



シンポジウム

ESWT と集学的治療 ～どんな治療を、どのタイミングで、どのように組み合わせるか～」

膝 OAに対する体外衝撃波治療と集学的治療 (HA、APS、MSC、Coolief)

中里伸也^{1,2,4}，熊井司^{2,3}

¹Nクリニック，²本町Nクリニック，³早稲田大学スポーツ科学学術院，

⁴早稲田大学スポーツ科学研究科



変形性膝関節症(膝OA)に対する治療戦略

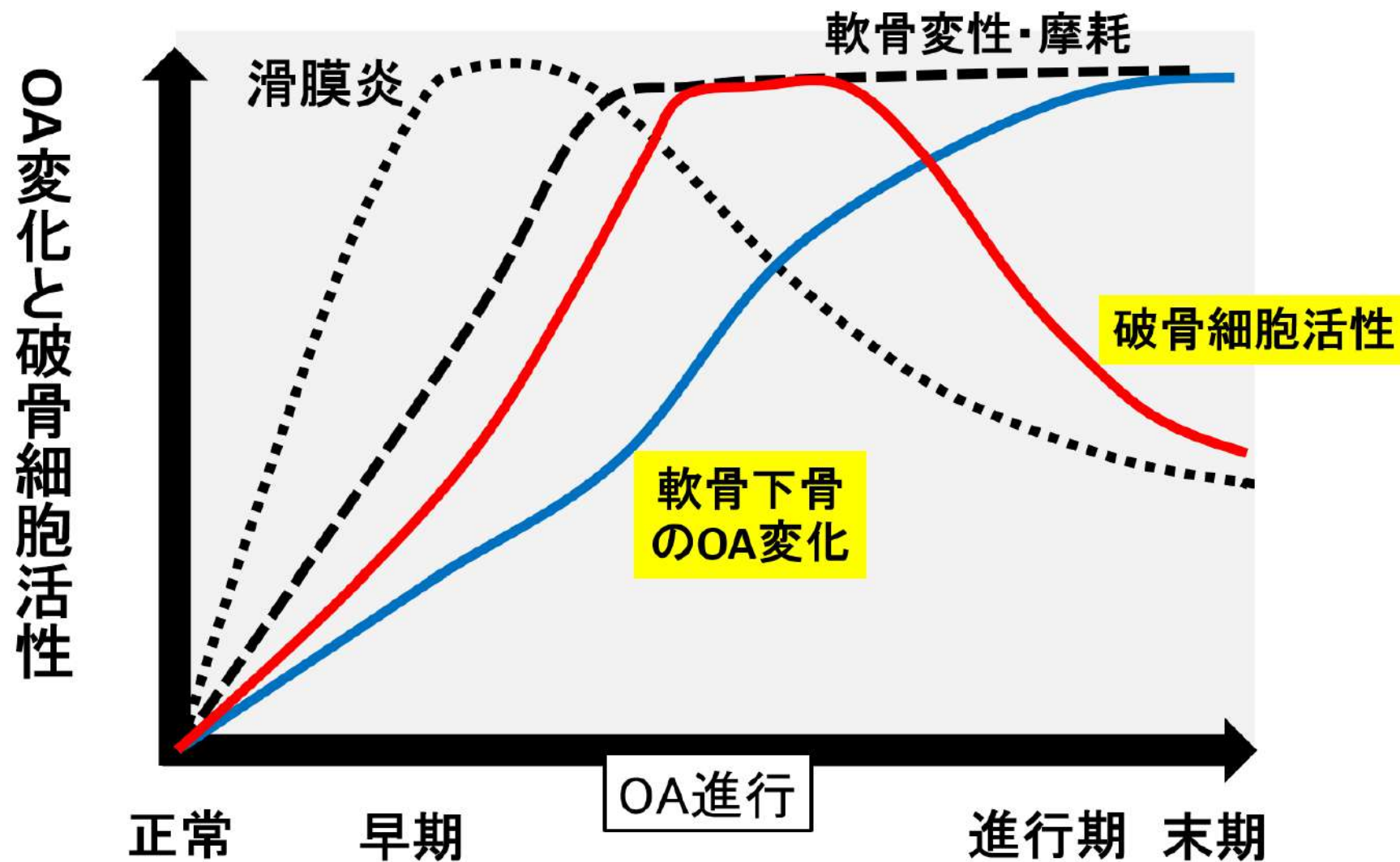
- 膝OAの、
- 自然史を考慮に入れて
- それぞれの治療がどの部位をターゲットにしているのか？
- 直接的に或いは間接的に患部に働きかけているのか？
- その治療はといった何を目的で行っているのか？

を理解したうえで行わなければならない。

集学的治療 ⇒ ただ闇雲に組み合わせれば良いというものではない

膝OAの自然史(阿漕2019)

(半月板切除誘発ラット膝OAモデルのOA変化進行)



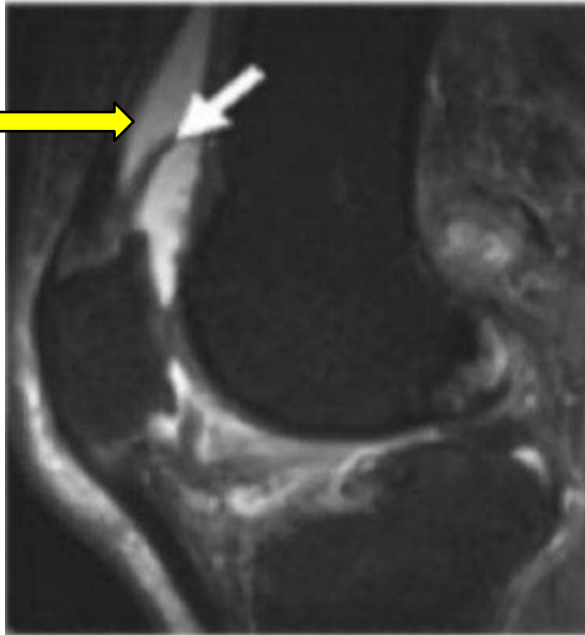
膝OAの痛みの原因(阿漕2019)

滑膜炎／水腫と骨髄異常病変(BML)があり

それぞれが**独立して痛みに関与**

関節腔内病変

滑膜炎・水腫



軟骨下骨病変

Bone marrow lesion(BML)



