



# 最新の人工関節手術支援ロボット 「ROSA Kneeシステム」の導入

和歌山県立医科大学整形外科学講座

西山大介 福井大輔 山中学

- **人工膝関節置換術の概要**
- **ロボットアーム支援システムの概要**
- **ROSAの概要**

和歌山県立医科大学整形外科学講座

西山大介

# 下肢の変形

- 内反(O脚)



変形性膝関節症

- 外反(X脚)



関節リウマチ

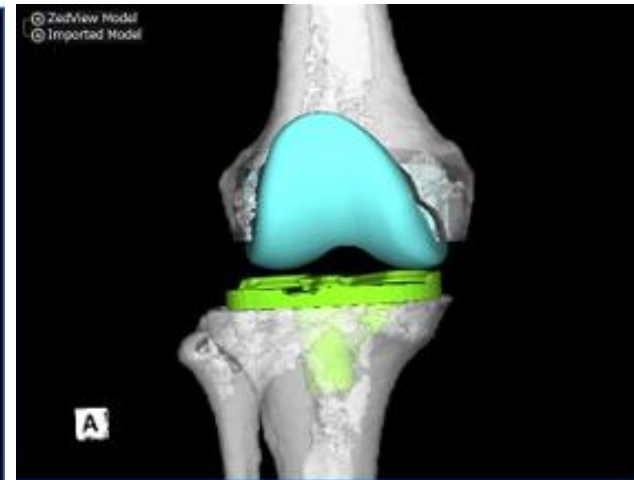
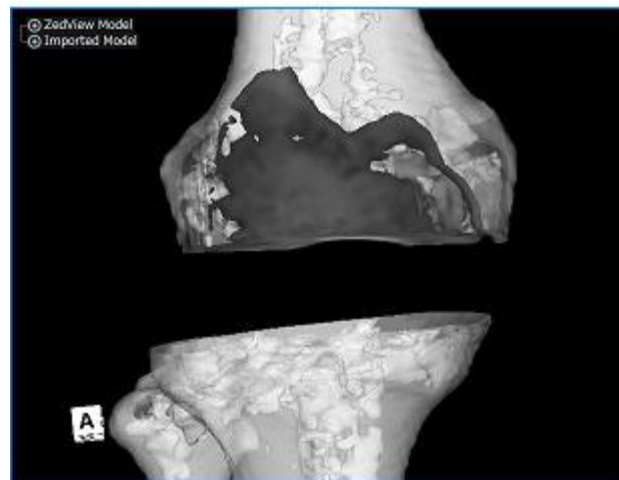
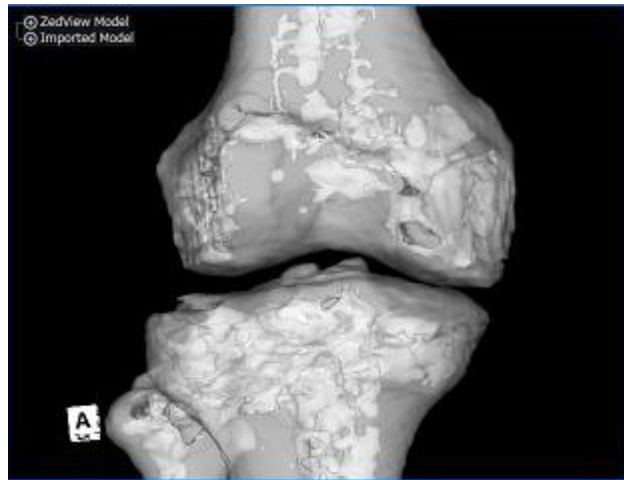
## 変形性膝関節症のかたのレントゲン写真



## 変形性膝関節症のかたの術後レントゲン写真



# 人工膝関節置換術



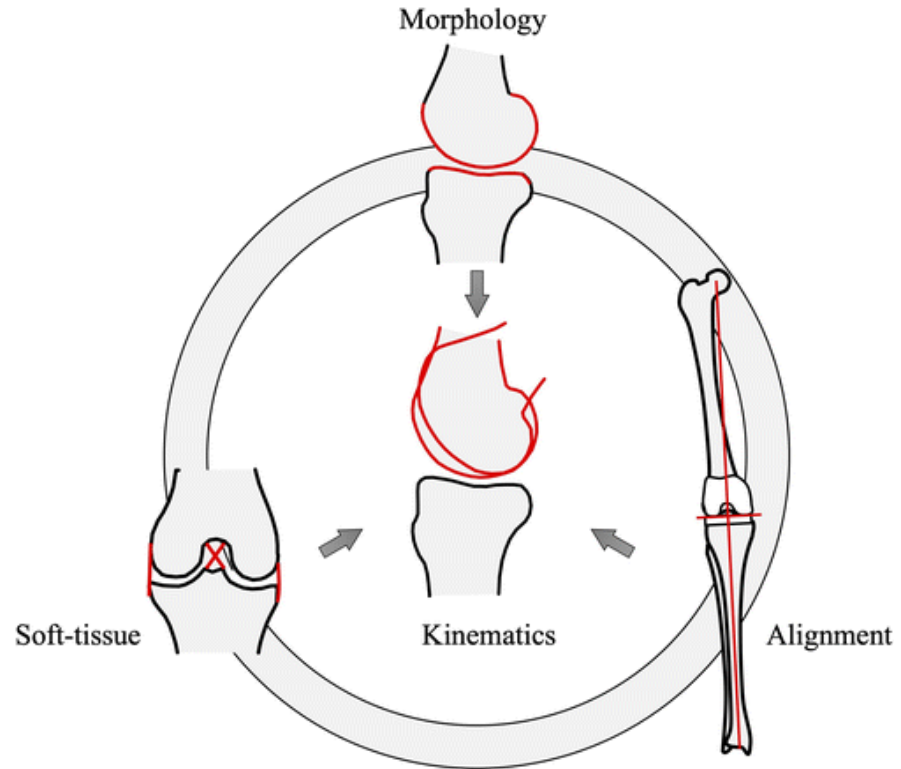
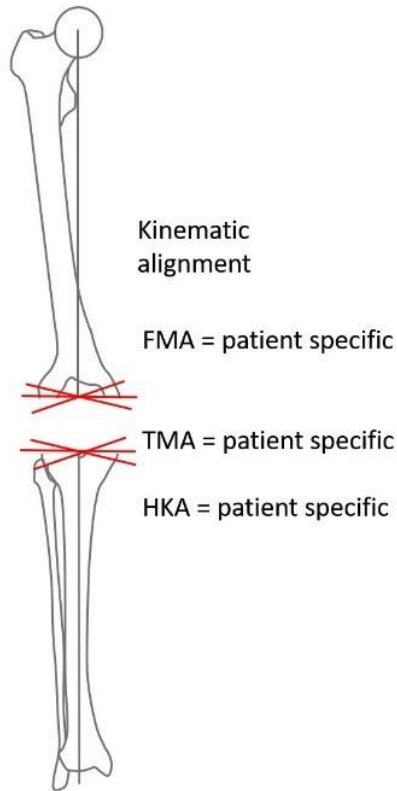
元の骨形態

