

ロボット心臓手術を駆使した挑戦 -若手教育と医療の未来-

大阪公立大学
大学院医学研究科 心臓血管外科学

高橋洋介



はじめに

- 心臓外科は、生命を救う一方で、大きく切開する胸骨正中切開や長い回復期間という大きな侵襲を伴ってきました。
- いま私たちが問われているのは、「安全性を保ちながら、どこまで患者負担を減らせるか」、「その高度技術を次世代にどう継承するか」
- **ロボット心臓手術は、単なる新技術ではなく、この二つの問いに同時に向き合う挑戦だと考えています。**



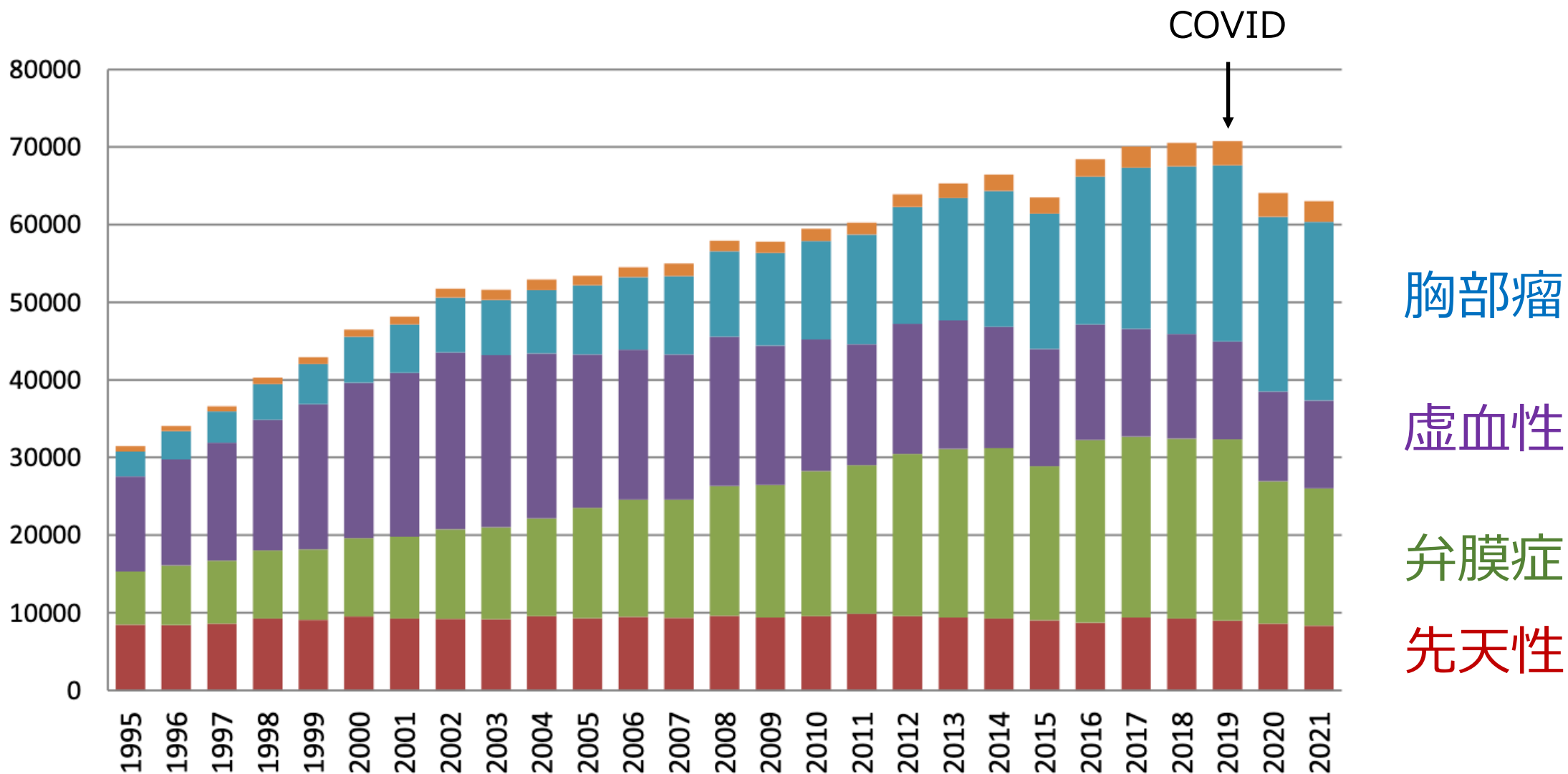
なぜ、今、心臓外科でロボットなのか？

- 高齢化で低侵襲治療ニーズが増加
- 弁膜症治療の治療選択が多様化 (カテーテル治療、外科的治療)
- 外科は「機能温存・早期回復」の両方の価値をより求められている
- 若手減少時代に、魅力ある教育環境づくりが必要

ロボット心臓手術は
“患者さんや若手の教育にとって意味のある低侵襲化”



本邦における心臓血管外科手術数



心臓手術が必要ですね

癌の手術なら
仕方ないのですが、

心臓の手術は、、、？

- 心臓にメスを入れても大丈夫なの？
- 大きな傷が残るのでしょうか？



開心術成績 (2017年日本胸部外科学会)

(全て単独の手術)	冠動脈バイパス術	大動脈弁置換術	僧帽弁形成術
日本 (術後30日死亡率)	2.7%	1.9%	0.9%

状態が悪くなれば、死亡率も増加します!!!

