

原著論文

運動負荷タリウムシングルフォトン断層法による
定量的腎筋虚血診断戸島 雅宏¹⁾ 三澤 吉雄²⁾

要 約

閉塞性動脈硬化症による下肢あるいは臀部の間歇性跛行者27例に、運動負荷タリウムシングルフォトン断層検査を施行し腎筋各部の血流評価を行った。血管造影で診断した内腸骨動脈血流障害側腎筋で、健側と比較して運動時および安静時にT1取り込みの有意な低下を認めた。Washout rateは患側腎筋で低下し、内腸骨動脈複合病変群では広範囲の腎筋で、限局病変群では中央部の腎筋でのみ低下を認めた。両側内腸骨動脈病変例において、限局病変側に比較して複合病変側のwashout rateの有意な低下を認めた。

腎筋跛行を認めた20例の患側腎筋のwashout rateは10%以下であった。血行再建手術後11肢中9肢で腎筋跛行は消失し、跛行消失部の腎筋washout rateは術前 $1.3 \pm 7.8\%$ から術後 $13.3 \pm 7.2\%$ へ有意な改善を認めた。腎筋の定量的血流評価に本法は有用と考えられた。

(Key words: タリウムシングルフォトン断層法, Tl SPECT, washout rate, 腎筋跛行, 内腸骨動脈血行障害)

I はじめに

近年閉塞性動脈硬化症症例の増加に伴い下肢間歇性跛行の病態、治療法が議論されているが、腎筋跛行は認識が薄く病態の解析も不十分であった¹⁾。最近血管内治療の発展に伴い、腹部大動脈腸骨動脈閉塞性疾患や腹部大動脈瘤に対するステントグラフト内挿術治療症例が増加し、内腸骨動脈塞栓、閉塞による術後合併症として腎筋跛行が注目されている^{2~5)}。

腎筋跛行の診断には骨盤内血行動態の検討、とくに側副血行路の機能診断の評価が必要である。間歇性跛行肢に対する機能的検査法として、四肢血圧、組織灌流圧、経皮的酸素分圧、近赤外線分光法、レーザードプラ、ラジオアイソトープ、空気脈波法、光電式脈波法などがあるが、腎筋に応用できるのは限られている。現在近赤外線分光法^{6,7)}とラジオアイソトープ法⁸⁾が、腎筋跛行に臨床応用可能である。

アイソトープ法のうち、タリウムスキュンは末梢血管病変の虚血診断・機能評価^{9~13)}、血管新生治療評価¹⁴⁾に利用されている。今回、タリウムシングルフォトン断層法(以下201Tl SPECT)を用いて運動負荷前後の腎筋断層像を撮り、定量的腎筋血流診断を行い、間歇性跛行を呈する腎筋の血行動態評価研究を行った。

II 対象と方法

下肢あるいは臀部の間歇性跛行を有する閉塞性動脈硬化症患者27例(男性26例,女性1例,平均年齢68歳)に対し、運動負荷腎筋201Tl SPECT検査を施行した。検査時腎筋跛行は20例23肢で出現し、10例16肢(腎筋跛行合併9例11肢,非合併1例5肢)に種々の血行再建術を施行し、術前後の腎筋血流の変化を検討した。

運動負荷腎筋201Tl SPECTは、トレッドミルを用いて速度0.5~2マイル/時、斜度0~

1) かみいち総合病院血管外科

2) 自治医科大学外科学講座心臓血管外科学部門

10%で下肢痛或いは臀部痛のためこれ以上歩行できないとの訴えまで運動負荷をかけ、201Tlを111MBq 静注し、更に歩行を1分間続けて負荷を終了とした。5～10分後に腹臥位にて臀部をSPECT（東芝GCA901A/SB, 処理装置GMS550u）の360° 収集で撮像しこれを負荷時の像とした。収集条件は64×64画素で6° 毎60方向、1投影像あたり10秒とした。更に3時間安静後に臀部のSPECTを同様の条件で撮影し再分布時の像^{13,15)}とした。

画像再構築はButterworthおよびrampフィルターにより体軸断層を作製した。1スライス厚は8mmである。プラナー像で片側臀部を上中下部に三等分し、上、中、下部腎筋区画と

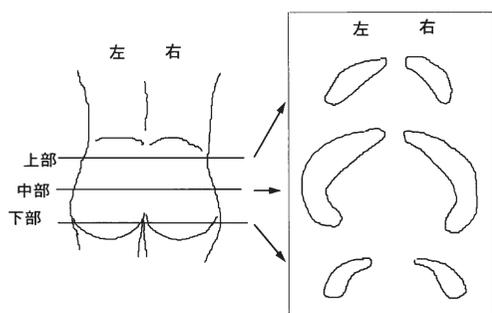


図1 腎筋 ROI (腹臥位断層図)

