

原 著

レーザードプラー血流計のアレン
テスト変法への応用

今井 真* 伊藤 久美子* 野村 靖宏*
横田 祥* 西田 宣子* 後藤 康之*
劔物 修*

要 旨

105人を対象としてアレンテスト変法にレーザードプラー血流計を応用し、以下の結果を得た。尺骨動脈の圧迫を解除した際に、第2指の血流が90%以上回復した例は59%あり、50%から90%までの回復は32%、50%以下にとどまった例は9%であった。次に、橈骨、尺骨両動脈を単独に圧迫しても、血流の減少がほとんどみられないのは、第1指—87%、第2指—77%、第3指—80%、第5指—80%であった。さらに、尺骨動脈のみの圧迫が血流を極端に低下させた例は、第1指—10%、第2指—10%、第3指—17%、第5指—20%であった。

レーザードプラー血流計を使用することにより、アレンテスト変法の信頼性が著しく向上するとともに、より簡便な方法を用いることが可能となった。

はじめに

閉塞性血栓性脈管炎に対する尺骨動脈の閉塞の有無を確認することから始まったアレンテスト¹⁾はその後、アレンテスト変法として日常の臨床で主に動脈カニューレション時の側副循環の確認に繁用されてきている。この方法は簡便ではあるが、①患者の協力と十分な光量が必要なこと、②直視下でなければならないこと、③手掌に広範な火傷

のある患者などには施行できないこと、④テストの結果が陽性であっても必ずしも決定的ではないこと、⑤指を開いて手を完全に進展すると手掌動脈弓を閉塞することになり偽陰性がえられる²⁾こと、などの欠点を有する。

このために、手指血流量計（プレチスモグラフィ）がアレンテスト変法に應用された。Brodsky³⁾は第1指における指尖脈波をアレンテスト変法との関連で検討し、Husum⁴⁾は259人の患者のうち27人に橈骨動脈の圧迫による40 mmHg以上の血圧低下をみ、Ryanら⁵⁾は13人のうち6人が尺骨動脈優位であり、3人が橈骨動脈優位、4人がいずれでもないことを手指血流量計を使用して認めている。

しかし、これらはいずれも半定量的であるとともに、指先に支障がある場合や、拍動が停止または減弱した人工心肺などの際には使用が制限されるなどの問題点を有する。今回われわれはアレンテスト変法の判定をより正確に行う目的で、毛細血管血流量を非観血的に直接・連続的に測定できるレーザードプラー血流計を応用し、その効果を確認するとともに手指血流計との比較検討をおこなった。

対象と方法

対象は、19才から75才までの平均年齢33才の105人（男性63人、女性42人）である。

Perimed社製の2 mWのHe-Neレーザーを発するPERIFLUX Laser Doppler Flowmeter（写

*北海道大学医学部麻酔学教室

真A, B) を使用した. プローブ先端から発振されるレーザー光は, 接触された皮膚の半径 1 mm の半球形部分に到達し, 毛細血管中の赤血球に対するドプラー効果を電気信号に変換して数値化する. 今回の計測では, 12 kHz, Gain 3, 時定数1.5, 室温 20~25°C の条件に固定することにより, 皮膚毛細血管血流量を半定量的に測定した. なお血流の単位は, 10 v/Gain における圧迫前の血流量

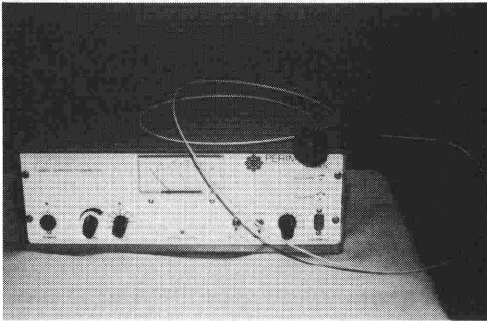
を100%とする相対量で表示した.

