

E. 結論

考察と同様に理由により、現在のところ結論はない。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

厚生労働科学研究補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）

分担研究報告書

髄障害防止の観点からみた胸部下行・胸腹部大動脈瘤外科治療ないしは
ステントグラフト治療体系の確立に関する研究

分担研究者 青見茂之

研究要旨

【背景】胸腹部大動脈瘤の術後合併症である対麻痺対策として前脊髄動脈につながる Adamkiewicz 動脈(AK 動脈)とそれに連続する肋間動脈＝大根動脈(RAM)の同定を高性能のMDCTを用いて行なってきた。また、その画像データから術中の肋間動脈を同定するナビゲーションシステムを開発し、正確な肋間動脈の同定と再建に努めて来た。【目的】術中位置測定システムである大動脈瘤ナビゲーションシステムにより RAM の起始部とその走行を正確に同定し、適格な脊髄保護により脊髄虚血の発症を減少させ、成績向上と手術の正確性や安全性の確保を行う。昨年度までは、開胸し剥離した後の位置同定システムであった(局所ナビゲーション)。今年度は、皮膚切開を行なう前に大動脈瘤と大根動脈の位置の確認から切開法や再建法の判断が出来るシステムを開発した(大局ナビゲーション)。【対象および方法】胸腹部大動脈瘤を主とする大動脈再建を行う症例を対象とした。システムは、光学式位置測定装置を用いる。手順は、①術前 MDCT 検査を行い、AK 動脈の同定を行う。②体位固定後に皮膚の上から骨や軟骨の特徴点をレジストレーションする。モニター上の3D画像上に、ポインターで示した位置が示される。③大動脈瘤と RAM の位置関係を確認し、皮膚切開線および開胸部位を決定する。④開胸し肺などの剥離の後、再度肋骨、椎体の特徴点からレジストレーションを行なう。RAM や主要腹部分枝の位置も確認し、再建法を再確認する。人工心肺を装着後に、大動脈を切開し肋間動脈の同定を行う。⑤大根動脈の灌流と再建を行い、順次大動脈再建を行う。Motor evoked potential (MEP)により脊髄虚血の定性的評価を行い、脊髄保護が順調であることを確認する。【結果】2007年9月から2009年11月までに22例の手術に大局および局所ナビゲーションシステムを使用した 1)大局ナビゲーションを用いて皮膚切開、開胸部位の正確な決定が可能になった。2)体表の特徴点は、脂肪や軟骨により誤差が大きくなるため、適切な選択が必要である。3)手術後の死亡はなかったが、対麻痺の発生を2例(10%)に認めた。34℃で RAM が遮断も灌流も出来なかった症例と術後病棟での出血後の遅発性対マヒであった。【結語】1)大動脈瘤ナビゲーションシステムは、胸腹部大動脈瘤手術の脊髄保護や再建手技の確実性を向上する有効な手術支援システムである。2)大局ナビゲーションにより更に正確な手術手技が可能になった。対マヒ対策としては、低体温法の併用による RAM の灌流出来ない場合の対策が必要である。

1 本章の目的

体表の解剖学的特徴点を用いてレジストレーションを行う大局レジストレーションは、解剖学的特徴点ごとに認識の容易さやポインティングツールでの指しやすさ、皮下組織厚による誤差等に差があると考えられる。本章では使用する解剖学的特徴点を変化させて行った臨床での大局レジストレーションの平均誤差の推移と、実際に使用した多数の解剖学的特徴点ごとの誤差について解析を行う。また各点固有の誤差の要因や誤差を増大させる原因について考察を行う。これを通して、各解剖学的特徴点の信頼性を評価することを目的とする。

2 レジストレーション誤差

2.1 レジストレーション方法

大局レジストレーションの詳細について述べる。まず DICOM の画像空間上の点をレジストレーション点として設定する作業が行われる。レジストレーションではその設定された点を実空間上で実際にポインティングツールにより指し示すことで行われる。レジストレーション点としては術者との認識を共有しやすいことから体表から認識することのできる解剖学的特徴点が用いられる。レジストレーション誤差は実空間上においてポインティングツールで指した各点と画像空間上に設定したレジストレーションから変換行列を計算し、これによってポインティングツールで指した各点を画像空間上の点に変換することでそれが目標点からどれだけの誤差があるかを算出する。そのため臨床における誤差は実際の目標点からの誤差ではなく、各レジストレーション点の間の相対的な誤差であることに注意する必要がある。レジストレーション誤差の考え方を Fig2.1 に示す。

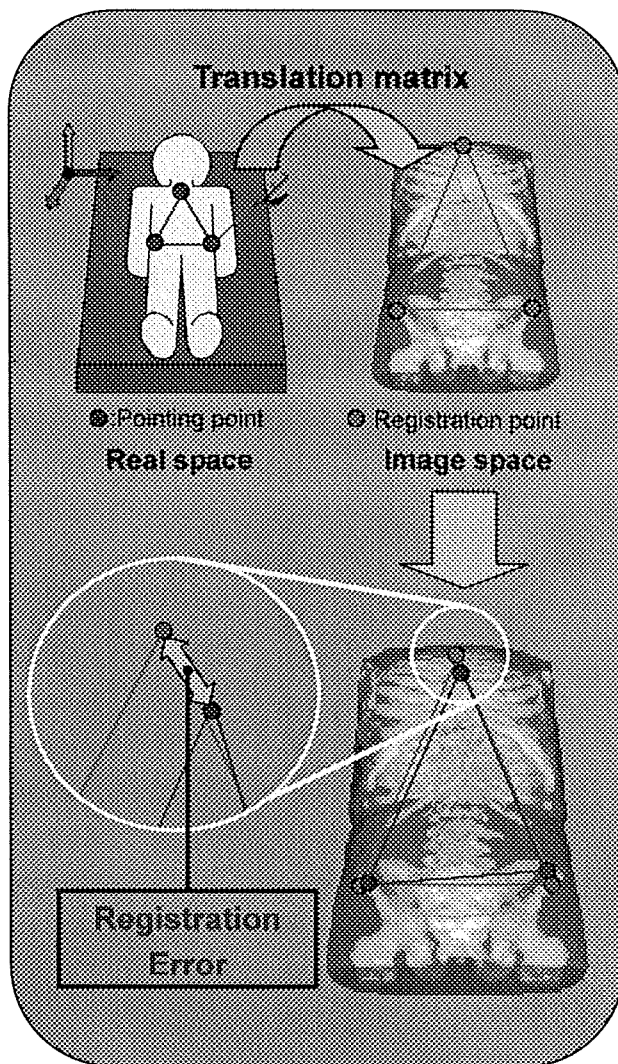


Fig2.1 Registration Error

2.2 大局レジストレーションの許容誤差

大局ナビゲーションの主な使用目的は治療対象周辺の視野と作業範囲を確保するために、開胸前に大動脈の走行を確認し適切な開胸位置を決定することを補助することである。そのため開胸する肋間の位置を同定が可能であることが要求される。開胸位置における肋骨の間隔がおよそ 20～30mm であること、椎体の幅がおよそ 20～25mm であることから、精度目標を 10mm 以内の誤差としている。また将来的な大局ナビゲーションへの局所ナビゲーションの機能統合を行う場合、ナビゲーションの対象となる肋間動脈の間隔がおよそ 20mm であること、瘤を形成すること

