

200825063A

厚生労働科学研究費補助金
循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業

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

JASPAR

平成20年度 総括・分担研究報告書

平成21年3月

主任研究者 荻野均
(国立循環器病センター)

『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』

JASPAR

課題番号 : H20-循環器等(生習)-一般-017

主任研究者

荻野 均 国立循環器病センター心臓血管外科医長

分担研究者

松居 喜郎	北海道大学循環器外科教授
椎谷 紀彦	現浜松医科大学心臓血管外科教授 前北海道大学循環器外科講師 平成20年4月1日から平成21年1月4日
久保田 卓	北海道大学循環器外科講師 平成21年1月5日から平成21年3月31日
樋上 哲哉	札幌医科大学第二外科教授
川原田 修義	札幌医科大学第二外科講師
岡林 均	岩手医科大学心臓血管外科教授
田林 暁一	東北大学心臓血管外科教授
青見 茂之	東京女子医科大学心臓血管外科准教授
澤 芳樹	大阪大学心臓血管外科教授
倉谷 徹	大阪大学心臓血管外科准教授
大北 裕	神戸大学心臓血管外科教授
勝間田 敬弘	大阪医科大学胸部外科教授
末田 泰二郎	広島大学第一外科教授
青柳 成明	久留米大学外科学教授

明石 英俊	久留米大学外科学准教授
國吉 幸男	琉球大学機能制御外科教授
吉岡 邦浩	岩手医科大学放射線科准教授
兵頭 秀樹	札幌医科大学放射線科講師
大西 佳彦	国立循環器病センター麻酔科部長
山田 直明	国立循環器病センター放射線科医長
松田 均	国立循環器病センター心臓血管外科医長
湊谷 謙司	国立循環器病センター心臓血管外科医長
佐々木 啓明	国立循環器病センター心臓血管外科医長
田中 裕史	国立循環器病センター心臓血管外科医師

目 次

I. 総括研究報告書.....1

荻野 均

II. 分担研究報告

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.....5

松居 喜郎、久保田 卓

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.....7

樋上 哲哉、川原田 修義

胸部下行大動脈瘤及び胸腹部大動脈瘤手術における Adamkiewicz 動脈同定
の試み.....9

岡林 均

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.....10

田林 暁一

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に関する研究.....12

青見 茂之

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—……………19

澤 芳樹、倉谷 徹 他

全身血圧が脊髄虚血に及ぼす影響についての実験的研究……………21

大北 裕、北川 敦士、泉 聡

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立……………23

勝間田 敬弘、大門 雅広

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立……………25

末田 泰二郎、渡橋 和政

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立……………27

青柳 成明、明石 英俊

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立……………30

國吉 邦浩

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立……………32

荻野 均、田中 裕史 他

III. 資料 (JASPAR)	35
IV. 資料 (Satellite 使用の手引き)	65

I. 総括研究報告書

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

総括研究報告書

主任研究者 荻野 均

国立循環器病センター心臓血管外科 医長

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

主任研究者 荻野 均 国立循環器病センター 心臓血管外科 医長

研究要旨：胸部下行・胸腹部大動脈手術において、術前の MRI や CT による Adamkiewicz 動脈の同定実施が胸部下行・胸腹部大動脈手術およびステントグラフト治療中の脊髄障害発生に与える影響（発生防止のための有効性）について多施設で検討する。同時に、脊髄障害発生に与える要因を検討することにより、脊髄障害発生率の軽減、治療成績の向上を目的とする。さらに、Adamkiewicz 動脈の同定に関して、部位、同定可能割合について多施設共同コホート研究（前向きおよび後ろ向き）にて調査し、同定技術の向上につなげる。

