

月刊保団連

2026・1

通巻1463号

ロボットがやってくる



January 2026

1

No.1463

明日の医療を考える

月刊保団連

特集

ロボットがやってくる

診療
研究

「高血圧管理・治療ガイドライン2025」と10のファクト

全国保険医団体連合会

●「道」

あらたまる年にさらなる前進を！

患者さんと共に地域医療を守る運動 竹田智雄 1

●特集

ロボットがやってくる

ロボット手術に取り組む医療現場から

——その現況と今後のAI活用 大堀 理 4

ロボット産業の未来はどうなるのか？

医療・介護現場への導入も視野に 安藤 健 12

ロボットが自分の「分身」になってくれたら

——人間とアバターが共生する社会 石黒 浩 18

〈弱いロボット〉はダメですか？

——ありあわせで乗り切るしなやかさ

岡田美智男 24

SFはロボットをどう描いてきたのか

瀬名秀明 30

●診療研究

「高血圧管理・治療ガイドライン2025」と10のファクト

前編 高血圧の予防・治療に向けて 樂木宏実 36

歯科と金属アレルギー

第2回 アレルギー症状別に求められる対応

細木真紀 40

●文化

教養としてのファッション

～衣服と私たち～

第5回 日本と洋服のあゆみ 平芳裕子 44

わたしのオランダ徒然記

第3回 「無賃乗車にも寛容か？」と思ったら……

八巻孝之 50

●医院経営

患者トラブル相談室 45

身体の違和感と診断結果が乖離、納得できずネットに投稿 尾内康彦 53

経営・税務誌上相談 544

法定調書と償却資産申告 益子良一 54

雇用問題 288

退職前に1カ月間の有給休暇取得希望の申請あり、認めるべきか 曾我 浩 55

●会員

ドクターのつぶやき川柳 〈選者〉植竹団扇 57

VOICE—11月号を読んで— 60

詰碁・詰将棋 問題 57 / 解答 61

編集後記・次号のご案内 62

表紙のこぼれ



(第36回全国保険医写真展出品)

怖いけど見たいな一

福岡県 横田 晟

東京スカイツリー展望デッキ「ガラス床」にて。地上340mにあるといわれる「ガラス床」の上から眼下の風景を撮ろうとカメラを構えていた所に小さな男の子が潜り込んできました。恐る恐る下をのぞき込んでいる姿が可愛らしく、思わずシャッターを切りました。

カメラ：ソニー・サイバーショット dsc-wx7

露出モード：プログラムオート シャッタースピード：1/80秒

ロボット手術に取り組む 医療現場から ——その現況と今後のAI活用



東京国際大塚病院院長

大塚 理 おおほり まこと

1956年生まれ。1990年に北里大学病院研修医を修了後、ペイラー医科大学で2年間留学後1994年まで同大学の講師となる。1999～2004年ニューヨーク市メモリアルスローンケタリング癌センターの前立腺診断センター副センター長。2018年まで東京医科大学泌尿器科教授・ロボット手術センター長。2019年、東京国際大塚病院を開設し、院長となる。

ロボット支援手術は2000年に米国で前立腺手術が始まって以来、急速に普及した。日本でも2012年に前立腺癌が保険収載されたのを契機に広がり2025年現在では約600台のロボットが稼働している。極めて良好な視野の下、繊細に動く鉗子を操ることで、出血・術後疼痛も少なく早期の社会復帰も実現している。しかし膨大な導入・運用コストにより、病院の経済環境を悪化させる要因ともなっている。今後AIの利用も進み、質の良い・低価格の国産のロボット機器のさらなる普及が待たれる。

はじめに

今や、多くの外科系の科における手術はロボット手術が中心となっており、不可欠なものとなっている。もともと米国では戦場の傷ついた兵士に対する遠隔手術を目的として開発されてきたという背景があったとされる。ロボット工学の歴史は長いが、1985年脳生検で用いられたロボット手術が世界初とされ、その後、約15年で、急速に世界で普及したことを考えると劇的な進歩と言ってよいだ