インプラント（人工関節）が入る厚みだけ正確に骨を切除

インプラント（人工関節）を挿入

# 膝の3つの基本要素；「形態」「アライメント」「軟部組織」

## Kinematic alignment (KA)



T Hiranaka, Bone Jt Open.2022

コンピュータを用いて  
術中計測をもとにすべての要素を調整

# 人工膝関節置換術の手術支援ロボット



2019年に  
stryker社Mako（メイコー）が日本で初めて  
人工膝関節全置換術で薬事承認を取得



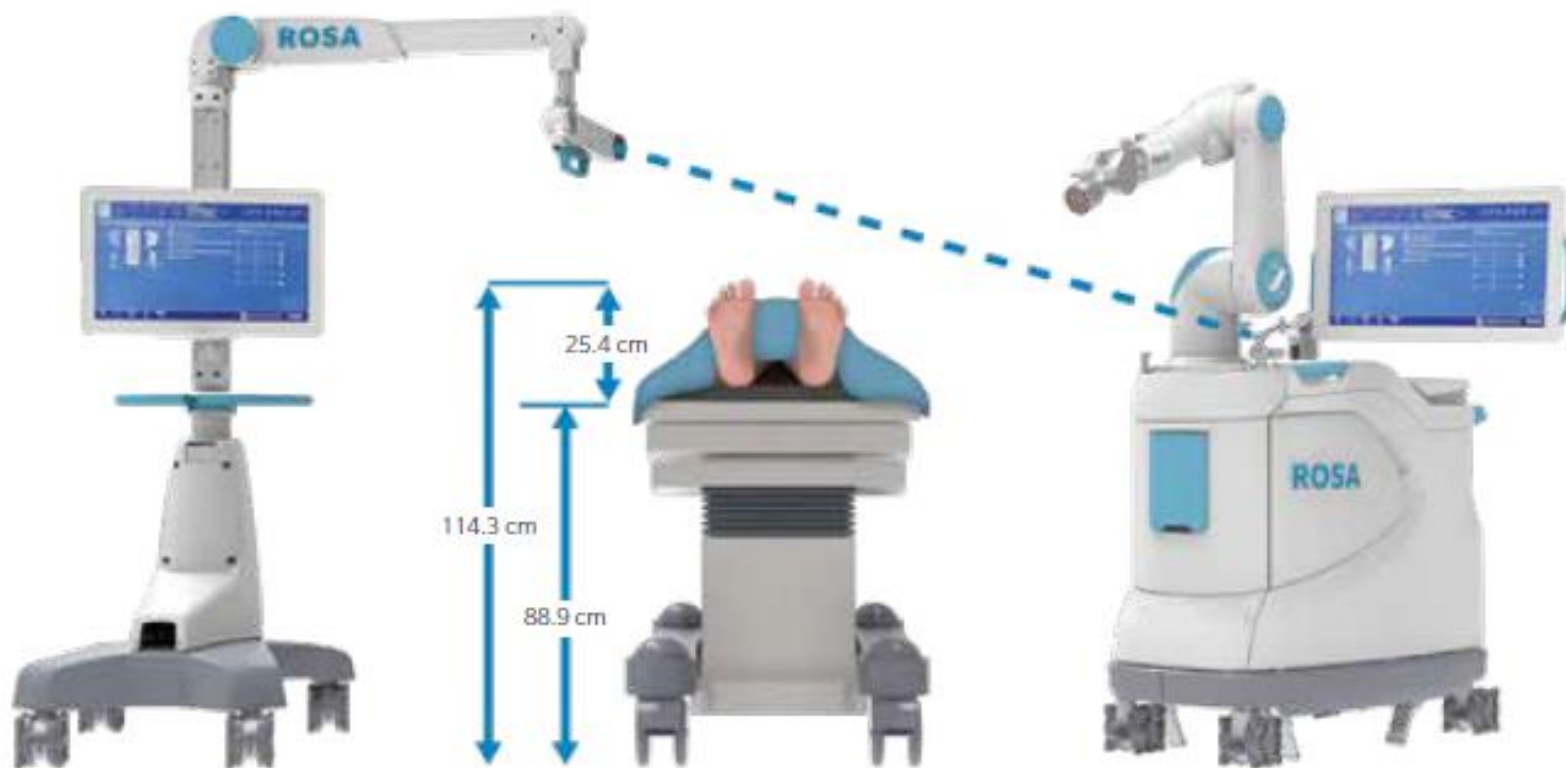
## 本邦で利用できる人工膝関節置換術の手術支援ロボット

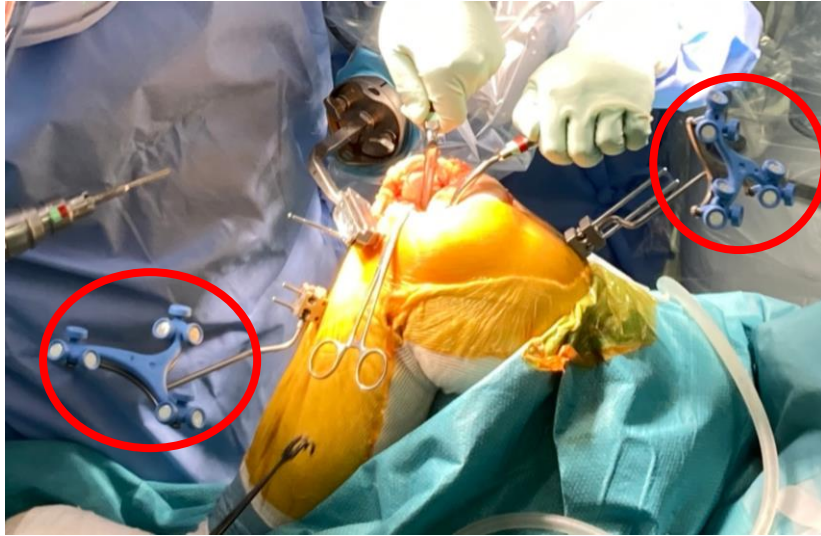
	Mako	CORI	ROSA Knee	VELYS
開発元	Stryker	Smith & Nephew	Zimmer Biomet	Depuy Synthes
アーム先端	ボーンソー	ドリルバー	カットガイド	ボーンソー
特徴	CT画像をベース	両靭帯温存型TKAに対応	通常手技に近い感覚	小型 迅速な追従
				



