臨床技術

論文受付
2009年8月12日論文受理
2009年11月26日

Code No. 252

下腿 DSA 撮影における体動防止固定具の開発

安田光慶・加藤京一・先山耕史・内山裕史・浅沼眞一
藤村一正・鈴木 洋¹⁾・中澤靖夫²⁾

昭和大学藤が丘病院放射線部

1) 昭和大学藤が丘病院循環器内科

2) 昭和大学統括放射線技術部

緒 言

近年, 日本でも食生活, 生活様式の欧米化, 平均寿命の延長による高齢化などにより, 閉塞性動脈硬化症(Arteriosclerosis Obliterans: ASO)を発症する患者は著明に増加してきている。

ASO の非侵襲的検査法としては, 足関節上腕血圧比(ankle brachial pressure index: ABPI)や足趾上腕血圧比(toe brachial pressure index: TBPI)が多く用いられており, 画像診断としては, computed tomography (CT), magnetic resonance image(MRI), digital subtraction angiography(DSA)を用いた血管撮像があ

る。なかでも DSA は血流をリアルタイムに観察でき, かつ高分解能な画像診断が可能である。

ASO の治療においては, 末梢動脈インターベンション(percutaneous peripheral intervention: PPI)の適応が年々拡大しており, 膝窩動脈以降の前脛骨動脈・後脛骨動脈・腓骨動脈のいずれかが描出されていることが一つの診断基準となっている場合があり, 血行再建術診断のためには DSA での撮影が重要となっている¹⁾。しかし, 膝窩動脈より末梢の DSA 撮影において, 通常のベルト固定などでは造影剤注入時の疼痛や不随意運動による体動によりモーションアーチ

Development of a Prevention of Body Movement Fixation Appliance in Leg Digital Subtraction Angiography

Mitsuyoshi Yasuda, Kyouichi Kato, Koushi Sakiyama, Yushi Uchiyama, Shinichi Asanuma, Kazumasa Fujimura, Hiroshi Suzuki,¹⁾ and Yasuo Nakazawa²⁾

Department of Radiological Technology, Showa University Fujigaoka Hospital

1) Department of Internal Medicine, Showa University Fujigaoka Hospital

2) Department of Radiological Technology, Showa University

Received August 12, 2009; Revision accepted November 26, 2009; Code No. 252

Summary

In the peripheral angiography to evaluate blood flow below the knee levels in patients with arteriosclerosis obliterans, a motion artifact occurs as a result of body movements of a patient in normal fixation. This sometimes makes a correct evaluation difficult. Therefore, we developed a fixed appliance which can restrain body movement without affecting image quality and blood flow in digital subtraction angiography of a leg. The appliance is filled with the styrofoam of 1 mm diameter in a sealed bag, after air is aspirated from inside the bag. The appliance is stiffened to fit the shape of the crus. We measured signal to noise ratio / contrast to noise ratio / a resolution limit by visual evaluation to examine the influence of the image before and after usage of this appliance. In addition, the blood velocity of the dorsalis artery in ultrasound was measured to examine the effect on the blood flow. As a result, the fixed appliance did not affect blood flow in peripheral angiography to evaluate the clinical significance, the usual 5-point evaluate scale was used. The scale was significantly improved ($p < 0.01$) after usage of this appliance. The newly developed fixed appliance for digital subtraction angiography of a leg is useful to avoid motion artifacts in clinical settings.

Key words: a fixed appliance, motion artifact, digital subtraction angiography (DSA),
percutaneous peripheral intervention (PPI)

別刷資料請求先: 〒 227-8501 横浜市青葉区藤が丘 1-30
昭和大学藤が丘病院放射線部 安田光慶 宛

Fig. 1 Each structure of an appliance for leg fixation.

