

ハイブリッド手術室と院内ネットワーク型CT画像解析システムを活用したハイブリッド心臓大血管手術

聖隷浜松病院循環器センター

代表者 小出 昌秋

國井 佳文
前田 拓也
岡本 卓也
岡 俊明
平田 哲夫

渡邊 一正
神崎 智仁
古田 晃久
岡田 尚之
磯村 大地

【要約】

心臓大血管ハイブリッド手術は従来の開腹や開胸を伴う手術と異なり、カテーテルを用いて血管の中から病気を治療する方法で、身体に対する負担が非常に少なく、従来手術を躊躇していたような超高齢者でも術後の QOL(生活の質)を落とすことなく治療を受けることができる。現在行うことのできる心臓大血管ハイブリッド手術は、腹部や胸部大動脈瘤に対するステントグラフト(骨格付き人工血管)手術、大動脈弁狭窄症に対する経カテーテル的大動脈弁置換術である。当院では、2013年6月よりハイブリッド手術室(高性能レントゲン装置を設置した手術室)を導入するとともに院内ネットワーク型 CT 画像解析システムを構築し、新しい低侵襲な治療を積極的に行っている。今回、その臨床的効果、医療経済的効果について検討した。腹部および胸部大動脈瘤に対するステントグラフト手術は従来の手術と比較して、手術時間は短く、出血量も少なく、術後入院期間も短かった。大動脈弁狭窄症に対する経カテーテル的大動脈弁置換術も、従来の手術と比較して、手術時間は短く、入院期間も短い傾向にあり、超高齢者のハイリスク患者を対象にしているにも関わらず、結果は良好であった。いずれのハイブリッド手術も、高齢者に対する低侵襲手術として、非常に有用であると考えられた。医療経済的にみても、入院期間が短くなることで、治療にかかる医療費を削減することができると考えられ、特に胸部大動脈瘤に対するステントグラフト手術は、従来の手術と比較して格段に少ない医療費で有効な治療を行うことができた。これらのハイブリッド手術を行うために、ハイブリッド手術室と院内ネットワーク型 CT 画像解析システムは必要不可欠であり、高度な治療を行う上で非常に有用であった。今後、高齢社会が進行するに従って、これらのハイブリッド手術の需要は更に高まってゆくと考えられ、より低侵襲で医療経済的にも有用な治療への工夫が必要になってゆくと考えられた。

ハイブリッド手術室と院内ネットワーク型 CT 画像解析システムを活用したハイブリッド心臓大血管手術

団体名：聖隷浜松病院 循環器センター

代表氏名：小出昌秋

【はじめに】

我が国はかつてない高齢社会に突入しているが、高齢者の増加や平均寿命の延びに伴い、高齢になってから新たな病気を発症する患者が増加している。特に高齢者特有の心臓病や大動脈瘤を発症する患者は増加の一途をたどっている。従来から行われている心臓病や大動脈瘤に対する手術は、開胸や開腹により臓器に到達し、人工心肺を使用して心停止をしたり、低体温下に全身の循環停止を伴ったりするなど、身体にとって大きな侵襲となるものである。医療技術の進歩によりそういった手術も以前と比較して安全にできるようになってきているが、体力の低下している高齢者では術後に ADL（日常生活能力）の低下を来したり、合併症を発症して術後経過が長引いたりすることが少なくない。そのようなケースでは、救命はできても QOL（生活の質）を大きく損ねる結果になってしまうことで、手術そのものの意義が薄れることとなる。従来はそれらの大手術に耐えられないと判断された高齢者では、必要な手術をあきらめざるを得ない場合も珍しくなかった。そういった背景のもと開発され進歩してきた治療が、ハイブリッド手術である。ハイブリッド手術とは、身体に大きくメスを入れるかわりに、小さな切開から血管の中にカテーテルを挿入して血管や心臓の内側から治療を行う方法で、外科手術の手技とカテーテルの手技を組み合わせで行う低侵襲な手術である。

開胸や開腹を伴わないハイブリッド手術は、身体に対する負担は非常に軽く、特に高齢者にとっては大きな福音であり、従来手術をあきらめていたような超高齢者でも有効な治療を受けられる可能性がある。その一方で、カテーテルによる手術は、病変を直接眼で確認しながら行うことができず、レントゲン透視画像と造影剤を頼りに行うものであり、術前の画像、特に CT 画像の詳細な検討と計測が非常に重要であり、手術中に使用するレントゲン装置や周辺機器にも高い精度が求められる。

