oxyHb: oxygenated hemoglobin, TOI: tissue oxygenation index

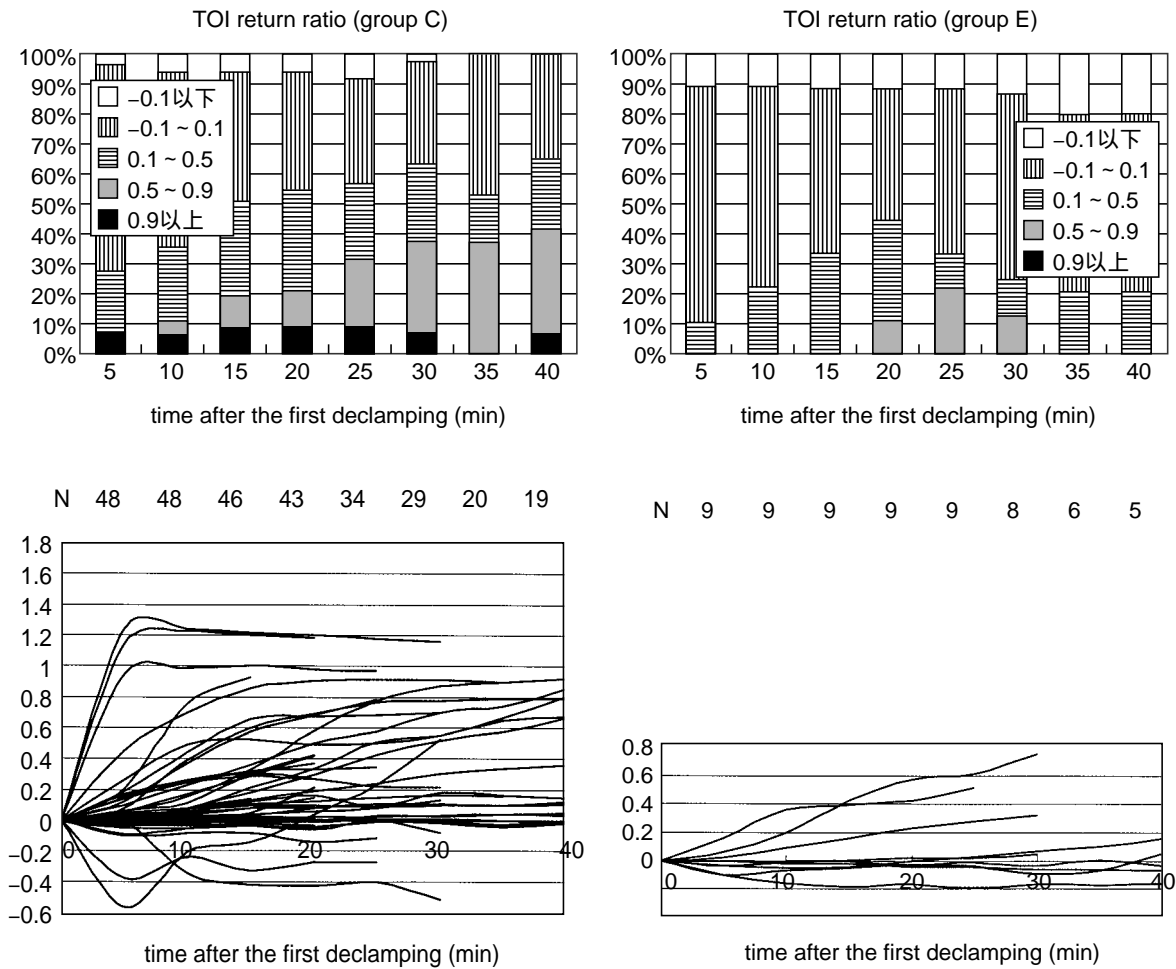


Fig. 5 TOI return ratio at the second declamping side (5–40 min). TOI: tissue oxygenation index

血行を表す「E群の初回血流再開側」のデータ値を比較した。ΔTOI2で有意差はなかった( $p = 0.65$ )が、20分のTOI復帰率では、「C群の対側」に比べ、「E群の初回血流再開側」の値は有意に高値であった( $p = 9.5 \times 10^{-5}$ ) (Fig. 3, III)。

5. IMA血流再開による臀筋Hb濃度変化

IMAが開存していた症例で、IMAの血流が遮断、再開された症例は7例であった。IMA血流再開のタイミングが、初回血流再開前であった症例は3例、初回血流再開後であった症例は2例、両側脚血流再開後であった症例は2例存在した。いずれの症例においても、IMAの血流を再開したときに、臀筋のHb濃度変化は認めな