A. 研究目的

近年、大動脈瘤外科治療全体の成績向上が得られているが、胸腹部大動脈瘤の外科治療は手術侵襲も大きく成績は決して良好とは言えない。特に、術中の脊髄障害（対麻痺）は重要な問題で、広範囲胸腹部大動脈手術においては 10～20%の頻度で発生し、やや低いとされるステントグラフト治療においても 5～10%に発生する。したがって従来より、① 軽度低体温下の部分体外循環や左心バイパスによる下半身灌流法あるいは超低体温下の循環停止法、② MRI・CT を用いた Adamkiewicz 動脈の同定、③ 運動誘発電位（motor evoked potential、MEP）などによる術中脊髄虚血のモニタリング、④ 肋間・腰動脈の温存・再建、⑤ 脳脊髄液ドレナージ、⑥ 薬物療法、など様々な脊髄障害防止対策が試みられてきた。しかしながら、明らかなエビデンスに乏しく、一施設での症例数にも限界があり、各施設で独自の防止対策を行っているのが現状で、未だ標準化された脊髄障害防止対策の確立に至っていない。そのような中で、脊髄の栄養血管として主に第 8

胸椎から第 1 腰椎の範囲の大動脈から分岐し肋間（腰）動脈を経て脊髄前面に至る Adamkiewicz 動脈が存在し、脊髄障害の防止のためにはその血行再建の必要性が指摘されている。しかしながら、術中限られた時間内で、手がかりもなく Adamkiewicz 動脈へとつながる責任肋間（腰）動脈を正確に同定し、かつその血行再建を成功させることは容易なことではない。したがって、術前に Adamkiewicz 動脈を MRI・CT により脊髄への血流パターンを把握することは、確実な Adamkiewicz 動脈血行再建を含め手術全体の戦略を立てる上で極めて有用で考える。本研究の目的は、胸部下行・胸腹部大動脈手術において、術前の MRI・CT による Adamkiewicz 動脈の同定実施が脊髄障害発生に与える影響（発生防止のための有効性）について検討する。さらに、胸部下行・胸腹部大動脈手術およびステントグラフト治療における脊髄障害発生に与える要因を検討することにより、脊髄障害発生率の軽減、治療成績の向上を目的とする。

B. 研究方法

① 胸部下行・胸腹部大動脈手術もしくはステントグラフト治療を施行された(る)患者において、MRI・CTによるAdamkiewicz動脈の同定実施が脊髄障害発生に与える影響を多施設共同コホート研究(前向きおよび後ろ向き)にて検討する。

② 胸部下行・胸腹部大動脈手術もしくはステントグラフト治療を施行される患者において、脊髄障害および院内死亡の発生に影響を与える要因について多施設共同コホート研究(前向き)にて検討する。③ Adamkiewicz動脈の同定に関して、部位、同定可能割合について多施設共同コホート研究(前向きおよび後ろ向き)にて調査する。

1) 研究対象：① 胸部下行、胸腹部大動脈手術もしくはステントグラフト治療を施行された患者、② 2000年1月から2010年12月までに手術を施行された患者、③ 倫理委員会承認後に登録を行う患者に対しては、同意能力があり、自ら同意文書に署名できる患者

2) 研究デザイン：多施設共同コホート研究(12施設)

3) 目標症例数：① 下行大動脈瘤 1100～1650例、② 胸腹部大動脈瘤 550～1100例

4) 評価項目：

主要評価項目：退院までの脊髄障害発生割合

副次評価項目：

- (1) Adamkiewicz動脈の同定方法
- (2) Adamkiewicz動脈の部位
- (3) Adamkiewicz動脈の同定可能割合
- (4) 手術による院内死亡割合
- (5) 合併症の発生割合
- (6) 下記項目の評価

① 手術：術式(置換範囲)、補助手段、循環停止時間、心筋虚血時間、体外循環時間、手術時間、麻酔時間

② 出血：術後出血、輸血量(MAP、FFP)、血小板輸血

③ 回復：挿管時間、ICU滞在日数、術後入院期間

④ 遠隔期調査における死亡割合、など

(倫理面への配慮)