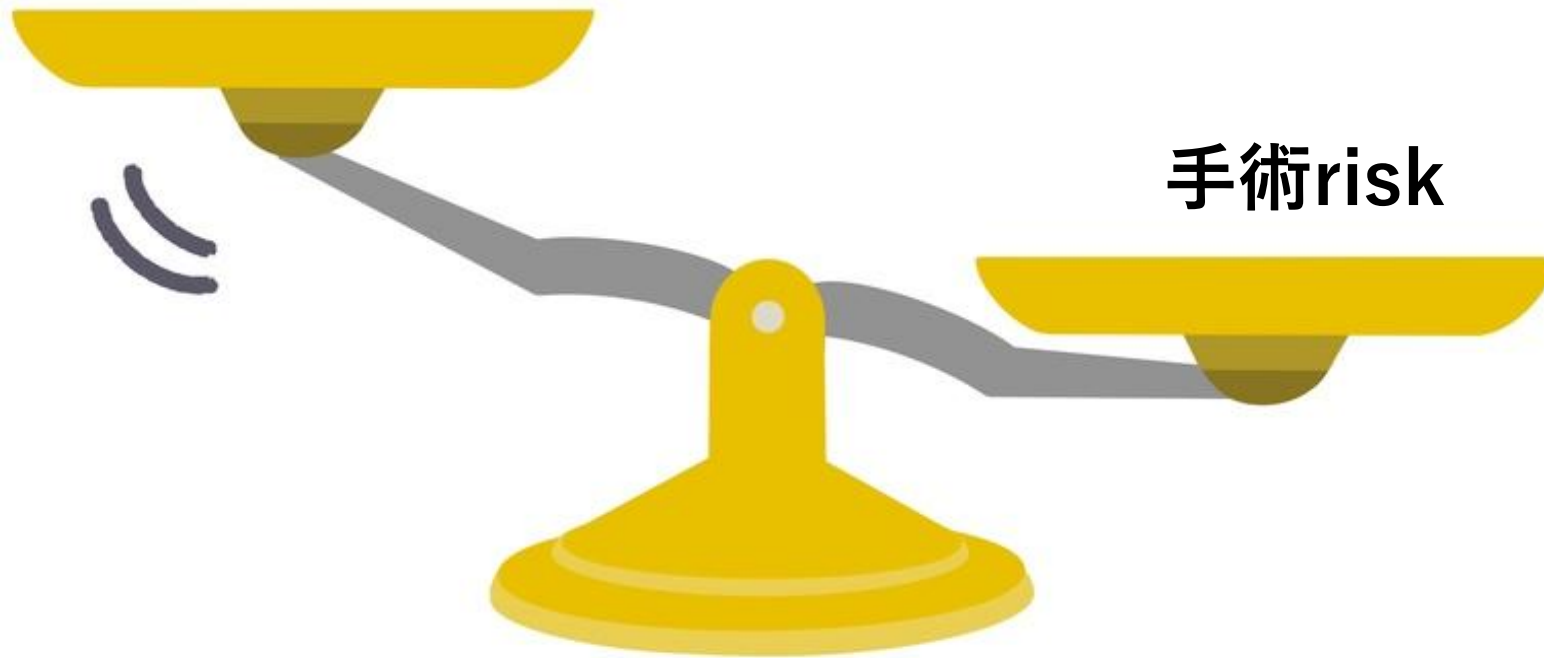
手術の危険性を左右するのは？

- 心臓機能
- 年齢. 体型
- 他の臓器の状態
- 初回、再手術…



手術のriskを考慮して決定します

心不全のrisk
生命予後



どちらがriskが高いか??



どこをどれくらい切るの？

- **従来の方法:** 胸骨を切る、胸骨正中切開
- **新しい体に負担の少ない方法:** 胸骨を切らない、
小切開手術（MICS手術）
（内視鏡下手術，ダビンチ手術）

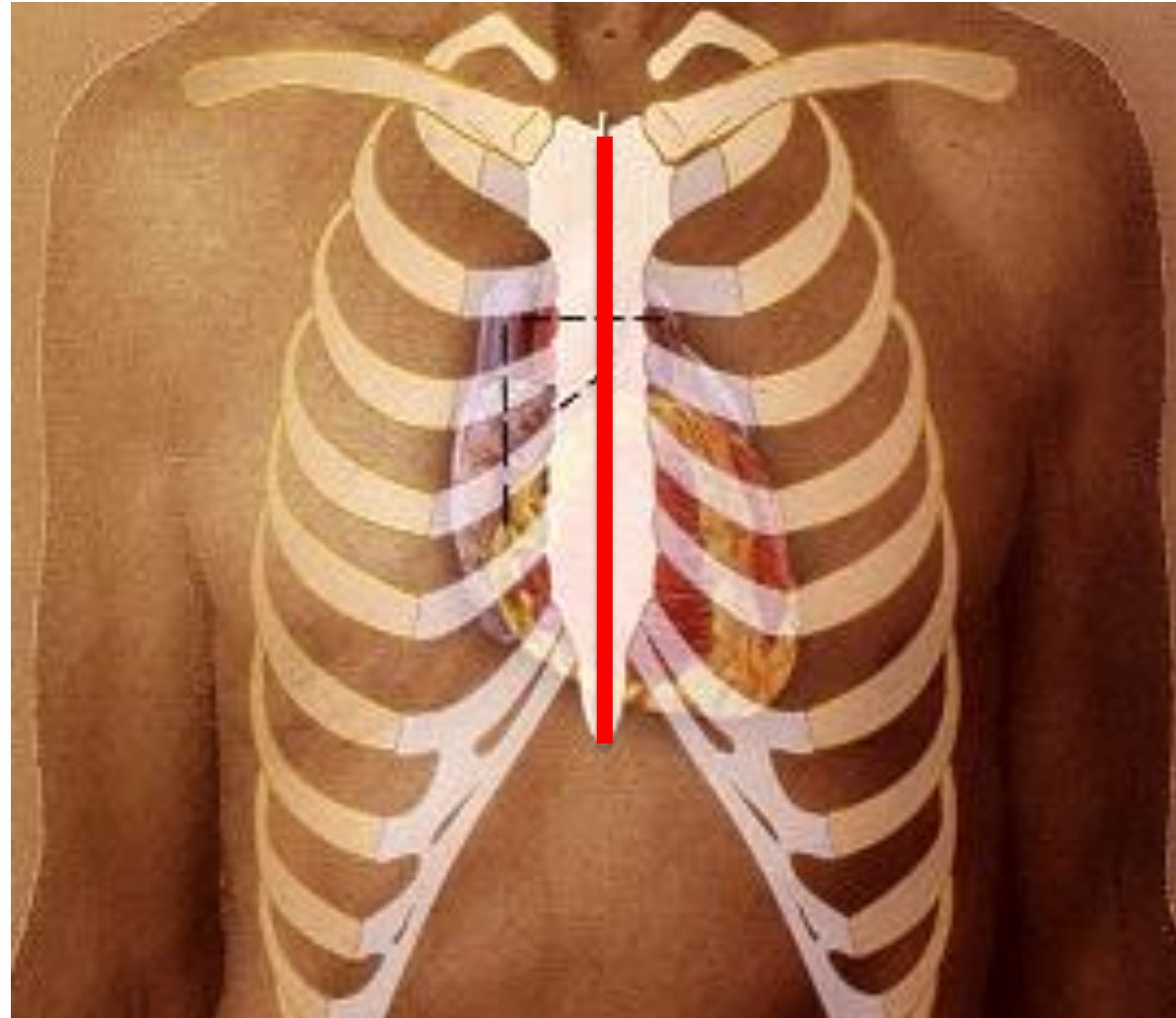
弁膜症の種類や全身の動脈硬化等総合的に判断して
どちらの切開が良いか決定します！！！！



骨を切る方法：胸骨正中切開とは？

皮膚切開

約20 cm



胸骨正中切開

- 利点: 視野が広い

手術中の予期しないイベントに対応しやすい

複合手術(その他の合併手術)が行いやすい

- 欠点: 胸骨の治りが悪いことがある

骨が治癒するのに時間がかかる

ケロイドが生じやすい

傷が大きい、前から見える



これから 心臓外科医に求められること

- ✓ 手術を安全にしてほしい!!!
- ✓ できるだけ体の負担を小さくしてほしい!!!