で血管が変形し、この間隔が短くなっている可能性があることから、精度目標は 5mm としている。

2.3 大局レジストレーション誤差の推移

2.3.1 大局レジストレーション誤差の推移

現在までの臨床で使用した際の大局レジストレーション結果の平均誤差の推移を Fig2.2 に示し、それぞれに症例において使用した解剖学的特徴点を Tabel2.1 に示す。2007 年 9 月 14 日と 2007 年 10 月 5 日については開胸前と開胸後の 2 つタ

イミングで大局レジストレーションを行った。また MDCT での撮影で得られた DICOM 画像の解像度は得られる情報に影響し精度に関係するため、臨床で大局ナビゲーションに使用した DICOM 画像の解像度を Table2.2 に示す。Pixel spacing は DICOM 画像の 1pixel あたりの大きさを示し、Slice thickness は 1 スライスあたりの厚さを示している

Table2.1 Registration points

Case	Date	Sex	Age	Before-after thoracotomy	Anatomical specific point					
					No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
1	2007/09/11	F	36	After	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa	Left iliac tubercle		
2	2007/9/14	M	60	Before	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa	Left iliac tubercle	Pubis	Edge of left 12th costa
3				After	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa	Left iliac tubercle	Pubis	Edge of left 12th costa
4	2007/10/5	M	72	Before	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa	Left iliac tubercle	Spinous process of 11th costa	Spinous process of 12th costa
5				After	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa	Left iliac tubercle	Spinous process of 11th costa	Spinous process of 12th costa
6	2008/1/15	M	25	Before	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa			
7	2008/1/30	M	48	Before	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa			
8	2008/6/6	M	75	Before	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa			
9	2008/6/17	M	64	Before	Left clavicular head	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa		
10	2008/7/1	M	71	Before	Left clavicular head	Right clavicular head	Manubriosternal joint	Xiphoid process		
11	2008/7/15	M	78	Before	Left clavicular head	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa	Pubis	
12	2008/8/12	F	73	Before	Left clavicular head	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Edge of left 10th costa	Pubis	
13	2008/10/22	M	65	Before	Left clavicular head	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Pubis	Spinous process of 12th costa	
14	2008/11/19	M	39	Before	Left clavicular head	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Pubis	Spinous process of 12th costa	
15	2008/12/3	M	64	Before	Xiphoid process	Manubriosternal joint	Pubis	Edge of left 10th costa	Left iliac tubercle	
16	2009/1/30	M	59	Before	Left clavicular head	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Spinous process of 12th costa	Left anterior inferioriliac spine	
17	2009/4/10	M	70	Before	Jugular notch	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Pubis	Edge of left 11th costa	
18	2009/5/12	M	80	Before	Jugular notch	Manubriosternal joint	Xiphoid process	Pubis	Right anterior inferioriliac spine	Left anterior inferioriliac spine
19	2009/6/3	M	25	Before	Jugular notch	Wired sternum	Xiphoid process	Right anterior inferioriliac spine	Left anterior inferioriliac spine	Pubis
20	2009/6/26	M	40	Before	Jugular notch	Manubriosternal joint	Left anterior inferioriliac spine	Pubis	Xiphoid process	
21	2009/6/30	M	58	Before	Jugular notch	Wired sternum	Wired sternum	Pubis	Right anterior inferioriliac spine	Left anterior inferioriliac spine
22	2009/11/20	M	63	Before	Jugular notch	Manubriosternal joint	Right anterior inferioriliac spine	Left anterior inferioriliac spine	Pubis	

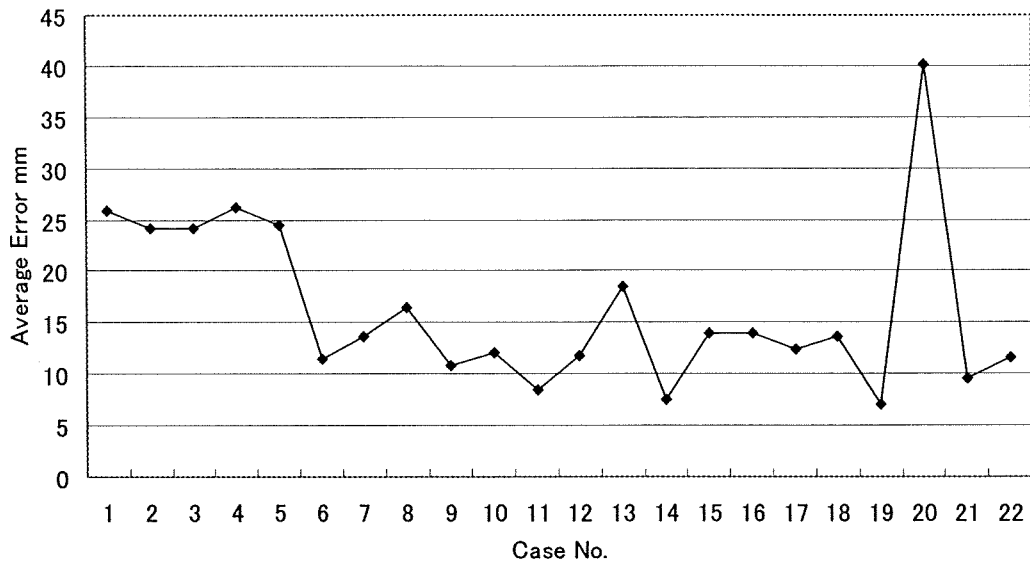


Fig2.2 Transitional of average error

Table2.2 Resolution of DICOM

Date	Pixel spacing mm/pixel	Slice thickness mm/slice
2007/9/10	0.665	1.00
2007/9/14	0.742	1.25
2007/10/5	0.625	1.00
2008/1/15	0.625	1.00
2008/1/30	0.653	1.00
2008/6/6	0.741	1.00
2008/6/17	0.730	1.25
2008/7/1	0.659	1.00
2008/7/15	0.625	1.00
2008/8/12	0.634	1.00
2008/10/22	0.702	1.00
2008/11/19	0.665	1.00
2008/12/3	0.625	1.00
2009/1/30	0.677	1.00
2009/4/10	0.683	1.00
2009/5/12	0.625	1.00
2009/6/3	0.586	1.00
2009/6/26	0.750	1.00
2009/6/30	0.683	1.00
2009/11/20	0.625	1.00