以上の条件のもとで指尖の血流量を以下のごとく測定した. アレンテスト変法として, 橈骨, 尺骨両動脈を圧迫した後尺骨動脈のみを解除した際にみられる第2指の血流量を圧迫前のものと比較した. 次いで, アレンテスト変法を単純化し, 橈骨または尺骨動脈を単独に圧迫した際の第1指, 第2指, 第3指, 第5指の血流量をそれぞれ圧迫前のものと比較した. さらに各指が橈骨または尺骨動脈のいずれに支配されているかを検索し, 手掌動脈弓を型別に分類した.

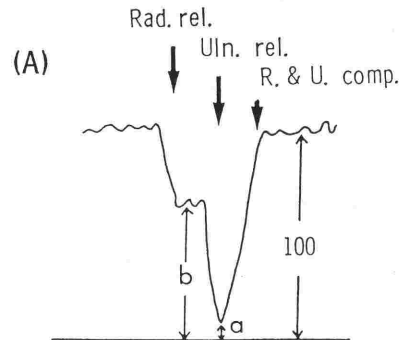
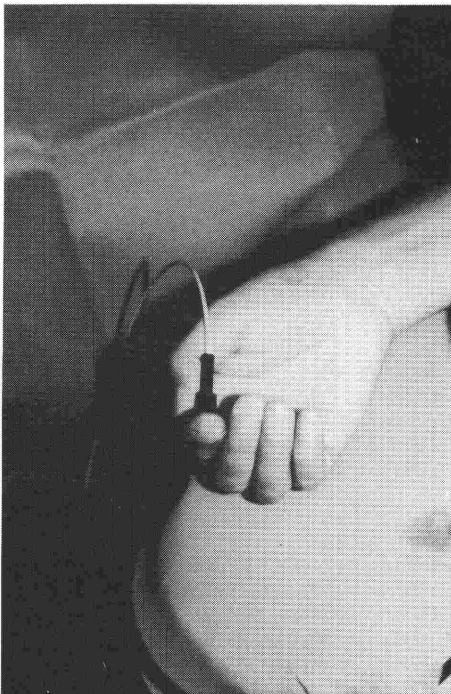
結 果

図1(A)に示すごとく, 圧迫前の血流量を100%とし, 橈骨, 尺骨両動脈を同時に圧迫した際の血流量を a, その後に尺骨動脈のみの圧迫を解除し

(A)



(B)



(B)

Uln. rel.	
$90 \leq b$	59%
$50 \leq b < 90$	32%
$b < 50$	9%

図1 Laser Doppler Flowmeter を使用したアレンテスト変法

(A) 右から, R & U comp は橈骨および尺骨両動脈を同時に圧迫したことを表し, Uln rel は尺骨動脈を解除したことを表す.

(B) 圧迫前のコントロールを100とし, 尺骨動脈を解除した際の第2指尖の血流量 b がどのように変化したかを示す.

写真 (A) PERIFLUX® Laser Doppler Flowmeter の概観を示す.

(B) プローブをヘッドホルダーにセットし, 第2指尖に装着したところを示す.