本研究はヒトを対象とした臨床研究であり、ヘルシンキ宣言に基づく倫理原則、臨床研究に関する倫理指針、疫学研究に関する倫理指針、ならびに本邦における法的規制要件を遵守し実施する。患者を登録する前に、研究実施計画書について、各施設に倫理委員会または審査委員会から文章による承認を得る。患者への同意・説明文書には、試験データは研究者により厳重に保護される旨説明される。前向き研究においては、研究担当医師は、登録までに本研究についての内容を患者本人に説明し、参加について文書による同意を患者本人より得るものとする。同時に、当該研究の目的を含む研究の実施についての情報を公開し、研究対象者となる者が研究対象者となることを拒否できるように配慮する。また、実施計画書は、患者本人の希望により、いつでも閲覧できることとする。本研究で得られた個人情報は画像情報も含め厳重に保護し、個人を特定できる情報は開示しないなど取り扱いには十分留意する。本研究は研究対象者の自発的同意と協力により行い、その段階でも同意を撤回拒否でき、拒否による不利益はないものとする。

C. 研究結果

2008年4～6月：本研究プロトコルの原案(多施設共同コホート研究)作成。

2008年7月～10月：国立循環器病センター臨床研究センター内のデータマネージメント部門、統計解析部門の協力の下、デザイン、調査項目(症例カードの作成)、統計解析方法などの詳細を含んだ最終プロトコルを作成。

※ 同時に、参加12施設にアンケート調査(FAX)を実施し、各施設のAdamkiewicz動脈同定検査の開始時期、方法、症例数などの実態調査を施行。その結果を調査項目や統計処理方法(統計解析書の作成)に反映。

2008年10月12日：第一回班会議を開催し、本研究のプロトコルについて共同研究施設の同意を取得。

2008年11月10日：国立循環器病センター高度先駆委員会に提出し承認を取得。2008年11月26日：国立循環器病センター倫理委員会に提出し研究開始の承認を取得。

これと平行して、調査項目を最終決定し症例カードを完成させ、電子媒体（メール形式）によるデータ収集システムの構築（国立循環器病センター臨床研究センター内）を作成。後ろ向き観察研究のデータ入力と共に、前向き観察研究の症例登録を既に開始している。

D. 考察

症例データ入力開始されたばかりで研究目的1)～3)の研究成成果が得られていないが、国立循環器病センター内臨床研究センターの支援のもと、極めて有用な電子媒体（メール形式）によるデータ収集システムの構築ができた。このシステムを用いれば、他の多くの施設から2000例を超えるデータが迅速かつ正確に得られ、支障なく多施設共同コホート研究が進められ、その後のデータ解析が順調に施行できるものと考えられる。

E. 結論

多施設共同コホート研究に即した電子媒体（メール形式）によるデータ収集システムの構築ができ、Adamkiewicz 動脈同定実施の意義や術中脊髄障害の原因となる要因解析など優れた研究結果が得られると考える。

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。

II. 分担研究報告書

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

松居喜郎、久保田卓（北海道大学病院循環器外科）

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を検討し、さらに、胸部下行・胸腹部大動脈手術およびステントグラフト治療における脊髄障害発生に与える要因を検討することにより、脊髄障害発生率の軽減、治療成績の向上をはかる。

A. 研究目的

胸部下行・胸腹部大動脈手術もしくはステントグラフト治療を施行される患者において、CTもしくはMRIによるAdamkiewicz動脈同定の実施の有無別に脊髄障害の発生割合を推定し、Adamkiewicz動脈同定の脊髄障害発生に対する影響を多施設共同コホート研究(前向きおよび後ろ向き)にて検討する。

B. 研究方法

2000年1月から当院倫理委員会承認までの期間で胸部下行、胸腹部大動脈手術もしくはステントグラフト治療を施行された患者を対象とし後ろ向きに下記項目を検討する。

- ・退院までの脊髄障害発生割合
- ・Adamkiewicz動脈の同定方法（MR/CT）
- ・Adamkiewicz動脈の部位
- ・Adamkiewicz動脈の同定可能割合
- ・手術による院内死亡割合
- ・合併症の発生割合
- ・手術関連項目