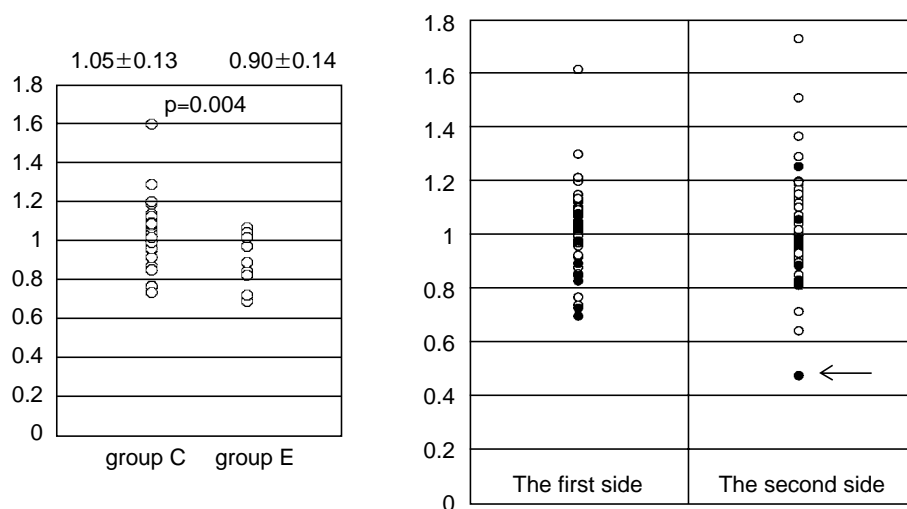
かった。

6. 手術終了時の臀筋Hb濃度変化

手術終了時のTOI復帰率は、C群が有意に高値であった( $p = 0.0042$ )が、E群も $0.90 \pm 0.14$ まで回復した(Fig. 6a)。

7. 術後の虚血による合併症

術後の虚血による合併症は、腸管虚血はなく、臀筋跛行がC群で1例のみ認められた。本症例は、左IIA瘤のため左IIAを閉鎖した。最初の右総腸骨動脈の血流再開時には、左側臀筋のHb濃度変化は認めなかった。次の左EIA血流再開ではoxyHb, deoxyHbの収束はなく、ΔTOI2minは $-0.007\%$  / 秒であった。手術終了時の左側



**Fig. 6** (a) TOI return ratio at the end of operation between group C and E  
 (b) TOI return ratio at the end of operation between the first side and the second side  
 Closed circle indicates the patient who had a sacrificed ipsilateral internal iliac artery  
 and arrow indicates the case of buttock claudication (0.48).

TOI復帰率は0.48であり、全症例中最も低値であった (Fig. 6b)。術後、歩行による左臀部痛を訴えたため、同部位にNIRSプローブを装着しトレッドミル歩行 (傾斜12%、速度2.4km/h) を施行したところ、左臀部の重苦感が出現し、2分16秒で検査中止となった (最大歩行距離90.7m)。左臀部のRTは262秒となり、症状のない右側 (202秒) に比べ延長していた。

### 考 察

NIRSは、組織内酸素血流量の変化を無侵襲で、簡便に、客観的に評価でき、リアルタイムに測定できることから、現在頭蓋内<sup>4,5)</sup>をはじめ、骨格筋<sup>6)</sup>、臓器<sup>7,8)</sup>などの血流モニターとして広く応用されている。血管疾患ではASOの间歇性跛行肢の重症度評価法<sup>9,10)</sup>として使用されているほか、下肢静脈還流障害の評価<sup>11)</sup>でも使用されている。

NIRSの測定データでは、全身的な要因、および局所のうっ血など多くの要因を受けることが考えられる。今回の検討では術前心不全が認められた症例はなかった。虚血性心疾患の既往が認められた症例は16例であったが、虚血性心疾患既往の有無で $\Delta$ TOI2、TOI復帰率に有意差はなかった。また、術前のHb値による $\Delta$ TOI2、TOI復帰率に有意差はなく、一症例の測定中

に術中出血によるHb値低下を認めたときもTOI変化はなかった。これらの理由から今回の検討において全身的な要因や局所のうっ血などの影響は少ないことが考えられた。

AAA手術時、両側臀部にNIRSプローブを装着して、左右臀筋それぞれのHb濃度変化を連続的に測定したところ、大動脈の遮断、末梢側血流再開に際し、臀筋のHb濃度変化を検出することが可能であった。とくに、IIA閉鎖例 (E群) では、初回血流を再開した時に同側臀筋のHb濃度変化を測定することで、同側DFAからの側副血行を、また対側臀筋のHb濃度変化からは左右の側副血行を、個々の症例の再建順序に左右されることなく評価することができた。両側NIRS測定はIIA灌流域のひとつである臀筋への側副血行を的確に把握する上で、非常に有用であることが示された。