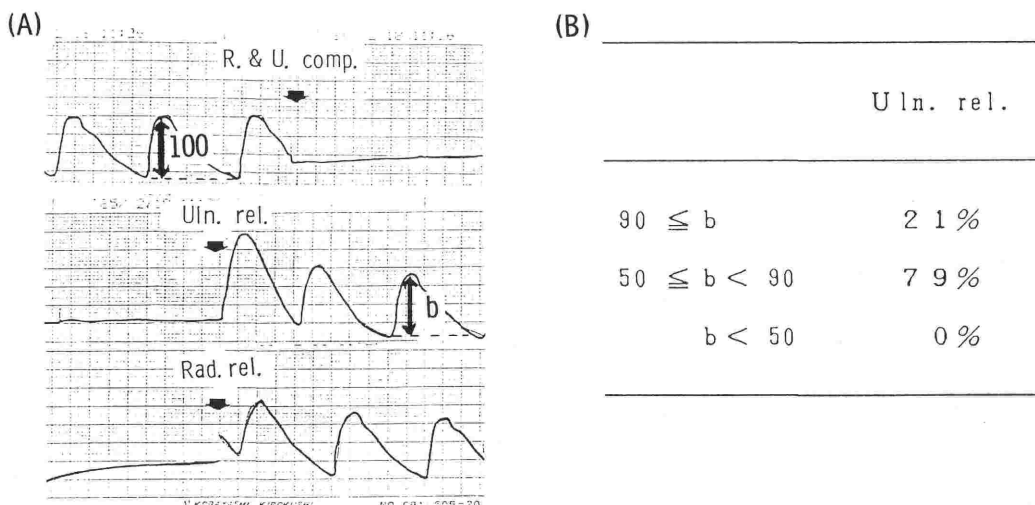


図2 Plethysmography を使用したアレンジメント変法
 (A) 尺骨動脈を解除した際 (Uln rel) の波の高さ b を、圧迫前を100%として比較した。
 (B) その結果を示す。

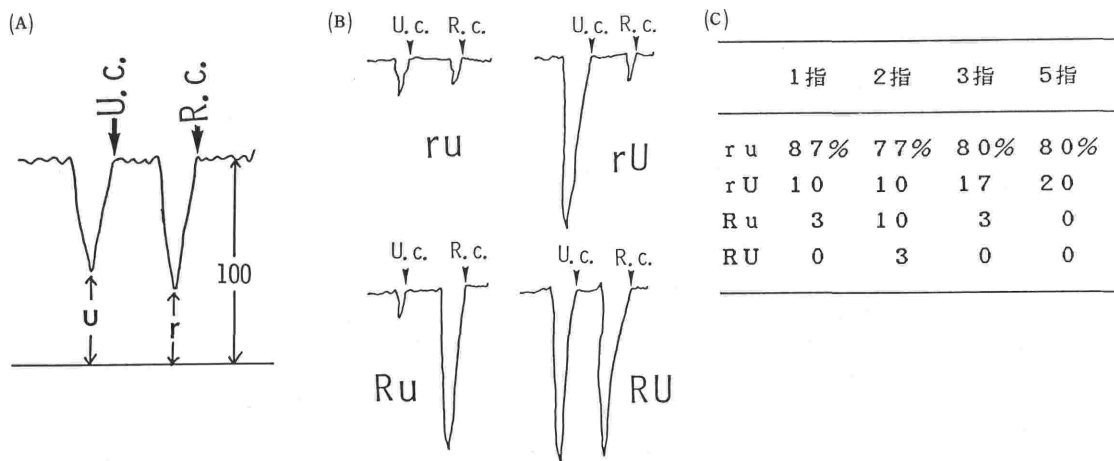


図3 (A) Rc は橈骨動脈の圧迫を、Uc は尺骨動脈の圧迫を表し、r および u はその際の指尖血流量を示す。
 (B) ru 型は両動脈いずれを圧迫しても血流低下がみられず、側副血行が良好なことを示す。RU 型はどちらの動脈が閉塞しても、側副血行による血流の供給が期待されないことを示す。rU 型は尺骨動脈優位型、Ru 型は橈骨動脈優位型を表す。
 (C) 1指、2指、3指、5指における各型のしめる百分率

実際の血流量を b とした。図 1 (B)のごとく尺骨動脈の圧迫を解除した際に、第 2 指の血流が90%以上回復した例は59%あり、50%から90%までの回復は32%、50%以下という尺骨動脈からの血流量が極端に低下している例は9%であった。この9%のなかには臨床的にアレンジメント陽性が4人、アレンジメント偽陽性が1人、アレンジメント陰性が

5人と、臨床的に陽性であっても、橈骨動脈の閉塞時に尺骨動脈からの血流がほとんど期待されない症例が含まれていた。

同様の測定を手指血流量計を使用して行ったのが図2である。図2(A)にみるように波形の頂点までの高さを対照値を100%として比較したところ、図2(B)に示すように50%以下が0%となり、臨床