和歌山医大に  
2022/10月～試験導入  
2023/4月～正式導入

# 「ROSA knee システム」



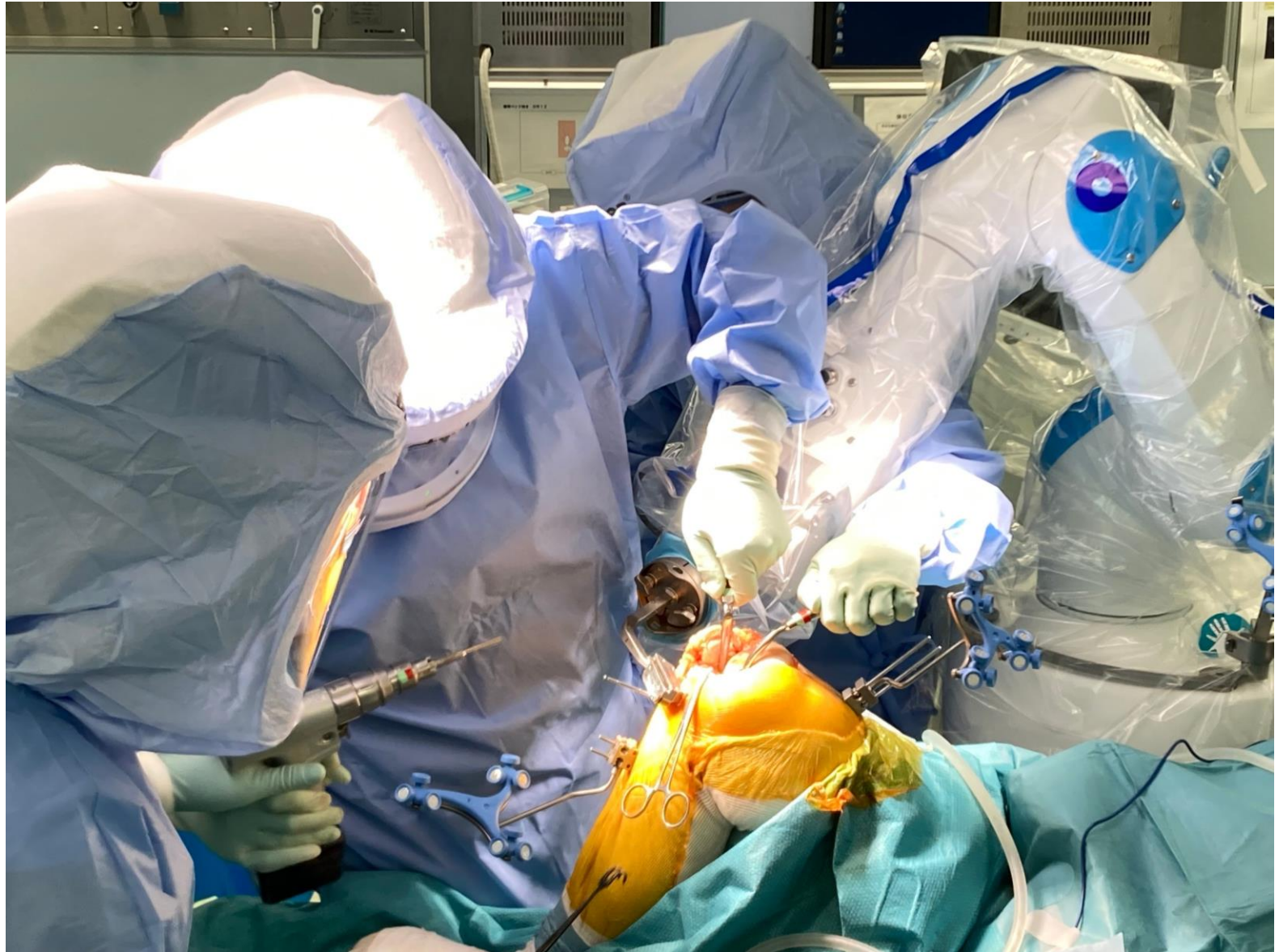


赤外線マーカー



術中に設置位置を調整





# • ROSA Robot Arm

- プログラムされた術中計画の位置に、カットブロックを誘導
- ピン固定まで骨の動きを追従
- 精度の高い骨切りをサポート

## 1つのカットブロックで

- ✓ 大腿骨遠位骨切り
- ✓ 脛骨近位骨切り
- ✓ 大腿骨の外旋およびサイズの決定が可能



Accurate

ロボットアームアシストによるリカット



## Balancing Soft tissue

- Gapの数値化
- 術中微調整
- Turning art into a science



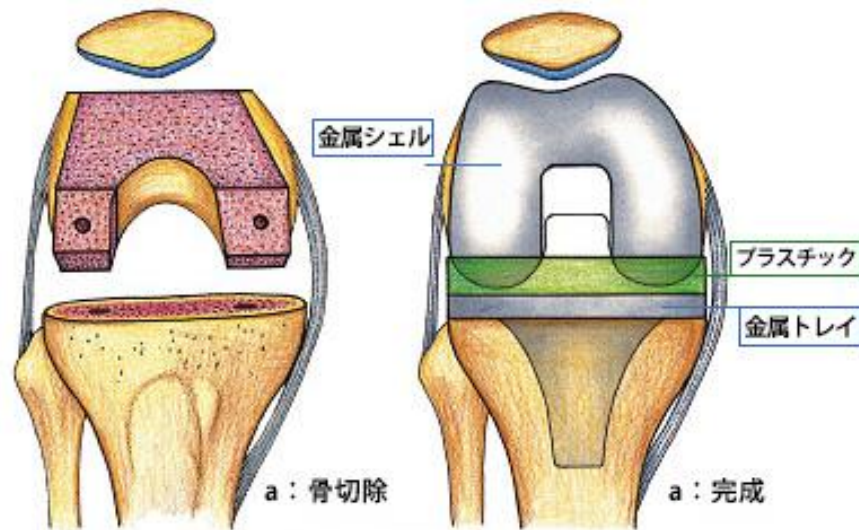
- 当院での使用成績

和歌山県立医科大学整形外科学講座  
福井大輔



# 原則

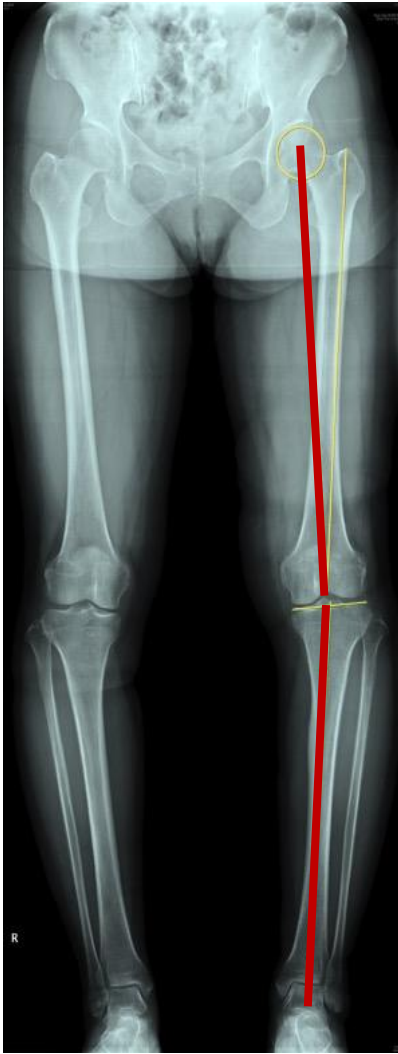