当院では、2013年6月からハイブリッド手術室を稼働し、積極的にハイブリッド手術を行っている。ハイブリッド手術室とは、カテーテルによる手術を可能とするために、高性能なレントゲン装置を装備した手術室であり、通常の手術ができる機能とカテーテル治療ができる機能の両方を兼ね備えている手術室である。カテーテルによる手術を行っている最中に急遽開胸や開腹手術が必要となっても、その場で通常の手術に切り替えることができる。心臓手術の場合は緊急的に人工心肺を装着することもあるが、それにも対応してい

る。当院ではハイブリッド手術室稼働に合わせて、院内ネットワーク型 CT 画像解析システムを導入し、術前 CT 画像へのアクセスと解析を手軽に行うことができる態勢を整えた。これにより、ハイブリッド手術の術前画像解析の精度やアクセスの良さが格段に向上し、よりスムーズに正確なハイブリッド手術を行うことができるようになった。

医療経済的な観点からみると、高齢者に対して高度医療を行うことは、高齢社会の進行に伴う医療費増大の大きな原因となっている。高齢になればなるほど大きな手術を行った後の回復には時間を要し、入院期間が長くなったり、リハビリ病院での継続医療が必要になったりして、医療経済的に大きな問題である。その中で、高度な治療をハイブリッド手術により低侵襲で行うことにより、術後の回復を早め入院期間を短くすることができる可能性があり、高齢社会における医療費削減効果も期待される。

今回、ハイブリッド手術室および院内ネットワーク型 CT 画像解析システム導入後の、ハイブリッド手術の実績とその臨床的効果および医療経済的効果について報告する。

【ハイブリッド手術室】

通常の手術室より面積を大きめに確保して、高性能レントゲン装置と高精細大画面モニターを装備している（図1）。ハイブリッド手術は外科医、内科医、臨床工学技士など多職種からなるチームで行う（図2）。

【院内ネットワーク型 CT 画像解析システム】

画像サーバーに保存されたCT画像は、院内の電子カルテ用PCでどこでも閲覧することができ、すべてのPCに画像解析ソフトがインストールされており、術前の詳細な画像解析を手軽に行うことができる。外来での検査でも診察中に画像解析をして、そのまま患者説明にも活用することができる。（図3）

【ハイブリッド心臓大血管手術】

腹部大動脈瘤：腹部大動脈が瘤状に膨らむ疾患で、放置すれば破裂により突然死する危険性がある。従来は開腹手術で人工血管置換術を行ってきたが、高齢者に多い病気であり、手術の負担による術後ADL低下を来したり、合併症で苦しんだりすることがある。これに対して、骨格（ステント）付き人工血管（グラフト）をたたんだ状態でカテーテルに装着して血管内に挿入して、体内でステントを拡げて人工血管を組み立てて留置するステントグラフト手術がハイブリッド手術である。切開するのは鼠径部のみであり、身体に対する負担は非常に少なくなる。その一方で、直接眼で見えて縫合する開腹手術と比較して耐久性などまだ不確定な面もあり、基本的に75歳以上程度の高齢者が対象となる²⁾。

胸部大動脈瘤：腹部大動脈瘤と同様に、放置すれば破裂により突然死の危険性が高い。従来は開胸手術で人工血管置換術を行ってきたが、胸部大動脈瘤手術は、人工心肺を使用し、多くの場合心停止や循環停止の必要があり、身体に対する影響が非常に大きい。特に

広範囲の手術が必要な場合や、高齢者では、術後の体力低下が著しくなり、術前のADLまで回復できないケースも珍しくない。開胸手術は出血等の合併症発生も少なくなく、特に緊急手術では手術死亡のリスクが高くなる。これに対して、腹部大動脈瘤と同様に、ステントグラフト手術がハイブリッド手術として登場し、開胸や人工心肺使用、心停止を行わず、最小限の負担で行うことができるようになった。切開するのはやはり鼠径部のみであり、開胸手術と比較して格段に術後の回復は早い。腹部大動脈瘤と異なり、治療する部位がより心臓に近くなり、頸動脈や脊髄動脈など重要な血管への影響を考慮する必要がある、より高度な治療である³⁾。