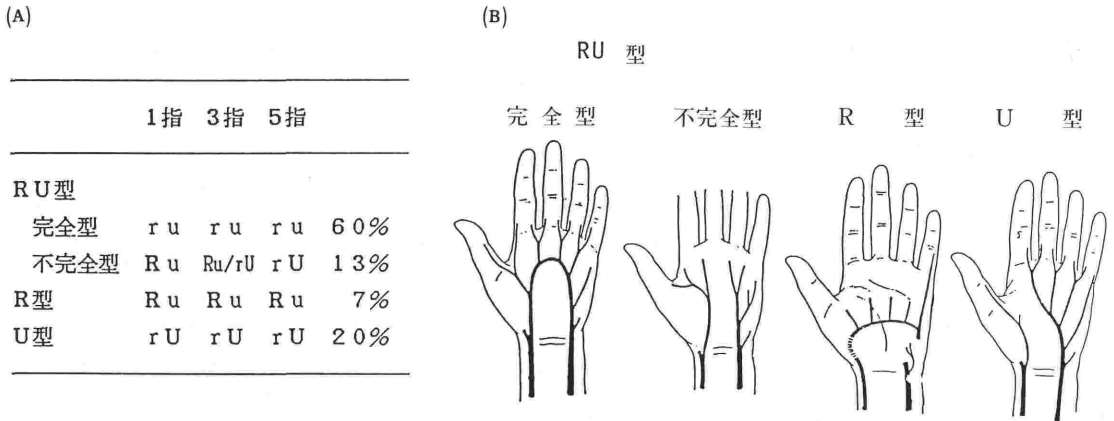


図4 手掌動脈弓の型別分類

(A) 図3の結果を参考に各指のそれぞれの型により動脈弓を4型 (RU型: 完全型, 不完全型, R型, U型) に分類した。
 (B) それぞれの型の動脈の走行を図示した。

的なアレンテストと一致するが、レーザードプラー法よりは感度が低いことが判明した。

アレンテスト変法にレーザードプラー血流計の応用が有用であることが確認できたので、さらに単純化した方法で検討してみた。

橈骨、尺骨動脈をそれぞれ単独に圧迫した際の指尖の血流量変化から、各指が主としていずれの動脈に支配されているかを検索した。その結果、図3(B)に示すように4型に分類された。小文字は圧迫による血流量の低下が少ないことを、大文字は血流量の低下が大きいことを示す。R型は橈骨動脈の閉塞により、U型は尺骨動脈の閉塞により、それぞれ他方からの血流が期待されず、重篤な合併症をひきおこす危険性が大きいことを意味する。図3(C)にその結果を示す。

次いでこれら各指の型より、手掌動脈弓を図4のように4つの型に分類した。すなわちRU型 (完全型) 動脈弓は各指でru型, RU型 (不完全型) は第1指でRu型, 第3指でRu/rU型, 第5指でrU型となり, R型は各指でRu型, U型は各指でrU型を示す。

実際の臨床でレーザードプラー法を応用して有益であった2例を呈示する。

[症例1] 45才女性。術中、クイックキャス® (22ゲージ) による右橈骨動脈のカニューレを3回目に成功した。図5(B)に示す動脈圧波形は、カニューレの2時間後のものであるが、カニューレの中枢側を圧迫することによりほとん

<症例1> 45才 女

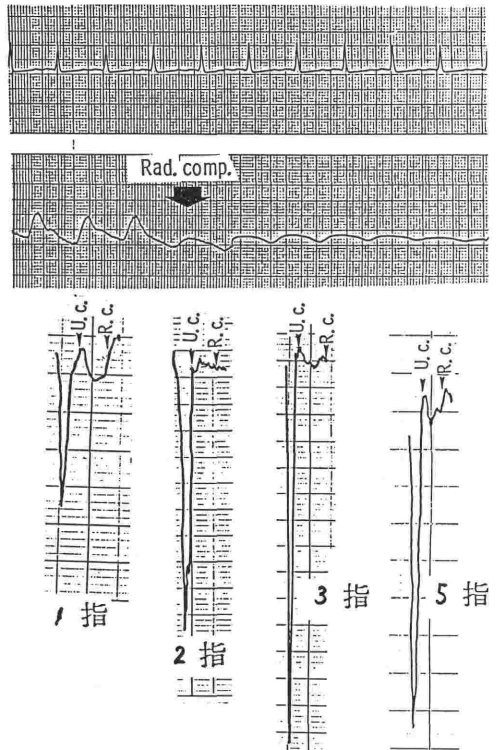


図5 症例1

(A) 心電図を示す。
 (B) RU型 (完全型) であることを確認後、右橈骨動脈にカニューレを挿入した。その動脈圧波形であるが、カニューレの中枢側を圧迫する (Rad comp) と圧波形がなまる現象が現れた。
 (C) その際、各指はrU型ともつばら尺骨動脈から血流を得ているU型に変化していたが、壊死などの虚血性変化は起こらないことが予測された。