傷んだ**膝関節面**（大腿骨遠位・脛骨近位）を切り取り、**インプラント**が入る**隙間**を作成



# 目標 ① アライメント

- インプラントの設置目標  
インプラントの設置面が**大腿骨**、**脛骨機能軸**に対して**直角**に近くなるように設置する





## 下肢のアライメント

大腿骨機能軸  
股関節中心と膝関節中心を結んだ線

Hip-knee-ankle (HKA) angle

大腿機能軸・脛骨骨軸の角度

正常 3~6°

脛骨機能軸 = 脛骨骨軸

# 人工膝関節後のアライメント

- 3度以上の内反群は脛骨のlooseningが多い

(Lee BS, Clin Orthop Relat Res.2018)

- 3度以上の内反群は脛骨のmigrationが多い

(Hamersveid KT, J Bone Joint Surg Am.2019)

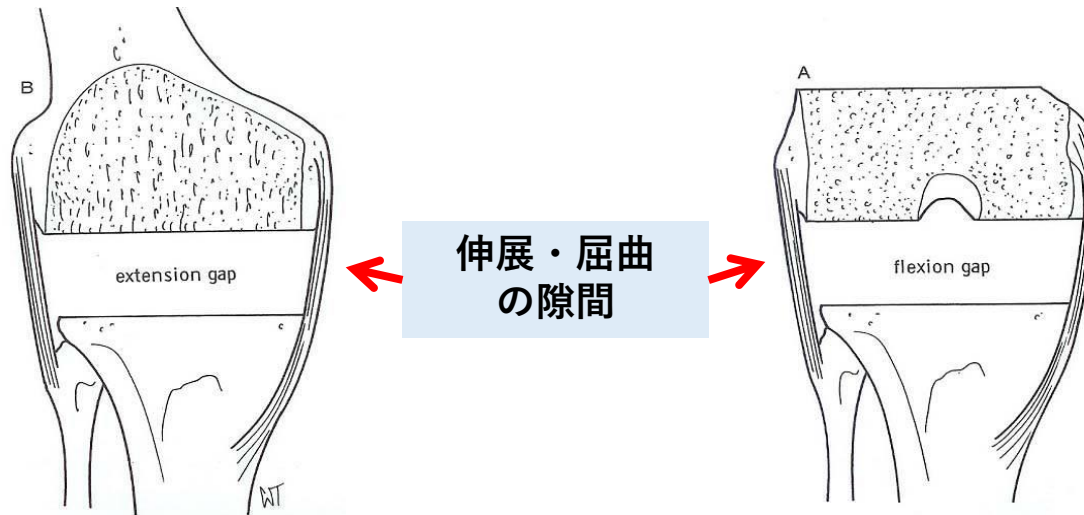
- 生存率：neutral alignment > 3～6度内反 > 6度以上内反

(Oh SM, Orthop Traumatol Surg Res.2019)