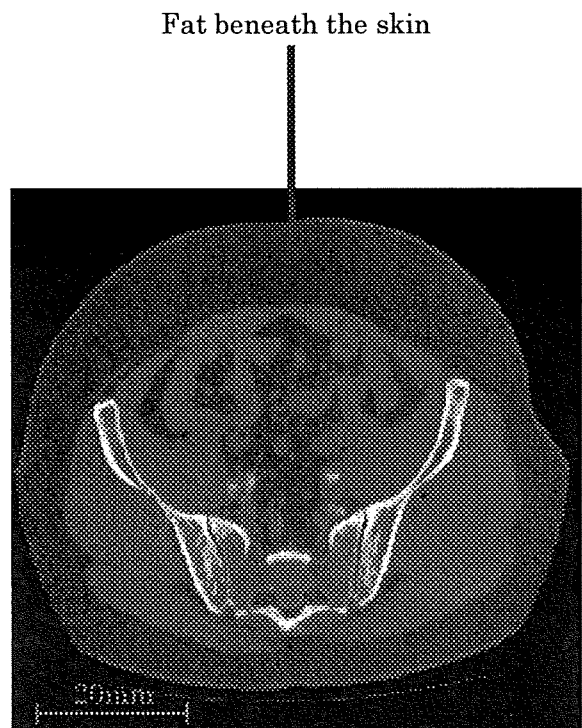


Fig2.3 Abdomen slice (No.20)

3.2 考察

大局レジストレーションの誤差は Fig2.2 で示すように、減少傾向にある。これは Table2.1 に示すレジストレーションに使用する解剖学的特徴点の改善や、術者の習熟が原因であることが考えられる。しかし Fig2.2 の 2009 年 6 月 26 日に行われた Case No.20 における大局レジストレーションの誤差の結果は 40mm 以上と非常に大きいものとなっている。レジストレーション誤差の結果からこの値では十分なナビゲーションを行うことは出来ないと判断される。この患者の腹部 CT 画像を Fig2.3 に示す。この画像から患者の皮下脂肪が非常に多いことが分かる。このことから皮下脂肪厚は解剖学的特徴点を用いたレジストレーションを使用するにあたり誤差に大きな影響を及ぼすと考えられる。このような脂肪厚が非常に大きい患者に対しても、現行のシステムでは通常と同様のレジストレーションを行う。しかし、この結果から大きな誤差要因となる脂肪厚などの要素に関しての補正等を行う必要性が考えられる。これにともない脂肪厚によってレジストレーション誤差がどのような影響を受けるかの検討を行い、条件ごとの誤差の範囲を事前に予測することや、大局ナビゲーションが適用可能かの判断基準を設けることの必要性が示唆された。

4 解剖学的特徴点ごとの誤差

4.1 解剖学的特徴点ごとの誤差

現在までの臨床で大局ナビゲーションを使用する際にそれぞれの解剖学的特徴点について指しやすさや、認識のしやすさに差があることが医師から指摘されている。また解剖学的特徴点の場所により、形状や皮下組織厚が異なることは述べるまでも無い。これらから各解剖学的特徴点にどのような誤差の傾向があるのかを調べることはレジストレーションの精度を向上させる上で必要であると考えられる。使用頻度の高い解剖学的特徴点について Fig2.4 に体表上での位置を示す。各解剖学的特徴点の誤差を Fig2.5 に示す。Fig2.4 にある Wired Sternum は過去に胸骨を開いたことがある患者が、それをワイヤーで閉じていたため、そのワイヤーの結び目をレジストレーション点としたものである。この各解剖学的特徴点の誤差は実空間において計測した各点がレジストレーション後に画像空間上で目標点からどれだけの誤差があるかを示している。そのため実空間上の絶対誤差ではないことを注意する必要がある。