ろう(表1)。

最初に世界的に広く普及したのは2000年から始まった泌尿器科の前立腺癌に対するロボット支援前立腺全摘や婦人科の子宮筋腫に対する子宮全摘術であった。どちらも骨盤内の手術で開腹手術では視野の悪い難しい手術であったが、ロボット手術の視野の良さにより大きく改善した。特に私の専門である前立腺癌は開腹手術ではほぼ全例で手術前に800～1200ccの自己血をため手術時に使用するという出血を前提とした手術であり、その視

野の悪さもあり容易な手術ではなかった。その結果、重度の術後尿失禁も発生し、そうでもなくとも尿失禁が改善するまでに時間を要した。また、今では多くの医師が取り組む海綿体(勃起)神経の温存も、開腹時代には考えもしない医師が多かった。

ロボット手術は出血も少なく、術後疼痛も少なく、術後の社会復帰も早い、さらに尿禁制や性機能も残せるので手術療法に大きな変革をもたらした。2018年1月には中央社会保険医療協議会(中医協)より大幅に適応が拡大されて以来、増え続け、現在、約600台のロボットシステムが国内で稼働しており、米国に次ぐ世界第2位のロボット医療国となった。本稿では改めてロボット手術の現況を述べるとともに今後の人工知能(AI)との関連を

考察する。

手術用ロボットの概要

ロボット手術の機械は、①患者の腹腔内の中に入る筒状のポートにロボットのアームを付けて操作するサージカルカート(図1中)、②内視鏡をつなげる機械、腹腔内に二酸化炭素を入れる機械などが集まるビジョンカート(図1右)、③術者が座り、鉗子を遠隔操作するサージャンコンソール(図1左)の3つから成り立つ。サージャンコンソールには左右の手で操るマスターコントロール、術者が覗き込む3D画像のビューワーがある(図2)。足元にはモノポolar・バイポolarの電気メスのスイッチ、また鉗子を選択するクラッチがある。通常は左右の手でそれぞれバイ

表1 ロボット支援手術の歴史

1985年	PUMA 560:米国で工業用ロボットとして、脳生検に使用。世界初のロボット支援手術とされる。
1992年	ROBODOC(ロボドック):米国のIntegrated Surgical Systems社が開発。股関節置換手術で骨を高精度に削るロボット。整形外科領域で初めて実用化。
1990年代半ば	AESOP(エイソップ):Computer Motion社が開発。カメラ(内視鏡)の位置を音声指令で制御するロボットアーム。FDA(米国食品医薬品局)の承認を得た最初の手術支援ロボット。
1998-2000年	da VinciとZEUSの登場。Intuitive Surgical社がda Vinci Surgical Systemを開発。双方とも遠隔操作による内視鏡手術支援を目的とし、後の主流技術となる。
2000年	da Vinci Surgical SystemがFDA承認。前立腺摘除術などで使用され、臨床導入が進む。
2006年	日本で初めてda Vinci Surgical Systemが導入。当初は治験的使用(臨床研究)にとどまっていた。
2010年	日本泌尿器科学会がロボット支援手術の専門医制度や安全基準を整備。
2011年	da Vinci S/Siが薬事承認取得(厚生労働省) →これにより、正式に日本国内での臨床使用が可能になる。
2012年	前立腺全摘が初めて保険適用(2012年)となり、その後の普及につながる。
2015年	da Vinci Xiシステムが国内導入(第4世代機)
2018年	保険適用が大幅拡大(12術式) 前立腺以外にも以下が対象に:腎癌(部分切除術)、子宮体癌、胃癌、直腸癌、早期肺癌、乳癌乳房切除術(再建含む)など→これにより、主要臓器外科のほとんどでロボット手術が可能になった。
2022年	hinotori™ Surgical Robot System誕生。川崎重工業とシスメックスが共同開発。日本初の国産手術支援ロボットとして薬機法承認。前立腺全摘術が第一適応となり臨床使用始まる。
2025年	da Vinci Xi/Xシリーズの全国稼働数は約600台。hinotori™は80台が稼働している。