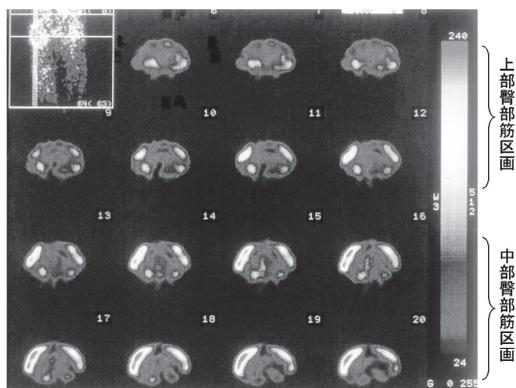


図2 上部から中部腎筋区画のSPECT像（負荷時）[腹臥位]

80歳女性、右臀部（中部と下部腎筋区画）から下肢にかけて間欠性跛行出現。右総腸骨動脈狭窄、右内腸骨動脈多発閉塞を認める。右腎筋のTl集積は低下し、中部腎筋区画のwashout rateは右9%、左27%である。

した。各腎筋の関心領域はSPECT像にて決定した（図1）。左右各腎筋区画で断層像の連続4スライスを加算して腎筋画素当たりの平均201Tlカウント数を負荷および再分布像で計測した。各対応する腎筋区画で計測された負荷時と再分布時における平均201Tlカウント値から（負荷時－再分布時）／負荷時×100の式でwashout rate（%）を求めた（図2）。

血管造影はIV-DSAにて腹部大動脈から大腿動脈まで造影し、内腸骨動脈単独狭窄ないし閉塞病変例を限局病変群、総腸骨動脈狭窄ないし閉塞病変合併を複合病変群に分類した。血管造影上75%以上狭窄を有意狭窄とした¹⁶⁾。

測定値は平均値±標準偏差で示し、検定はTl取り込みカウントおよびwashout rateの左右比較、運動負荷時と再分布時の比較、手術前後の比較はWilcoxonの符号付順位検定法を用い、負荷歩行距離と腎筋washout rateの相関はSpearmanの順位相関検定法を、腎筋跛行有無別の負荷歩行距離比較はMann-WhitneyのU検定法を用いた。p<0.05を有意差ありとした。

III 結果

A 片側内腸骨動脈病変例の201Tl 腎筋内動態の比較

血管造影にて確定された片側内腸骨動脈血行障害12例で、健側を正常腎筋として201Tlの腎筋内動態を検討した。運動負荷は歩行距離で93～560m、平均242±128mであった。

1. 健側の201Tl 取り込み（平均カウント／画素）は、上、中、下各腎筋区画で運動負荷時に再分布時と比較して有意に取り込みが多かった（図3）。

患側の201Tl 取り込み（平均カウント／画素）は、上、中、下各腎筋区画で健側に比較して運動負荷時、再分布時ともに各腎筋区画で有意な低下を認めた（図4）。

2. 患側のwashout rateは上、中、下各腎筋区画で、健側に比較して各腎筋区画で有意な低下を認めた（表1）。

B 血管造影による内腸骨動脈病変所見とwashout rateの対比

1. 片側内腸骨動脈病変12例のうち、限局病

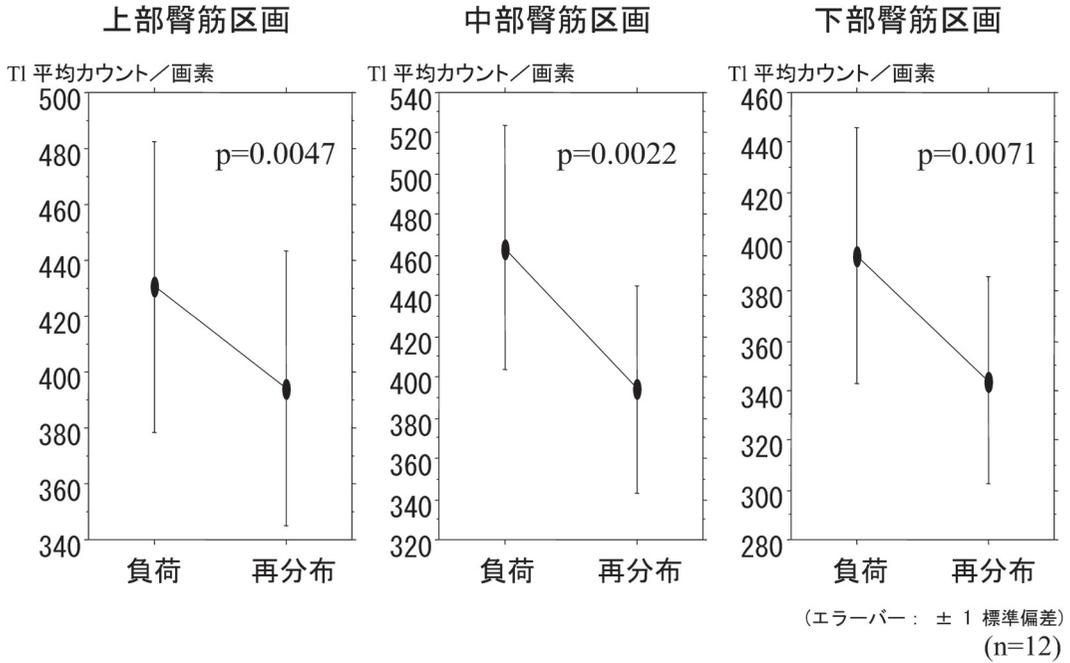


図3 運動負荷による201TI 臀筋内取り込み変化 (健側)