大動脈弁狭窄症：心臓弁膜症の一つであり加齢に伴う動脈硬化性病変が主体である。進行すれば、心不全や突然死の危険性が高い重篤な疾患である。従来は開胸手術で、人工心肺を使用し心停止下に心臓を切開して自己大動脈弁を切除し人工弁を縫着するという手術を行ってきた。しかし、元来80歳前後以上の超高齢者に多い疾患であり、年齢を理由に手術を断念するケースが珍しくなかった。そこで開発されたハイブリッド手術が、経カテーテル的大動脈弁置換術⁴⁾であり、海外では現在まで10万人以上の患者がこの治療を受けており、良好な成績を上げている。日本国内で正式に保険診療として認められたのは2013年10月からで、心疾患治療の豊富な経験を有するチーム医療が要求される高度な治療であり、国内で実施認可を受けた施設はまだ36施設(2014年10月1日現在)である。当院は、国内で24番目、静岡県内では初めて実施認可を受けて、2014年4月から治療を開始している。切開するのは鼠径部あるいは左前胸部であり、人工心肺や心停止を行わず、小さくたたんだ状態のステントにカバーされた人工弁をカテーテルに装着して心臓まで挿入し、バルーンで拡張することで留置する方法である。手術が順調に終了すれば術後の回復は非常に早い。その一方で、出血などの合併症が起こりうるため、術前の画像診断や手術手技には高い技術が要求され、合併症発生時には迅速に対応できるチーム力が必要である。

【心臓大血管ハイブリッド手術の臨床的効果および医療経済的効果の検討】

1. 対象と方法

ハイブリッド手術室がオープンした2013年6月から2014年9月までの15ヶ月間に行ったハイブリッド手術68例(腹部大動脈瘤に対するステントグラフト手術31例、胸部大動脈瘤(急性大動脈解離を含む)に対するステントグラフト手術29例、大動脈弁狭窄症に対する経カテーテル的大動脈弁置換術7例)を対象とし、同時期に従来の手術方法で行った、腹部大動脈瘤に対する開腹手術30例、胸部大動脈瘤手術(急性大動脈解離を含む)30例、80歳以上の大動脈弁狭窄症に対する人工弁置換術(手術時期は過去のものを含む)19例をそれぞれの比較対照群として設定し比較検討を行った。

2. 結果

a. 臨床的効果

従来の開胸や開腹を伴う手術とハイブリッド手術において、手術時間、術中出血量、術

後入院期間を比較することで、ハイブリッド手術の臨床的効果を検討した。

腹部大動脈瘤：手術時年齢はステントグラフト群 78.5 ± 8.8 歳に対して開腹手術群 67.5 ± 8.0 歳とステントグラフト群の方が有意に高齢であった。手術時間、術中出血量、術後入院期間はそれぞれステントグラフト群 vs 開腹群で、 138 ± 66 vs 321 ± 90 分 ($p < 0.001$)、 123 ± 163 vs 1291 ± 858 ml ($p < 0.001$)、 10.9 ± 2.3 vs 8.4 ± 2.4 日 ($p < 0.001$)といずれもステントグラフト群の方が有意に低値であった。手術死亡はいずれの群でもみられなかった。(図4)

胸部大動脈瘤 (急性大動脈解離を含む)：手術時年齢はステントグラフト群 70.8 ± 9.8 歳に対して開胸手術群 65.5 ± 14.3 歳とステントグラフト群の方が有意に高齢であった。手術時間、術中出血量、術後入院期間はそれぞれステントグラフト群 vs 開腹群で、 133 ± 63 vs 479 ± 102 分 ($p < 0.001$)、 111 ± 102 vs 2741 ± 1303 ml ($p < 0.001$)、 13.6 ± 8.4 vs 27.6 ± 17.3 日 ($p < 0.001$)といずれもステントグラフト群の方が有意に低値であった。手術死亡はステントグラフト群で1例、開胸手術群で1例であった。(図5)

大動脈弁狭窄症：手術時年齢はカテーテル手術群 85.1 ± 1.8 歳、開胸手術群 82.5 ± 1.7 歳であった。手術時間、術中出血量、術後入院期間はそれぞれカテーテル手術群 vs 開胸手術群で、 131 ± 52 vs 309 ± 49 分 ($p < 0.001$)、 484 ± 861 vs 875 ± 474 ml (N.S.)、 14.6 ± 6.1 vs 25.5 ± 17.7 日 (N.S.)と手術時間はカテーテル手術群で有意に短く、入院期間も有意ではないが短い傾向にあった。術中出血量には有意差はなかった。(図6)