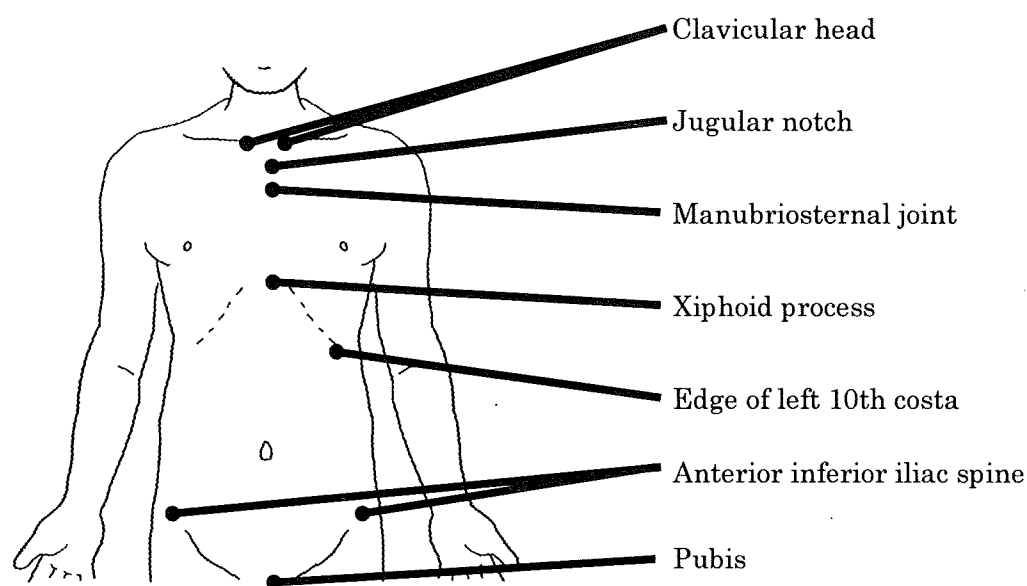


Fig2.4 Anatomic specific points

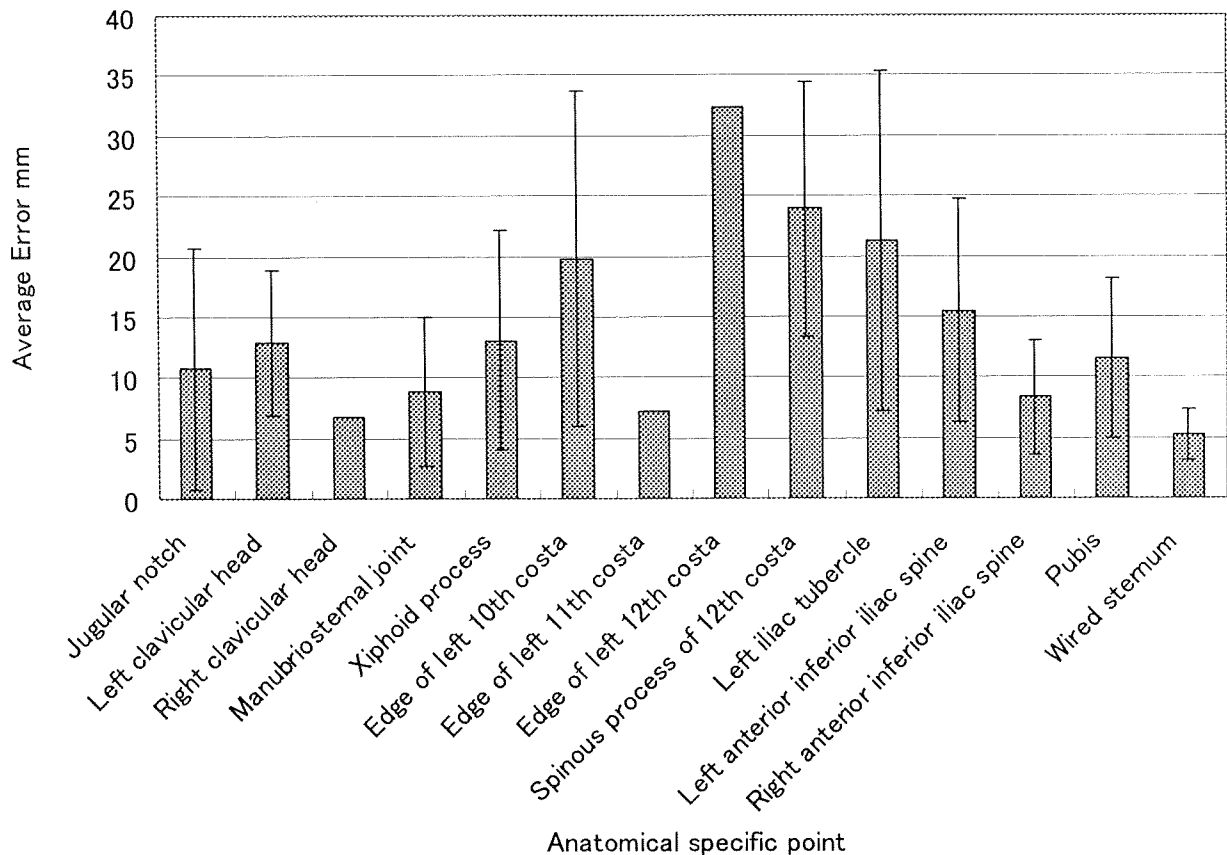


Fig2.5 Error in each anatomical specific point

4.2 考察

Fig2.4 に示した解剖学的特徴点ごとのレジストレーション誤差結果を見ると、解剖学的特徴点によって誤差の値が大きくことなることが分かる。これより解剖学的特徴点ごとに誤差の値と偏差が異なる可能性が示唆された。以下では個々の解剖学的特徴点の誤差要因について考察を行う。

(i) 胸部の点に関する考察

胸部の解剖学的特徴点の内、肋骨の先端や椎骨の棘突起といった解剖学的特徴点は術者の肋骨の数え間違いの可能性を持つためレジストレーション点として使用するのは適さないと考えられる。大局ナビゲーションの使用目的として肋間の同定が挙げられるので、その点からも肋骨先端や椎骨の棘突起はレジストレーション点として使用すべきではない。胸部の解剖学的特徴点に注目すると胸骨角の誤差が他と比較し小さいことが

分かる。これは要因として胸骨角が胸骨という平面上の突起であることが考えられる。左鎖骨頭は胸部の点の中では誤差は平均程度である。右鎖骨頭は誤差が小さいが、使用した回数が1回だけであることから、偶然を排除できない。右鎖骨頭は左鎖骨頭と左右対称の関係にあるため、回数を重ねることで精度は左鎖骨頭に近いものになると予測される。頸切痕に関しては偏差が非常に大きい結果となった。これは使用した回数が少ないことも要因として考えられるが、頸切痕の形状から左右方向は位置が定まりやすいが、頭足や背腹は位置が定まりにくい。

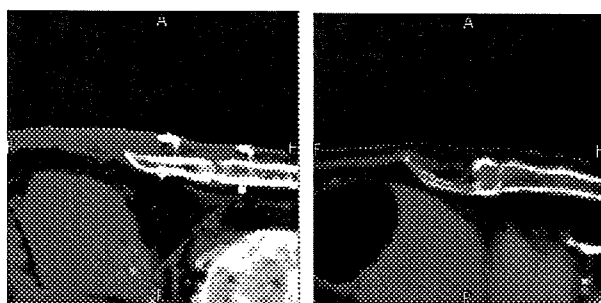
(ii) 腹部の点に関する考察

体に対して左右方向の誤差を低減するためには体の中心線以外の解剖学的特徴点を使用しなければならない。しかし Fig2.5 の結果から体の中心線以外にある解剖学的特徴点の誤差は大きい傾

向にある。右腸骨棘は Fig2.5 において誤差が小さいが、使用した回数が少ないことから偶然誤差が小さく収まっている可能性が否定できない。腸骨棘は腹部において皮下組織厚が小さいため、誤差への皮下組織の影響は小さいが、形状が複雑なため、形状由来の誤差は大きくなると考えられる。腹部で多く利用した点として恥骨があげられる。この点は皮下組織厚が他の点を比べて非常に大きい、比較的良好な結果を得ている。この要因として体の中心線上にあることや、周辺にまぎらわしい骨がないことが考えられる。

(iii)軟骨上の点に関する考察

まず左肋骨弓、剣状突起は軟骨であるため体表上からの認識が難しい点が術者から指摘されている。剣状突起については Fig2.6 に示すように、軟骨が高齢者ほど骨化することが知られており¹⁴⁾、患者の年齢や状態により形状や硬さが変化するため、認識の難度が異なることが予測される。11番肋骨先端は誤差が小さく、12番肋骨先端は誤差が大きかったが、これらの肋骨は浮遊肋であり胸骨で支持されておらず、また軟骨であるため個人差はあるが変形しやすい。そのためレジストレーション点としては不適であると考えられる。一方で、恥骨のレジストレーション点は軟骨上に定めているが、この軟骨の体積は小さくまた軟骨の左右に骨の突起があるため、この点を検索することで位置を特定できることから、他の軟骨の解剖学的特徴点とは異なるものとして考える必要があると考えられる。



Male 20's Male 80's
Fig2.6 Difference of xiphoid process

(iv)人工的な点に関する考察

臨床において再手術患者が胸骨をワイヤーによって閉じているケースが存在したが、この時ワイヤーをレジストレーション点とすることで Fig2.5 のように比較的小さい誤差を得た。このことから骨上などの動かない点に人工的に CT で判別可能なレジストレーション点を設けることは有用であることが考えられる。再手術患者でなければ骨にワイヤーが無いので、X線マーカなどを骨上の皮膚の上から貼り付けることなどが考えられる。その場合、マーカの数を少なくすることがランニングコストの低減につながるため、解剖学的特徴点との組み合わせが望ましい。