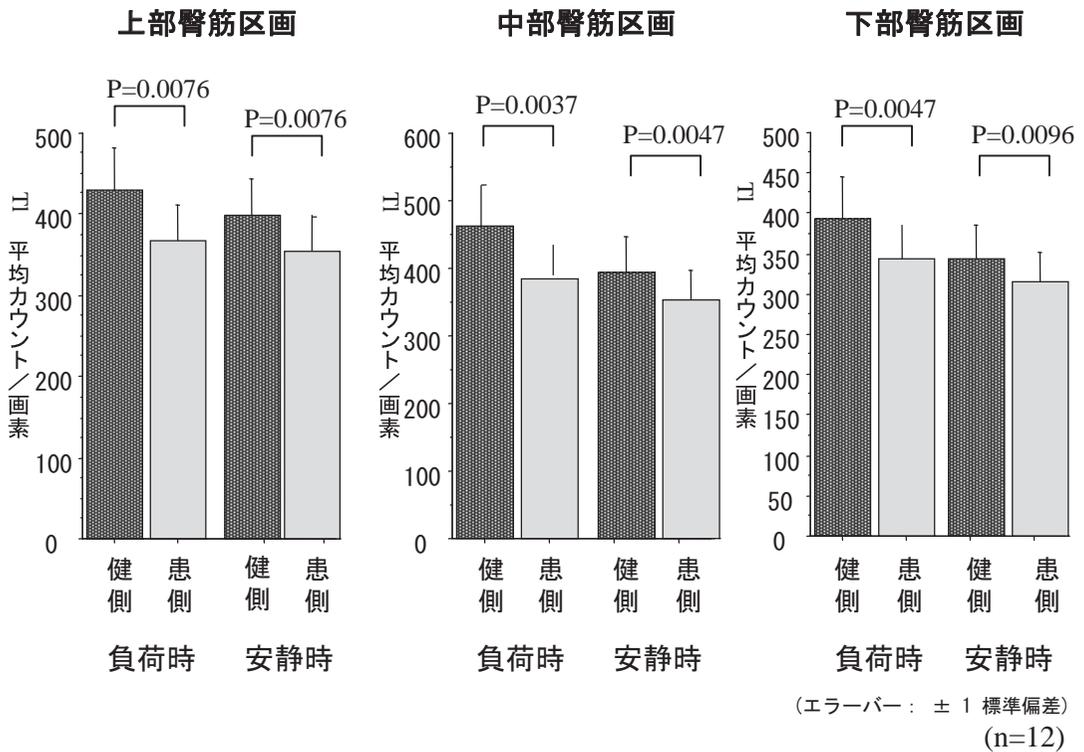


図4 201TI 臀筋内取り込み患側・健側比較

表 1 片側病変例の各腎筋区画の washout rate

腎筋区画	患側	健側	p 値
上部 (n=12)	4.5±8.3%	8.9±7.4%	0.0150
中部 (n=12)	8.4±5.6%	14.7±6.3%	0.0022
下部 (n=12)	7.4±11.9%	10.6±12.6%	0.0281

変群 6 例, 複合病変群 6 例であった。複合病変群の患側 washout rate は健側に比較して, 上部, 中部, 下部各腎筋区画で有意な低下を認めた。限局病変群では, 中部腎筋区画でのみ患側 washout rate の有意な低下を認め, 上, 下区画では, 患側と健側の washout rate に差異を認めなかった (表 2)。

2. 両側内腸骨動脈病変15例中, 一側が限局病変で対側が複合病変であった症例は 9 例で, 限局病変側中部腎筋区画の washout rate 13.5±6.2% に比較して, 複合病変側中部腎筋区画の washout rate は8.2±5.3% と有意な低下 (p=0.0209) を認めた。一方両側とも複合病変ないしは限局病変であった 6 例では, 一側の中中部腎筋区画の washout rate は6.4±13.8% にて, 対側の中部腎筋区画の washout rate 7.3±9.5% と比較して有意差を認めなかった。

C 手術前後の腎筋201Tl 動態の変化

内腸骨動脈血行障害10例, 16肢に各種血行再建手術を施行し, 術前後の各腎筋区画の

表 2 片側内腸骨動脈病変別 患側と健側の washout rate 比較

内腸骨動脈病変	腎筋区画	患側	健側	p 値
限局病変群 (n=6)	上部	7.4±10.4%	9.4±8.2%	0.4631
	中部	9.5±8.0%	13.0±6.9%	0.0277
	下部	4.6±11.2%	4.4±10.0%	0.7532
複合病変群 (n=6)	上部	1.6±4.9%	8.4±7.4%	0.0277
	中部	7.4±1.9%	16.5±5.6%	0.0277
	下部	10.3±12.9%	16.9±12.6%	0.0277

