

容積脈波記録法における波形評価の有用性について 運動負荷後の筋酸素動態との比較検討

中島里枝子 井上 芳徳 菅野 範英 岩寄 友視 栗原 伸久 中村 浩志
寺崎 弘明 藤田 聡子 遊佐 祐子 加賀山知子 岩井 武尚

要 旨：容積脈波記録法(pulse volume recording: PVR)によるtransfer function index(TFI)の有用性を評価するため、トレッドミルを併用した近赤外線分光法(near-infrared spectroscopy: NIRS)によるrecovery ability index(RAI)と比較した。TFIはRAIと有意な相関を示し、TFIとRAIは5分間歩行完遂の可否症例それぞれとの間に有意差を認めた。TFIは下肢血行動態について安静時でも無侵襲的に評価でき有用性を認めた。(J Jpn Coll Angiol, 2006, 46: 105-108)

Key words: pulse volume recording (PVR), transfer function index (TFI), near-infrared spectroscopy (NIRS), recovery ability index (RAI)

序 言

閉塞性動脈硬化症(arteriosclerosis obliterans: ASO)の症状の多くは歩くことにより起きる間歇性跛行であるため、その評価には上腕-足関節血圧比(ankle-brachial pressure index: ABI)だけでなく、当科ではトレッドミル歩行中および歩行後の腓腹筋の酸素動態を観察する近赤外線分光法(near-infrared spectroscopy: NIRS)を用いて評価している。今回はより簡便な容積脈波記録法(pulse volume recording: PVR)によるtransfer function index(TFI)の有用性について、NIRSにおける指標であるrecovery ability index(RAI)と比較検討した。

対象と方法

対象は2003年10月～2004年3月に当科に来院したASO患者のうち、3.2km/hでのトレッドミル歩行負荷検査が可能であったABI 0.9未満の14例22肢であった。また息切れによって歩行負荷検査を中断した症例は除外した。平均年齢は67.3 ± 9.9歳、男性13例20肢、女性1例2肢であった。糖尿病または維持透析施行例は4例6肢(27.3%)であった。

方法はまず安静時仰臥位にてバンガード(バンガード

P84, VIASYS Healthcare社製)にてTFI, ABIを測定した。TFIはPVRを用いた指標で、バンガードを用い高速フーリエ変換により上腕と足関節部とのPVR波形を比較したTFIを算出した。その後トレッドミルにて傾斜12%、速度3.2km/h、5分間の歩行負荷¹⁾を行った。その際、両下腿腓腹部にNIRS(無侵襲酸素モニターOM-220, 島津製作所製)のセンサーを装着し歩行前から歩行中、歩行後の酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの解離と収束を観察した(Fig. 1)。腓腹部におけるNIRSでの回復時間(recovery time: RT)を歩行時間(walking time: WT)で除したRAIと足関節部でのTFIを比較検討した。また5分間歩行を完遂できた症例(8例12肢)とできなかった症例(6例6肢)についても検討した。完遂できなかった症例については、最大負荷がかかっていないと考えられる対側の軽症肢4肢は検討から除外した。対象部位でのTFIは上腕PVR波形と相似形であれば1であるが、大動脈から足関節までに閉塞性病変が存在するとその波形変化の程度により低下する指標である(Fig. 2)。統計学的検定にはピアソンの相関係数の検定、ウェルチのt検定を用い、 $p < 0.05$ をもって有意とした。なお測定値はすべて平均値 ± 標準偏差で表示した。

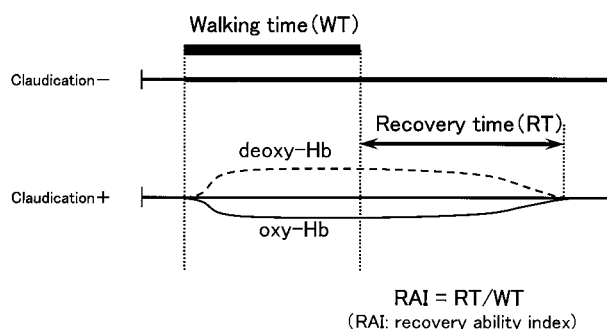


Figure 1 Near-infrared spectroscopy findings.