ポーラーの把持鉗子とモノポーラーのハサミを使用することが多いが、視野をつくったりするのに使用する別の把持鉗子をクラッチで使い分けて手術を実施することが多い。現在では腹腔内で腸管の切離や処理ができる専用デバイスも使用可能である。

ロボット手術のメリット

開腹手術であれ、腹腔鏡手術であれ、手術の目的は同じで、悪いものを綺麗に取り除く、可能な限り機能を保つことだが、これらを実現する上で、ロボット手術は以下に説明するようにたくさんのメリットがある。

①よく見えて手振れない：どんな手術でもよく見えるようにするのがとても大切である。良い術者の基本は切り方がうまいとか縫い方がうまいとかいろいろあるが、共通しているのが視野の出し方がうまいということである。

ある。ロボット手術では3Dで10倍拡大して見え、自分がカメラを簡単に操作し見たい場所を見ることができる。しかも腹腔鏡手術のように助手が長時間耐えながらカメラを持つこともないので振れもない。これが一番の長所と思われる。

②繊細な動き：よく術者たちに「自分の手がお腹の中に入ったように」と表現されるように極めて繊細な動きが可能である。骨盤の奥深くにある前立腺の手術はもちろんだが、心臓の手術で細かい血管を縫い合わせたり、耳鼻科で周囲に細かい神経や血管がある中での咽頭癌の手術をしたりといったことは、緻密な作業ができることの証明でもある。この繊細な動きを可能にしている一つがスケーリングで、術者の手元のハンドルを10cm動かすと実際のお腹の中の鉗子は5cm動く(スケーリングは調整可能)。このことでさらに微細



図1 ダヴィンチサージカルシステム。サージカルカート(中)、ビジョンカート(右)、サージャンコンソール(左)

な動きを実現している。

③**出血が少ない**：これは腹腔鏡の手術とも共通だが、手術中に二酸化炭素ガスを腹腔内に入れ膨らまして手術をするため、ガスの圧力(通常は12mmHg)で血管が圧迫されて、出血が少なくなる。

④**術後の痛みが少ない**：多くの開腹手術では8～12cmの傷を付けるが、ロボット手術では腹部などに小さい穴を5～6個作るのみで可能で、痛みは軽い。

⑤**社会復帰が早い**：上記に示した利点から機能温存にも優れており、結果として早期退院が可能であり、患者の社会復帰も開腹手術と比較して早い。前立腺全摘では開腹手術で約2週間の入院期間であったがロボット手術では約10日間で、しかも尿失禁の回復も早いので社会復帰も早い。

⑥**少人数の医師で対応が可能**：近年は「直美」の問題などもあり、外科系医師、特に消化器外科医の減少が問題とされる。多くの厳しい手術をこなし、残業は当然、週に何度も当直があり、休む暇もない。決して給料も高くない。ミスが起ると容易に社会的制裁を食らう。こういう環境で医師が増えるはずがない。私が以前、勤務していた東京医科大学でロボット手術が急激に増加すると、一つの現象として、卒後研修を終えた多くの研修医が興味を持ち、入局してくれた。上記したロボットの利点だけでなく、開腹手術では3～4人で長時間かかった手術がロボット手術では基本的に2人でしかも比較的短時間で終わらせることができる。出血などの合併症も少ないので術後管理に苦勞することも少ない。

日本でいち早く導入した病院で

医師になり4年目で留学の機会を得て、そ



図2 サージャンコンソールの各部位

れから前立腺癌を専門としたので既に35年以上、前立腺癌の臨床・研究にあたってきた。幸いなことに日本でもいち早くロボットを導入した東京医科大学に所属していたので2006年という早い段階から触れることができた。当初は米国での恩師で前立腺癌の世界で著名なスカルデーノ医師がロボット手術に懐疑的であったので私もどうなんだろうと思っていたが、いざ、実際に触れてみると視野の良さ・鉗子のスムーズな動きに感動し、これからはこれしかないと感じた。