b. 医療経済的効果

ハイブリッド手術と従来の手術における、請求保険点数からみた医療経済的効果について検討した。

手術の入院分保険請求点数は、腹部大動脈瘤に対する開腹手術 vs ステントグラフト手術では、 $172,350 \pm 15,930$ vs $309,703 \pm 55,538$ 点 ($P < 0.001$)とステントグラフト手術の方が有意に保険請求点数が高かった。胸部大動脈瘤に対する開胸手術 vs ステントグラフト手術では、 $695,195 \pm 131,853$ vs $456,056 \pm 111,962$ 点 ($P < 0.001$)とステントグラフト手術の方が有意に保険請求点数が低く抑えられていた。大動脈弁狭窄症に対する、開胸による人工弁置換術 vs 経カテーテル的大動脈弁置換術では、 $566,203 \pm 129,518$ vs $643,767$ vs $71,600$ 点 (N.S.)と保険請求点数に有意差はみられなかった。(図7)

【考察】

従来の手術と比較してステントグラフト手術は、腹部大動脈瘤、胸部大動脈瘤いずれにおいても、手術時年齢が高いにも関わらず、手術時間は有意に短く、出血量は有意に少なく、術後入院日数も有意に短かった。高齢者にとって従来大きな負担となっていた大動脈瘤手術が、ハイブリッド手術によりより軽い負担でできることが明らかになった。特に、従来の胸部大動脈瘤に対する開胸による人工血管置換術は、侵襲が非常に大きい手術であり、それにかわる低侵襲なハイブリッド手術の臨床的効果がより大きいと考えられた。従

来の胸部大動脈瘤手術の術後は、高齢者にとって体力低下や合併症が ADL を大きく損ねてしまうことが少なくなく、生命の危機を回避することができても、その代償として QOL を落としてしまうことを容認せざるを得ない場合もあった。一方、今回の検討における胸部大動脈瘤ステントグラフト手術では、1 例の死亡例があるものの、ほとんどの患者が術後 2 週間前後で退院しており、術後 QOL を損ねることなく迅速にもとの生活に復帰することができていた。

大動脈瘤に対するステントグラフト手術は、当院では腹部大動脈瘤ステントグラフト手術は 2009 年 12 月から導入、胸部大動脈瘤ステントグラフト手術は 2011 年 1 月から導入しており、ハイブリッド手術室が完成するまでは、通常の手術室にポータブルレントゲン透視装置を持ち込んで行っていた。しかし、ポータブルレントゲン装置では解像度や管路の耐性に限界があり、リスクの高い高度な手技は行いにくい状態であった。しかし、ハイブリッド手術室導入後は、設置型レントゲン装置と大画面高精細モニターにより、ステントグラフト手術の精度が格段に向上し、数 mm 単位の精度で治療を行うことが可能となった。これにより、手術の適応が広がり、高齢のリスクの高い患者にも積極的に手術を勧めることができるようになった。ハイブリッド手術室は緊急時に開腹あるいは開胸手術に移行できる機能を有しており、手術の安全性を確保する上でも重要な機能を有している。

大動脈瘤に対するステントグラフト手術においては、数ある既製品であるステントグラフトの中から患者に最適なタイプやサイズを選択する必要があるため、そのために術前の画像、特に CT 画像の詳細な観察や計測が非常に重要である。そこで、当院で導入した院内ネットワーク型 CT 画像解析システムが威力を発揮する。外来受診した患者の検査画像を外来診察室で計測し、その場で患者に手術の方法を説明することができ、院内のどの PC でも解析ソフトが使用できることから、患者の術前情報の共有にも有用である。

大動脈弁狭窄症に対する経カテーテル的大動脈弁置換術は、海外では既に 10 万人以上の患者がその恩恵を受けている一般的な治療となりつつあるが、日本国内では 2013 年 10 月に保険診療として正式にスタートしてわずか 1 年の新しい治療である。国内での施行施設の認定にあたっては、ハイブリッド手術室を完備していることが絶対条件となっている。それ以外にも、心臓血管外科、循環器内科を中心とした「ハートチーム」が有効に機能していることが条件としてあげられており、施設として重症心疾患に対する治療経験が豊富であり、緊急事態にも遅滞なく対処できるコメディカルも含めた総合力が要求されている。当院は、国内で 24 番目、県内では初めて認定を受けて、2014 年 4 月より実際の治療を開始した。現段階で、この治療の対象になる患者は、従来の開胸手術がハイリスクあるいは不可能と判断された症例に限られており、当院でも従来は開胸手術が躊躇されるような超高齢のハイリスク患者を対象に行っている。今回の検討では、まだ症例数は少ないものの、従来の開胸による大動脈弁置換術と比較して、手術時間は有意に短く、術後退院までの日数も有意に短いことが分かった。開胸を伴わず、人工心肺や心停止を行わないことから、従来の手術対象患者よりハイリスクであるにも関わらず、術後の経過ははるかに良好であ