負担の軽い胸骨を切らない
アプローチが望まれる

キズの治りやすさ、痛みの少なさ



早期回復



右胸の小開胸での手術 (MICS手術)

右小開胸手術 (MICS手術)



直視下MICS

直接, 眼で見ながら手術するので
比較的大きく皮膚切開します



内視鏡使用した MICS

内視鏡で見ながら
比較的小さな皮膚切開で可能



ロボットを使用した MICS

ロボットの内視鏡で見ながら
小さな皮膚切開で可能

僧帽弁MICSの数と比率

From JCVSD



2017-18年
1495/5731 (MICS比率：26%)

2019-20年
2077/4987 (MICS比率：42%)

米国 30.5 % (2014-18年)
ドイツ 55.2 % (2020年)

ロボット心臓手術とは？

- 外科医が「手術支援ロボット」を操作して行う心臓手術のこと。
- 代表的なシステムとしては、**ダヴィンチ手術システム**が広く使われている。



Robotic surgery

Console

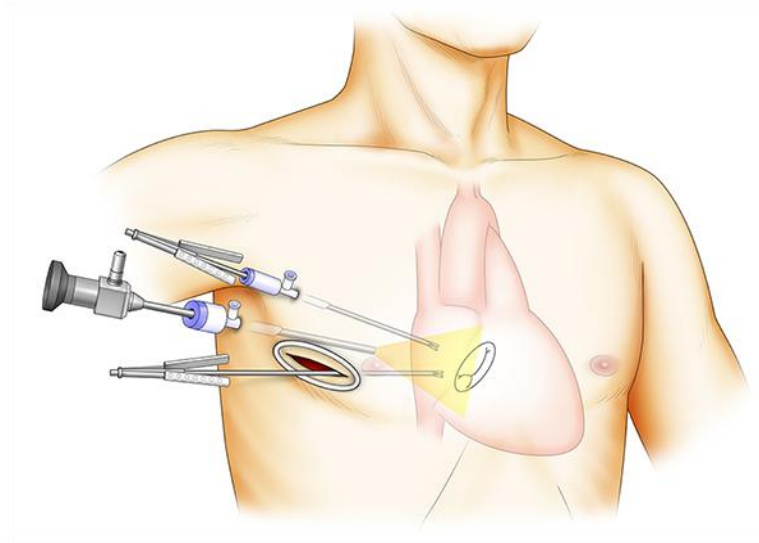


Patient side-cart



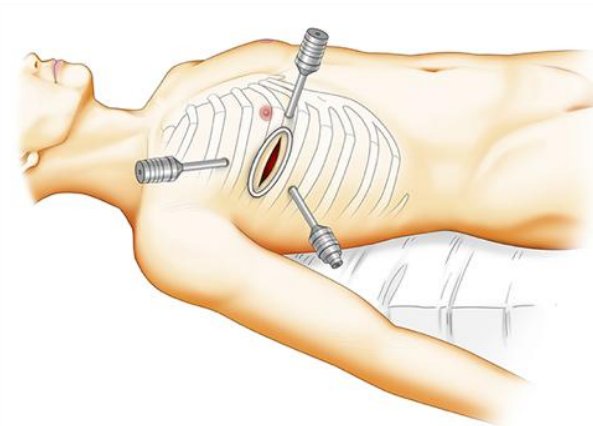
内視鏡を使用したMICS

内視鏡カメラで覗く方法



ロボットを使用したMICS

ダビンチカメラで覗く方法



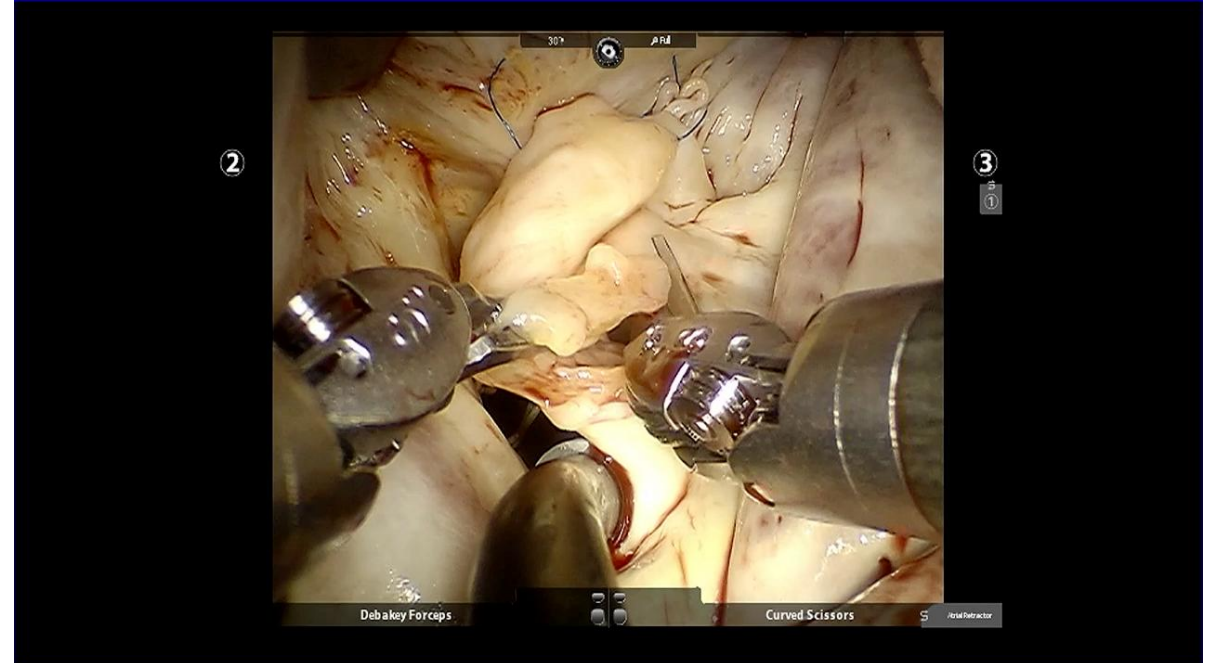
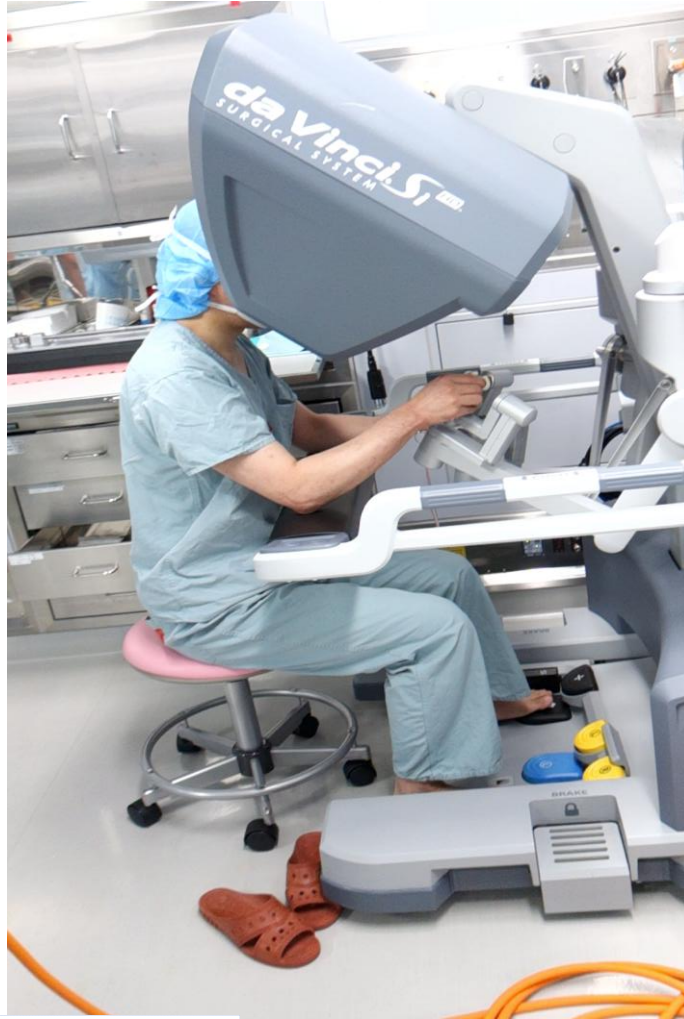
関節があり自由自在に動く
細かな動きが可能