IIAを閉鎖したE群では、DFAから同側IIAへの側副血行は全例で検出されたが、左右の側副血行は症例によって大きく異なり、検出された症例と検出されない症例が存在した。また、DFAから同側IIAへの側副血行を表す「E群の初回血流再開側」TOI復帰率は、左右IIA間の側副血行を表す「C群の対側」TOI復帰率と比べ有意に高値であった。これらの知見から、開存しているIIAを閉鎖した際の臀筋への側副血行としては、同側のDFA

が最も優位であると考えられた。したがって、AAA手術時にDFA病変がある側で開存しているIIAを閉鎖する場合は、DFAからの側副血行を確実にするためにDFA再建なども考慮すべきである。

IIA閉鎖に伴い術後に臀筋跛行を訴えたC群の1例は、症状出現側の手術終了時TOI復帰率がもっとも低値(0.48)であった。それに対し、臀筋跛行を認めなかった症例は全て0.6以上であった。手術終了時のTOI復帰率が0.5~0.6未満の場合には、臀筋跛行などの虚血性合併症が発生する危険性があり、注意が必要であると考えられた。

NIRSの測定で絶対値として評価可能なのは、X軸の時間とY軸はTOI値である。そこで、時間(RT)、TOI値( $\Delta$ TOI2、TOI復帰率)を検討項目として採用した。

RTはASOの間歇性跛行肢の重症度評価法<sup>9)</sup>に使用され、時間が長いほど重症とされている。今回の検討で、RTは初回血流再開と同側で判定困難な症例が存在し、判定可能であった症例では2群間に有意差がなかった。さらに初回血流を再開したときの対側で、RTは測定できなかった。これらの理由からAAA手術時における臀筋への側副血行の評価にRTを用いるのは困難であると推察された。

$\Delta$ TOI2は、血流再開初期のHb濃度変化の指標として使用した。血流再開を徐々に行うことを考慮し2分値とした。

TOI復帰率は、側副血行を介したHb濃度変化を評価するために算出した。初回血流再開から、次の血流再開までの時間がC群平均 $38.5 \pm 23.9$ 分であり、最大復帰率に達する平均時間がC群対側で $21.8 \pm 12.5$ 分、E群対側で $27.9 \pm 15.7$ 分であったことから、側副血行を介した評価として0~40分を設定した。また左右の側副血行が検出された症例で、復帰率が平衡状態に達するのが20~30分であったことから、20分のTOI復帰率を用い比較を行った。

初回血流再開時の同側臀筋Hb濃度変化は、当然のことながら、 $\Delta$ TOI2、TOI復帰率ともにC群がE群に比べて良好であり、手術終了時TOI復帰率もC群が高値であった。しかし、E群でも手術終了時TOI復帰率は $0.90 \pm 0.14$ にまで回復し、DFAから同側IIAの側副血行は全症例で検出された。これに対し、初回血流を再開した際の対側臀筋Hb濃度変化は、症例によって大きく異なり、C群でも左右の側副血行が検出されない症例が存在

した。その一方で、E群の対側TOI復帰率が0.5まで回復する症例も存在し、IIAが閉鎖された場合に、IIA閉鎖側のDFAから対側IIA領域への側副血行の存在が確認された。IIAを閉鎖したときの臀筋への側副血行は同側のDFA、対側のIIA、および対側のDFAが由来であり、とくに同側DFAが優位であることが明らかになった。

一般的にIIA領域への側副血行として、解剖学的に4つのルートが考えられている<sup>12)</sup>。(1)EIA、深腸骨回旋動脈、DFA<sup>9,13)</sup>、外側回旋動脈、内側回旋動脈、閉鎖動脈を介したEIAルート、(2)対側IIAルート、(3)上腸間膜動脈(superior mesenteric artery; SMA)<sup>4)</sup>、中結腸動脈、Drummondの辺縁動脈、Riolan動脈、IMA<sup>15)</sup>、上直腸動脈、直腸壁内の動脈網を介した腸間膜動脈ルート、および、(4)腰動脈、腸腰動脈を介するルート、である。