ることが実感された。経カテーテル的大動脈弁置換術を行うにあたっては、術前の画像、特に心臓の CT 画像の詳細な解析が非常に重要となる。選択する人工弁のサイズやカテーテルを挿入するルート決定などに CT 画像解析システムは必須である。当院で導入した院内ネットワーク型 CT 画像解析システムは、ステントグラフトの場合と同様に、院内どこにおいても画像の解析や、カンファレンスでの検討、患者説明などに詳細な画像を利用することができ、新しいカテーテル治療における補助手段として、非常に有用である。ハイブリッド手術室も、高性能レントゲン装置により実際の治療において非常に精度の高い手技を行うことができ、また術中の出血性合併症のケースにおいて外科的手術へのスムーズな移行も可能であり、高度な治療を行う上で非常に有用であることがわかった。

これらの主に高齢者を対象とした低侵襲なハイブリッド手術は、今回の検討の中で、医療経済的にもメリットがある可能性が示唆された。特に、胸部大動脈瘤において開胸手術との比較において、ステントグラフト手術は保険請求点数が有意に低く抑えられていることがわかった。ステントグラフト自体の価格は高価であるが、費用の大きい人工心肺を使用せず入院期間が短いことから、全体の医療費が少なく済むと考えられた。一方、腹部大動脈瘤においては、開腹手術でも入院期間はさほど長いわけではなく、ステントグラフト手術による経済的メリットは見いだせなかった。ステントグラフト手術の入院日数を更に短くする努力をするなどにより医療費を抑えることが今後の課題であると考えられた。大動脈弁狭窄症に対する開胸手術とハイブリッド手術の比較では、請求保険点数はほぼ同等であり、よりリスクの高い患者を対象とし、診療材料費が非常に高価であるにも関わらず、入院期間が短いことが医療経済的にメリットになっていると考えられた。

【結語】

今回、当院にハイブリッド手術室と院内ネットワーク型 CT 画像解析システムが導入されたからのハイブリッド手術について検討した結果、従来の手術と比較して非常に低侵襲な治療であり、臨床的に大きなメリットがあることが明らかになった。医療経済的にも医療費削減の効果が期待できると考えられた。今後、高齢化が更に進行するなかで、より多くの患者に低侵襲なハイブリッド手術を行ってゆくことが求められるものと考えられた。

【参考文献】

- 1) 湯浅毅：治療の最前線 ハイブリッド手術室. 現代医学 61 ; 239-244 (2013)
- 2) 坂野比呂志、古森公浩：【進歩する大動脈ステントグラフト】 腹部大動脈瘤に対するステントグラフト治療. 心臓 44 ; 997-1002 (2012)
- 3) 緑川博文、菅野恵、高野隆志、渡邊晃佑、植野恭平：【進歩する大動脈ステントグラフト】 胸部大動脈瘤に対するステントグラフト治療. 心臓 44 ; 991-996 (2012)
- 4) 鳥飼慶、倉谷徹、澤芳樹：【心臓弁膜症診療のニューパラダイム】 TAVI(経カテーテル的大動脈弁植込み術). 成人病と生活習慣病 44 ; 830-835 (2014)