関節540度回転



大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

ロボット支援心臓手術



大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

弁膜症とは？

弁の病気:

{ 狭窄症
閉鎖不全症

弁は4つあります:

{ 肺動脈弁
三尖弁
僧帽弁 →
大動脈弁

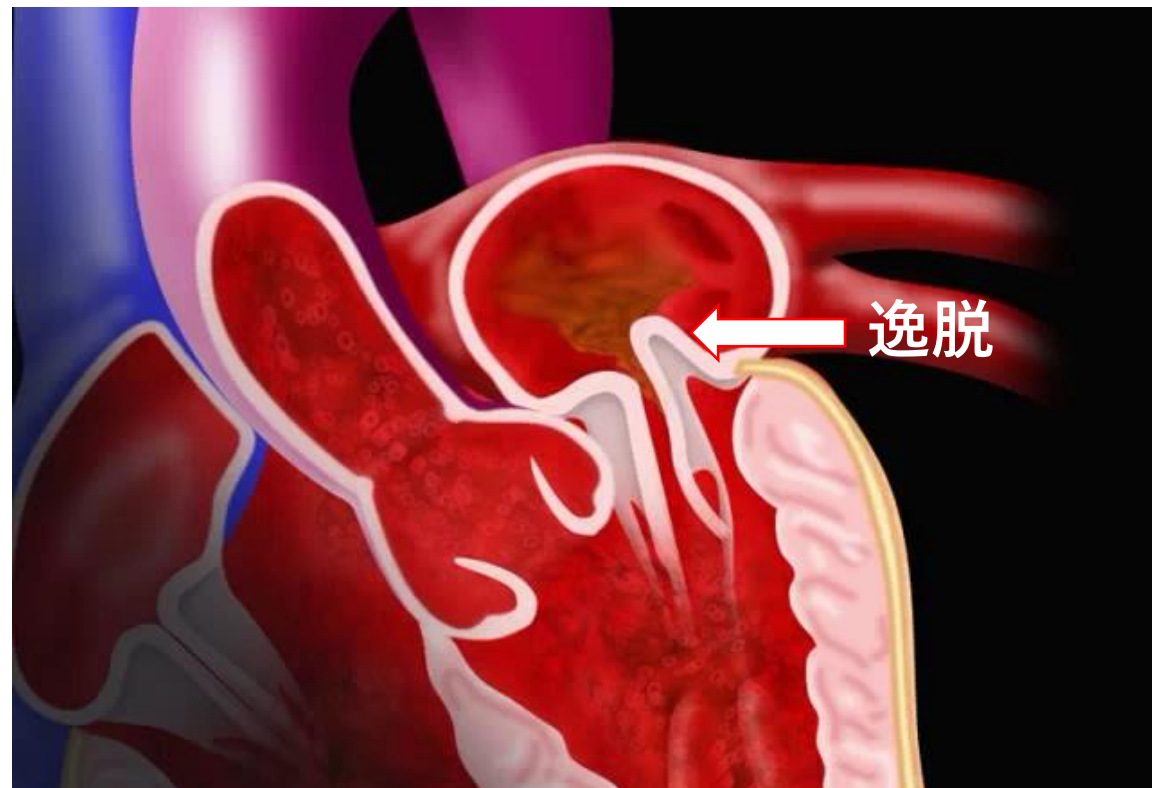
今回技術的に手術の難易度が高い
この弁膜症について説明します

僧帽弁閉鎖不全症

正常

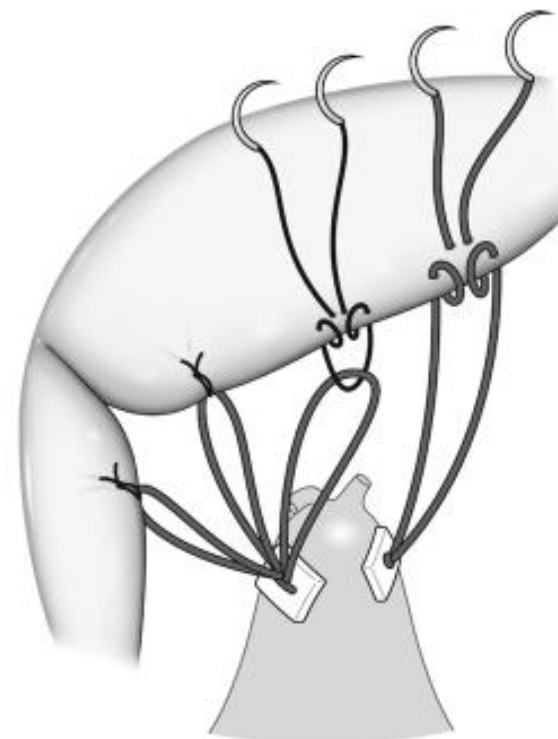
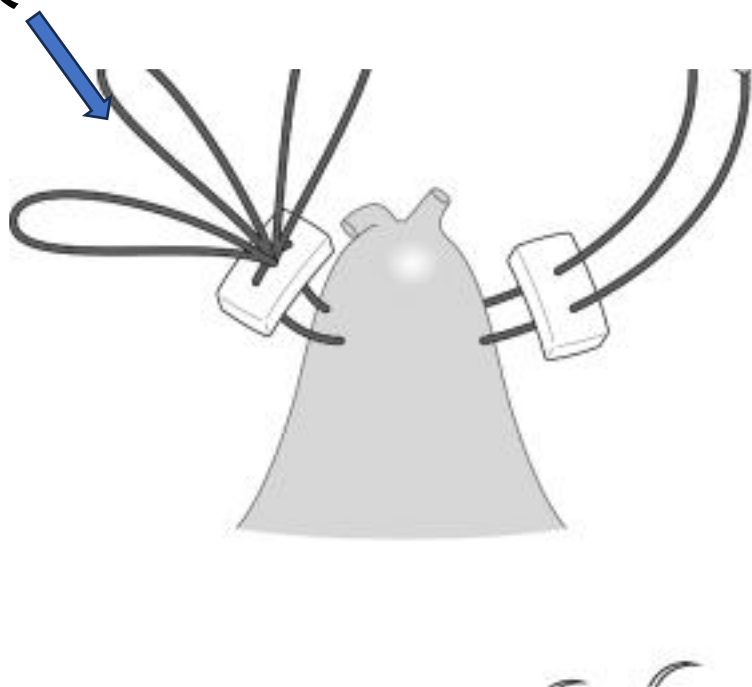