その後、ロボットセンター長に昇任し、さらに多くのロボット手術を担当したが、退官が近づいたある日、患者で、医師でもある人から「病院やれば良いよ」という言葉をかけられた。今まで考えたこともなかったのがそんなことが可能なのかと思っていたが、知り合いの企業家に相談したところ、協力するよということになった。その後の2年間で支援企業へのお願いから始まり、候補地を探し、同僚となる医師を集めと目まぐるしい時を経て、2019年4月に東京都三鷹市に開院となった。

もともと45床の産婦人科の病院であった医療法人を継承したが、今の医療法に合わせ大改築をした結果、34床となってしまった。1番の懸案は天井の高い広めのロボット手術用の手術室が作れるかであったが、以前の病院の地下の厨房・食堂スペースを利用し可能となった。ロボット手術の病院という前提で始まったが34床の小さい病院であっても泌尿器科単科では不十分であったので東京医大婦人科の主任教授で婦人科のロボット手術の第一人者である井坂恵一医師にも参加いただいた。

手術支援ロボットについてはダヴィンチ(da Vinci)のXiの廉価版のXを導入したが、1台では足りなくなり2021年9月には2台目としてXiを導入した。当初、ロボット手術は大きな手術室のみで行う予定であったが、内視鏡手術用の小さな手術室でも実施することとなった。極めて小さい手術室で、ダヴィンチを開発したIntuitive本社の米国人役員が見学しに来た時には目を丸くしていた。確かに狭いが、実際は一旦ロボットを設定すれば全く問題なく安全に実施できる。その後、前立腺癌手術では東京都内で1位、日本国内で1～3位を継続しており、子宮筋腫手術でも日本有数の件数をこなしてきた。またIntuitive社認定の見学施設となり、泌尿器科・婦人科ともこれからロボット手術を始める若い医師が既に100名以上来院している。

ロボット手術を取り巻く環境

保険点数は開腹手術と同等に据え置き

現在、医療を取り巻く状況はとても厳しい。第一に経済環境で、病院の60%以上が赤字経営と言われ、老朽化した病院は建て替えができない、機器の更新もできない、という

難しい状況になっている。特に我々のようなロボット手術を中心とした急性期病院では膨大な消耗品(多くが欧米製)を使うために物価上昇+税金で如何ともし難い状況になっている。もともと我々の収入源である保険点数は国により決定されているが全般的に物価上昇に見合った上昇はなく頑張れば頑張るほど苦しくなるのも自明の理である。

驚くべきことにロボット手術の保険点数の多くは開腹手術と同等に据え置かれている。出血などの合併症の少なさ、短期入院による早期社会復帰など、実は開腹手術と比較するとコスト面でもロボット手術は貢献しており、今後はまっとうな保険点数になることを望むばかりである。

導入コストと保守・維持費が経営を圧迫

日本では当初より、ロボット手術の導入・運用コストが問題視されており、その問題は今も継続している。高価な大人のおもちゃと揶揄する人もいるが、患者への大きな貢献を見れば、その批判はあたらな^い。それでも結果的に病院経営を圧迫しているのも事実である。ダヴィンチの導入コストは約2.7～3.3億円ほどとされ、また保守・維持費も年間約1400～1700万円ほどかかる。さらに専用の鉗子類も高額で、安全性と性能維持のため10～15回の使用制限がかかっている。一方で国産のhinotori™は導入に約2億3000万円、保守・維持費が1300万円ほどとされ、ダヴィンチと比較すると低く抑えられており、能力も遜色ない(図3)。今後は国を挙げて国産を応援し、普及させていく必要がある。

手術中に問題が起きたらどうするのか？

ロボット手術が始まった当初は、ロボット手術で手術中に問題があった場合にどうするのか？ということが話題になった。実際、手

術の同意書には問題が起こった場合、開腹手術に移行する場合があると説明していたが、実際はその可能性はゼロに近く(腎腫瘍ではまだ可能性はあり)、同意書に載せていない施設も多いと思われる。