図1. ハイブリッド手術室



図2. ハイブリッド手術（経カテーテル的大動脈弁置換術）

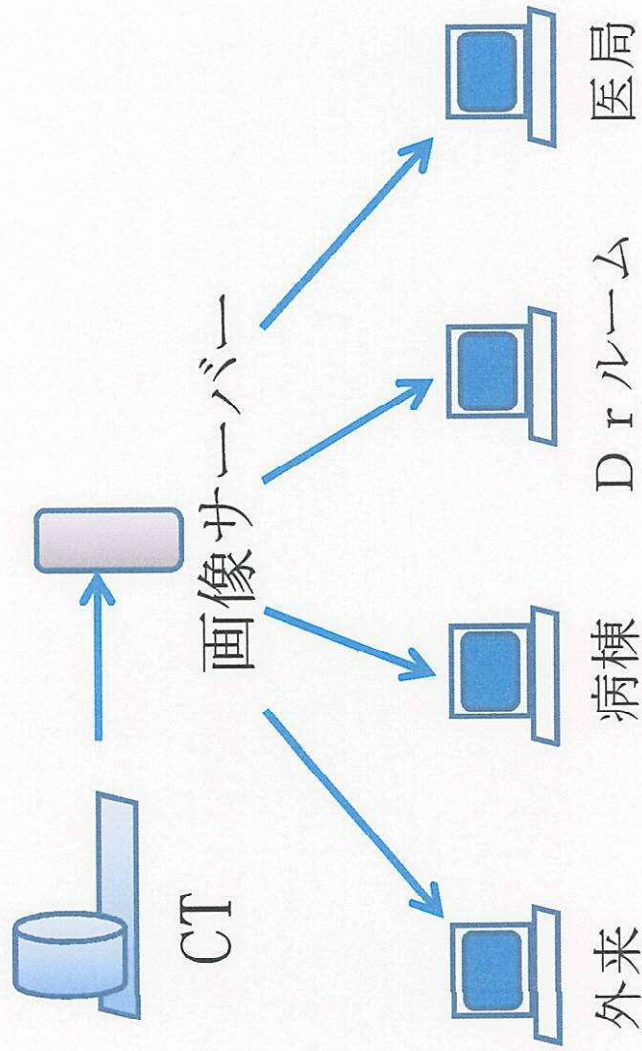
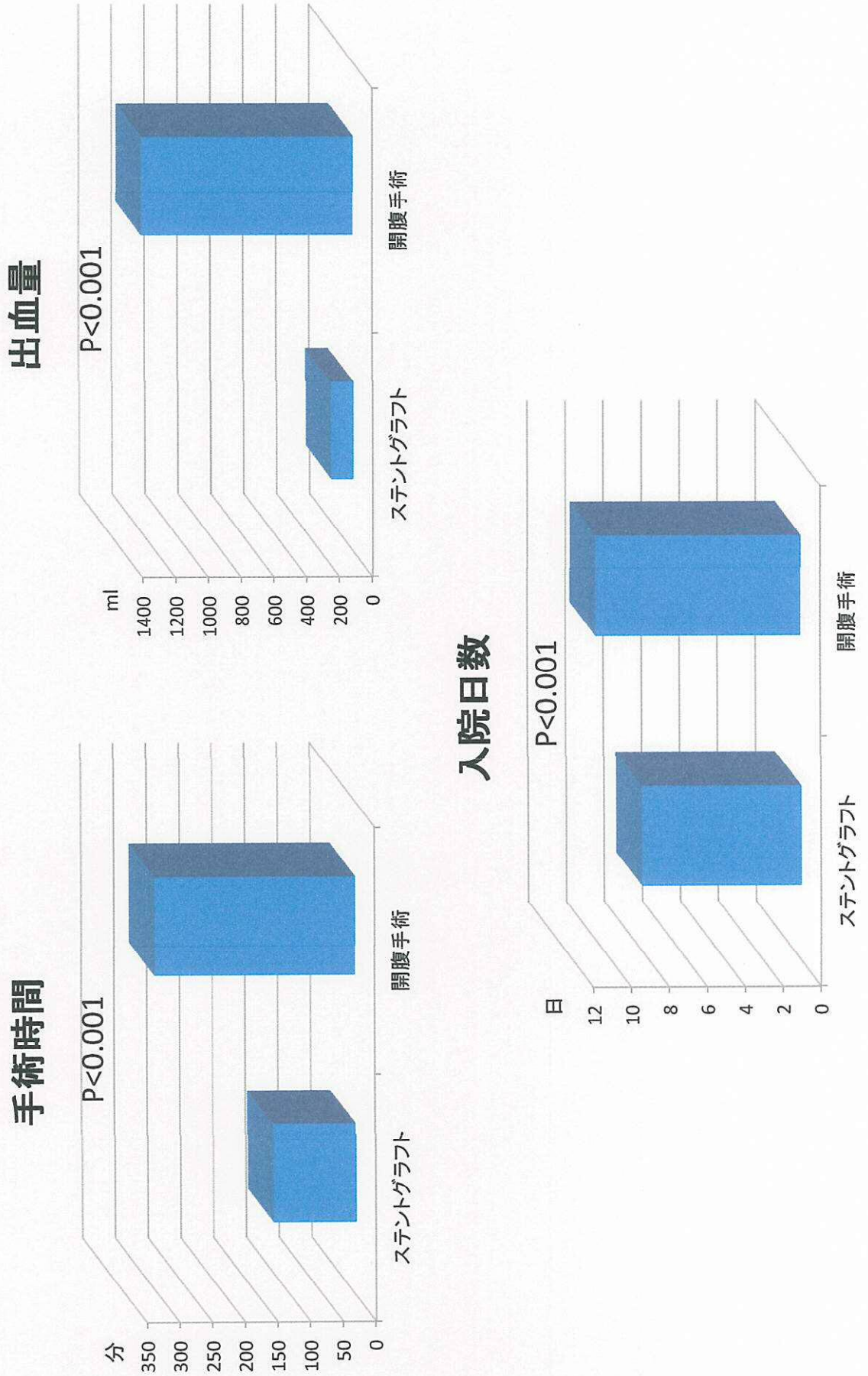