## 目標 ② ギャップ

- ・ バランスの調整

膝を**伸展**した時と、**屈曲**した時の**隙間 (ギャップ)**を整える



# 人工膝関節の軟部組織バランス

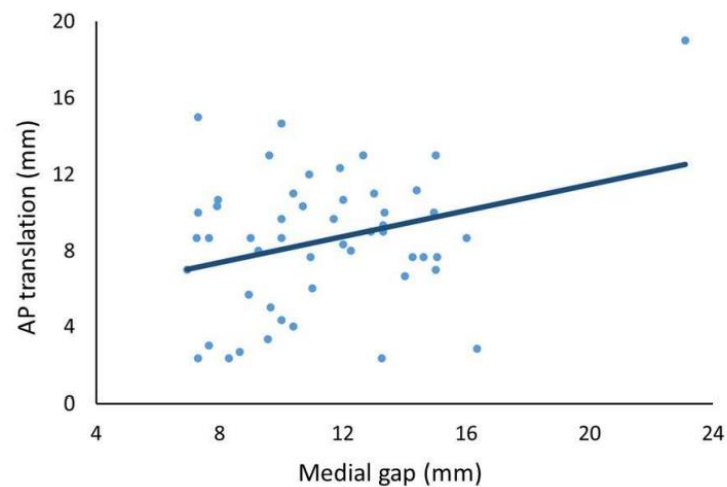
- 正常膝において内側支持機構より外側は約2.5mm緩い

(Okazaki K, J Orthop Sci. 2006)

- 内側弛緩が増加すると、前後不安定性も増加

→患者満足度低下の要因

(Nakamura S, J Arthrop. 2018)



# ロボット支援下人工膝関節置換術 成績

# 術前の患者背景

21名 24膝

年齢 (歳)	75.7 ± 9.81
性別 (男 : 女)	男性 7 : 女性 14
左右	左膝 15 : 右膝 9

## 調査項目

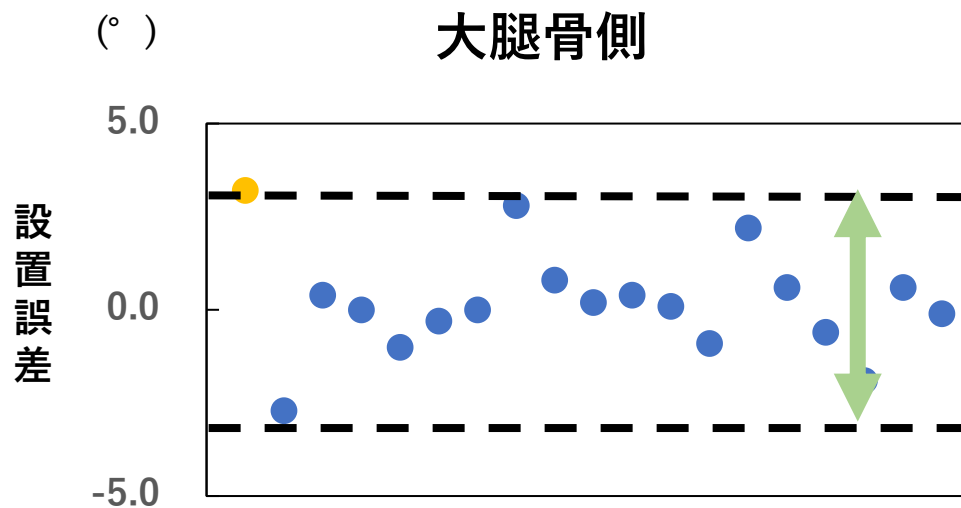
インプラントの設置精度

インプラント設置後の最終ギャップ



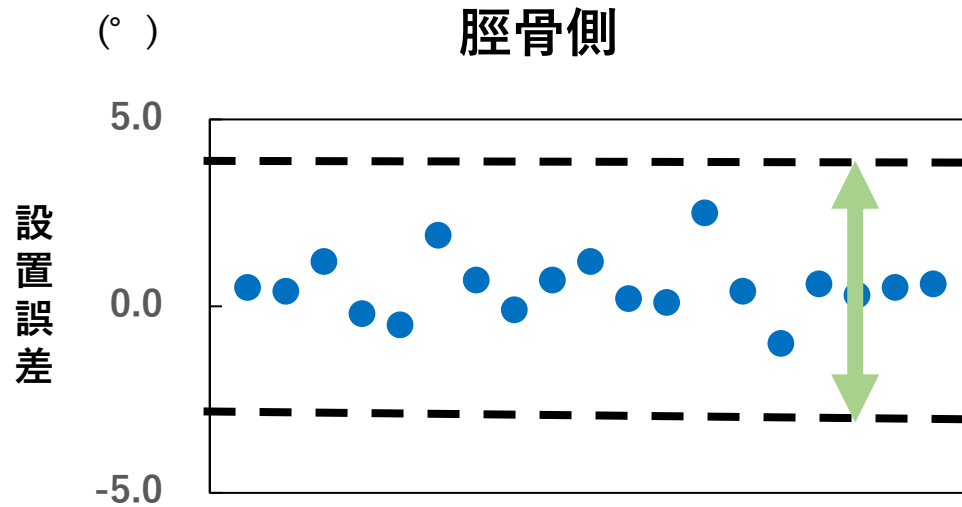
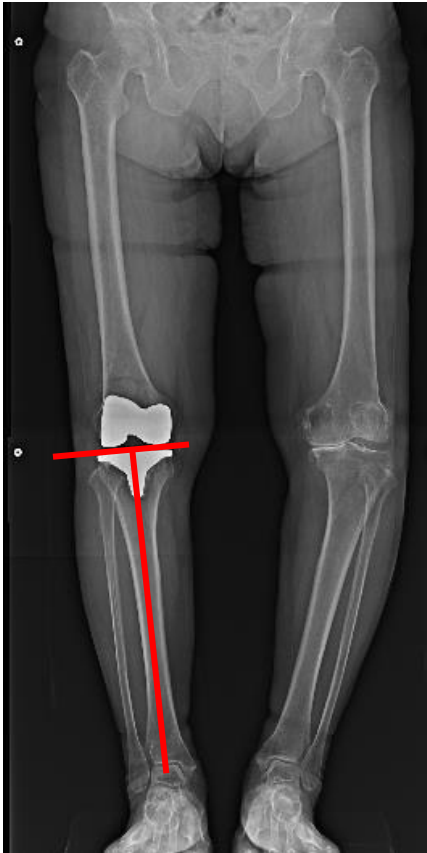
# インプラントの設置精度