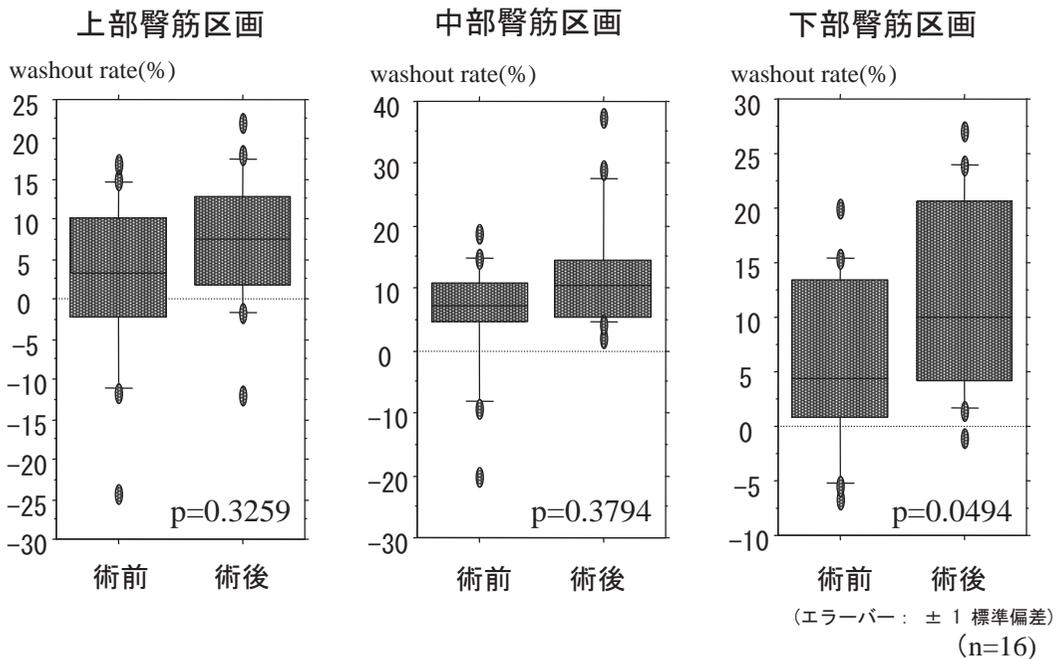


図 5 血行再建術前後 washout rate 変化

washout rate を比較検討した。術後の運動負荷量は術前と同等とした。血行再建術式は、内腸骨動脈直達再建術はなく、腹部大動脈-両大腿動脈バイパス 5 例、腹部大動脈 PTA 1 例、総腸骨動脈 PTA 1 例、大腿動脈交叉バイパス 3 例であった。大腿動脈への吻合はいずれも端側吻合で行い、可及的に動脈側枝を残し骨盤腔への側副路温存を図った。

血行再建術を施行した全10例、16腎筋の washout rate は、上部腎筋区画、中部腎筋区画では術前後有意な変化を認めなかったが、下部腎筋区画で術後有意な増加を認めた (図5)。

D 間歇性腎筋跛行と washout rate の対比

腎筋跛行が出現した20例、24腎筋、32腎筋区画の washout rate は上部腎筋区画 $3.3 \pm 5.5\%$ (n=10)、中部 $3.4 \pm 8.5\%$ (n=10)、下部 $1.3 \pm 7.9\%$ (n=12) にて全区画で10%以下であった (図6)。

片側に腎筋跛行が出現した症例は16例で、跛行が出現した各腎筋区画の washout rate は上部腎筋区画 $1.6 \pm 6.5\%$ (n=6)、中部腎筋区画 $3.0 \pm 9.6\%$ (n=8)、下部腎筋区画 $3.0 \pm 4.5\%$ (n=8) に対し、対側の跛行非出現各腎筋区画の washout rate は上部腎筋区画 $8.1 \pm 5.9\%$ 、中部腎筋区画 $9.6 \pm 10.1\%$ 、下部腎筋区画 $10.8 \pm 7.2\%$ にて各腎筋区画で有意な低下 (上部腎筋区画 $p=0.0277$ 、中部腎筋区画 $p=0.0180$ 、下部腎筋区画 $p=0.0357$) を認めた。

一方 washout rate が10%以下の腎筋区画は93区画にて、うち腎筋跛行は32腎筋区画 (34.4%) に出現した。両側腎筋区画の

washout rate が10%以下で片側にのみ腎筋跛行が出現した11症例の検討では、腎筋跛行出現区画の washout rate は $-0.7 \pm 7.9\%$ にて、対側跛行非出現区画の washout rate $4.3 \pm 5.1\%$ に比較して有意な低下 ($p=0.0164$) を認めた。