関節腔外病態

筋力低下、柔軟性低下

関節腔外の病態は
軟骨下骨病変や
関節腔内の病態と
複雑に関連して痛みと関与

- 膝OAの痛みの治療を考慮する際には個々の痛みの病態を理解し、それぞれに対して適切なアプローチを行うことが重要

膝OAに対する保存的療法(ターゲット別)

- 滑膜炎をターゲット: ヒアルロン酸、PRP、APS、MSCの関節内投与、RPW
- 軟骨下骨病変をターゲット: ESWT(FSW) PRPやMSCの骨内投与
- 関節外病変をターゲット: 理学療法、腱⇒FSW 筋肉⇒RPW US SIS(高電磁波誘導器)
- 神経をターゲット: 神経ブロック注射、Coolief(RFA:ラジオ波神経焼灼術)
- 直接的アプローチand/or間接的アプローチ
直接的アプローチ: FSW、RPW
間接的アプローチ: 理学療法、物理療法、SIS(高電磁波誘導器)

膝OAに対する保存的療法(目的別)

- **鎮痛だけを目的**とするもの

鎮痛剤、ステロイド、**ヒアルロン酸!?**、ブロック注射、**Coolief**
(RFA:ラジオ波神経焼灼術)

- **鎮痛だけではなく組織の修復**を目指すもの

体外衝撃波治療：FSW (集束型体外衝撃波)、RPW(拡散型圧力波)

Orthobiologics (PRP、APS、MSC)の関節内投与and/or骨内投与

体外衝撃波治療との集学的治療の目的

- **FSW**:**軟骨下骨病変（BML）**の改善
- **RPW**:**滑膜炎**の改善
- **FSW**や**RPW**はHAやMSCやPRPの**吸収やホーミングや治療効果を増強**
- **相加効果**（違う部位をターゲットとした組み合わせ）：HA + FSW
PRP（APS） + FSW MSC関節内投与 + FSW FSW + RPW
- **相乗効果**（同じ部位をターゲットとした組み合わせ）：MSC骨内投与
+ FSW PRPやMSCの関節内投与 + RPW

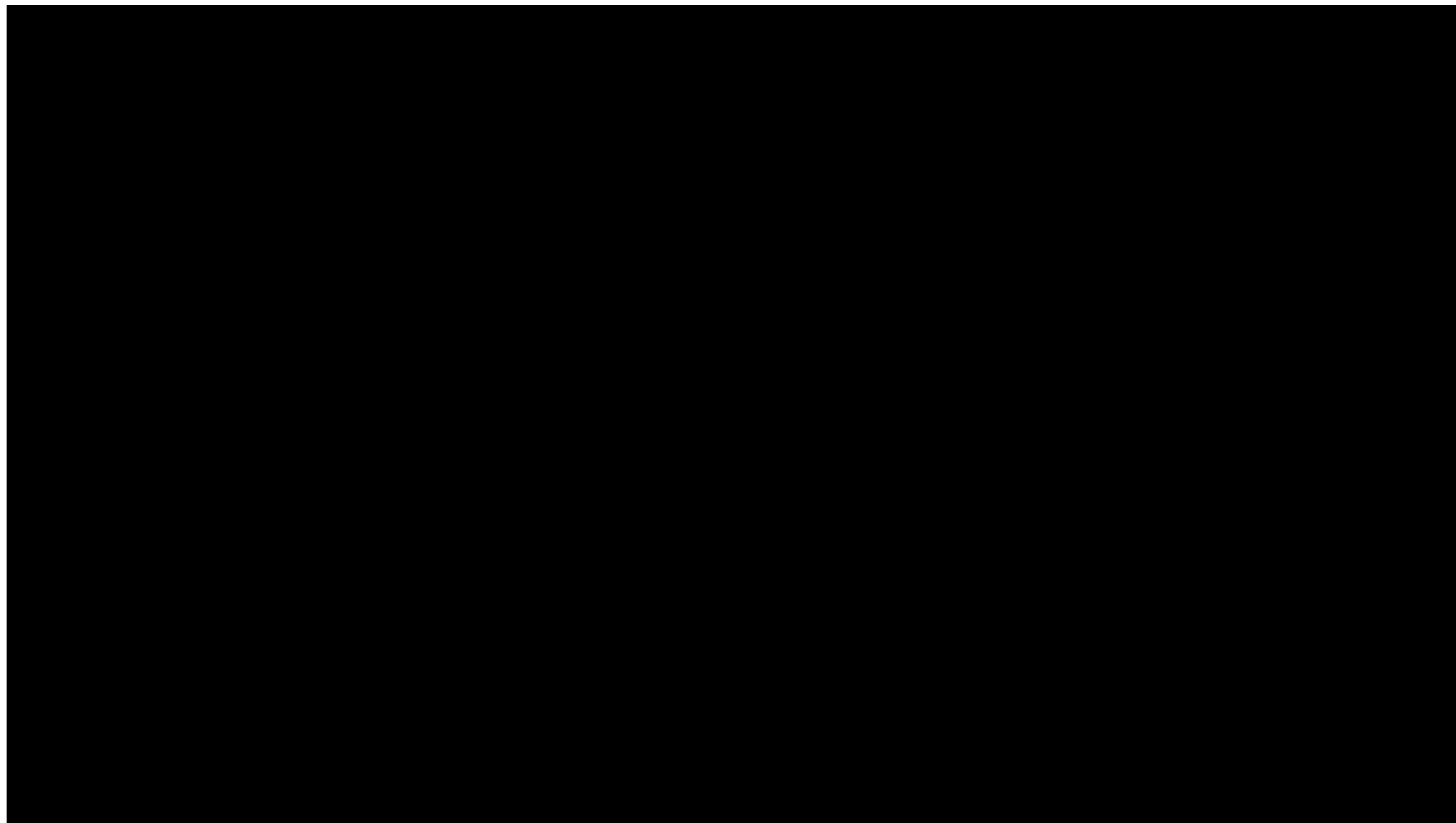
膝OAのBMLに対するESWT

集束型体外衝撃波 DUOLITH SD1(STORZ MEDICAL：スイス)