# インプラント設置角度の精度



設置誤差平均 : 0.90 度

3度以上の設置誤差 : 5.3 %



設置誤差平均 : 0.72 度

3度以上の設置誤差 : 0.0 %

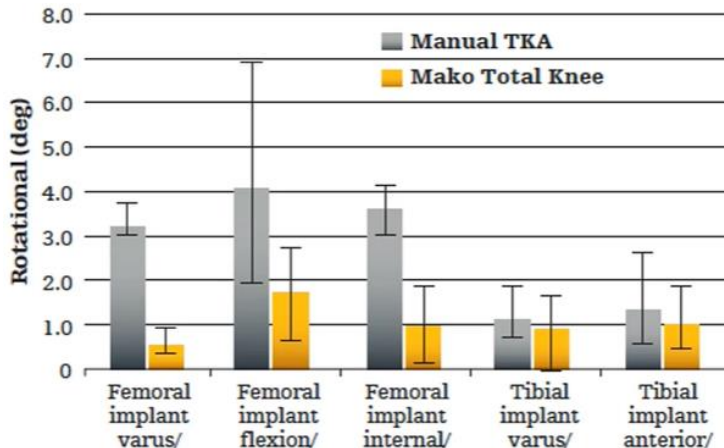
# 正確性

機能軸に対する3度以上の誤差

- Conventional TKA : 31.8 %
- Computer assisted TKA : 9.0 %

Masson JB, J Arthrop, 2007

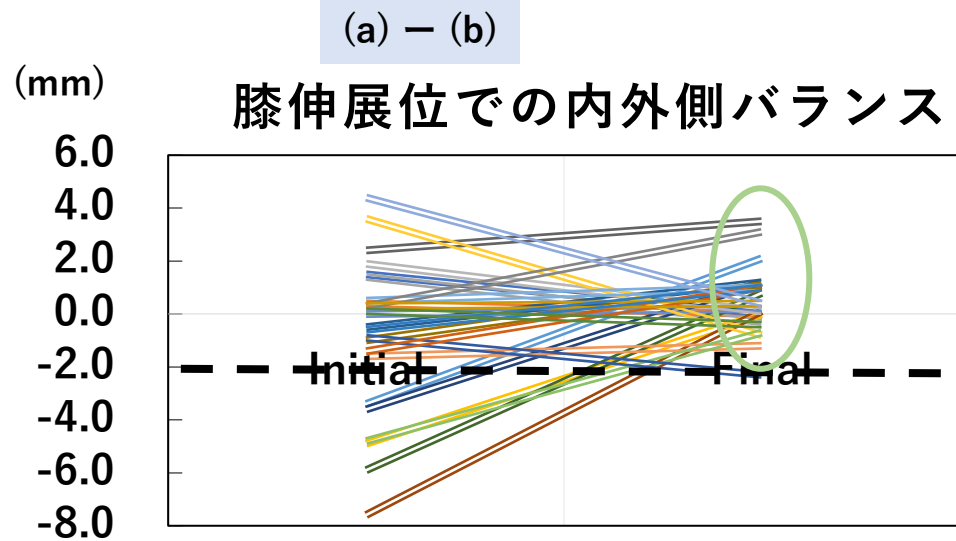
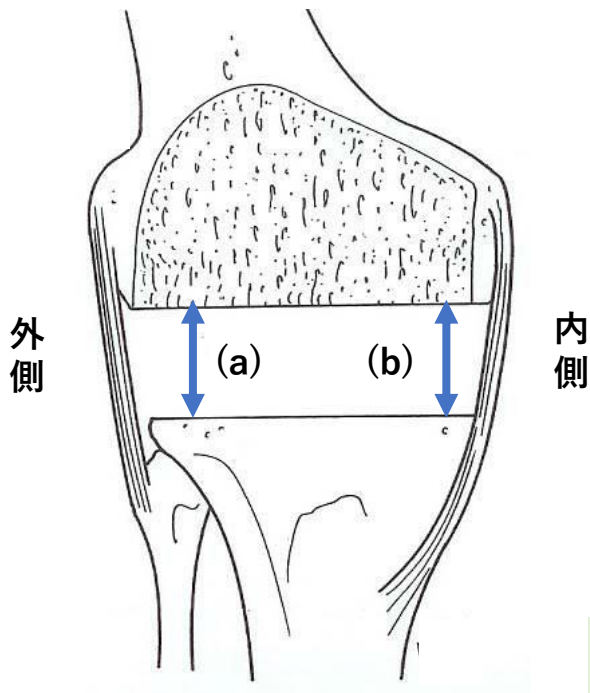
ナビゲーションなどの  
Computer assisted手術  
の発展により誤差は減少