僧帽弁閉鎖不全症



弁を切らない弁形成術 Loop technique

人工腱索

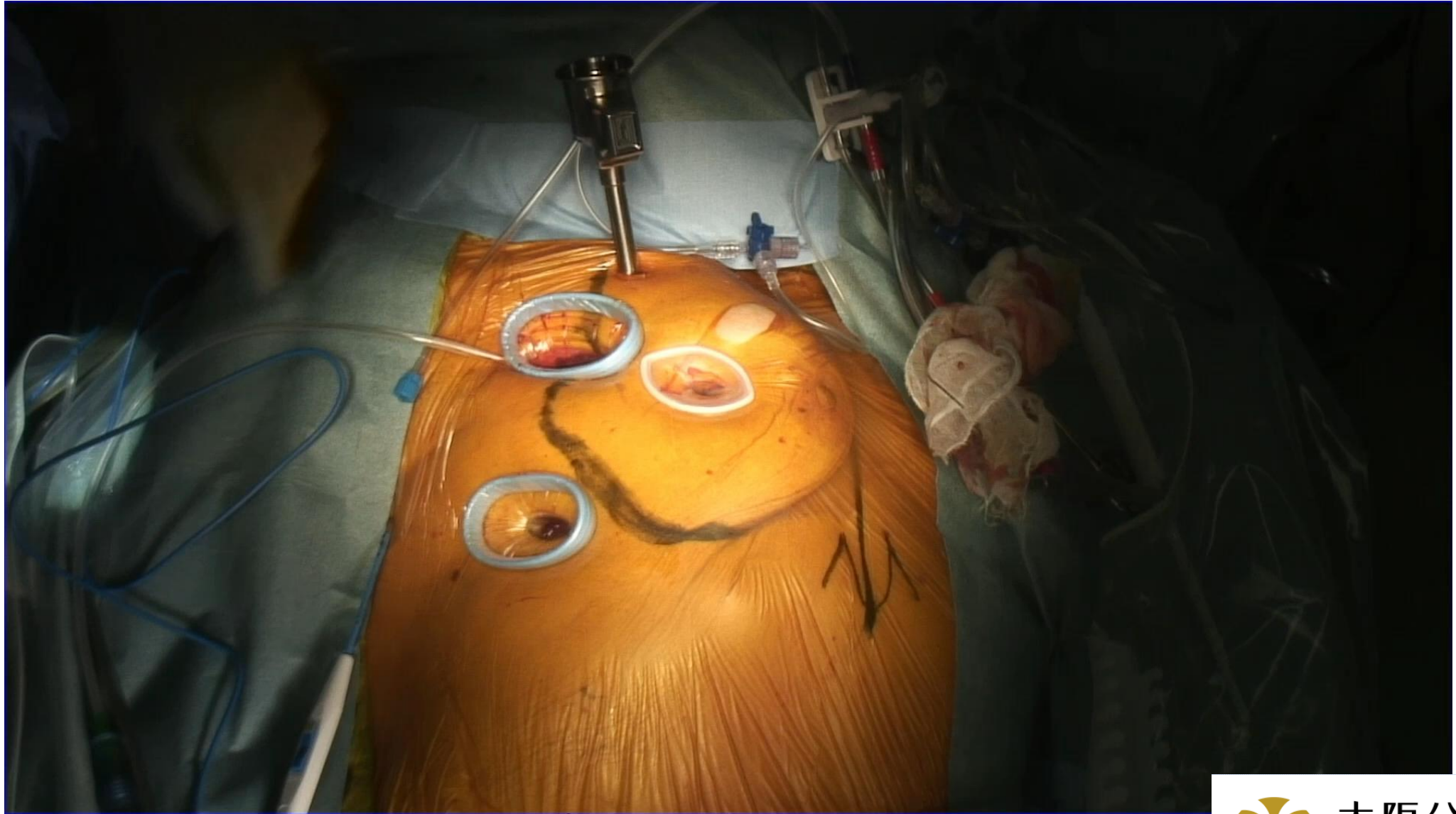


大阪公立大学では現在まで700例以上施行している



大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

ロボット支援下僧帽弁形成術，三尖弁形成術



**ロボット心臓手術は
“患者さんにとって意味のある低侵襲化”**



ロボット心臓手術を教育に応用する

従来の
「See one, do one,
teach one」だけでは
不十分

ロボット手術は
“若手教育を変える技術”
であること



ロボット手術の教育的観点からの利点

- **手術室内での同一視野をリアルタイムで共有**

Bed side surgeonはどうやって形成術を行っているかを学ぶことができる
麻酔科医、看護師（器械出し・外回り）も同様に学ぶことができる

- **チーム全体で状況認識が統一**

「術者しか見えていない」という状況が解消
合併症発生時の迅速な対応が可能

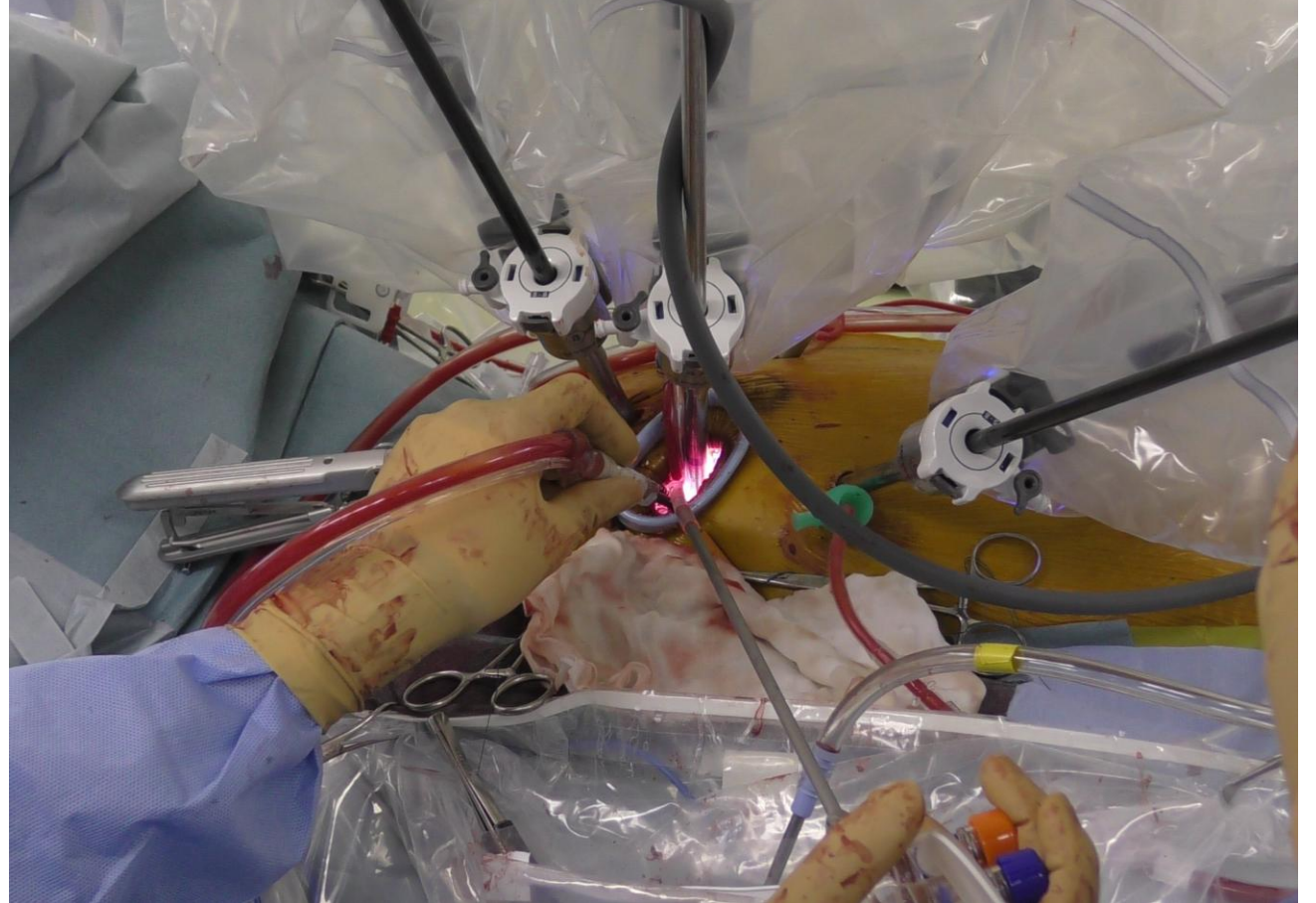
- **総合的に得られる利点**

手術の流れの理解が容易で、チーム医療が強化される