各種血行再建手術後、11肢15腎筋区画の内9肢13腎筋区画で腎筋跛行消失し、2肢2腎筋区画で腎筋跛行の残存を認めた。跛行消失した13腎筋区画の washout rate は全例で増加し、術前 $1.3 \pm 7.8\%$ から術後 $13.3 \pm 7.2\%$ へ有意な増加 ($p<0.0015$) を認めた。跛行が残存した2腎筋区画の washout rate は術前 $8.0 \pm 1.1\%$ 、術後 $9.5 \pm 2.3\%$ にて有意な変化を認めなかった。

IV 考案

末梢血管疾患に起因する諸症状は、側副血行路の発達程度により決定され、この機能を客観的、定量的に評価することにより、疾患の重症度の把握が可能となり、治療方針の決定や予後、治療効果の確認などに役立てることが出来る¹⁷⁾。

内腸骨動脈の側副血行路として、①上方から腰動脈、下腸間膜動脈を、②下方から腸骨動脈回旋枝、大腿深動脈を、③対側から内腸骨動脈を介してのルートが考えられている⁴⁾。Iliopoulos ら¹⁸⁾ は手術中の内腸骨動脈断端圧の検討から、Razavi ら³⁾ は血管内治療後の間歇性跛行の出現と血管造影所見の検討から②が主体で③の関与は少ないことを示した。佐藤ら¹⁹⁾ は近赤外分光法を術中に用いて腎筋血流評価を行い②の優位性を示した。近赤外分光法は、総ヘモグロビン中に占める酸素化ヘモグロビンの割合を測定して筋肉の組織酸素化指標として非侵襲的に組織血流量を評価する方法で、内腸骨動脈領域の血行動態の術中モニター、腎筋血流の連続的測定法として検討されている²⁰⁾。最近運動中の連続モニターが可能の特徴から、閉塞性脈硬化症における下肢間歇性跛行肢の重症度評価の無侵襲検査法として使用されており^{21,22)}、菅野ら⁶⁾ は腎筋に応用して運動負荷後酸素化ヘモグロビン曲線の回復時間の長さとして腎筋跛行の関連を報告している。しかし近赤外分光法は、脂肪層の影響によって近赤外分光測定感度の減少すること、心不全患者や下肢静

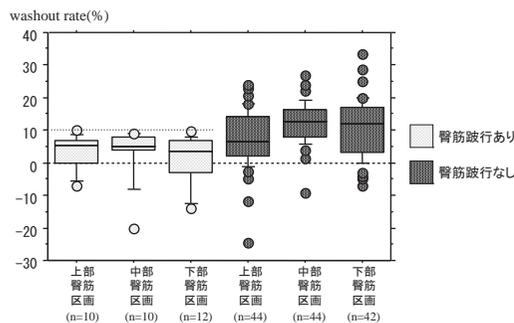


図6 腎筋跛行有無と各腎筋区画 washout rate

脈瘤疾患合併例は動脈病変以外の理由で大きく影響されるため除外する必要があるなどの限界が指摘されている⁷⁾。またプローブの大きさから一側腎筋一ヶ所の限定した部位の評価に限られることに対して、201Tl SPECT 法は腎筋全体および任意の腎筋局所を評価対象部位に選択できる利点を有する。

201Tl は第1回循環時に85~90%が組織中に摂取され、その全身分布は心拍出量の配分を反映し単一流血をうける臓器、組織の血流量に比例するため²³⁾、骨格筋の筋血流分布の描出が可能である。Siegelら⁹⁾により正常人で201Tl 静注により下肢骨格筋が描出され運動負荷時と比較した血流評価がなされ、以後末梢動脈疾患患者において同法の有用性が示されている^{10,11)}。

201Tl 静注の方法は安静時と運動負荷時に別々に201Tl 静注を行って比較していた方法から、より簡便な201Tl 一回静注法の有用性が確認され¹²⁾、Ohta¹³⁾ は201Tl の再分布所見を加味して足部潰瘍部の血流評価を行いその有用性を報告している。一方これらの報告は planar 像による検査であるのに対して、大島ら¹⁵⁾ は下腿筋の前後の病変の重なりをさげ、病変の検出能の向上を意図して下腿筋 SPECT を用い下腿筋の筋血流状態の立体的な評価による利点を報告している。しかしともに下肢筋血流評価は定性的評価が主体であった。一方虚血性心疾患に対して、運動負荷201Tl 心筋スキャンは SPECT の使用²⁴⁾ と washout rate^{25~27)} の算出により定量的診断をし、診断精度の向上が得られている。

本研究は臀部骨格筋の血流評価に201Tl 一回静注法による運動負荷腎筋スキャンを施行し SPECT と washout rate を用いて腎筋血流の定量的診断を試み、血管造影所見および臨床症状と比較検討した。

腹臥位による臀部201Tl SPECT は腸管等の骨盤内臓器と腎筋との重なりをはずし腎筋を明瞭に描出することができた。腎筋の主血行路は内腸骨動脈であるが、閉塞血管の部位および治療状況により側副血行路の発達は種々の程度にわたり¹⁾、腎筋の部位により血行に差異が生じてくる事が考えられる。我々は腎筋を上中下の三区画にわけ各区画の血流を201Tl SPECT に