ファクトが発生し、診断・評価が困難な場合がみられる²⁾。そのため下腿 DSA 撮影では、下腿の固定が非常に重要になってくる。そこで下腿 DSA 撮影時に、安価でかつ画像に影響を与えることなく体動を抑制できる固定具を作成し、臨床応用が可能か検討を行った。

1. 方法

1-1 使用機器および材料

血管撮影装置：Advantx ACT (GE 社製)

ワークステーション：Advantage Workstation 4.2 (GE 社製)

超音波装置：TOSHIBA Xario, プローブ PLT704-AT 7.5 MHz (東芝社製)

造影剤：ヨード造影剤 (300 mgI) (第一三共株式会社製)

アクリル板：(200×200×50 mm)×2 枚

生理的食塩水

解像力チャート：S-1 0.1t (ITO 社製) (0.50, 0.63, 0.74, 1.00, 1.25, 1.58, 2.00, 2.50, 3.13, 4.00, 5.00 LP/mm)

固定具：1 mm 球発泡スチロール 500 g, 布団圧縮袋 (500×600 mm), 吸引カテーテル (TERUMO 社製 5 F), 木製板 (ベニヤ板, 400×600 mm, 厚さ 3 mm), マジックテープ 2 本 (幅 400 mm, 長さ 900 mm)

1-2 下腿固定具の作成

① ポリビニール製の布団圧縮袋に、直径 1 mm の球状発泡スチロールを袋の容積の 6 割程度となるよ

うに充填した。本研究では、500×600 mm の布団圧縮袋に 500 g の発泡スチロール球を用いた。

② 吸引カテーテル先端部に既存する吸引孔は約 4 mm あり、1 mm 球発泡スチロールが吸引されてしまうため接着・閉塞し、カテーテル先端付近側面には直径 1 mm 以下の孔を 9 個開け空気のみを吸引できるように加工を行った。加工を行った吸引カテーテルを布団圧縮袋の開口部から挿入し、挿入口部分は 5 mm 厚のスポンジで覆い固定具内部の空気を吸引した際に外気と固定具内部の空気ができる限り通気しないようにした。

③ カテーテル挿入部以外の部分は、既存のチャックにて空気がリークしないように完全に封をした (Fig. 1)。

1-3 下腿固定方法

① 木製の板を両下腿下部に敷いた。

② 両下腿のポジショニングを行った後に、膝関節を含めるように両下腿前面に作成した固定具を圧着させ、全体的に圧迫しながら袋内の空気を吸引するため、吸引カテーテルより空気の吸引を行った。

③ 吸引には血管撮影室に設置してあるサクシジョンシステムを使用した。吸引を始めると固定具内の空気が抜け硬化が始まる。完全に硬化するまで、全体的に圧迫し続ける。なお、吸引をとめるとすぐに固定具は軟化するので、固定を行いたい間は常に吸引する。

④ 両下腿下部の木製板と下腿上部の固定具をマジックテープで 2 か所固定した (Fig. 2, Fig. 3)。

Fig. 2 Direction for use of an appliance for leg fixation.

Fig. 3 Example of the use of an appliance for leg fixation.

1-4 固定具による画質の変化

作成した固定具が、画像に影響を与えるか検討を行うためにファントムを用い、固定具使用有無の透視および撮影を行い画像の収集を行った。撮像に使用したファントムは横 200 mm、縦 200 mm、幅 70 mm のアクリル板 2 枚で、アクリル板の間には signal to noise ratio(SNR)、contrast to noise ratio(CNR)評価用としてヨード造影剤の信号とグリッドに対して 45° の角度になるように視覚評価用の解像力チャートを設置した。なお、信号の造影剤希釈割合に関しては X 線透過式である固定具使用による画質変化を敏感に捉えられるように、ヨード造影剤(300 mgI)0.1 ml を生理的食塩水 0.9 ml で希釈し、直径 4 mm、長さ 60 mm の円筒形容器に封入し信号とした。透視・撮像条件はフルオートで行い撮像領域は 160 mm とし、収集レートは 4 frame/sec とした。その digital angiography (DA) 動画をワークステーションに読み込み、