ロボット手術は執刀医(console surgeon)と助手(bed side surgeon)との共同作業

Bed side surgeonの役割

- 開胸
- ポート挿入
- 人工心肺確率
- ロボットドッキング
- 大動脈遮
- アブレーション
- 糸結紮
- コンソール術者へのアドバイス



Bed side surgeonが術野をコントロールしている
影の術者としての役割を果たしており、多くのことを学ぶことができる

Bed side surgeonの技術向上のために

僧帽弁形成術の手術手順の確認

Bed side surgeon の二人体制

術前の3D CTを用いて人工腱索の長さを測定し、手術中にその結果を確認する

術後に、術中画像による振り返り



ロボット手術のチーム体制

2018年

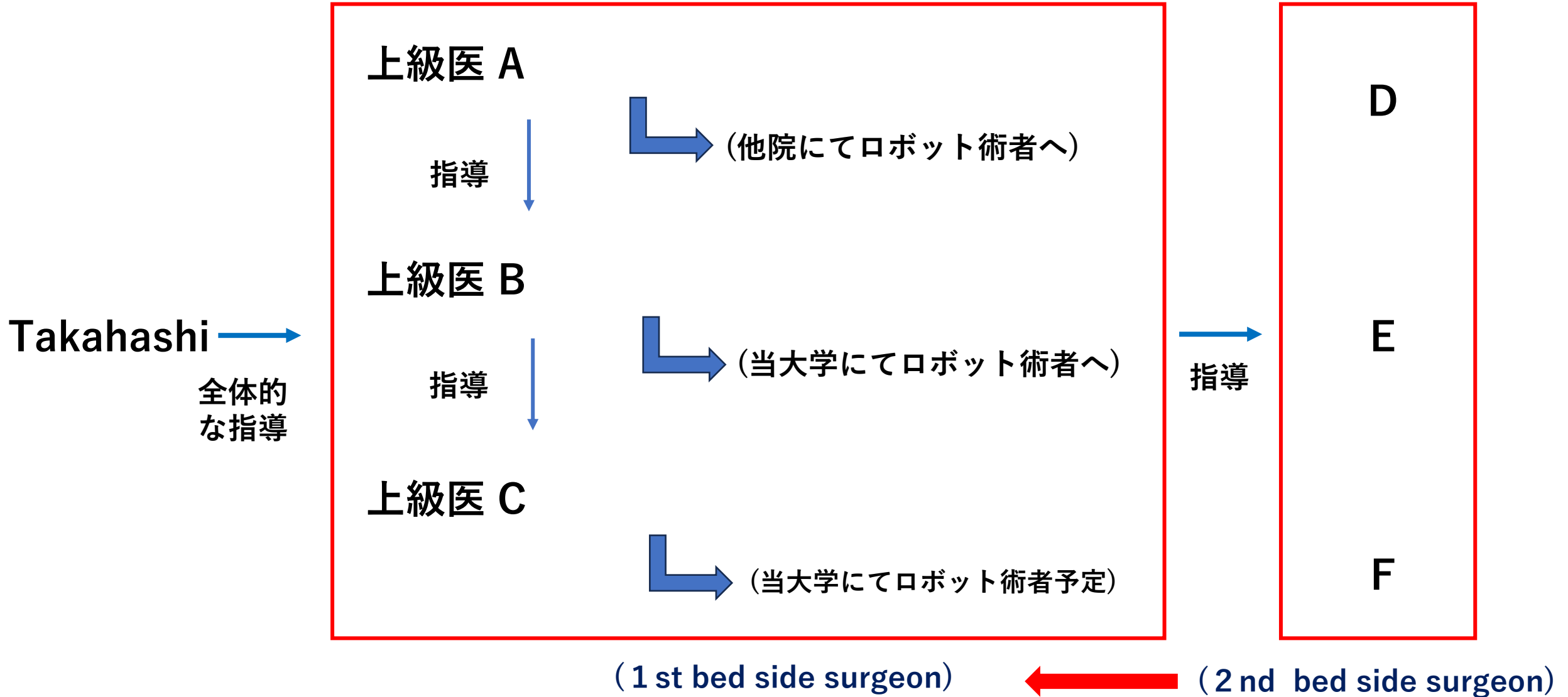
ロボット術者	1st bed side (BS)	2nd bed side (BS)
Takahashi	上級医 A	上級医 B
Takahashi	上級医 B	C or D or E
Takahashi	上級医 C	D or E or F
上級医 B	上級医 C	D or E or F
Takahashi	D or E or F	上級医 B or C