5 結果

本章では、臨床における体表の解剖学的特徴点を用いたレジストレーションの誤差の推移と各解剖学的特徴点の誤差について検討を行った。その結果、以下のことが分かった。

- (i)体表の解剖学的特徴点を用いたレジストレーションでは患者の皮下組織厚が誤差に及ぼす影響が大きい。
- (ii)臨床の結果から解剖学的特徴点の場所、形状により誤差の大きさや傾向が異なる。しかし誤差の要因や、絶対誤差については検討を行えない。
- (iii)骨格上の人工物をレジストレーション点とすると誤差を低減できる。
- (iv)軟骨組織はレジストレーション点としての使用に適さない。

6.論文

1) 植松美幸, 中野喜隆, 松川紘大, 宇都宮隆平, 中村亮一, 村垣善浩, 伊関洋, 青見茂之, 梅津光生: 大血管手術の安全性を高める画像支援ナビゲーションシステム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 14 (1) , 39-48, 2009

2) 植松美幸: 体内構造を透かし見て目標血管を特定する～大血管ナビゲーションシステム～, 未来医学, 24, 76-79, 2009

7.学会発表

1) 中野喜隆, 植松美幸, 鈴木孝司, 中村亮一, 青見茂之, 伊関洋

2) 梅津光生: 胸腹部手術ナビゲーションのための重み付き特徴点レジストレーション, 第22回バイオエンジニアリング講演会 (2010.1) (岡山)

8.知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

9. 本研究は、東京女子医科大学倫理委員会の承認を得ており、承諾を得られた患者に行なっている。

厚生労働科学研究補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）
分担研究報告書

髄障害防止の観点からみた胸部下行・胸腹部大動脈瘤外科治療ないしは
ステントグラフト治療体系の確立に関する研究

分担研究者 椎谷 紀彦 浜松医科大学 第一外科 教授

研究要旨

胸部下行・胸腹部大動脈手術における脊髄障害の防止対策として、非侵襲的検査である MRI や CT による Adamkiewicz 動脈の同定実施が有効であるかどうかを検討するため、2000 年 1 月から 2010 年 12 月までに手術を施行された患者の後方視的研究への症例登録、ならびに IRB 通過後の手術症例に関する前方視的研究への登録を行った。

また、CT により同定された栄養動脈の解剖学的形態により、手術中の脊髄虚血発生頻度・機序に差異があるかどうかに関し、前任地での症例を対象に後方視的に検討を行った。この結果、孤立性にヘアピン型の分節動脈由来前根動脈が描出された場合は、脊髄血流がこの動脈に依存している場合があり、側副血流のみでは不十分となる可能性が示唆された。

A. 研究目的

1) 多施設共同研究

胸部下行・胸腹部大動脈手術における脊髄障害の防止対策として、非侵襲的検査である MRI や CT による Adamkiewicz 動脈の同定実施が有効であるかどうかを検討する。

2) CT により同定された栄養動脈の解剖学的形態により、手術中の脊髄虚血発生頻度・機序に差異があるかどうかの検討

脊髄は多くの側副血行路を持つため、単一の動脈には依存しないという考えが優勢である。しかし臨床的には、ステントグラフト治療等、分節動脈の閉塞以外に脊髄血行動態の周術期変化がない術式であっても、一定の確率で脊髄障害は発生しており、特に周術期の血行動態の悪化に伴う遅発性障害が問題となっている。この事実は、側副血行路の中でも、良好な血行動態でしか期待でき

ない経路と、血行動態悪化時にも期待できる経路があることを示唆する。

血行動態悪化時にも期待できる側副血行路としては、前脊髄動脈を介する経路が上げられる。しかし、分節動脈由来の脊髄栄養動脈が前脊髄動脈に合流する形態によっては、この経路は期待しがたいことが古くから報告されている。CT 検査により、この合流形態が低侵襲に確認できるようになったため、本研究では、その形態と術中の脊髄虚血発生頻度・機序に差異があるとの仮説を立て、これを検証した。

B. 研究方法

1) 多施設共同研究

過去 10 年間の胸部下行・胸腹部大動脈手術例に関し、術前 MRI や CT による Adamkiewicz 動

脈の同定実施の有無、同定の可否、手術術式と成績について拾い上げ、共同研究へ登録した。また、昨年度手術症例については、インフォームドコンセントが得られた症例に関し、前向き登録を開始した。

(倫理面への配慮)

登録開始に先立ち、学内倫理委員会の承認を得た。

2) CT により同定された栄養動脈の解剖学的形態により、手術中の脊髄虚血発生頻度・機序に差異があるかどうかの検討

分担研究者の前任地での手術症例を対象に、後方視的に検討を行った。

CT により同定された脊髄栄養動脈の解剖学的形態(ヘアピン型、合流型)に基づき、孤立性のヘアピン型を **critical**、その他のもの(複数の栄養動脈を有するもの、合流型)を **supplemental** に分類し検討した。

検討項目は、電気生理学的モニタリング(MEP、ESCP)による術中脊髄虚血の発生頻度、及びその原因とした。

(倫理面への配慮)

後方視的研究であり、前任地の学内倫理規定に合致した。

C. 研究結果

1) 多施設共同研究

現在、研究代表者の下で症例の蓄積・解析中である。

2) CT により同定された栄養動脈の解剖学的形態により、手術中の脊髄虚血発生頻度・機序に差異があるかどうかの検討

Critical と **supplemental** の間には、術中虚血発生頻度の差は認めなかった。しかし、**supplemental** な場合、術中の分節動脈逆流による脊髄血流の steal を改善することで全例虚血の改善が得られたのに対し、**critical** な場合には半数が改善せず、改善させるためには再建・再灌流を要した。

D. 考察

2) CT により同定された栄養動脈の解剖学的形態により、手術中の脊髄虚血発生頻度・機序に差異があるかどうかの検討

本研究により、術中脊髄虚血のメカニズムの解明が進んだ。また本結果を基に、術前に脊髄虚血の高危険群を選別できる可能性が示された。

E. 結論

2) CT により同定された栄養動脈の解剖学的形態により、手術中の脊髄虚血発生頻度・機序に差異があるかどうかの検討

ヘアピン型の分節動脈由来栄養動脈が孤立性に描出された場合には、側副血流のみでは不十分となる場合があることが示された。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

Shiyya N, Wakasa S, Matsui K, Sugiki T, Shingu Y, Yamakawa T, Matsui Y: Anatomical Pattern of Feeding Artery and Mechanism of Intra-operative Spinal Cord Ischemia. Ann Thorac Surg 88, 768-71, 2009.