SNR、CNR、解像力を測定した。

SNR 測定は透視・撮影ともに安定した状態になったところで、Fig. 4 に示すように円筒容器上の a とバックグラウンド b にそれぞれ 80 mm² と 1,000 mm² の楕円形 region of interest(ROI) を置き、 $SNR = Ms / SDb$ (Ms : 関心領域内信号強度の平均信号値, SDb : バックグラウンドの標準偏差)の式に代入し求めた。ただし、a は 3 カ所の平均で求めた。

CNR 測定は、SNR 測定時と同様 Fig. 4 に示すように円筒容器上の a とバックグラウンド b にそれぞれ 80 mm² と 1,000 mm² の楕円形 ROI を置き、 $CNR = Mb - Ms / SDb$ (Ms : 関心領域内信号強度の平均信号値, Mb : バックグラウンドの平均信号値, SDb : バックグラウンドの標準偏差)の式に代入して求めた。ただし、a は 3 カ所の平均で求めた。

なお、SNR・CNR 値は 5 枚の画像より算出した測定値を平均化し用いた(Fig. 4)。

Fig. 4 Structure of the phantom used for picture evaluation.

また解像力については、固定具使用前後で解像力限界に差が出るかをワークステーションのモニタ上で動画再生し、視覚的に観察を行った。観察は4名の血管撮影業務専従・診療放射線技師(経験年数4～13年)と循環器医師1名(経験年数20年)にて行い、観察環境は統一された状況で行った。得られた解像力限界を平均し解像力に差が出るかを検討した。

1-5 固定具の動脈血流に対する影響

固定具による下腿支配動脈への血流影響について検討を行った。対象は20～50歳(平均年齢30.1歳)の男子9名、女子5名の健常者である。被験者を血管撮影時と同様に検査台に仰臥位にし、固定具未使用と使用における足背動脈の最大血流速度を超音波装置にて測定した。測定は固定具を装着した状態から開始し、超音波下でプローブを測定点に固定したまま、固定具を脱着し血流速度の変化を測定した。また足背動脈は非常に浅い位置を走行するため、測定に際してはプローブによる圧迫には十分注意して行った。測定条件は、リニア型7.5 MHzプローブを使用し、ドプラモードで中心周波数7.5 MHz、ドプラ入射角60°以下で測定した^{3,4)}。固定具の下肢支配動脈に対する影響についてt検定を用いた有意差検定を行った。なお本実験に際しては当院の倫理委員会の承認を経て、研究の内容を被験者に説明し同意を得た者に対して行った。

1-6 臨床での検討

体動防止固定具未使用の臨床画像11症例(平均年齢69.8±9.8歳、男8人/女3人)と体動防止固定具使用の臨床画像11症例(平均年齢72.4±8.5歳、男10人/女1人)において、血管撮影業務専従の診療放射線技師4名(経験年数5～12年)と循環器医師1名(経験年数20年)により前脛骨動脈・後脛骨動脈・腓骨動脈のDSA画像に対する評価を行った。評価はポイント制とし、体動により臨床で使用するには非常に支障をきたしたものを1ポイント、体動により臨床で使用するには不十分であったものを2ポイント、体動があるものの血管の観察が可能であったものを3ポイント、体動がなく末梢血管まで観察が可能であったものを4ポイント、体動がなく臨床で使用するのに全く問題がなかったものを5ポイントとし、固定具使用有無で有意な差が出るかWilcoxonの順位検定を行った。

評価を行うDSA画像は、ワークステーション上でループ再生させ、実際の血流のフローも確認できる状態で観察した。また評価画像は、固定具使用前後をランダムに提示し、観察者には固定具使用の有無についての情報は提供していない。

固定方法に関しては前述した方法で行い、また固定具使用に関しては、本院の倫理委員会の承認を得たうえで行った。

Fig. 5 A change of a fluoro/record image using an appliance for leg fixation.

(a) Change of an SNR using an appliance for leg fixation.

(b) Change of a CNR using an appliance for leg fixation.