ど平坦な波形となった。このことはカニューレ周囲の血栓形成のために尺骨動脈からの側副血流がカテーテル中枢側にまで及んでいないことを疑わせた。図5(C)に示すレーザードプラー法では、カニューレ前到手掌動脈弓は図4の型分類では全指がruとRU型(完全型)であり、橈骨および尺骨両動脈からの十分な血流供給を得ていることを示している。カニューレ後、図5(B)の現象がおきてから再度レーザードプラー法にて検索したところ、全指がrU型である図4のU型に変更し、もっぱら尺骨動脈のみに血流を依存していた。しかし、尺骨動脈からの血流が充分であるため指先の壊死などの合併症は起こらないことが確認され、術後も順調に経過した。

〔症例2〕25才、女性。脊柱の後方固定が予定されて低血圧法を施行するために動脈カニューレが必要とされたが、右手はアレンテスト陽性、左手はアレンテスト偽陽性と橈骨動脈カニューレの施行に不安があった。レーザードプラー法では、図6のごとく右手は橈骨動脈圧迫により全指の著明な血流低下がみられたが、尺骨動脈の圧迫による血流低下はほとんどなくR型を呈していた。一方、左手はU型を示した。つまり、右手は橈骨動脈が閉塞したときには尺骨動脈からの血流の供給がほとんど期待されず、厳しい合併症が予想されたのに対し、左手は橈骨動脈が閉塞しても尺骨動脈からの十分な血流供給が期待できると判断され、左橈骨動脈を使用してのクイックキャス®(22ゲージ)による直接動脈圧のモニタリングが安全に施行できた。

考 察

今回、われわれが使用したレーザードプラー血流計はレーザー光のもつ単色性、可干渉性、指向性、集束性などの優れた特性を利用することにより、プローブから発せられる低出力(2mW)のHe-Neレーザー光が赤血球に散乱される際に受ける周波数変化を利用するもの⁶⁾であり、被験者に苦痛を与えずに、毛細管血流量を非観血的に直接的・連続的に測定する装置である。

本装置を麻酔科領域で応用した報告には星状神経節ブロックへの応用⁷⁾、脊髄麻酔における皮膚血流測定への応用⁸⁾、腕神経叢ブロックの際の皮膚血流測定への使用⁹⁾があり、それぞれその有用

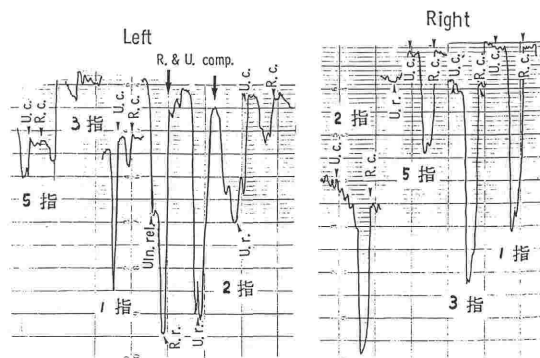


図6 症例2のレーザードプラー血流計による血流変化

性が確認されている。しかし、本研究のごとくアレンテスト変法に応用した報告はみられない。

われわれの今回の結果では、レーザードプラー血流計はアレンテスト変法に応用しても充分有用なことが確認できた。一方前述したごとく Ryanら⁵⁾は手指血流量計を12例のアレンテスト変法に応用し、そのなかの1例がアレンテスト変法では橈骨動脈優位であるのに手指血流量計では尺骨動脈優位であったとし、手指血流量計はアレンテスト変法以上に手掌動脈弓の血流状態を敏感に反映しているとしている。われわれは尺骨動脈の圧迫を解除しても充分には血流が回復しない図1の9%の症例のうち4例がアレンテスト陰性であることを確認し、本装置が手指血流量計に比較してより精度が高いことを明らかにした。