ロボット支援下手術では、  
更に正確なインプラント  
設置が行える

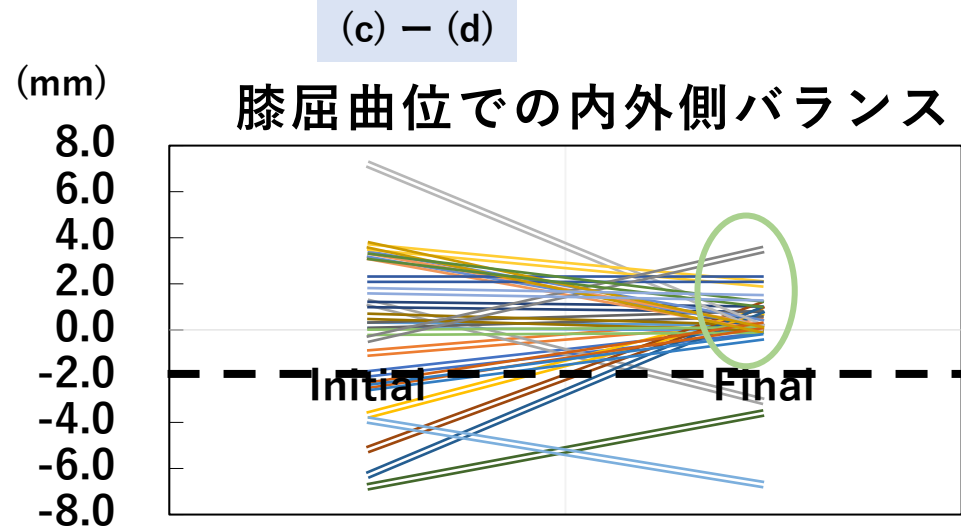
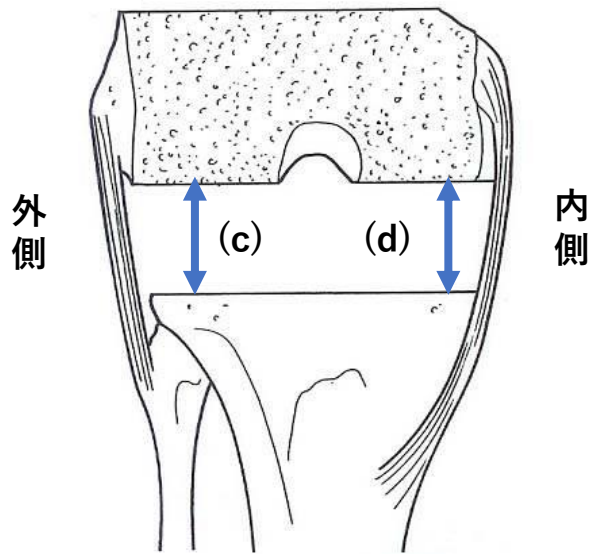
インプラント設置後の最終ギャップ