・遠隔期調査における死亡割合

（倫理面への配慮）

当院倫理委員会から文書による承認を得る。その後、後ろ向き研究登録患者に対しては、本研究内容及び研究対象となることを拒否できる旨を当科ホームページ及び当科外来ポスターにて公開する。

C. 研究結果

当院における後ろ向き研究該当患者数は2000年1月より2008年12月までに各年それぞれ、13、16、18、17、26、29、39、21、24人、合計203人であった。現在、本研究に関して当院倫理委員会に申請し、審議中であり、また登録に向けて倫理的配慮に関する等の準備を行っている。

D. 考察

最終登録までに、当院での患者登録数は昨年度までの該当患者数から見て、登録可能症例見込み数の1割近くとなる見込みである。ま

た、当院では以前より術前 CT にて Adamkiewicz 動脈の同定を試みており、本研究へ少なからずとも貢献できると考えられる。

E. 結論

本研究への登録患者選定と倫理委員会への申請や登録準備を行っているところである。

F. 健康危険情報

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

特になし

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

樋上哲哉 札幌医科大学第二外科教授

川原田修義 札幌医科大学第二外科講師

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を検討する。さらに、胸部下行・胸腹部大動脈手術およびステントグラフト治療における脊髄障害および院内死亡の発生に影響を与える要因を検討することにより、脊髄障害発生率の軽減、治療成績の向上が期待できる。

A. 研究目的

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を検討する

B. 研究方法

胸部下行、胸腹部大動脈瘤に対する手術を必要とする患者のうち、胸部下行、胸腹部大動脈手術もしくはステントグラフト治療を施行された患者と前向き登録を行う患者に対しては、同意能力があり、自ら同意文書に署名できる患者に対して術前の Adamkiewicz 動脈の同定をチェックしていく。

（倫理面への配慮）

患者を登録する前に、研究実施計画書について、各施設に倫理委員会または審査委員会から文章による承認を得る。

C. 研究結果

現在、2000年1月から2010年12月までに手術を施行された患者を対象として調査している段階である。

D. 考察

昨年度では、調査中であり、考察できる段階ではない。

E. 結論

今後更なるデータ蓄積を目的に調査を行なう必要がある。

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

当科で行なった研究データでのみの発表

第36回日本血管外科学会

第38回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

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

研究要旨

胸部下行大動脈瘤及び胸腹部大動脈瘤の手術に際してもっとも問題となる点は Adamkiewicz 動脈再建時に生じうる対麻痺である。種々の補助手段が考案されているが、いまだ確実なものはないのが現状である。今回術前後で Adamkiewicz 動脈の状態を把握し得た症例について検討を加え、Adamkiewicz 動脈を術前同定する意義について検討した。

A. 研究目的

胸部下行大動脈瘤及び胸腹部大動脈瘤の手術前後で Adamkiewicz 動脈の同定を試み、同定された症例と同定されなかった症例での対麻痺発生について検討した。

B. 研究方法

術前 MR にて Adamkiewicz 動脈の同定を試み、同定できた症例と同定できなかった症例での対麻痺の発生率と術後の Adamkiewicz 動脈の開存状態を検討した。

C. 研究結果

1997 年から 2008 年 10 月までに施行した胸部下行及び胸腹部大動脈瘤の手術は 90 例であった。手術死亡は 3 例であり、3 例を除く 87 例を対象とした。真性瘤 46 例、解離症例 34 例、仮性瘤 7 例であり、胸部下行大動脈瘤 40 例、胸腹部大動脈瘤 47 例であった。Adamkiewicz 動脈は 58 例で CT や MR により同定が可能であった。Adamkiewicz 動脈が瘤に隣接する場合は意図的に温存し、再建する場合には隣接する肋間動脈も再建した。脊髄障害は 7 例（8.0%）に認めた。胸腹部大動脈瘤では同定群、非同定群間では発生頻度に有意差は認めなかったが、胸部下行大動脈瘤では同定群に発生は認めず