現在

現体制

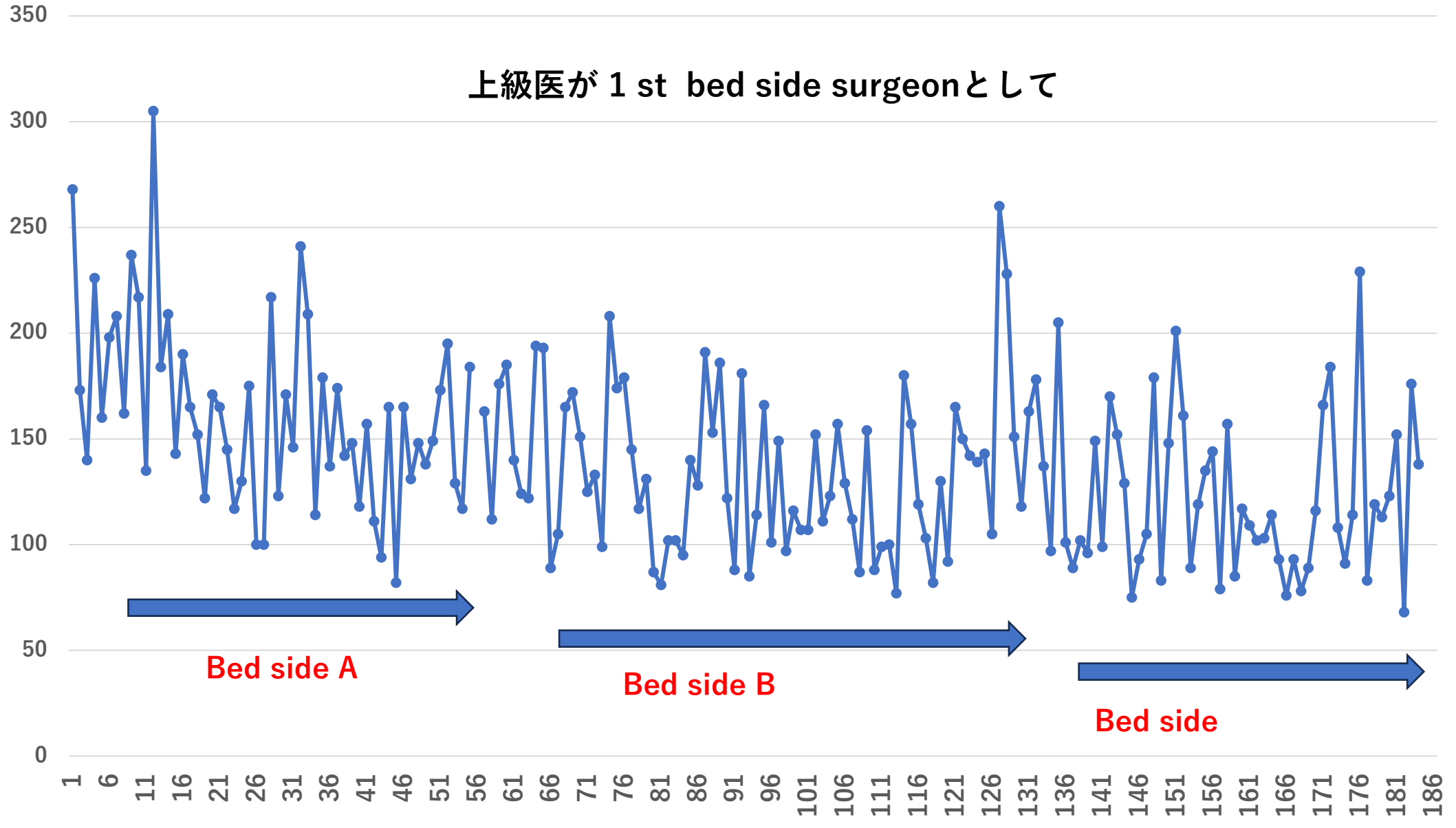
公立大学での Bed side surgeonの育成方法



大動脈遮断時間

(min)

上級医が 1 st bed side surgeonとして



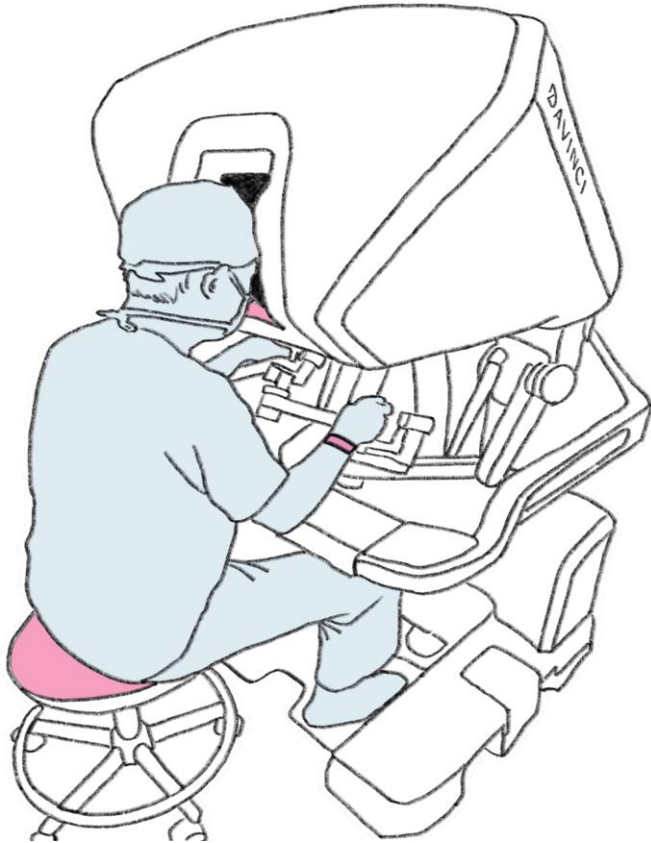
(cases)