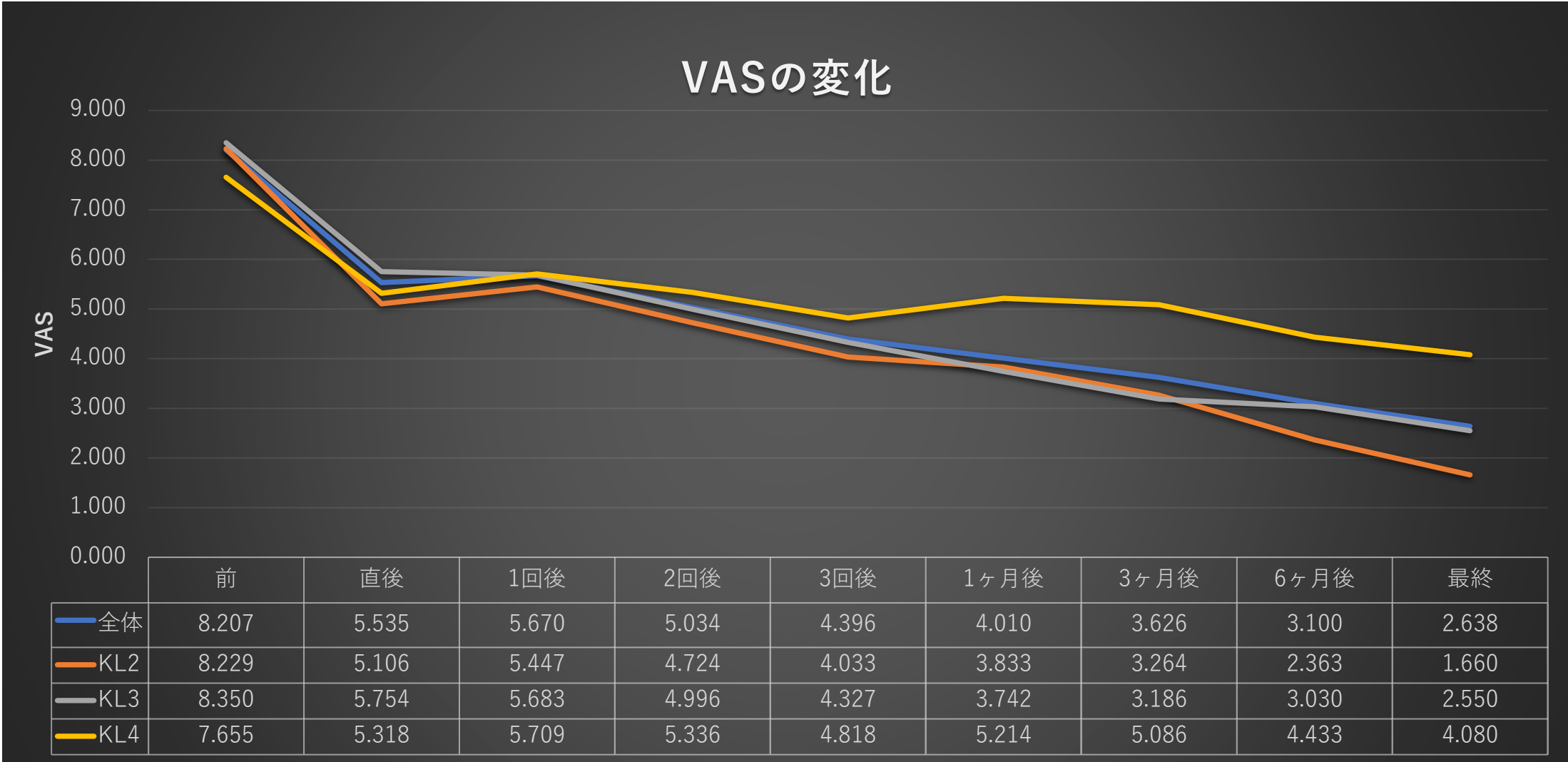
Bone marrow
lesion(BML)に対す
る体外衝撃波治療
(ESWT)が有効

エコーは半月板や
軟骨の菲薄化した
部位を探す

f-ESWTによる変性
半月板やBMLの治
療



BMLを有する膝OAに対するESWT VASの変化(KL分類別)



重症度にかかわらず照射後すぐに効果が表れる 3回程度まで一様に痛みが改善される KL 4 では頭打ちになる

膝OAのBMLに対する体外衝撃波治療(ESWT)