日本中に広く普及したが故の問題もある。初期には限られた施設でしか実施できず、また革命的な変革であったのでどの施設も慎重であった。しかし、普及して当たり前の手術となった今、逆に最初の準備段階であるロボット用ポート挿入時の他臓器損傷などが報告されている。YouTubeなどにて世界的な第一人者の手術も供覧でき、いつでも素晴らしい手術を参考にできる一方で、準備やポート挿入時などの注意点が疎かにされる傾向もあり、今後も継続して経験者が教育しなければならない。

開腹手術の経験が乏しい中堅医師も

さらに導入・運用コストが高いため、一旦導入するとロボット手術の適応となった主な疾患についてはたくさんの症例をこなそうという意識が働く一方で、適応がない疾患の開腹手術は避ける傾向が出てきている。また実際、長くロボット手術ばかり実施し、中堅医師ですら開腹手術の経験が乏しいことからこの傾向を強くしている。

泌尿器科では尿管結石治療後や婦人科手術後に尿管狭窄を来すことがあり、種々の手術法があるが、いまだロボット手術の適応とはなっていない。そのため開腹手術に手を出せ

ず、結果的に曖昧なまま時間が経過してしまうことが多い。当院では再建手術の経験が豊富なので紹介されることが多いが、ロボット手術を実施している大病院からの紹介も多いことがこの問題を浮き彫りにしている。これは深刻な問題で、今から開腹手術の腕を磨いていくというのは至難の業である。同様の手術が欧米ではロボットで実施されており、日本でも早期に、稀ではあっても必須な手術をロボットのできる体制をつくることが患者に寄り添うことになる。

AIに「仁術」は可能か？

人工知能(AI)は、医療分野全般で発展の源になる可能性があるが、ロボット手術の分野においても密接に関連し、数十年後にはロボットが自律的に手術の中心となる可能性すらある。既に術中にリアルタイムで視覚的に解剖構造をAIが認識して手術を支援する試みや、遠隔手術(テレサージャリー)も研究が進んでおり、ロボット手術+AI技術の統合により、術中時間の25%短縮・合併症率の30%低下などの報告も出ている。現在のロボット



図3 日本製の手術支援ロボット「hinotori™」の本体システム

工学の発展はコンピュータ化による賜物であるが、その世界が進化すればロボット医療も想像を超えた進歩を果たしてくれるかもしれない。

表2にロボット手術におけるAI利用の利点・欠点・課題を整理した。挙げた9つの項目のコスト面においてAIの利点は明確である一方で対応する欠点や課題も明白で、一つ一つが容易にクリアできない難題ではある。その中でも以下3つが最難関の問題である。

①責任の所在：AIを活用することでより良い手術となり、結果が良くなる前提であるが、AIの学習も詰まるところ人間の経験の集積であるからミスも発生する可能性がある。その時に責任をとる可能性のあるのが、執刀医

(最終責任者)、病院(提供者)、ロボットメーカー、AIソフト会社である。現状のロボット手術において、ロボット機器の故障が直接、医療ミスにつながった例を聞いたことがない。起こるとすればロボットを操る術者のミスであり、当然、他の医療事故と同様に術者と術者の所属する病院の責任となる。一方で、手術を部分的、あるいは全体的にAIに任せて医師がスイッチを押しただけで、その結果ミスが起こると当然、医師は「私のミス？」と疑問を感じる(表3)。残念ながら、これは「起きた時に総合的に検討する」という政治家のような答えしかない。なぜなら、責任論を突き詰めると全てが止まってしまうからである。