非同定群 17 例中 3 例に発生を認め有意に非同定群の発生率が高かった。

D. 考察

胸腹部大動脈瘤の手術における対麻痺発生率は Adamkiewicz 動脈の同定の有無にかかわらず同率であった。理由として手術時のみでなく手術後の循環動態の影響等、外科的侵襲の大きさが関与していることが考えられる。

E. 結論

胸部下行大動脈瘤の手術においては Adamkiewicz 動脈を同定することにより温存することが可能であり、対麻痺の発生も認めなかった。

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

1. 中島隆之：胸部下行及び胸腹部大動脈流手術における術前 Adamkiewicz 動脈同定の意義

第 36 回日本血管学会 東京 2008 年

H. 知的財産権の出願・登録状況 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

東北大学病院心臓血管外科 田林 暁一 教授

研究要旨

本研究では、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を検討することを目的とする。さらに、胸部下行・胸腹部大動脈手術およびステントグラフト治療における脊髄障害発生に影響する要因を検討することにより、脊髄障害発生率の軽減、治療成績の向上が期待できる。

A. 研究目的

本研究の目的は、胸部下行・胸腹部大動脈手術において、術前のMRIやCTによるAdamkiewicz動脈の同定実施が脊髄障害発生に与える影響（発生防止のための有効性）について検討する。さらに、胸部下行・胸腹部大動脈手術およびステントグラフト治療における脊髄障害発生に与える要因を検討することにより、脊髄障害発生率の軽減、治療成績の向上を目的とする。

B. 研究方法

多施設共同コホート研究である。

（倫理面への配慮）

本研究は患者を対象とした多施設共同の臨床研究であり、ヘルシンキ宣言及び臨床研究に関する倫理指針、特に疫学研究的指針を遵守して実施する。Adamkiewicz動脈の同定の実施の利益、不利益を十分説明して同意を得る。治療に関しては現行の治療の枠を越えるものではないため、患者側の不利益は生じないと考えるが、検査が増加する可能性があり、

検査の内容、意義を説明し同意を得る。本研究を開始する前に、申請者の施設の倫理委員会において十分検討審査を受けた後、研究を開始する。

C. 研究結果

本研究を行うための準備として本学の倫理委員会に実施計画書を提出し、平成21年2月16日条件付きで承認の結果を受けた。3月23日訂正を加えた実施計画書を提出した。

D. 考察

現在データ入力準備を行っており、データ入力が終了し、解析が終了次第、考察を加える予定である。

E. 結論

結論に関してもデータ解析が終了次第、報告する予定である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

本年度は本研究に関する論文発表は行わなかった。

2. 学会発表

本年度は本研究に関する学会発表は行わなかった。

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

特になし

2. 実用新案登録

特になし

3. その他

特になし

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は、深刻な問題である。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)の同定が難しく、脊髄保護法は、不確実な状態であった。近年、高性能の MDCT や MRI による AK 動脈の描出が可能となり、術前にその位置を確認して灌流や再建が可能となってきた。しかしながら、限られた時間の中で、術前の画像からそれらを即座に把握し、手術を行うには熟練を要する上に、判断が難しい場合もある。【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。【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手術野の骨や大動脈瘤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、大動脈遮断部位を決定する。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。④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】2006年7月から30例の手術に使用した1)ナビゲーションを用いて、重要な肋間動脈の位置を臨床上十分な精度で特定できた。2)手術中に患者の体内で見えない血管の走行もCT画像から血管・骨などのCGモデルを作成して呈示することで容易に把握できた。3)手術後の対麻痺の発生率は、1例(3%)であった。【結語】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。

A. 研究目的

独自に開発・臨床を重ねてきた脳腫瘍外科領域の手術ナビゲーションシステム[5]をベースに、胸部部大動脈瘤手術における手術リスクを低減し、安全性向上を図るためのナビゲーションシステムを開発する[6].