今回の検討で、開存していたIIAを閉鎖した場合、IIA閉鎖側の臀筋への側副血行は、EIAルート、つまり同側のDFAが最も重要であることが明らかになった。

一方、臀筋に関して対側IIAルートは、必ずしも主要な側副血行とはならないことが判明した。初回血流を再開した時、対側臀筋のHbが大動脈遮断前に戻った症例は、対側IIAルートがIIA閉鎖側の臀筋への主要な側副血行であると判断されたが、対側IIAルートの側副血行が検出されない例も存在し、そのうち1例は、IIA閉鎖側に臀筋跛行を生じた。

SMAに関しては、経肛門的直腸ドブラ法腸管血流評価で、S状結腸直腸へのIIA灌流の側副血行として重要視されている<sup>1)</sup>。今回の検討では、SMAの遮断は施行していないため、SMAからIIA灌流域のひとつである臀筋への側副血行は評価できなかった。Fukuiら<sup>3)</sup>はNIRSでIMAの血流を再開して、臀筋のoxyHb、deoxyHbに変化があった症例について報告したが、今回の検討ではIMAの血流を再開した際、臀筋Hb濃度に変化があった症例はなかった。

腰動脈ルートは、腸骨動脈の閉塞性疾患において、骨盤、下肢の重要な側副血行と考えられている<sup>12)</sup>。しかし、AAA手術時に瘤壁から分枝する腰動脈はすべて閉鎖し、再建はしないので、腰動脈ルートからIIAへの側副血行は評価できなかった。

現在まで報告されたIIA評価方法の中で、術中に連続的に測定し、定量化できる方法はNIRSのみである。本研究では、両側臀部にNIRSプローブを装着することに

よって、一側脚の血流再開で同側、および対側の側副血行の同時検出を可能にし、検討項目に絶対値であるTOIを採用することで、症例間のより客観的な比較が可能となり、IIA灌流の一つである臀筋への側副血行に関する評価ができた。

### 結 語

IIA閉鎖時の臀筋への側副血行としては、同側のDFA、対側のIIA、および対側DFAが由来であり、とくに同側DFAが優位であることが明らかとなった。NIRSを用いて、AAA手術時に臀筋Hb濃度変化を測定することは骨盤内側副血行の評価に有用である。

### 文 献

- 1) 井上芳徳, 岩井武尚, 中村浩志, 他: 腹部大動脈瘤手術における経肛門的直腸ドプラ法による腸管血流評価法の意義と有用性 21世紀Endovascular surgeryでのモニターとしての展望も含めて . 日血外会誌, **13**: 59-65, 2004 .
- 2) 蔡 景襄, 市来正隆, 菅原弘光, 他: QOLからみた内腸骨動脈再建の適応 術中内腸骨動脈圧測定による骨盤内血流の評価 . 脈管学, **45**: 347-351, 2005 .
- 3) Fukui, D., Urayama, H., Tanaka, K., et al.: Use of near-infrared spectroscopic measurement at the buttocks during abdominal aortic surgery. *Circ. J.*, **66**: 1128-1131, 2002.
- 4) Orihashi, K., Sueda, T., Okada, K., et al.: Near-infrared spectroscopy for monitoring cerebral ischemia during selective cerebral perfusion. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*, **26**: 907-911, 2004.
- 5) Hagino, I., Anttila, V., Zurakowski, D., et al.: Tissue oxygenation index is useful monitor of histologic and neurologic outcome after cardiopulmonary bypass in piglets. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, **130**: 384-392, 2005.
- 6) van den Brand, J. G., Nelson, T., Verlesdonk, E. J. M. M., et al.: The diagnostic value of intracompartmental pressure measurement, magnetic resonance imaging, and near-infrared spectroscopy in chronic exertional compartment syndrome: a prospective study in 50 patients. *Am. J. Sports Med.*, **33**: 699-704, 2005.
- 7) Fan, X. H., Asahara, T., Ohdan, H., et al.: Nondestructive and real-time evaluation of liver viability in brain dead donor for liver transplantation using near-infrared spectroscopy. *Transpl. Int.*, **13**: S272-S277, 2000.
- 8) Ohdan, H., Mizunuma, K., Tashiro, H., et al.: Intraoperative near-infrared spectroscopy for evaluating hepatic venous outflow in living-donor right lobe liver. *Transplantation*, **76**: 791-797, 2003.
- 9) 市来正隆: 間歇性跛行肢に対する機能的評価法 . 脈管学, **45**: 305-310, 2005 .
- 10) 土田博光, 四方達郎, 市橋弘章, 他: 近赤外分光法を用いた間歇性跛行の評価 . 日血外会誌, **7**: 475-483, 1998 .
- 11) 細井 温, 小野塚温子, 宮田哲郎, 他: 静脈疾患に対する機能評価としての無侵襲診断法の意義 近赤外線分光法と空気脈波法との比較を中心に . 静脈学, **14**: 353-359, 2003 .
- 12) Sugano, N., Inoue, Y. and Iwai, T.: Evaluation of buttock claudication with hypogastric artery stump pressure measurement and near infrared spectroscopy after abdominal aortic aneurysm repair. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.*, **26**: 45-51, 2003.
- 13) 工藤敏文, 井上芳徳, 岩崎友視, 他: 腹部大動脈瘤術後の臀筋跛行について . 日血外会誌, **10**: 485-490, 2001 .
- 14) Mehta, M., Veith, F. J., Ohki, T., et al.: Unilateral and bilateral hypogastric artery interruption during aortoiliac aneurysm repair in 154 patients: a relatively innocuous procedure. *J. Vasc. Surg.*, **33**: S27-S32, 2001.
- 15) 森本喜久, 向原伸彦, 麻田達郎, 他: 腹部大動脈瘤手術における下腸間膜動脈圧測定と結腸壊死発生 . 日血外会誌, **5**: 557-561, 1996 .