て検討した。SPECT では解剖学的な大、中、小腎筋の区別をすることは困難であるが上、中、下部腎筋区画の区別は可能で ROI の設定は容易である。

健常腎筋の201Tl の腎筋内動態は片側内腸骨動脈病変例の対側を健常腎部として検討した。健常部腎筋では運動負荷時に血流の増加を反映して201Tl の分布が多くなり負荷後の201Tl の再分布は心筋²⁸⁾と同様に時間と共に変化し、後期像では201Tl の分布は低下しており、健常部では wash in よりも wash out が多くなっていると考えられた。

狭窄あるいは閉塞病変を有する内腸骨動脈が灌流する腎筋(患側)では負荷時には血流の増加の程度が低く健常腎筋より少ない201Tl 分布を示した。また患側では健常側に比し washout rate が低下していたことから再分布過程で健常部に比較して wash out が少ない²⁹⁾か、wash in の方が多い^{30,31)}メカニズムが考えられた。後者は片側病変12例36腎筋区画のうち6例6腎筋区画で認め、負荷時より負荷3時間後の201Tl の分布が多く wash in の方が多いため同部腎筋区画の washout rate はマイナス値となった。これは狭窄、閉塞病変高度のため負荷時腎筋血流が低く、再分布完成までの時間も遷延し3時間後では十分に再分布が完成しなかったため^{30,31)}と考えられた。

washout rate は運動負荷量^{30,32)}、食事³³⁾や投薬などの影響をうけるため、値の判断には注意が必要とされている³⁴⁾が、本研究では食事と投薬は検査当日は運動負荷前から後期像撮影まで投与されておらずこの影響は少ないと考えられる。一方運動負荷量に関しては下肢あるいは臀部の間歇性跛行による歩行不可の時点で運動中止としているため症例ごとに運動量の差異は存在しており washout rate が低値を示す場合、腎筋への運動負荷が少なかった影響を考える必要がある³²⁾。本研究では負荷された歩行距離と腎筋 washout rate には相関を認めず(図7)、また腎筋跛行が出現しなかった例の歩行距離(345±176m)は、腎筋跛行出現例の歩行距離(304±206m)と差異を認めなかったことから、本研究の対象例では腎筋虚血評価のできる運動負荷であったと考えられた。

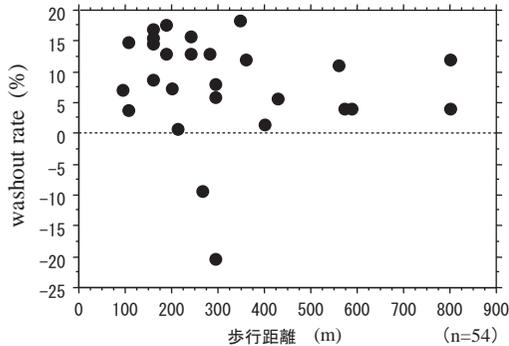


図7 負荷歩行距離と腎筋 washout rate

本法により内腸骨動脈血行障害例で患側の 201Tl 取り込みおよび washout rate の有意な低下が示されることが判明した。内腸骨動脈複合病変群の washout rate は、内腸骨動脈限局病変群に比べ有意に低下しており、内腸骨動脈の血行障害程度を washout rate で判定することが出来た。

また複合病変群は健側に比べ各腎筋区画で washout rate の低下を示すのに対し、限局病変群では中部腎筋区画でのみ washout rate の低下を示し、上および下腎筋区画では健側と差異を認めなかった。限局病変群において、上および下部腎筋区画は側副血行路に灌流され血流が代償されていることが推測された。

さらに術後下部腎筋区画で washout rate の有意改善がみられたことは、末梢吻合が大腸動脈に端側吻合で再建された術式であったため、下方からの側副血行路を介して下部腎筋区画の血流改善が得られたためと考えられ、側副血行路の機能評価に本法は有用であると考えられた。

臨床上腎筋虚血の症状として間歇性腎筋跛行と腎筋壊死が認められている。間歇性腎筋跛行は詳細な問診で、神経源性や筋骨格異常によるものと血管源性のものとの鑑別は比較的容易であるとされている^{35,36}。しかし下肢血行再建術後で足関節圧は正常であるが腎筋の間歇性跛行を訴える症例³⁷など、鑑別の困難な症例に遭遇する事がある。また腎筋虚血の重症例として腎筋壊死の報告が散見されるが側副血行の存在から希とされており^{38,39}、腎筋が虚血症状を呈するには一定以上の虚血を要すると推測される。今回の検討では跛行部の腎筋の washout

rate は全て10%以下であり、washout rate で10%以下の虚血の存在が血管源性腎筋跛行の必要条件と考えられた。

なお washout rate が10%以下の腎筋のうち腎筋跛行出現は34.4% (32/93腎筋区画) であり腎筋跛行出現の個人差が推測されるが、両側 washout rate 10%以下群で片側のみに腎筋跛行が出現した13腎筋区画の検討では、跛行出現部の washout rate は対側の非出現部と比較して有意に低下しており、washout rate は腎筋跛行の診断に有用な指標になると考えられた。