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

胸腹部大動脈瘤に対するハイブリッドステントグラフト治療の有用性
－肋間動脈再建に対する再考－

分担研究者 澤 芳樹、倉谷 徹、白川幸俊、島村和男

研究要旨

胸腹部大動脈瘤に対して、腹部分枝再建を行ったハイブリッドステントグラフト治療を行い、術後脊髄麻痺の頻度について検討を行う。その結果から肋骨動脈（Adamkiewicz 動脈を含む）の再建の意義について再考する。

A. 研究目的

胸腹部大動脈瘤治療は、外科的手術が唯一の治療手段である。しかし通常手術において、未だ満足し得る成績を得ていない。特に術後脊髄麻痺は術後の患者 QOL を極めて低下させる合併症であり、高齢者においては、この合併症にて死に至ることも希ではない。種々の補助手段が用いられているが、これも確実な方法が確立されていないのが現状である。ところで胸部下行大動脈瘤に対するステントグラフト治療が最近、優先的に行われている。この手術における術後脊髄麻痺の発生率が極めて低いことに着目して、ステントグラフト治療を胸腹部大動脈瘤に応用することをこの研究の目的とする。さらに肋間動脈の閉塞を術前術後の CT 検査より確認し、肋間動脈再建の意義について考察する。

B. 研究方法

腹部分枝再建が必要である胸腹部大動脈瘤患者に対して、外来にて以下の倫理面に記載したように十分に患者及び家族に説明を行い、手術術式を選択する。術前の肋間動脈の開在と

Adamkiewicz 動脈の部位を高性能 MDCT にて同定する。

手術は当院で以前より行っている Hybrid TEVAR (TEVAR + 腹部主要血管バイパス)を行う。術後検討項目は、Mortality、術後脊髄麻痺（不全麻痺に分けて検討）、術後 CT 検査にて閉塞肋間動脈の数、Adamkiewicz 動脈の閉塞の有無を検討する。

（倫理面への配慮）

全患者に対して、第 3 者の立ち会いの下、当院における Open surgery とステントグラフト治療の成績を述べ、さらにその遠隔成績についても説明を行う。最終的には患者の判断にて手術術式を決定することとする。

C. 研究結果

1997 年からの 86 例の胸腹部大動脈瘤患者に対し Hybrid TEVAR を施行した。2 例に死亡を認め、脊髄合併症としては、Paraplegia は認めず、一時的な Paraparesis を 1 例に認めるのみであった。また高性能 MDCT にて、35 例に Adamkiewicz

動脈の検索を行い、33例において術前に同定できた。その症例すべては TEVAR により Adamkiewicz 動脈の閉塞を術後 CT にて確認できたが、その 33 例とも脊髄合併症は全く認めなかった。

D. 考察

Adamkiewicz 動脈及び肋間動脈を閉塞しても脊髄麻痺を認めていない。今回のすべて症例において、両側 ITA および Iliolumbal artery は開存を認め、術前より十分なる前脊髄動脈への血流を認めていた。このような状態では、Adamkiewicz 動脈を含めた肋間動脈を閉塞してもこの術式では、脊髄麻痺を認めない可能性が高い。これまで種々の研究で脊髄への Collateral flow は非常に豊富であることが確認されており、Adamkiewicz 動脈を含めた肋間動脈再建を重要視するより、術中に脊髄血流が阻害されるのを防止することが肝要ではないかと推察される。

E. 結論

胸腹部大動脈瘤手術に対するハイブリッドステントグラフト治療において、肋間動脈の再建がなくても脊髄麻痺の発症率は極めて低い。すなわち、術中の脊髄への Collateral flow の確保が脊髄障害予防に重要であると推察された。

E. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

Kuratani T., Kato M., Shirakawa Y., Shimamura K., Sawa Y. Long-term results of hybrid endovascular repair for thoracoabdominal aortic aneurysms. Eur J Cardiothorac Surg. 2010 in press.

Kuratani T., Sawa Y. Current strategy of endovascular aortic repair for thoracic aortic

aneurysms. Gen Thorac Cardiovasc Surg. 2010, in press

Shirakawa Y., Kuratani T., Shimamura K., Takeuchi M., Kin K., Matsumiya G., Sawa Y. Efficacy of branched open stent-graft for reoperation after repaired type A dissection. Eur J Cardiothorac Surg. 2010 in press.

Shimamura K., Kuratani T., Shirakawa Y., Takeuchi M., Matsumiya G., Takano H., Sawa Y. Hybrid endovascular aortic arch repair using branched endoprosthesis; The second generation 'branched' open stent graftin technique. J Thorac Cardiovasc Surg. 138(1), 46-52, 2009

倉谷 徹. 腹部及び胸腹部大動脈瘤に対するステントグラフト治療. 人工臓器雑誌 38(1), 58-60, 2009

倉谷 徹. 大動脈瘤に対する血管内治療の最前線 腹部ステントグラフト治療の適応と手技. 標準血管外科 II 136-139, 2009

2. 学会発表

Kuratani T., Shirakawa Y., Shimamura K., Takeuchi M., Kin K., Matsumiya G., Sawa Y. European Association for Cardio-Thoracic Surgery(EACTS) Annual Meeting(24). 2009(Vienna)

Kuratani T., Shimamura K., Shirakawa Y., Takeuchi M., Kin K., Yoshida T., Matsumiya G., Sawa Y. Fifteen years experiences and treatment strategy of endovascular repair of aortic aneurysms. American Heart Association's Scientific Sessions(AHA)(47). 2009(Orlando,Florida).

Kuratani T. Thirteen years experience of hybrid endovascular repair for thoracoabdominal aortic aneurysms. Aortic Symposium 2010(New York)

Kuratani T., Shirakawa Y., Shimamura K., Takeuchi M., Kin K., Matsumiya G., Kato M., Sawa Y. Treatment strategies involving endovascular repair of aortic aneurysms. 第 73 回日本循環器学会総会・学術集会 シンポジウム 2009(大阪)

Kuratani T., Shirakawa Y., Shimamura K., Takeuchi M., Kin K., Matsumiya G., Sawa Y. 腹部・胸部大動脈瘤に対するステント治療の現状と今後 Hybrid endovascular repair for aortic arch aneurysms. 第 73 回日本循環器学会総会・学術集会 Meet the Expert 2009(大阪)

倉谷 徹、白川幸俊、島村和男、竹内麦穂、金 啓和、松宮護郎、加藤雅明、澤 芳樹. 胸腹部大動脈瘤に対するハイブリッドステントグラフト治療. 第 109 回日本外科学会定期学術集会 ビデオワークショップ 2009(福岡)

倉谷 徹、白川幸俊、島村和男、金 啓和、竹内麦穂、吉田卓矢、松宮護郎、澤 芳樹. 胸腹部大動脈瘤に対するハイブリッドステントグラフト治療の有用性の検討. 第 62 回日本胸部外科学会定期学術集会 シンポジウム 2009(横浜)