## Evaluation of Pelvic Blood Flow Using Near-infrared Spectroscopy during Abdominal Aortic Aneurysm Operation

Hiroko Sato, Akira Sato, Tetsuo Watanabe, Hitoshi Goto, Kazuyoshi Handa, Daijiro Akamatsu, Takuya Shimizu, Yoshiyuki Nakano and Susumu Satomi

Division of Advanced Surgical Science and Technology, Graduate School of Medicine Tohoku University

**Key words:** Near infrared spectroscopy (NIRS), Pelvic blood flow, Abdominal aortic aneurysm (AAA), Internal iliac artery, Deep femoral artery

**Background:** We evaluated the collateral blood flow to the gluteal muscles using near infrared spectroscopy (NIRS) during operation for abdominal aortic aneurysm (AAA). **Methods:** Fifty-seven patients who had a graft implant for AAA were divided into two groups on the basis of their first peripherals anastomotic position: common iliac artery (group C) and external iliac artery (group E). A pair of NIRS probes (NIRO-300, Hamamatsu Photonics K.K., Hamamatsu, Japan) were attached on both gluteal regions, and oxygenated hemoglobin (oxyHb), deoxygenated Hb (deoxyHb), and tissue oxygenation index (TOI) were continuously monitored during operation. Recovery time (RT), TOI change ratio in 2 min after the first side declamping of the graft leg ( $\Delta\text{TOI}_2$ ), the TOI return ratio (TOI of every 5 min after the first declamping of the graft leg – TOI during aortic cross clamping)/(TOI before aortic cross clamping – TOI during aortic cross clamping), and the TOI return ratio at the end of operation were calculated. **Results:** In the first declamping side, some patients showed difficulty to decide RT, and in the other patients recovery time (RT) was not significantly different between group C and E.  $\Delta\text{TOI}_2$  was  $0.12 \pm 0.08\%/sec$  in group C and  $0.014 \pm 0.03\%/sec$  in group E ( $p=0.0004$ ) and TOI return ratio at 20 min was  $1.02 \pm 0.18$  in group C and  $0.75 \pm 0.26$  in group E ( $p=0.0005$ ). Though the TOI response of group E was slower and lower, TOI return ratio at the end of operation rose up  $0.90 \pm 0.14$ . The collateral blood flow from deep femoral artery (DFA) to the gluteal muscles was detected in all patients of group E. On the contralateral side, collateral blood flow from the contralateral internal iliac artery (IIA) at the first declamping was detected in some patients. RT could not be calculated.  $\Delta\text{TOI}_2$  was  $0.009 \pm 0.017\%/sec$  in group C and  $-0.001 \pm 0.009\%/sec$  in group E ( $p=0.097$ ), and the TOI return ratio at 20 min was  $0.26 \pm 0.36$  in group C and  $0.11 \pm 0.25$  in group E ( $p=0.254$ ). These parameters showed no significant difference between group C and E. Only one patient among two groups showed postoperative ischemic complication, that is buttock claudication, and he had showed the lowest TOI return ratio (0.48) at the end of operation. **Conclusion:** When one side of IIA is sacrificed, the collateral blood flow to the gluteal muscles is thought to come from ipsilateral DFA, contralateral IIA, and contralateral DFA, and our study showed that the ipsilateral DFA is the most important collateral vessel. NIRS is useful for monitoring pelvic blood flow during AAA operation.

( Jpn. J. Vasc. Surg., 15: 541-550, 2006 )