(c) Change of resolution using an appliance for leg fixation.

a	b
c	

2. 結果

2-1 固定具による画質の変化

SNR については、透視画像において固定具未使用で 25.41 ± 0.11 、固定具使用で 20.36 ± 0.15 であった。撮影においては固定具未使用で 36.30 ± 0.49 、固定具使用で 32.95 ± 0.11 と透視画像同様に若干ではあるが低下していた。

CNR については、透視画像において固定具未使用で 3.14 ± 0.06 、固定具使用で 2.71 ± 0.02 であった。撮影においては固定具使用前で 7.39 ± 0.05 、固定具使用後で 7.50 ± 0.03 と透視に関しては若干低下し、撮影に関しては若干上昇した。t 検定の結果、SNR、CNR の透視・撮影ともに $P < 0.01$ で、固定具使用の有無により測定値に有意な差がみられた。

解像力限界については、診療放射線技師 4 名の視覚的評価を平均した結果、透視時固定具使用前で 2.0 LP/mm、固定具使用後で 2.0 LP/mm と全く差がみられなかった。また、撮影時においては固定具使用前で 2.5 LP/mm、固定具使用後で 2.5 LP/mm と同様に

全く差がみられなかった (Fig. 5)。

2-2 固定具の動脈血流に対する影響

足背動脈を超音波にて測定したところ、固定具未使用の平均血流速度は 52.1 ± 16.9 cm/sec、使用は 52.0 ± 16.1 cm/sec であった。使用有無で最も血流速度が低下した症例では未使用 67.6 cm/sec で使用 63.1 cm/sec で 4.5 cm/sec の血流低下がみられ、最も上昇した症例では未使用 35.1 cm/sec で使用 39.2 cm/sec で 4.1 cm/sec の血流上昇がみられた。また t 検定の結果は $P = 0.80$ で固定具使用有無の血流速度に有意な差はみられなかった (Table 1)。

2-3 臨床での検討

固定具未使用でのスコアリング平均は 3.6 ± 1.0 点で、使用では 4.3 ± 0.6 点となり、Wilcoxon の順位検定による有意差検定の結果、 $P < 0.01$ で固定具使用の DSA 画像が高くなった (Table 2)。Fig. 6 に異なる患者での、本固定具未使用症例と使用症例の代表的な

Table 1 Effect of leg fixation appliance on arterial blood velocity

Subject	fix off (cm/sec)	fix on (cm/sec)
1	65.4	62.7
2	35.1	39.2
3	67.6	63.1
4	55.3	56.7
5	44.1	45.1
6	65.6	68.6
7	42.8	41.4
8	85.9	84.8
9	52.8	53.4
10	29.7	32.5
11	33.6	30.3
12	46.1	47.1
13	35.2	34.6
14	70.7	67.9
Mean±SD	52.1±16.9	52.0±16.1

n.s. P=0.80
Student's t-test

臨床画像を示す。

3. 考 察

DSA における下腿領域の動脈血管撮影時の患者体動は、診断・治療を進める際に非常に大きな障害となる。そこで今回下腿を強固に固定でき、かつ血流や画質に影響を与えない固定具の開発を試みた。

今回開発した固定具の画質に対する影響について、SNR・CNR・解像力限界の検討を行った結果、透視においてはSNR・CNRともに若干ではあるが固定具使用において測定値が低下したが、解像力限界においては差がなかった。これは固定具の素材により、視覚的に差がみられない程度のX線吸収が若干あったため、透視・撮影画像のノイズ量が増加したためと考えられた。また、透視・撮影ともに固定具使用によるSNR低下の割合に対しCNR低下の割合が小さい結果となった。その原因として、本解析をDAにて行ったため固定具のX線吸収によりバックグラウンド部と関心領域部の平均信号値が低下し、両者の信号差分値を用いたCNRはSNRの低下割合ほど差が出なかったと考えられた。固定具使用による血流速度の変化では、多少の上昇、および低下がみられたものの、使用有無での有意な差はみられなかった。これは、固定具と下腿との接点が膝関節から下腿下部まで広範囲に、かつ個々の下腿の形状にフィットしていること、また固定具に一定の強度があるため、固定による力が分散され一部に圧迫の力が集中しないことにより下腿血流に影響を受けなかったためと考えら