**「ロボット手術は一部の先進施設の話ではなく、
患者利益と人材育成を両立させる次世代医療の基盤である」**



大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

ここまで、発展しています Robot 手術の現在



ロボット手術をテーマにした研究

外科×工学（情報学）

外科医だけではなく、
工学者（AIなどの情報学、ロボティクス、
制御工学、画像工学）との共同研究



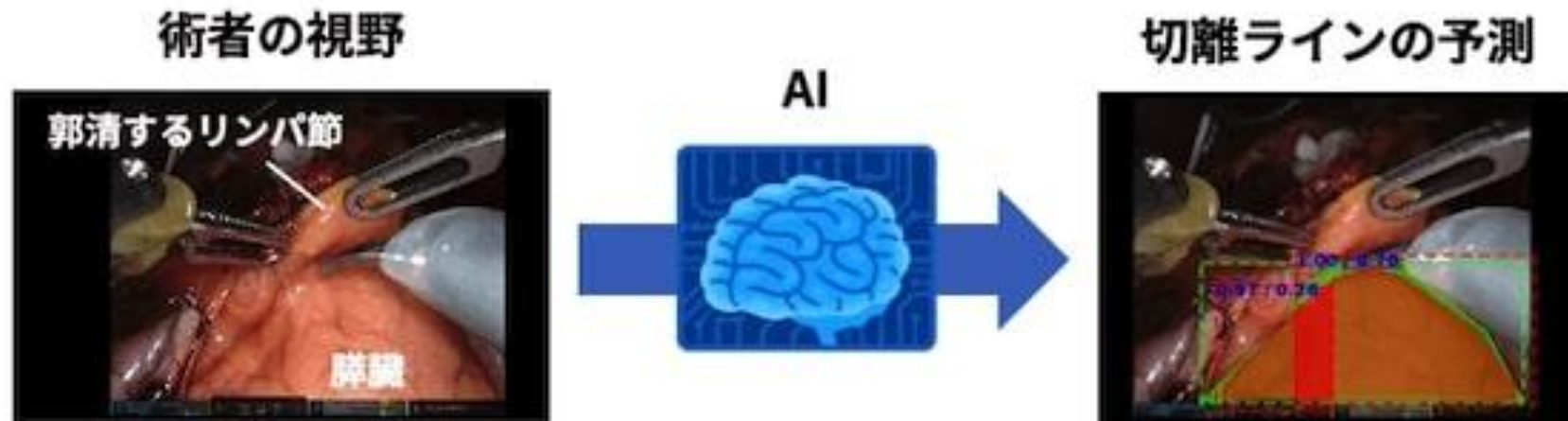
術者の手の動きや技のエッセンスを抽出
ロボット手術でのfeedback機能開発
を目指している



AI による画像支援

- リアルタイムで 血管, 神経, 腫瘍境界 を自動認識・強調表示
- 術中ナビゲーション (いわゆる“手術版Google Map”)
- 危険領域への接近を警告

例：冠動脈の走行を自動トラッキング
LIMA剥離時の安全層の可視化



ソフトウェア補助

ハード（ロボット）よりも重要になる可能性があります

- 手術操作の一部を半自動化
- 手技の標準化（術者間差の減少）
- エラー防止支援（例：過剰な牽引の警告）

具体例：

- 縫合のテンションを自動制御
- 定型操作（吻合など）の自動化
- 手術ログの解析 → フィードバック →

「この操作で時間ロスが多い」
「ここで出血リスクが高い」
「熟練者はこの順序で操作している」
「この手技は改善できる」

👉 将来像：

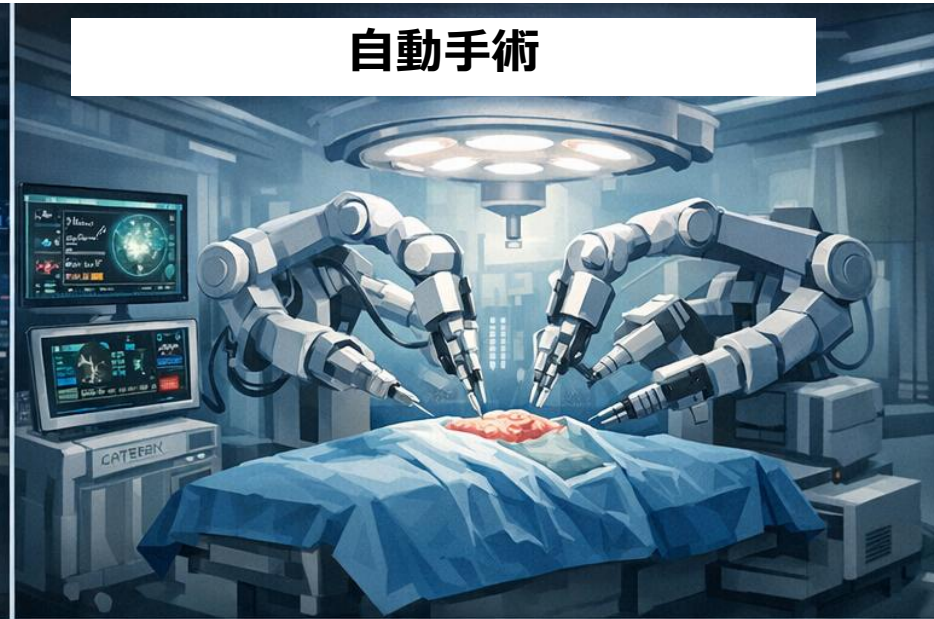
「術者の能力を拡張する“スマート手術支援”」

さらに未来のロボット手術や教育

遠隔手術 (6G, 7G)



自動手術



ビッグデータからAIによる診断、予測



VRを使用した手術トレーニングや
ロボット手術トレーニング



まとめ

- **ロボット心臓手術は**
“患者さんにとって意味のある低侵襲化”
- **ロボット手術は一部の先進施設の話ではなく、**
“人材育成を促進させる次世代医療の基盤である”
- **ロボット手術の未来は**
“術者の能力を拡張する”スマート手術支援を可能にする”





大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

ご静聴ありがとうございました