Kuratani T., Kato M., Shimamura K., Shirakawa Y., Kin K., Sawa Y. Long-term results of endovascular aortic repair for acute type B aortic dissections. 第 74 回日本循環器学会総会・学術集会 ラウンドテーブルディスカッション 2010(京都)

厚生労働科学研究補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）
分担研究報告書

脊髄障害防止の観点からみた胸部下行・胸腹部大動脈瘤外科治療
ないしはステントグラフト治療体系の確立

分担研究者 大北 裕, 北川 敦士, 泉 聡 (神戸大学心臓血管外科)

研究要旨

胸腹部大動脈瘤手術における脊髄保護について検討を行った。胸腹部大動脈瘤手術における脊髄障害の予防のため、術前 MDCT による Adamkiewicz 動脈の同定, Th8 から L1 までの可及的な肋間動脈の再建, 術中 MEP モニタリングによる脊髄虚血の検出, 10mmHg 以下の脳脊髄液ドレナージ(CSFD), 術中大動脈遮断末梢側血圧の高めの維持(平均血圧 70mmHg 以上)およびエダラボンの投与を行っている。胸腹部大動脈瘤手術の手術成績について検討した。また、うさぎの一過性脊髄虚血モデルを用いて、大動脈遮断中、高血圧群、低血圧群、コントロール群に群分けした上で、術中 MEP モニタリングの変化、術後神経学的スコアの評価、脊髄標本における脊髄細胞の変化およびスーパーオキシド、ミエロペロキシダーゼ活性について比較検討した。

A. 研究目的

胸腹部大動脈瘤手術の重篤な合併症の一つとして脊髄虚血による対麻痺、膀胱直腸障害があげられる。さまざまな研究がなされているものの、未だ脊髄虚血を完全に回避することは困難である。我々は、胸腹部大動脈瘤手術における脊髄保護について臨床および基礎研究面から検討を行っている。

B. 研究方法

臨床：1999年10月から2009年8月までに施行した胸腹部大動脈瘤手術は113例であった。脊髄保護の留意点を以下にあげる。

1) 術前 MDCT または MRI による Adamkiewicz 動脈の同定, 2) 術前日に脳脊髄液ドレナージ (CSFD) の留置, 3) 軽度低体温または

超低体温法(瘤が広範囲に及ぶ場合), 4) 大動脈を分節遮断し、遠位側平均大動脈圧を 70mmHg 以上に保つ, 4) 肋間動脈の再建(特に Th8-L1), 5) 術中 MEP モニタリングを行い、脊髄虚血が疑われれば、CSFD を強化し、遠位側平均大動脈圧を 90 mmHg 以上に保つ。6) 体外循環離脱後の周術期収縮期血圧を 120 mmHg 以上に保持, 7) エダラボンの使用。上記を施行した上で、胸腹部大動脈瘤手術の手術成績について検討した。

研究面：うさぎの一過性虚血モデルを用いて、大動脈遮断中、高血圧群(120mmHg)、低血圧群(50mmHg)およびコントロール群(80mmHg)において、脊髄虚血中の全身血圧と MEP モニタリング、対麻痺の発生(神経学的スコアでの評価)、脊髄前角細胞の変化、スーパーオキシドならびにミエロペロキシ

ダーゼ活性について比較検討した。

C. 研究結果

臨床面：手術早期死亡(30日以内死亡)は9例(8.0%)であった。脊髄虚血例は15例(13.3%)に認められ、完全対麻痺7例(6.2%)、不全麻痺8例(7.1%)であった。

完全対麻痺の発生頻度は1999年~2003年：9.4%(3/32)、2004~2006年：4.9%(2/41)、2007年~2009年5.0%(2/40)で推移していた。

研究面：低血圧群、コントロール群に比べて高血圧群の方が、脊髄血流の増加、MEPの回復が早かった。神経学的スコアについても、高血圧群は、他の群に比べて高いスコアが得られた。

また、脊髄虚血48時間後の脊髄について分析すると、高血圧群は、他群に比べてviableな細胞数が多かったのに比べ、低血圧群、コントロール群では、脊髄細胞の壊死性変化が認められた。また、スーパーオキシドおよびミエロペロキシダーゼ活性については、高血圧群では、他群に比べてその産生が抑制されていた。

D. 考察

胸腹部大動脈瘤手術における脊髄保護はMEPモニタリング、CSFDの使用、術前MDCTにより同定したAdamkiewicz動脈およびTh8-L1の肋間動脈の可及的な再建、エダラボンの使用、さらには術中および周術期の血圧を高く維持することで脊髄障害を可能な限り予防できる。研究面からも術中血圧を高く維持することが、対麻痺症状の予防、脊髄標本での脊髄前角細胞のviabilityを高める、あるいはスーパーオキシド、ミエロペロキシダーゼ活性を抑制し、脊髄虚血の防止につながると考えられる。

E. 結論

胸腹部大動脈瘤手術における脊髄障害の予防には、MEPモニタリング、CSFDの使用、術前

MDCTにより同定したAdamkiewicz動脈およびTh8-L1の肋間動脈の可及的な再建、エダラボンの使用、さらには術中および周術期の血圧を高く維持する等、種々の工夫が重要である。

F. 健康危険情報：特記すべきものなし

G. 研究発表

1. 論文発表

Okada K, Tanaka A, Munakata H, Matsumori M, Morimoto Y, Tanaka Y, Maehara T, Okita Y. Extended replacement of the aortic arch aneurysms through left posterolateral thoracotomy. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2009 Feb; 35(2):270-5. Epub 2008 Dec 17.

Izumi S, Okada K, Hasegawa T, Omura A, Munakata H, Matsumori M, Okita Y.

Augmentation of systemic blood pressure during spinal cord ischemia prevents postoperative paraplegia after aortic surgery in a rabbit model *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009, in press.

Pokhrel B, Hasegawa T, Izumi S, Okita Y, Okada K. Excessively high systemic blood pressure in early phase of reperfusion exacerbates early-onset paraplegia in rabbit aortic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009, in press

2. 学会発表

泉聡, 宗像宏, 松森正術, 南一司, 長谷川智巳, 北川敦士, 岡田健次, 大北裕. 胸腹部大動脈手術における腹部分枝灌流の検討. 第39回日本心臓血管外科学会学術総会, 2009年4月22~24日, 富山.

泉聡, 岡田健次, 長谷川智巳, 大北裕. 大動脈遮断中の血圧が脊髄虚血に及ぼす影響に関する実験的検討. 第109回日本外科学会学術総会, 2009年4月2~4日, 福岡.

泉聡, 岡田健次, 長谷川智巳, 大北裕. 大動脈遮断中の全身血圧が術後脊髄障害に及ぼす影響. 第62回日本胸部外科学会定期学術集会. 2009年10月11~14日, 横浜.