Table 2 Evaluation of an appliance for leg fixation in clinical use before and after

	Fix Off	Fix On
Rater	Score (Mean±SD)	
1	3.7±1.0	4.2±0.6
2	3.5±0.9	4.2±0.6
3	3.7±1.0	4.7±0.6
4	3.5±1.1	4.0±0.8
5	3.6±1.0	4.4±0.5
Total	3.6±1.0	4.3±0.6

* P<0.01
Wilcoxon signed-rank test

Fig. 6 Clinical image of an appliance for leg fixation in clinical use before and after.

- (a) A clinical image when not using an appliance for leg fixation in right leg DSA: A peripheral artery cannot be clearly confirmed because of body movement.
- (b) A clinical image when an appliance used for leg fixation in left leg DSA: There is little body movement, and a peripheral artery is distinctly depicted.

れた。

実際の臨床での検討では、固定具を使用した群が有意に前脛骨動脈・後脛骨動脈・腓骨動脈の描出能が高くなった。これは本固定具を使用したことにより、下腿の微小な体動を抑制することができ、モーションアーチファクトを最小に抑えられた結果と考えられた。

また、臨床での固定具の準備時間は、固定具内の空気を吸引し固定対象の形に硬化するまでに約20秒、その後マジックベルトで固定具と下腿を固定する

のに数秒であり、すべての時間は1分以内に完了する。以上により今回作成した固定具は、画質に影響を与えず、また動脈血流の阻害もなく、十分に臨床応用可能であると考えられた。

4. 結 論

画質に大きな影響を与えることなく体動を抑制できる固定具が作成でき、下肢血管撮影の末梢血管まで血流評価をする際に、モーションアーチファクトがほとんどない DSA 画像を得ることができた。また非常に安価で作成することができるうえ、一般的に血管撮影室内に設備されているサクシオンシステムがあれば使用できるため、各施設での下肢血管撮影の画像

向上に役立つものと考ええる。

謝 辞

この論文を執筆するにあたり、昭和大学藤が丘病院 放射線部技師および看護師諸兄に多大なる御協力をいただきました。また超音波での血流測定方法について、熱心に御指導いただきました中央臨床検査部の寺町和敏氏に、この場をお借りして心から感謝申し上げます。

本論文の要旨は日本放射線技術学会第 65 回総会学術大会(2009 年 4 月、横浜)にて発表し、学会から論文投稿の推薦を受けたものである。

参考文献

- 1) 南都伸介, 飯田 修. 重症虚血肢診療の実践. 南江堂, 東京, 2008: 15-21.
- 2) 坂本 肇. 四肢領域における血管撮影と IVR. 日放技学誌 2008; 64(4): 451-462.
- 3) 血管診療技師機構/血管無侵襲診断法研究会, 松尾 汎. 血管無侵襲診断テキスト. 南江堂, 東京, 2007: 108-110, 124-133.
- 4) 松原 馨. 超音波を用いた頸部血管血流計測の基礎. 日本放射線技術学会計測分科会誌 2009; 17: 38-41.

図表の説明

- Fig. 1 下腿固定具の各構造
Fig. 2 下腿固定具の使用方法
Fig. 3 下腿固定具の使用事例
Fig. 4 画質評価時ファントムの構造
Fig. 5 下腿固定具使用による透視/撮影画質の変化
(a)下腿固定具使用による SNR の変化
(b)下腿固定具使用による CNR の変化
(c)下腿固定具使用による解像力限界の変化
Fig. 6 臨床における下腿固定具使用有無での臨床画像
(a)右下腿 DSA における下腿固定具未使用での臨床画像. 体動により末梢血管がはっきりと確認できない.
(b)左下腿 DSA における下腿固定具使用での臨床画像. 体動がほとんどなく末梢動脈まで明瞭に描出されている.

Table 1 下腿固定具の動脈血流速度に対する影響

Table 2 臨床における下腿固定具使用有無での臨床画像評価