膝OAのBMLに対するESWTの効果
短期（3か月）のKOOS平均値の変化

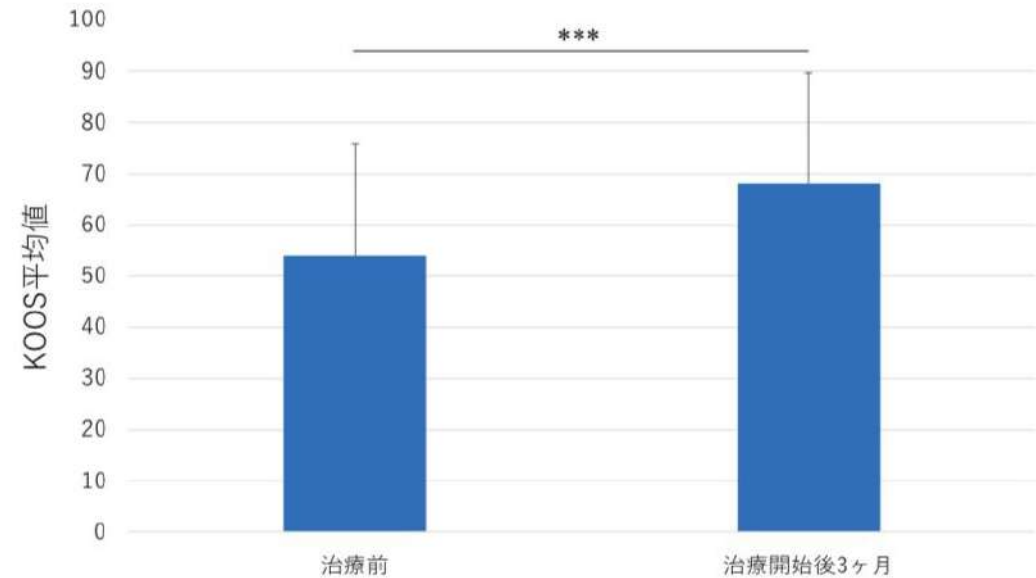
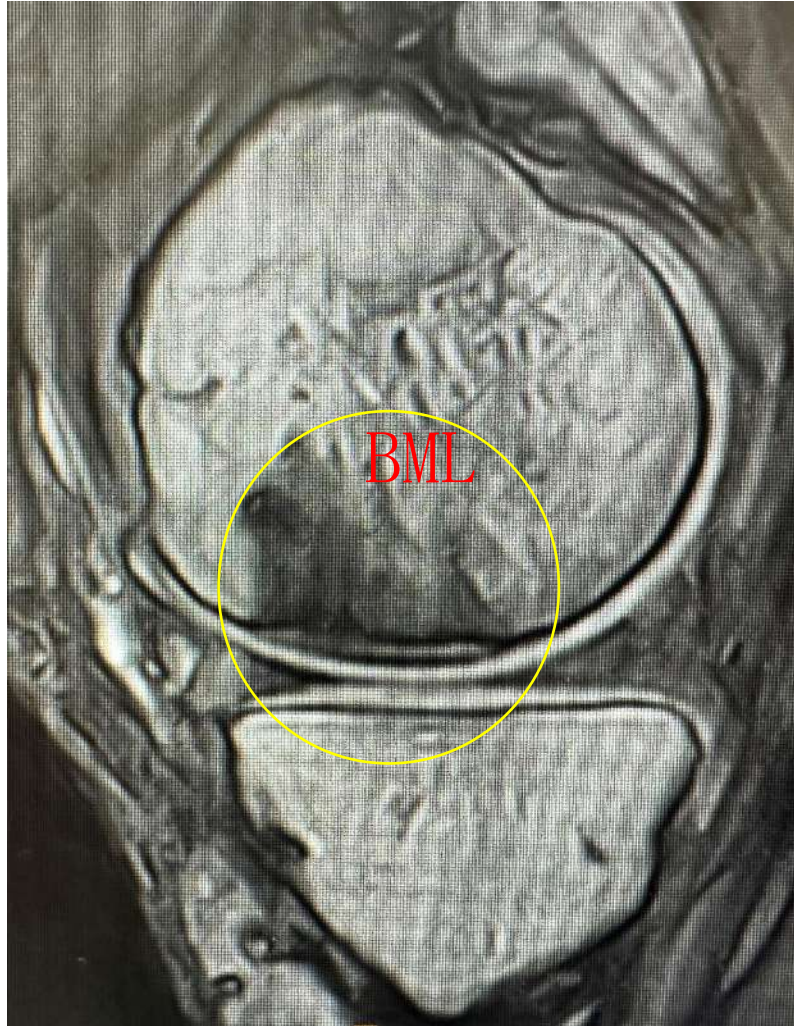


図1. 全症例 (n=31) のKOOS平均値の変化。治療前と治療開始3か月後の間に有意な改善を認めた (対応のあるt検定、***: $p<0.001$)。

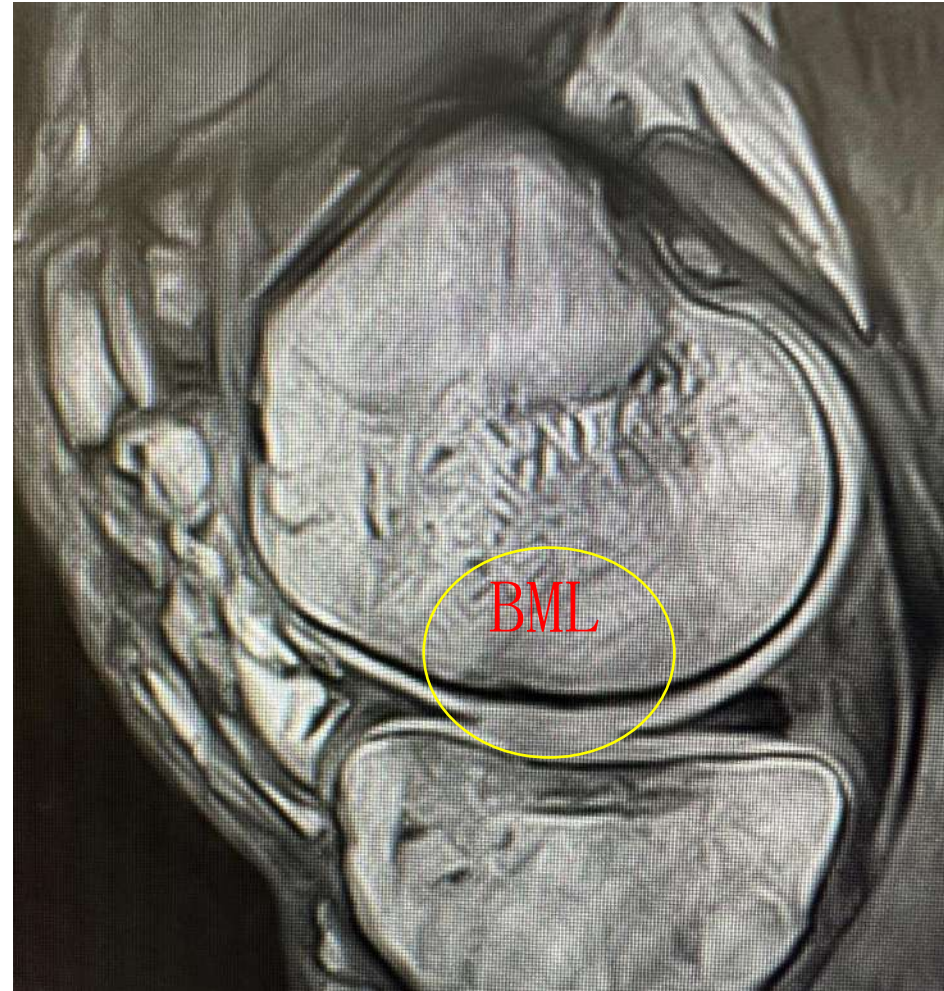
- 病的な自由神経終末の破壊による疼痛改善効果
- 新生血管の増生による組織修復効果
- 重症度の高いBMLを有する膝OAには限定的