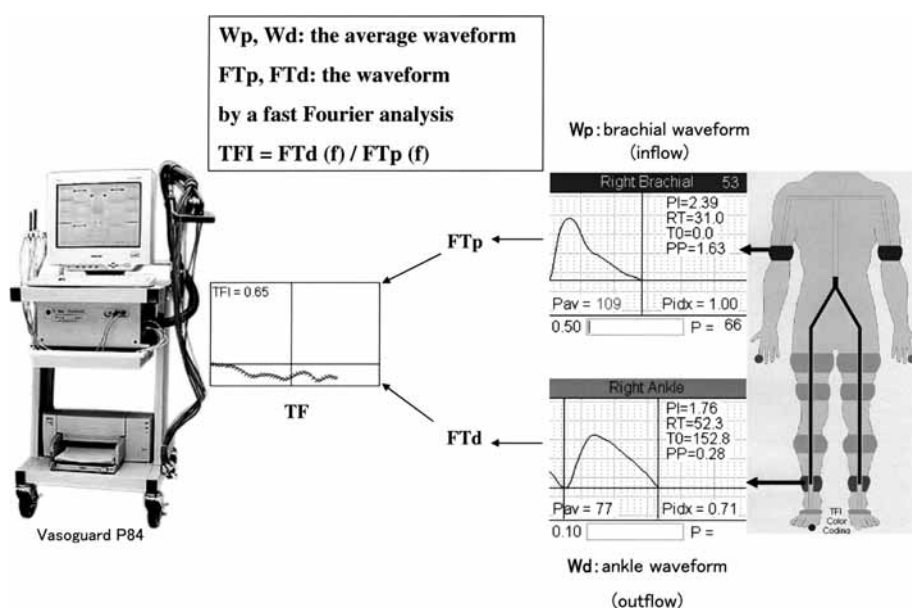


Figure 2 Principle of transfer function index (TFI).

結 果

ABIは 0.67 ± 0.14 , RAIは 1.29 ± 1.26 , TFIは 0.77 ± 0.32 であり, ABIとRAIは有意な相関を示さなかったが, ABIとTFI($r=0.53, p<0.01$), RAIとTFI($r=-0.69, p<0.01$)との間にはそれぞれ相関を示した(Fig. 3)。また5分間歩行が可能な症例(12肢, $ABI=0.69 \pm 0.16$)と不可能であった症例(6肢, $ABI=0.60 \pm 0.11$)について比較したところ, ABIにおいては両群有意差を認めなかったが, RAI(5分間歩行可能群: 0.59 ± 0.43 , 5分間歩行不可能群: $2.50 \pm 1.34, p<0.05$), TFI(5分間歩行可能群: 0.92 ± 0.22 , 5分間歩行不可能群: $0.61 \pm 0.33, p<0.05$)は両群において有意差を認めた(Table 1)。

考 察

ASOで最も多い症状である間歇性跛行は, 歩行により症状が出現するため安静時に測定するABIよりも最大歩行距離など運動負荷による指標が望ましい。ABI測定は簡便な検査であるが, 感度が低く, 運動療法や内服治療の効果を判定することが難しい。そのため当科では客観的に跛行を評価するためにNIRSを用いている。NIRSでは歩行により跛行症状が起こりやすい腓腹筋にセンサーを装着し筋酸素動態を評価している。NIRSのRTは最大歩行距離と関係する²⁾とされ客観的評価法として確立してきた。しかし運動負荷を行うことができない症例もあり, また歩ける場合でも人により