# 膝伸展位での内外側バランス差



良好なバランス ( $-2\text{mm} < (a) - (b)$ ) 獲得率: **95.8%**

# 膝屈曲位での内外側バランス差



良好なバランス ( $-2\text{mm} < (c) - (d)$ ) 獲得率: **88.0%**

# ロボット支援下人工膝関節 中間成績

- インプラントの設置精度
- インプラント設置後のバランス

共に良好な結果であった



- **代表的症例の経過**

和歌山県立医科大学整形外科学講座  
山中学

ロボットアームを使用した  
人工膝関節置換術の実際

立っている時



膝を曲げている時



# 手術動画



ご本人より許可をいただいております。

**FEMUR VARUS/VALGUS**  
**0.0°**

**STYLUS HEIGHT**  
**3.5 mm**

**VIEW**

Extension

Flexion

Axial Tibia

**SHOW**

Implants

Cuts

Axes

Landmarks

Balance

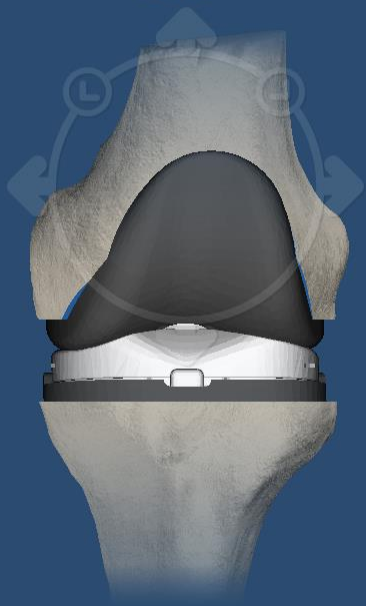
Restore Pre-Plan

**DISTAL RESECTION**  
**10.0 mm**

POSTERIOR RESECTION  
**9.5 mm**

**M**

**PROXIMAL RESECTION**  
**9.0 mm**



**FEMUR**

**DISTAL RESECTION**  
**7.5 mm**


POSTERIOR RESECTION  
**7.5 mm**

SPACE  
**0.0 mm**

CUTS  
**19.0 mm**  
**19.0 mm**  
FLEX. 20.5 mm

**L**

**PROXIMAL RESECTION**  
**9.0 mm**



**EXTENSION 0°**

SPACE  
**4.5 mm**

COMPONENT  
**19.0 mm**

CUTS  
**16.5 mm**  
**21.0 mm**  
FLEX. 20.5 mm

**M**    **L**

**TIBIA VARUS/VALGUS**  
**0.0°**

**SURGEON** **SETUP** **FEMUR** **TIBIA** **EVALUATION** **PLANNING**

CHECKPOINT ✓ FEMORAL DISTAL RESECTION ✓

**FEMUR VARUS**  
✓ **0.5°**  
FEMUR VARUS  
0.5°

**FLEXION**  
✓ **3.5°**  
FLEXION  
3.5°

**RESECTION**  
✓ **11.0 mm**  
11.0 mm

**RESECTION**  
✓ **8.0 mm**  
8.5 mm

**RESECTION**  
✓ **7.0 mm**  
7.0 mm

**RESECTION**  
✓ **6.0 mm**  
6.0 mm

**POSTERIOR SLOPE**  
✓ **4.0°**  
POSTERIOR SLOPE  
4.0°

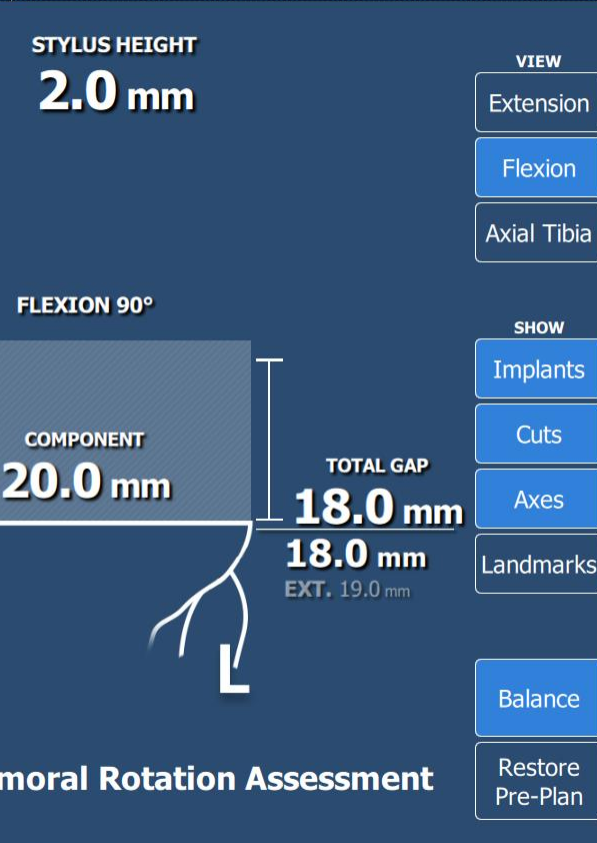
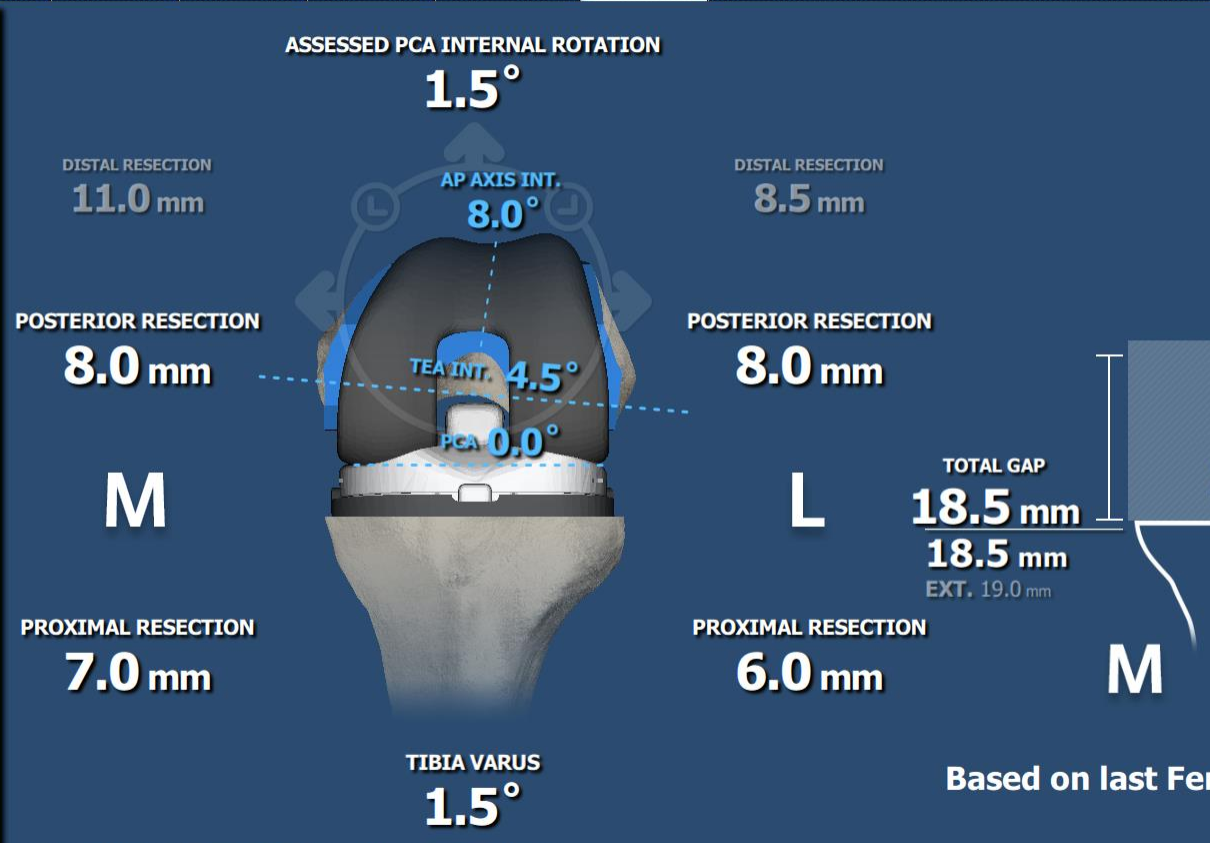
**TIBIA VARUS**  
✓ **1.5°**  
TIBIA VARUS  
1.5°

Plan

**MENU** **CAMERA** **SNAPSHOT** **HKA** **ROSA HOME**

The image shows a screenshot of a surgical planning software interface. At the top, there is a navigation bar with icons for SURGEON, SETUP, FEMUR, TIBIA, EVALUATION, and PLANNING. Below this is a secondary bar with 'CHECKPOINT' and 'FEMORAL DISTAL RESECTION' indicators. The main area displays several key metrics: FEMUR VARUS (0.5°), FLEXION (3.5°), and TIBIA VARUS (1.5°). There are also four resection measurements: 11.0 mm, 8.0 mm, 7.0 mm, and 6.0 mm, and a POSTERIOR SLOPE of 4.0°. A 'Plan' button is located at the bottom left of the main area. At the very bottom, there is a control bar with icons for MENU, CAMERA, SNAPSHOT, HKA, and ROSA HOME.

RESECTIONS



Based on last Femoral Rotation Assessment

**SURGEON** **SETUP** **FEMUR** **TIBIA** **EVALUATION** **PLANNING** **CASE PRO IMP PAT**

CHECKPOINT ✓ FEMORAL DISTAL RESECTION ✓ TIBIA PROXIMAL RESECTION

**LIVE CUT VALUES**

M L

TEA INT. ✓ **4.5°**  
TEA INT. **4.5°**

RESECTION ✓ **8.0 mm**  
8.0 mm

RESECTION ✓ **8.5 mm**  
8.0 mm

PCA NEUTRAL ✓ **0.0°**  
PCA NEUTRAL **0.0°**

Plan

**Persona - DO NOT M**

**MENU** **CAMERA** **SNAPSHOT** **HKA** **ROSA HOME**





# 術後 5 日目



ご本人より許可をいただいております。