B. 研究方法

1.1 ナビゲーションシステムの構成

本システムは次の4つの要素, ①ポインタ, ②光学式3次元位置計測器, ③ナビゲーション用PC, ④3次元サーフェスモデル表示用PCで構成される。これらの配置を図2に示す。①-④の数字は図中の数字に対応する。ポインタは光学式3次元位置計測器(Polaris®, Northern Digital Inc.)で手術室の実空間での任意の点を計測する際に用いる。光学式3次元位置計測器はポインタが指し示した先端の位置, 姿勢を計測すると, ナビゲーション用PCに結果を送る。手術室の実空間とコンピュータ画像空間の患者モデルレジストレーションが行われると患者の画像空間で仮想ポインタが表示され, リアルタイムのポインタ位置が確認できる。CT画像は3方向(Axial, Sagittal, Coronal)の断面図で表され, 患部周辺の詳細な情報を確認するために用いる。また血管は細く長いので, 断面によっては点となって表示されることがある。この場合, 血管の走行を立体的にイメージすることが難しいため, 3次元サーフェスモデルも同時に表示させる。ナビゲーション用PCと3次元サーフェスモデル表示用PCはLANケーブルで接続されており, ナビゲーション用PCからUDP通信で送られてくるポインタの位置情報を3次元サーフェスモデル上でリアルタイムに更新, 再描画する。図3は手術者が血管ファントムの肋間動脈の開口部の位置をポインタで指した際に3次元サーフェスモデルで確認する。

図2. 手室におけるナビゲーションシステムの配置(別刷参照)

Fig.2 Layout of a navigation system in an operation room

図3. ファントムを用いた肋間動脈探索の様子(別刷参照)

Fig.3 Searching an important intercostal artery (phantom)

1.2 画像の種類と使用用途

患者体内の解剖学的情報の表示には, 術前に診断用に異なるシーケンスで撮影した2種類のCTの画像を用いる。1つは大動脈の走行を確認するために撮る画像(以下, 大局画像), もう1つはAdamkiewicz動脈の位置を特定するために撮る画像(以下, 局所画像)である。図4に大局画像, 図5に局所画像の例を示す。大局画像は広範囲を撮影しているが, スライス厚が1.5mmであり, 肋間動脈の走行も確認できない。局所画像はスライス厚が0.5mmであり, Adamkiewicz動脈の描出が可能で, 大局につながる肋間動脈を同定するのに十分なスペックである。大局画像は開胸前に肋骨のレベルと血管走行との位置関係を確認し, 皮膚の切開位置を決定するために用いる。局所画像は開胸後, 癒着部位等の剥離を行い, 大動脈を露出させた後, 実際に大動脈を遮断する前に重要な肋間動脈の位置と走行を把握するために用いる。

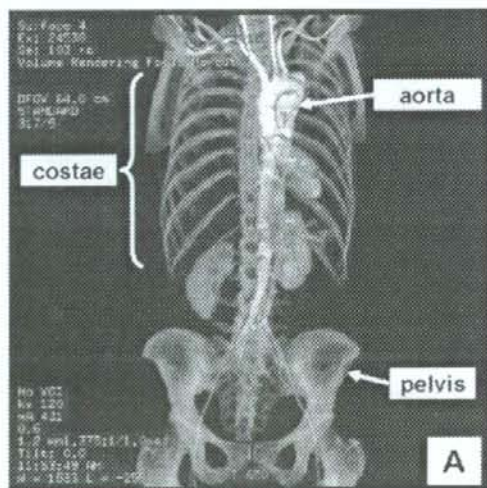


図4. 大局画像

Fig.4 3D Image (Global)

1.3 セグメンテーション

手術前の準備として, CT画像のボリュームデータから関心領域を部位ごとに区別できるようにするため, セグメンテーションを行う。一連の作業はバイオメディカルイメージングソフトウェア(Analyze™, Mayo Clinic)を使用して行う。画像中のCT値に応じて, 大動脈, 肋間動脈,