さらに本装置の利点として被験者の意識の有無に拘らず、アレンテスト変法の判定を行えることがある。実際に術後の鎮静薬の投与により臨床症状として上腕部の間欠的疼痛が存在していたにもかかわらず、橈骨動脈のカニューレを抜去した後に第1および第2指の壊死をきたしたため、それらの指を切断せざるをえなかったとする報告¹⁰⁾がある。その症例では、術後の鎮静薬の投与のために意識の低下があり、的確な診断が不可能であった。このような症例を含めて、今後ICU、救急部などにおいても他覚的に判断できるレーザードプラー法はその応用範囲が広いといえよう。

図3, 4に示す手掌の血流支配に関しては, Husum ら¹¹⁾は橈骨動脈優位が55%, 尺骨動脈優位が12%, どちらでもないのが33%であったとしている。Ryan ら⁵⁾も前述したごとく, 13人のうち6人が尺骨動脈優位であり, 3人が橈骨動脈優位, 4人がいずれでもないとしている。彼らは第1指のみの測定結果に基づいて分類しているが, われわれは第1指以外に第2, 3, 5指のそれぞれを測定しているため, 図3にみるように各指の優位性をより正確かつ詳細に検討できた。さらに図3から発展して図4のように手掌動脈弓の型分類ができた。この分類からRU型(不完全型)とR型を有する患者の橈骨動脈へのカニューレーションは, 血栓などが生じた際に尺骨動脈からの側副循環が期待できず, 指尖の壊死などの重篤な合併症の発生が危惧される。このような場合に本装置の使用は, 当該動脈へのカニューレーションを避け尺骨動脈や足背動脈などの動脈を使用すべきことを, 迅速かつ正確に判断できる。

また手掌の血流支配を解剖学的に論じた場合, 動脈弓は1本ではなく橈骨動脈と尺骨動脈の間に3本の吻合が存在する。これらは橈骨動脈由来である深掌動脈弓, 背側動脈弓と, 尺骨動脈由来である浅掌動脈弓である。これらの動脈弓に関しては, Greenhow²⁾がアレンテスト変法時の手掌の過進展はこれらの手掌動脈弓を閉塞し, “偽陰性”となることを示しており, 当テストの判定上への注意を促している。さらにこれらの動脈弓には貫通枝も加わるため, 動脈弓の走行は図4(B)に示したほど単純なものではない。しかし, レーザードプラー法を応用することにより, その総合判定はより確実となる。

図4では, 3本の動脈弓を単純化して考え, RU(完全型), RU(不完全型), R, U型の4型に分類した。この結果を動脈弓に関するColeman ら¹³⁾の研究, すなわち650人を対象としその80%が完全型浅掌動脈弓を有し, 97%が完全型深掌動脈弓を有する, と比較するとわれわれの成績では完全型が60%とやや低い結果となった。この原因はわれわれの方法がアレンテスト変法という機能的な動脈弓を調べているのに対し, Coleman らは剖検の結果に基づくことによる差異と推測される。

症例1で示したカニューレ中極側の圧迫による

動脈圧波形のなまり(図5)は, 手軽にカテーテル周囲の血栓形成を検知する方法として有用である。その症例ではレーザードプラー血流計を利用することによりカニューレーション前のRU型(完全型)から, カニューレーション後のU型への変化を確認でき, このような場合でも手掌の血流状態を詳細に把握, 確認することが可能である。なお, このような症例においては, 中枢側と末梢側の二カ所を圧迫し, 吸引しながらカニューレを抜去する方法¹²⁾が必要であろう。

結 語

レーザードプラー血流計を使用することにより, アレンテスト変法の正確性・信頼性が著しく向上するとともに, より簡便な方法を用いることが可能となった。橈骨動脈優位型の手掌動脈弓を有する患者の動脈カニューレーションに際しては, 当該動脈の穿刺を避けるべきである。

(本論文の要旨は第5回日本臨床麻酔学会総会(長崎)にて発表した。)