KOOS平均スコアは 治療前**54.0** (±**26.4**) から
3か月後**68.1** (±**25.7**) と3か月後に有意に改善

照射開始前と1年後のMRI



照射前



照射1年後

12か月に13回ESWT照射 BMLの縮小 軟骨層の拡大！

膝OAに対するヒアルロン酸とESWTの併用療法

RESEARCH ARTICLE

Hyaluronic Acid (HA), Platelet-Rich Plasm and Extracorporeal Shock Wave Therapy (ESWT) promote human chondrocyte regeneration *in vitro* and ESWT-mediated increase of CD44 expression enhances their susceptibility to HA treatment

Mario Vetrano^{1,2}, Danilo Ranieri³, Monica Nanni³, Antonio Pavan^{2,3}, Florence Malisan⁴, Maria Chiara Vulpiani^{1,2}, Vincenzo Visco^{2,3*}

¹ Department of Surgical and Medical Sciences and Translational Medicine, Faculty of Medicine and Psychology, "Sapienza" University of Rome, Rome, Italy, ² Sant'Andrea University Hospital, Rome, Italy, ³ Department of Clinical and Molecular Medicine, Faculty of Medicine and Psychology, "Sapienza" University of Rome, Rome, Italy, ⁴ Department of Biomedicine and Prevention, University of Rome "Tor Vergata", Rome, Italy



+



集束型体外衝撃波 DUOLITH SD1(STORZ MEDICAL：スイス)

ESWTが主要なヒアルロン細胞受容体CD44の表面発現を誘導
→ESWT誘発のCD44の過剰発現がヒト軟骨細胞のHAに対する
体外細胞感受性を高め、変性軟骨の修復を促進する

APS + ESWT



APS blocks OA
exacerbation factors



+

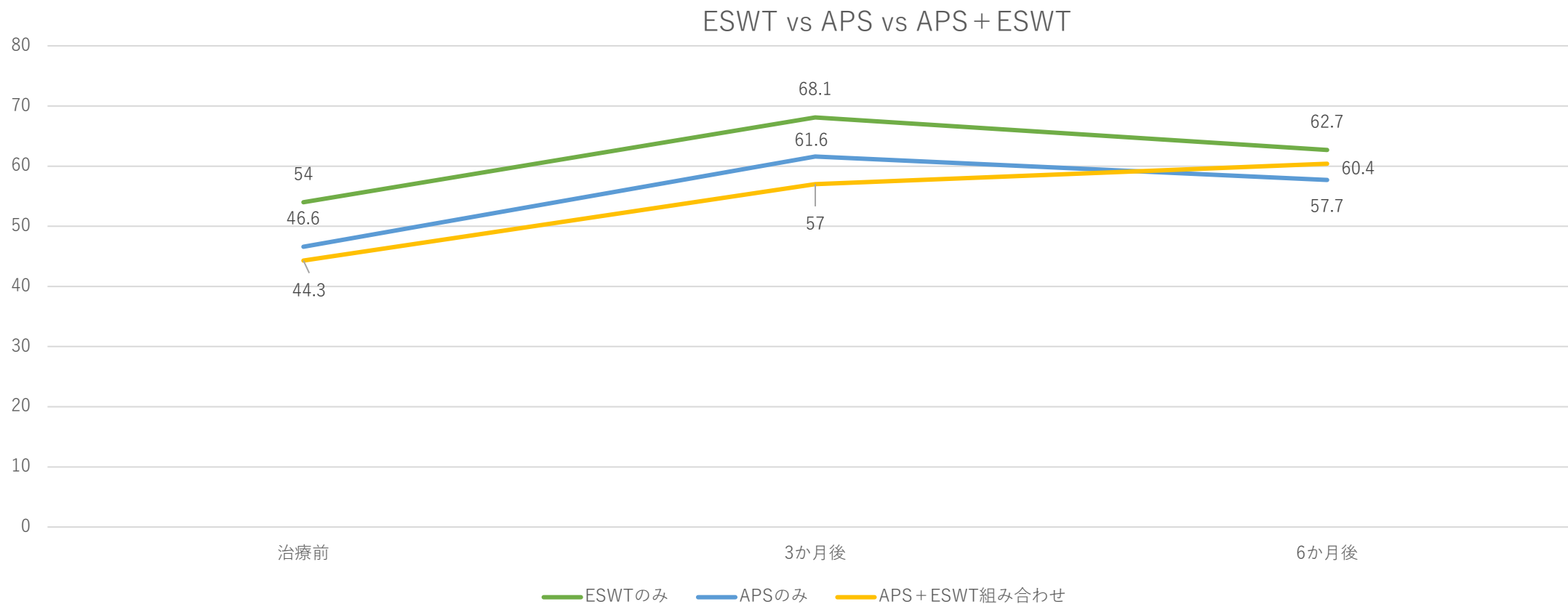


- APS : autologous protein solution自己蛋白質溶液の略でPRPをさらに凝縮して加工したもの

OAにおいて炎症性サイトカインであるIL-1 β （インターロイキン）やTNF α が軟骨破壊やOA進行の増悪因子といわれているが、APSにはそれらの炎症性サイトカインの働きをブロックする成分(IL-1raなど)が含まれており、きわめて抗炎症効果が高い。滑膜炎による関節水腫に特に有効