Pokhrel B, Hasegawa T, Izumi S, Okada K, Okita Y. Augmentation of systemic blood pressure during spinal cord reperfusion exacerbates postoperative paraplegia after aortic surgery in a rabbit model. 第62回日本胸部外科学会定期学術集会. 10月11~14日, 横浜.

大村篤史, 小原大見, 高橋宏明, 宗像宏, 松森正術, 南一司, 長谷川智巳, 北川敦士, 岡田健次, 大北裕. 大動脈手術既往を有する胸腹部大動脈手術成績の検討. 第37回日本血管外科学会学術総会, 2009年5月13~15日, 名古屋.

大村篤史, 泉聡, 白坂知識, 坂本敏仁, 野村拓生, 野村佳克, 田中亜希子, 宗像宏, 松森正術, 南一司, 長谷川智巳, 北川敦士, 岡田健次, 大北裕. 当院における胸腹部大動脈瘤手術の手術戦略. 第62回日本胸部外科学会定期学術集会. 2009年10月11~14日, 横浜.

大村篤史, 泉聡, 田中亜希子, 宗像宏, 松森正術, 南一司, 岡隆紀, 長谷川智巳, 北川敦士, 岡田健次, 大北裕. 胸腹部大動脈瘤手術における治療戦略. 第62回日本胸部外科学会定期学術集会. 2009年10月11~14日, 横浜.

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

該当なし

厚生労働科学研究補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）
分担研究報告書

深低体温体外循環を用いた胸部下行及び胸腹部大動脈瘤手術の成績

分担研究者 勝間田敬弘 大門雅広（大阪医科大学胸部外科）

研究要旨

胸部下行および胸腹部大動脈瘤の外科治療後の脊髄神経障害を予防する手段としていまだ確立された方法はない。当科では脊髄を含む臓器保護手段として深低体温体外循環を採用している。深低体温体外循環を用いた胸部下行および胸腹部大動脈瘤手術の成績について検討を行った。

A. 研究目的

胸部下行および胸腹部大動脈瘤に対する外科治療において、深低体温体外循環法を用いた手術における、術後成績について検討した。

B. 研究方法

（対象）胸部下行および胸腹部大動脈瘤手術症例連続 115 例（29－82 歳）を対象とした。

（手術）瘤中枢側大動脈からの順行性送血を原則とした。全例で深低体温法（直腸温 18℃）を用いた。中枢側で遮断可能な症例は持続脳灌流下に、遮断困難例では循環停止あるいは逆行性脳灌流下に中枢側吻合を行った。肋間動脈再建は II 型で前脊髄動脈への頭尾側方向からの血流が一方でも望めない場合に行った。また II 型で腸骨動脈領域の操作が必要な症例では分割手術を計画し、次回手術のためテーピングを残すなどの工夫を行った。また末梢側吻合時に beveling や、解離が存在する症例では double barrel での吻合を行い肋間動脈への血流温存を努めた。これらの方法により行われた症例の術後成績について後方視的に検討した。

C. 研究結果

在院死亡は 7 例であり、残り 107 例中、新規脳梗塞を 4 例、一過性対麻痺を 4 例に認めた。恒久的対麻痺は認めなかった。

D. 考察

深低体温下胸腹部大動脈手術の成績は概ね良好であった。深低体温法は臓器保護の観点から平易で安全な方法であるが、呼吸障害については注意が必要である。深低体温法と末梢側吻合の工夫により、肋間動脈再建未施行の症例でも恒久的対麻痺は認めなかった。深低体温下での胸部下行および胸腹部大動脈手術は対麻痺の観点から安全な方法であると示唆された。

E. 結論

深低体温法は有効な臓器保護法であるが、特に呼吸器合併症には注意を要する。

F. 健康危険情報：特記すべきものなし

G. 研究発表

1. 論文発表 該当なし

2. 学会発表

大門雅広，勝間田敬弘：深低体温体外循環を用いた胸腹部大動脈瘤手術の成績
第 62 回日本胸部外科学会学術総会，2009 年 10 月 11 日～14 日，横浜

大門雅広，勝間田敬弘：深低体温体外循環を用いた胸腹部大動脈瘤手術の成績
第 71 回日本臨床外科学会学術総会，2009 年 11 月 19 日～21 日，京都

勝間田敬弘，大門雅広：超低体温を用いた胸腹部大動脈瘤切除術
第 40 回日本心臓血管外科学会総会，2010 年 2 月 15 日～17 日，神戸

日本心臓血管外科学会

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得：該当なし
2. 実用新案登録：該当なし

脊髄障害防止の観点からみた胸部下行・胸腹部大動脈瘤外科治療
ないしはステントグラフト治療体系の確立

分担研究者 末田泰二郎，渡橋和政（広島大学第一外科）

研究要旨

胸腹部大動脈瘤手術における脊髄の虚血傷害を回避する方策の検討を臨床・研究面で行った。臨床面では術前CTで Adamkiewicz 動脈を同定し，術中にはMEPモニターに加え，分節遮断した大動脈内への冷却血液注入によるMEP電位の急速な変化からその分節内に再建すべき分枝動脈があるか否かを判定している。この方法の妥当性を研究面で検討するとともに，エダラボンやトレハロースの脊髄保護効果について動物モデルを用いて検討した。

A. 研究目的

胸腹部大動脈瘤に対する外科治療において虚血による脊髄傷害は未だ完全な解決を得ていない問題である。臨床の場合および基礎研究を通じてこの問題に対して検討を行っている。

B. 研究方法

臨床においては，術前にCTで Adamkiewicz 動脈（『A動脈』）を同定。手術前日に脊髄腔ドレーン及びMEPモニター用電極カテーテルを挿入留置。当日はMEPモニター(neurogenic)下に手術を行う。大動脈を分節遮断して冷却血液を注入し，MEP変化を観察する。有意な変化がある場合には分節内のA動脈を再建。変化がなければ側枝は処理した。

研究においては，ウサギモデル，イヌモデルを用いて分節遮断した大動脈内にエダラボン，トレハロースなどを注入あるいは冷却パッドを用い

て局所冷却を行い，脊髄傷害保護作用を研究している。

（倫理面への配慮）

C. 研究結果

基礎研究では上記の有効性が明らかになっている。また，臨床面では術前CTで同定されたいわゆるA動脈のうち真に再建が必要であったものはわずかに2割程度であった。その術中判断に、大動脈内冷却血液注入負荷MEPが有用との結果を得ている。

D. 考察

術前CTによる脊髄灌流動脈の存在診断，部位診断は有用である。しかし，そのほとんどは有意な分枝動脈ではない。再建しても術後CTでそれらが閉塞しているにも関わらず明らかな脊髄傷