また術前後の比較で、各腎筋区画別に血流変化を表すことができ腎筋局所血流診断が可能なことから、各種血行再建術における骨盤内血行動態の解析にも役立つと考えられた。

V 結語

閉塞性動脈硬化症による内腸骨動脈血行不全例に対し運動負荷腎筋201Tl SPECT を施行し以下の成績を得、腎筋の定量的血流評価に本法は有用であると考えられた。

- (1) 運動負荷201Tl SPECT で腎筋は明瞭に描出され、運動時の血流と経時的201Tl 動態が定量的に評価できた。
- (2) 内腸骨動脈血行障害を有する腎筋で201Tl の取り込み低下および washout rate の低下を認め、血行再建術後患側腎筋の washout rate の改善を認めた。
- (3) 血管源性腎筋跛行出現には腎筋 washout rate が10%以下であることが必要条件である。

VI 引用文献

- 1) Iwai T, Sato S, Sakurazawa K et al. : Hip claudication-Its pathophysiology and treatment. *Vasc Surg* 27 : 19-26, 1993.
- 2) Lee WA, O'Dorio J, Wolf YG et al. : Outcome after unilateral hypogastric artery occlusion during endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg* 33 : 921-926, 2001.
- 3) Razavi MK, DeGroot M, Olcott III C et al. : Internal iliac artery embolization in the stent-graft treatment of aortoiliac aneurysms: Analysis of outcomes and complications. *J*

- Vasc Interv Radiol 11 : 561-566, 2000.
- 4) Lee C, Kaufman JA, Fan CM et al. : Clinical outcome of internal iliac artery occlusions during endovascular treatment of aortoiliac aneurysmal diseases. J Vasc Interv Radiol 11: 567-571, 2000.
 - 5) Cynamon J, Lerer D, Veith FJ et al. : Hypogastric artery coil embolization prior to endoluminal repair of aneurysms and fistulas: Buttock claudication, a recognized but possibly preventable complication. J Vasc Interv Radiol 11 : 573-577, 2000.
 - 6) Sugano N, Inoue Y, 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.
 - 7) 土田博光, 四方達郎, 市橋弘章他 : 近赤外分光法を用いた間欠性跛行の評価. 日血外会誌 7 : 475-483, 1998.
 - 8) 戸島雅宏, 藤村光夫, 西谷 泰他 : 201Tl SPECT による腎筋虚血診断. 脈管学37 : 461-467, 1997.
 - 9) Siegel, ME, Siemsen, JK : A new noninvasive approach to peripheral vascular disease: Thallium-201 leg scans. Am J Roentgenol 131: 827-830, 1978.
 - 10) Ishii Y, Hamanaka, D, Yonekura, T et al. : Non-invasive diagnosis for intermittent claudication using Tl-201. J Nucl Med 18 : 708, 1978.
 - 11) Seder JS, Botvinick EH, Rahimtoola SH et al. : Detecting and localizing peripheral arterial disease : Assesment of 201Tl scintigraphy. Am J Roentgenol 137 : 373-380, 1981.
 - 12) Siegel ME, Stewart CA : Thallium-201 peripheral perfusion scans : Feasibility of single-dose, single-day, rest and stress study. Am J Roentgenol 136 : 1179-1183, 1981.
 - 13) Ohta T : Noninvasive technique using thallium-201 for predicting ischaemic ulcer healing of the foot. Br J Surg 72 : 892-895, 1985.
 - 14) 戸島雅宏, 小沼武司, 西谷 泰他 : 運動負荷タリウム血流スキャンによる血管新生療法の評価. 脈管学45 : 33-36, 2005.
 - 15) 大島統男, 錦見尚道, 矢野 孝他 : Tl-201 SPECT 像による下腿筋の虚血診断法, 核医学23 : 153-159, 1986.
 - 16) Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzner NR et al. : ACC/AHA 2005 guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic): A collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, and the ACC/AHA task force on practice guidelines (writing committee to develop guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease). J Am Coll Cardiol 47 : 1239-1312, 2006.
 - 17) 太田 敬 : 脈管の機能的診断 : 進歩と現況. 脈管学45 : 283, 2005.
 - 18) liopoulos JI, Hermreck AS, Thomas JH et al. : Hemodynamics of the hypogastric arterial circulation. J Vasc Surg 9 : 637-642, 1989.
 - 19) 佐藤博子, 佐藤 成, 渡辺徹雄他 : 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. 日血外会誌15 : 541-550, 2006.
 - 20) 大塚和徳, 海野直樹, 山本尚人他 : 近赤外線分光法を用いた腹部大動脈瘤ステントグラフト内挿術における術中骨盤内血流の評価の試み. 脈管学47 : 39-45, 2007.
 - 21) 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.
 - 22) 市来正隆, 大内 博 : 近赤外線分光法を臨床応用した間欠性跛行肢の重症度評価法. 脈管学35 : 53-59, 1995.
 - 23) Strauss HW, Harrison K, Pitt B : Thallium-201 : non-invasive determination of the regional disribution of cardiac output. J Nucl Med, 18 : 1167-1170, 1997.
 - 24) Tamaki N, Yonekura Y, Mukai T et al. : Stress