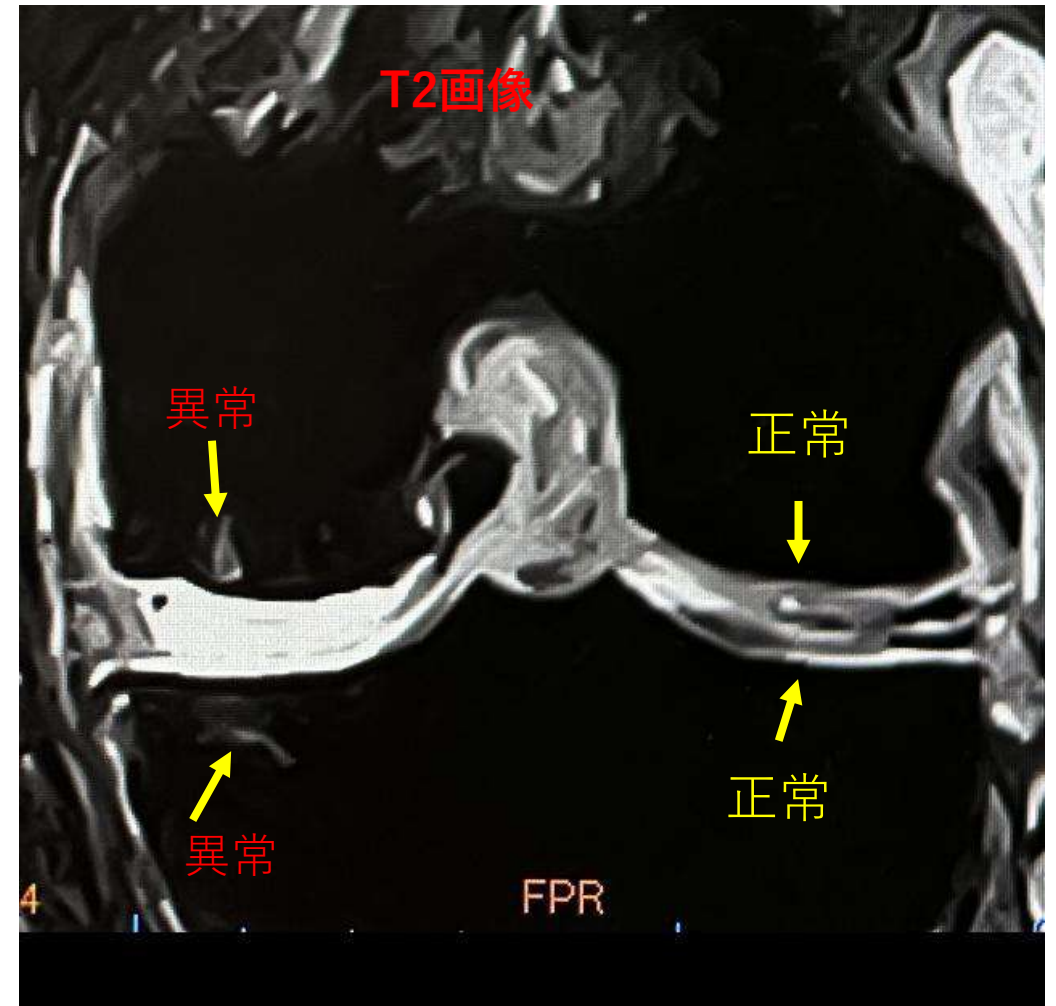
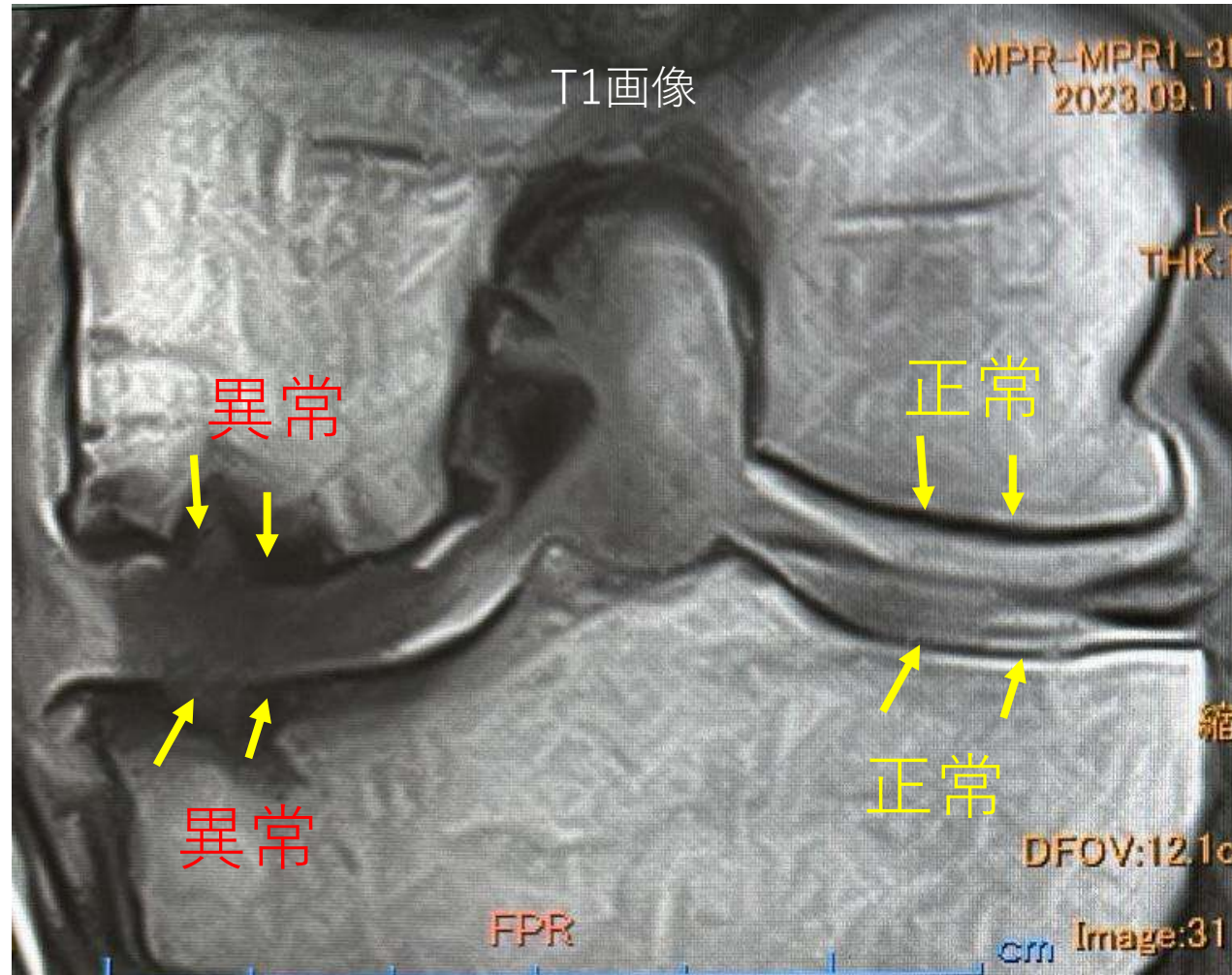
KL4のOAに対する治療のKOOSスコアの変化