表2 ロボット手術におけるAIの利点・欠点・課題

項目	利点	欠点・課題
①視覚(解剖認識)	血管・神経・臓器をAIが自動認識し、安全な剝離層を誘導・視野不良時でも構造を予測して表示	- 誤認識リスク(誤った色分け→術者が惑わされる) - 複雑解剖は精度が不十分な場合あり
②精密性・安全性	誤剝離・出血の予兆をAIが警告・神経温存の精度向上・術後機能(尿抑制・性機能)改善に寄与	- AIの精度に依存しすぎるとヒューマンエラーが増加 「AIが安全と言ったのに出血」などの責任問題
③反復作業の自動化	縫合の針角アシスト、結紮などの“部分自律”で術者の負担軽減・若手でも一定レベルの手術品質	自律動作での予期せぬ挙動リスク・誤動作時の停止判断が難しい
④術者間のばらつき低減	ベテランの技をAIが“標準化”・若手の術野迷いが減る→合併症が減少	熟練医の「微妙な勘・場数に基づく判断」がAIでは再現しづらい
⑤手術教育・研修	手術動画の自動解析で、良い／悪い操作をAIがフィードバック・手技習得が早い	AI基準が「正しい手技」を固定しすぎて、柔軟性が失われる可能性
⑥手術の均質化(地域格差削減)	地域中核病院でもAIが安全域をナビゲート・経験差によるアウトカム格差が縮小	AI依存度が高まると、AIがない環境での実力が落ちる可能性
⑦術後リスク予測・品質管理	術中データ+動画からAIが合併症リスクを予測・手術の品質管理が客観化	データが大量に必要→個人情報保護と運用コストが重い
⑧研究と革新	手術動画のビッグデータ解析で新しい最適化手技を発見可能	データ収集のための医療機関負担が大きい
⑨コスト	長期的には手術時間短縮・合併症減少で医療費削減	初期投資が極めて高額(AIソフト+ロボット)・維持費・アップデート費用が増える

表3 AIによる手術手技の世界的分類

レベル	定義	内容	現状
0	AIなし	従来のロボット操作	
1	AIが情報補助	- 術野にラベル表示 - 血管・臓器・神経の自動認識 - 危険ゾーン警告 - 出血早期検知	現状の主流 米国では「腸吻合を完全自動で行ったロボット(STAR)」の実験成功例があり 日本でも2024年4月承認の「手術画像認識AIプログラム」が登場
2	AIが部分自律	- 簡単な縫合 - 結紮(糸結び) - 持針器の角度制御	世界はこのレベル 日本も開始予定の大学あり
3	複雑タスクの自律	複雑な手技の一部を実施	まだ実験段階 製品化はまだ
4	手術全体の大部分をAIが実行	- 医師は監督 - ロボットが操作	遠い未来
5	完全自律手術	目的によりロボットが計画・実施など最初から最後まで実施	数十年以上は先 倫理・責任・法規上の問題が立ちはだかる

②法規制：日本では医療機器使用の承認は承認する時の性能に固定されている。AIの優れたところはスーパードクターがそうであるように日々進歩することである。ロボットが格段の進歩を見せれば「別物の医療機器」として見なされてしまう可能性があり、いちいち審査が必要となる。これではいくら時間があっても足りないし、世界との競争にも勝てない。将来も欧米製のAIロボットのみを使うとなると膨大なコストがかかり、医療経済もさらに圧迫するものになってしまう。

③個人情報取り扱いの難しさ：手術においてAIが学習するためには手術の動画、手術前のCTやMRIなどの画像、手術中・後の合併症、病理結果、予後の結果など、手術中のロボット操作でコンピュータが実行した動作や情報を時系列に記録したもの(ログ)などから情報を得る必要があるが、これら全てが個人情報である。日本は医療情報に対しても厳格な規制があり、AIロボット手術の技術面とい

うよりは「情報を得る」というソフト面での障壁は高いと考える。

これら以外にも、④医師など医療従事者の抵抗感、⑤医療情報の標準化の遅れ(マイナ保険証すらなかなか進まない)、⑥実は欧米と比較すると手術全体に占めるロボット使用率は低い(欧米の10%程度)、などの問題がある。

これらを見ると技術面というよりは環境・倫理・法律・感覚などの問題であり、解決可能な問題とも見える。しかし、AIロボットによる手術があらゆる面で結果が良いということ、段階を踏みながら検証していき、誰もが良い結果のためであれば高い敷居も乗り越えようというコンセンサスが肝要と思われる。

医は仁術なり、これは医療は単に病気を治すだけでなく、人命を救い、慈愛の心で患者に接するということを意味するが、50年後には医はAIロボットを使用した仁術なり、となるのだろうか？