文 献

- 1) Allen, E. V.: Thromboangitis obliterans; Methods of diagnosis, of chronic occlusive arterial lesions distal to the wrist with illustrative cases, *Am J Med Sci* 178:237-244, 1929.
- 2) Greenhow, D. E.: Incorrect performance of Allen's test-Ulnar-artery flow erroneously presumed inadequate, *Anesthesiology* 37:356-357, 1972.
- 3) Brodsky, J. B.: A simple method to determine patency of the ulnar artery intraoperatively prior to radial-artery cannulation, *Anesthesiology* 42:626-627, 1975.
- 4) Husum, B., Palm, J.: Before cannulation of the radial artery; Collateral arterial supply evaluated by strain-gauge plethysmography, *Acta Anaesth Scand* 24:412-414, 1980.
- 5) Ryan, J. F., Raines, J., Dalton, B. C., et al.: Arterial dynamics of radial artery cannulation, *Anesthesia and Analgesia* 52:1017-1023, 1973.
- 6) Hellem, S., et al.: Measurement of microvascular blood flow in cancellous bone using laser Doppler flowmetry and ¹³³Xe-clearance, *Int J Oral Surg* 12:165-177, 1983.
- 7) 東理十三雄, 佐野公人, 小林 潤・他: Laser Doppler Flowmeter の使用経験—星状神経節ブロック後の客観的効果判定法への応用—, *日歯麻誌* 13: 256-261, 1985.
- 8) Bengtsson, M.: Changes in skin blood flow and temperature during spinal analgesia evaluated by laser Doppler flowmetry and infrared ther-

- mography, *Acta Anaesthesiol Scand* 28:625-630, 1984.
- 9) Katz, J.: Skin blood flow after axillary brachial plexus block use of Laser Doppler Flowmetry, *Regional Anesthesia* 9:68-69, 1984.
 - 10) Mangano, D. T., Hickey, R. F.: Ischemic injury following uncomplicated radial artery catheterization, *Anesthesia and Analgesia* 58:55-57, 1979.
 - 11) Husum, B., Palm, T.: Arterial dominance in the hand, *Br J Anaesth* 50:913-916, 1978.
 - 12) Bedford, R. F.: Removal of radial artery thrombi following percutaneous cannulation for monitoring, *Anesthesiology* 46:430-432, 1977.
 - 13) Coleman, S. S., Anson, B. J.: Arterial patterns in the hand based upon a study of 650 specimens, *Surg Gynecol Obstet* 113:409-424, 1961.

Evaluation of modified Allen test with Laser doppler flowmeter

Makoto Imai, Kumiko Ito, Yasuhiro Nomura, Sho Yokota,
Noriko Nishida, Yasuyuki Goto and Osamu Kemmotsu

Department of Anesthesiology, Hokkaido University School of ---Medicine, Sapporo--- 060,

The modified Allen test has been used in order to determine collateral flow via the superficial arch from the ulnar artery prior cannulating a radial artery. However, this test is not performed in unconscious patients and not always reliable. Therefore, we tried to reevaluate the modified Allen test in 105 surgical patients (63 males, 42 females; averaged age of 32 years old), utilizing Laser doppler flowmeter (PERIFLUX®).

In the second finger, release of the occluded pressure over the ulnar artery resulted in more than 90 per cent return of flow in 62 hands (59%), 50 to 90 per cent return in 34 hands (32%), and less than 50 per cent return in 9 hands (9%). Following manual compression of either the radial or the ulnar artery, no

decrease of blood flow was measured in the thumb (87%), in the second finger (77%), in the middle finger (80%), and in the fifth finger (80%), respectively.

After the compression of the ulnar artery, severe reduction of blood flow was observed in the 11 thumbs (10%), in 11 second fingers (10%), in 18 middle fingers (17%), and in 21 fifth fingers (20%), respectively.

These results indicate that the Laser doppler flowmeter is a clinically useful aid to determine not only for patency of collateral circulation in palmar arch but also for patency of the radial or the ulnar artery. It is concluded that the modified Allen test can be performed objectively and more accurately with this device.

Key words: modified Allen test, Laser doppler flowmeter
radial artery cannulation