ESWTのみ vs APSのみ vs APS+ESWTの組み合わせ治療



ESWT及びAPS単独では3か月から6か月後に成績が低下したが、APSとESWTの組み合わせ療法ではむしろ成績が上昇

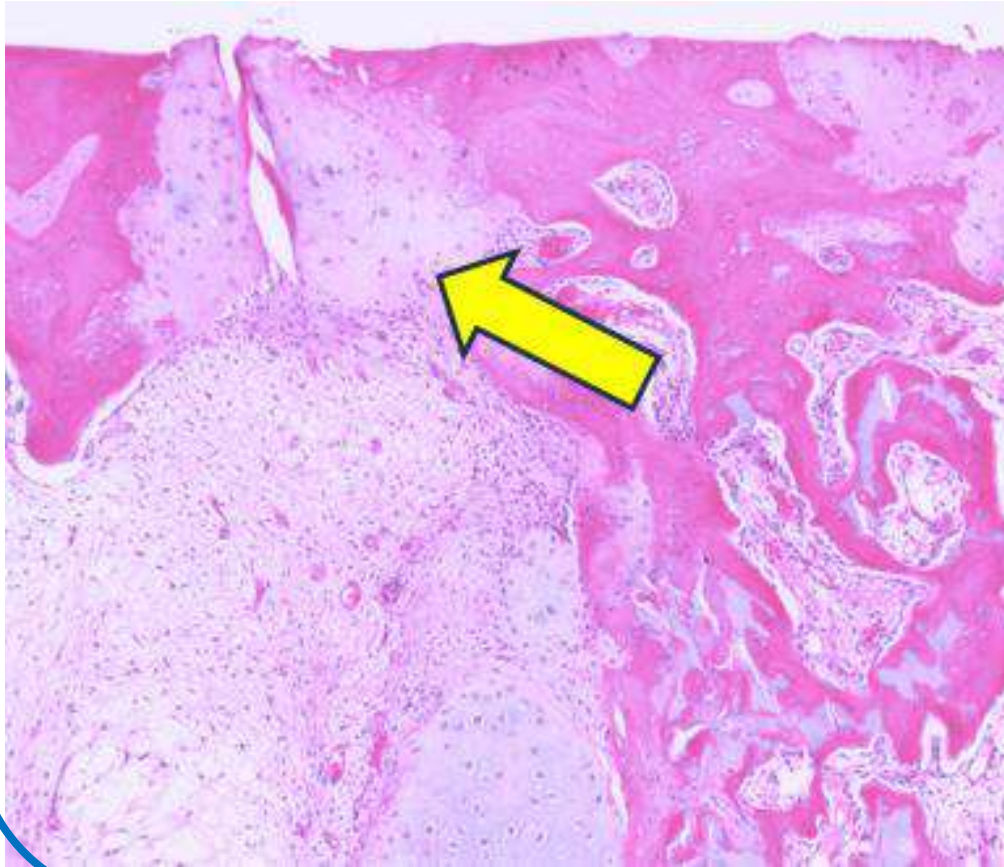
正常と断裂した異常な軟骨下骨プレート(SBP)



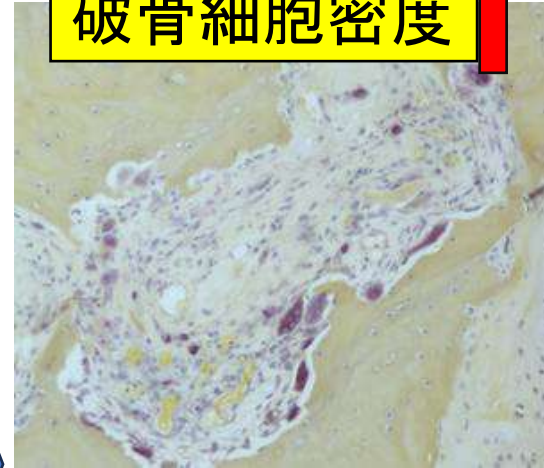
重症度の高いBML=SBP(軟骨下骨プレート)の断裂を伴うBML
ESWTだけでは難治(重症度の高いBML)

SBPに注目した膝OAのBML組織(阿漕 2025)