- Thallium-201 transaxial emission computed tomography : Quantitative versus qualitative analysis for evaluation of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 4 : 1213-1221, 1984.
- 25) Maddahi J, Garcia EV, Berman DS et al. : Improved noninvasive assessment of coronary artery disease by quantitative analysis of regional stress myocardial distribution and washout of Thallium-201. *Circulation* 64 : 924-935, 1981.
- 26) Bateman TM, Maddahi J, Gray RJ et al. : Diffuse slow washout of myocardial Thallium-201 : A new scintigraphic indicator of extensive coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 4 : 55-64, 1984.
- 27) 多田 明, 分校久志, 中嶋憲一他 : 負荷心筋スキャンにおける局所 washout ratio の完全自動測定の有効性. *核医学*20 : 1329-1337, 1983.
- 28) Vogel RA : Quantitative aspect of myocardial perfusion imaging. *Seminars in Nuclear Medicine* 10 : 146-156, 1980.
- 29) Okada RD, Leppo JA, Boucher CA : Myocardial kinetics of Thallium-201 after dipyridamole infusion in normal canine myocardium and in myocardium distal to a stenosis. *J. Clin. Invest* 69 : 199-209, 1982.
- 30) 大嶽 達, 西川潤一, 町田喜久雄他 : Single photon emission CT による負荷タリウム心筋スキャンにおける wash out rate の測定 - 特に coronary spasm による虚血領域, 梗塞領域について -. *核医学*22 : 873-883, 1985.
- 31) 三谷勇雄, 西村恒彦, 植原敏勇他 : 梗塞部位再分布は PTCA 効果を予想できるか? - タリウム運動負荷心筋シンチグラフィによる検討 -. *核医学*27 : 1-7, 1990.
- 32) Massie BM, Wisneski J, Kramer B et al. : Comparison of myocardial Thallium-201 clearance after maximal and submaximal exercise : Implications for diagnosis of coronary disease : concise communication. *J Nucl Med* 23 : 381-385, 1982.
- 33) Wilson RA, Sullivan PJ, Okada RD et al. : The effect of eating on Thallium myocardial imaging. *CHEST* 9 : 195-198, 1986.
- 34) 西川潤一 : SPECT の臨床 update, 心疾患への応用. *画像診断*12 : 537-546, 1992.
- 35) Rutherford RB : The surgical approach to vascular problems. I. The vascular consultation. In : *Vascular Surgery*, eds Rutherford RD, WB Saunders, 1989, pp4-6.
- 36) Fairbairn IIJF : Clinical manifestations of peripheral vascular disease. In : *Peripheral vascular disease*, eds Juergens JL, Spittell Jr JA and Fairbairn IIJF, WB Saunders, 1980, pp.10-13.
- 37) Seagraves A, Rutherford RB : Isolated hypogastric artery revascularization after previous bypass for aortoiliac occlusive disease. *J Vasc Surg* 5 : 472-474, 1987.
- 38) Lose G., Jorgensen L, Lorentzen JE : Regional ischemia due to compromised collateral circulation after arterial reconstruction. *Acta Chir Scand* 151 : 301-303, 1985.
- 39) 河野元嗣, 鈴木保之, 福田幾夫 : 腹部大動脈瘤術後の腎筋壊死について. *日心外会誌* 19 : 240-242, 1989.

Stress thallium-201 single-photon emission computed tomography: quantitative analysis for evaluation of gluteal muscle ischemia

Masahiro Toshima¹⁾ Yoshio Misawa²⁾

Abstract

To evaluate the perfusion of the gluteal muscle, single-photon emission computed tomography (SPECT) using thallium-201 was performed on 27 patients with arteriosclerotic obstructive disease. SPECT imaging of the buttock was obtained using a rotating digital gamma camera with the patient in the prone position. Patients exercised on a treadmill until buttock or leg pain appeared, with buttock pain appearing in 20 patients.

Transaxial stress and redistribution images were analyzed and uptake and washout rates were calculated in each segment of the gluteal muscle.

The gluteal muscle was clearly visualized on stress thallium SPECT. In the ischemic buttock, as confirmed by angiography, thallium uptake was significantly reduced compared with the normal buttock during exercise. Washout rate was lower in the ischemic buttock than in normal buttock and correlated with the degree of obstruction of the internal iliac artery.

Washout rate in the 20 patients with vasculogenic buttock claudication was <10%.

Vascular reconstruction improved buttock claudication, resulting in increased thallium uptake and washout rate of the ischemic gluteal muscle.

Stress thallium-201 SPECT is thus useful for quantitatively evaluating perfusion of the gluteal muscles and responsiveness to surgical treatment.

1) Department of Vascular Surgery, Kamiichi General Hospital

2) Division of Cardiovascular Surgery, Department of Surgery, Jichi Medical University