図3. 院内ネットワーク型CT画像解析システム

腹部大動脈瘤

ステントグラフト手術 31例
開腹手術 30例

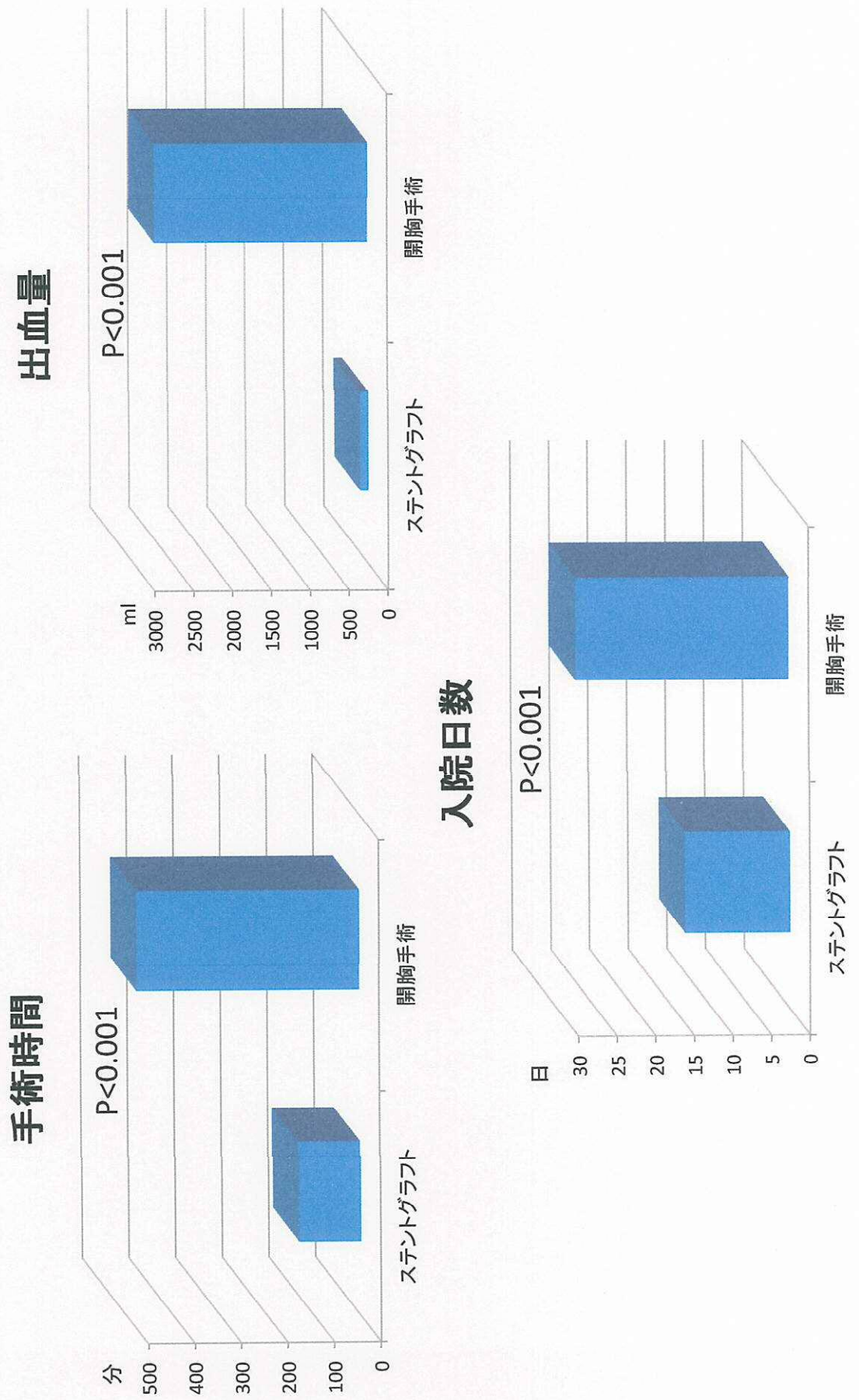
図4



ステントグラフト手術 29例