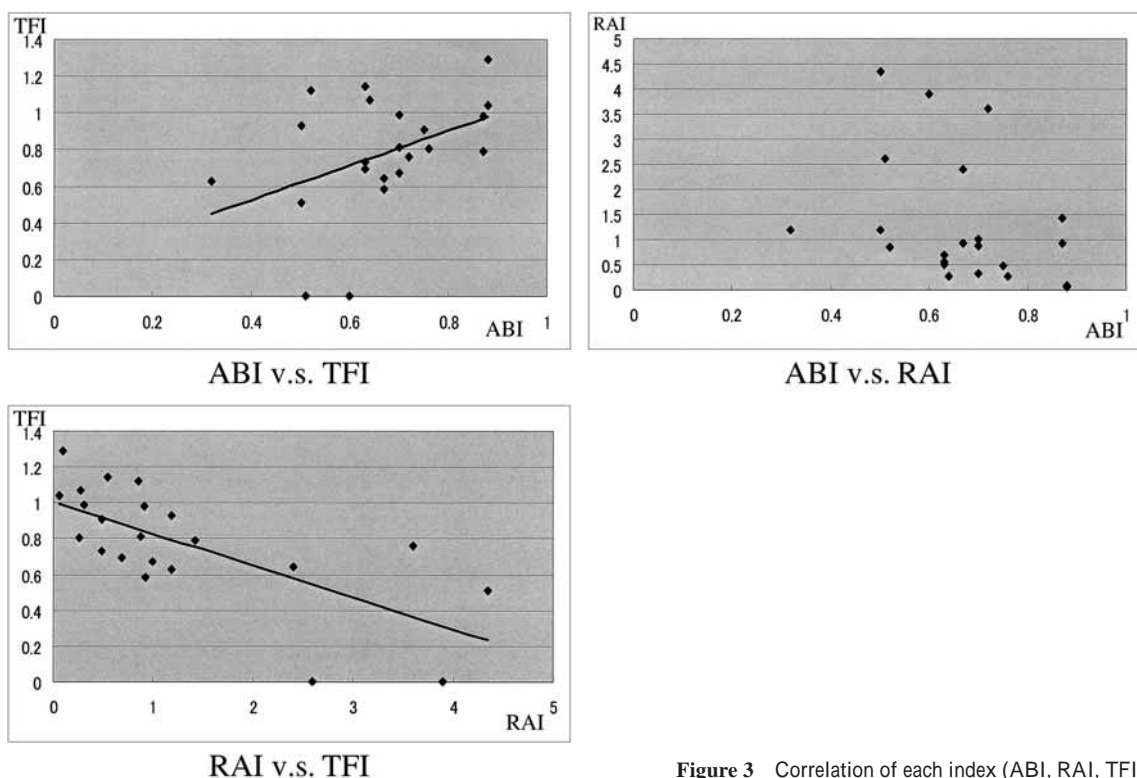


Figure 3 Correlation of each index (ABI, RAI, TFI).

Table 1 Comparison of the two groups according to walking ability

Completion of walking*	Yes	No
N	12	6
Age	66.6 ± 9.7	69.7 ± 9.4
The number of the patient with diabetes or dialysis	5	2
ABI	0.69 ± 0.16	0.60 ± 0.11
RAI	0.59 ± 0.43	2.50 ± 1.34
TFI	0.92 ± 0.22	0.61 ± 0.33

*12% incline 3.2 km/h speed with 5 min duration

p < 0.05 (Welch's t-test)

歩ける速さが違うため負荷が不十分であることや、検査では速すぎて歩けないことも多い。一方、今回検討したTFIは、運動負荷を行わない方法であるが、間歇性跛行の病態をよく反映するとされるRAI³⁾と相関を認めASOの客観的評価法として有用と思われた。

TFIはこれまでグラフトのスクリーニング⁴⁾や腸骨領域の評価⁵⁾について有用性が報告されている。それらは主に血管撮影やduplex scanningなどの画像診断法との

比較であった。今回は筋酸素動態を評価する方法との相関が得られ、TFIは機能的評価の側面からも有用であることが示された。

また5分間歩行の可否で症例を分類したところABIは有意差を認めなかった。糖尿病や維持透析症例が含まれていたことや症例数が少なかった影響も推定されるが、RAIとTFIは両群に有意差を認め跛行症状の客観的評価に有用と思われた。TFIは強い不整脈ではまれに

脈波の標準化が困難となり評価できないこともある。
しかし簡便であり歩行負荷が困難な症例において広く
施行可能であった。

結 論

- ・ TFIはRAIと有意な相関を示し、間歇性跛行の有用な指標であることが示唆された。
- ・ TFIとRAIは跛行の症状の有無に関係した。
- ・ QOLを考慮した手術適応の決定や経過観察にはABI測定や画像評価だけでなく、TFIやRAIを用いた機能的評価が有用である。

文 献

- 1) Rutherford RB, Flaningan DP, Gupta SK et al: Suggested standards for reports dealing with lower extremity ischemia. *J Vasc Surg*, 1986, 4: 80–94.
- 2) Komiyama T, Shigematsu H, Yasuhara H et al: An objective assessment of intermittent claudication by near-infrared spectroscopy. *Eur J Vasc Surg*, 1994, 8: 294–296.
- 3) 国原 孝, 小山基弘, 深田康久 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*, 1998, 7: 649–657.
- 4) Ihlberg LH, Matzke S, Alback NA et al: Transfer function index of pulse volume recordings: a new method for vein graft surveillance. *J Vasc Surg*, 2001, 33: 546–553.
- 5) 中島里枝子, 井上芳徳, 菅野範英 他: PVRの脈波解析を用いた大動脈・腸骨・総大腿動脈閉塞性疾患の無侵襲検査法の検討. *脈管学*, 2005, 45: 11–15.

Transfer Function Index for Lower Extremity Peripheral Vascular Disease

Rieko Nakashima, Yoshinori Inoue, Norihide Sugano, Tomomi Iwasaki, Nobuhisa Kurihara, Hiroshi Nakamura, Hiroaki Terasaki, Satoko Fujita, Yuko Yusa, Tomoko Kagayama, Takehisa Iwai

Department of Vascular and Applied Surgery, Tokyo Medical and Dental University, Graduate School of Medicine, Tokyo, Japan

Key words: pulse volume recording (PVR), transfer function index (TFI), near-infrared spectroscopy (NIRS), recovery ability index (RAI)

We evaluated the efficiency of transfer function index (TFI) using pulse volume recording (PVR). Muscle ischemia was monitored with near-infrared spectroscopy (NIRS) during and after treadmill exercise test. Recovery time and recovery ability index (RT/walking time: RAI) were examined. The TFI was highly correlated to the ABI and RAI. Additionally, the TFI and RAI demonstrated a significant difference between the patients who could complete 5-minute walking and those who could not. The clinical implication is that the TFI may be an effective, noninvasive method due to no exercise required for patients with peripheral vascular disease. (J Jpn Coll Angiol, 2006, 46: 105–108)