開胸手術 30例

胸部大動脈瘤

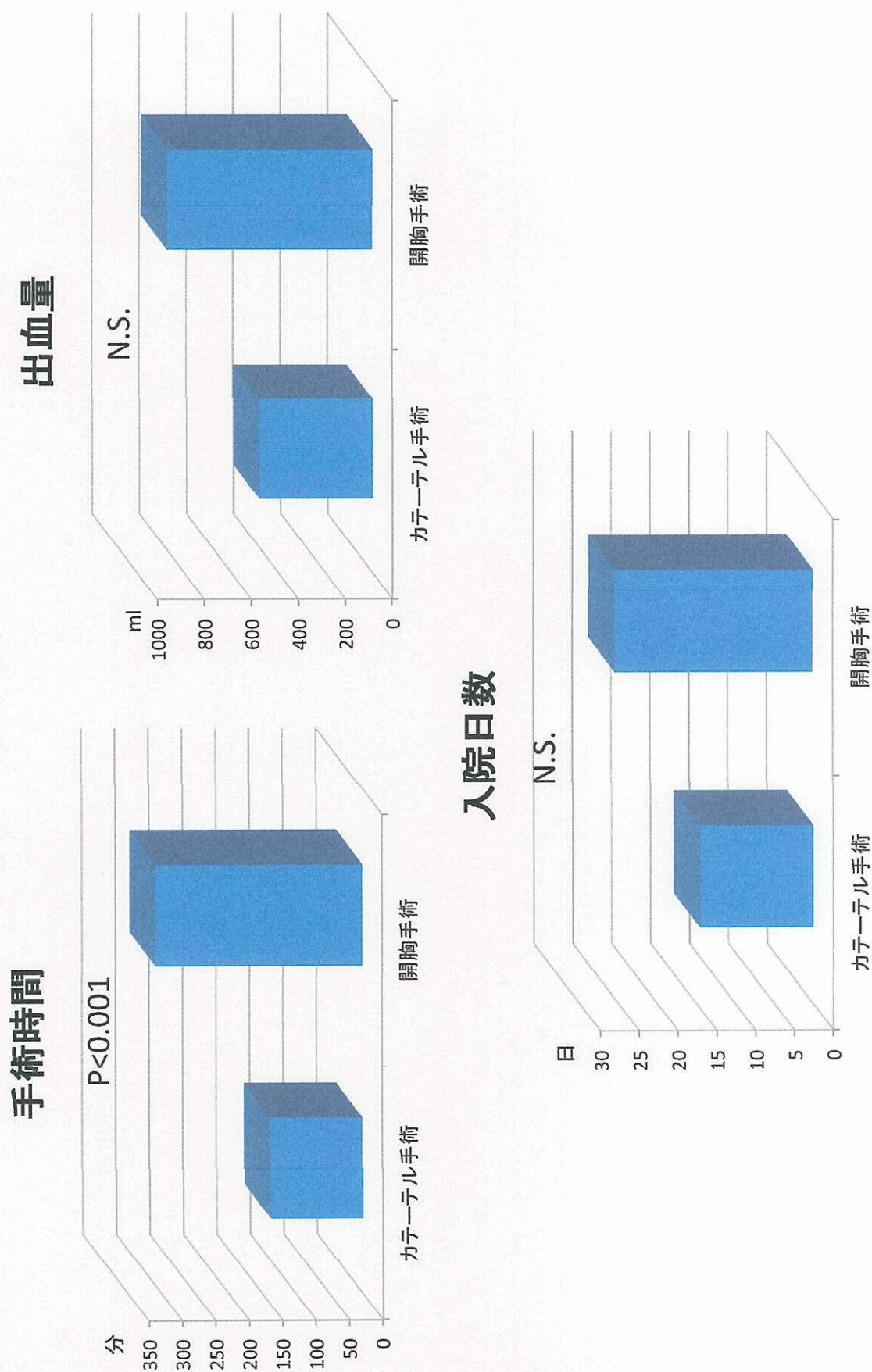
図5



大動脈弁狭窄症

カテーテル手術 7例
開胸手術 19例

図6



保険請求点数

図7