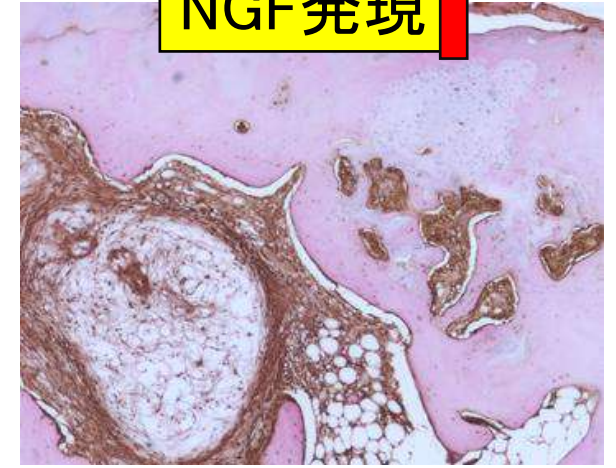
SBP断裂(+)BML



破骨細胞密度↑



NGF発現↑

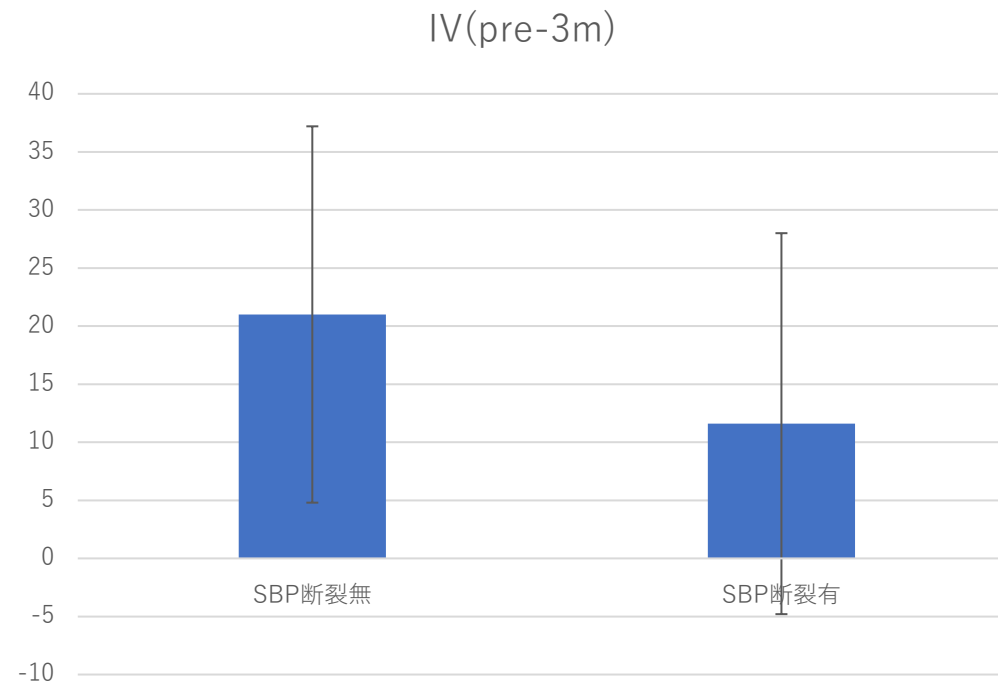
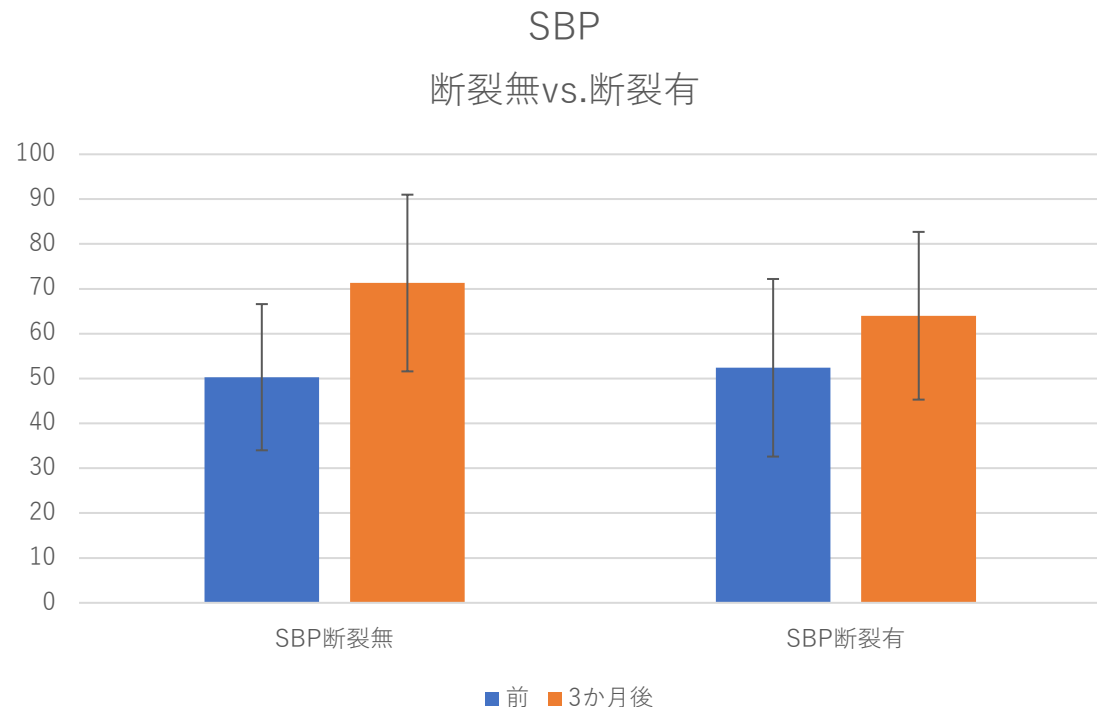


OA Bone score↑

異常な骨・軟骨代謝

SBP断裂(+)のBMLは、組織学的に重症度の高いBML

SBP(軟骨下骨プレート)の断裂の有無によるESWTによる 3か月後の成績の違い



- SBPの断裂がない症例の方がSBPの断裂ある症例に比べて改善傾向にあった

**重症度の高いBML=SBP(軟骨下骨プレート)の断裂を伴うBML
ESWTだけでは難治→MSCの骨内と関節内同時投与+ESWT**

軟骨下骨プレートの断裂を伴うBML →MSCの関節内と骨内の両方に投与＋ESWT

• MSCの関節内注入 ↓

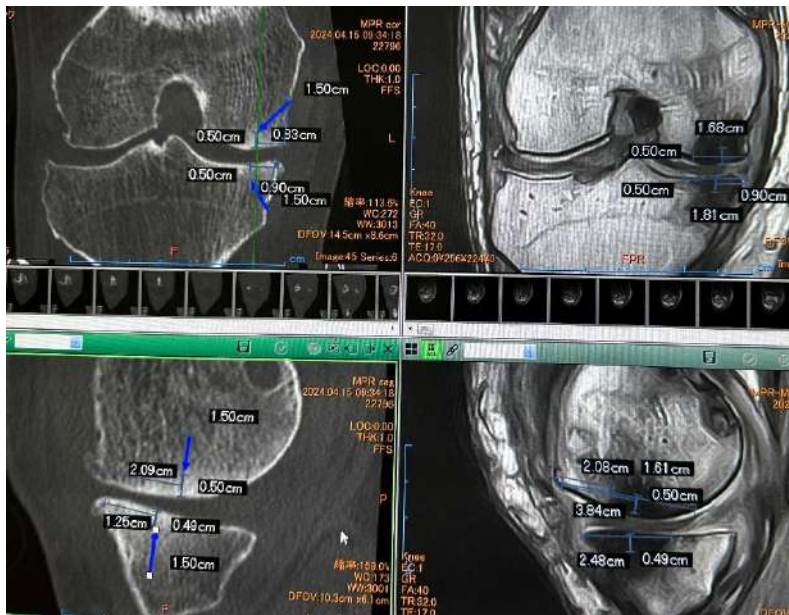
MSCの骨内投与 ↓

体外衝撃波療法



術前計画と針刺入

左：術前計画 右：骨内刺入



MSC注入直前に
プレコンディショニングのESWT

透視装置（イメージ）を見ながらなので
針の刺入位置や刺入深度が分かる



X線透視下(fluoroscope)

レントゲンコントロールとMSCの 関節内投与＋骨内投与



骨髓内圧減圧中に

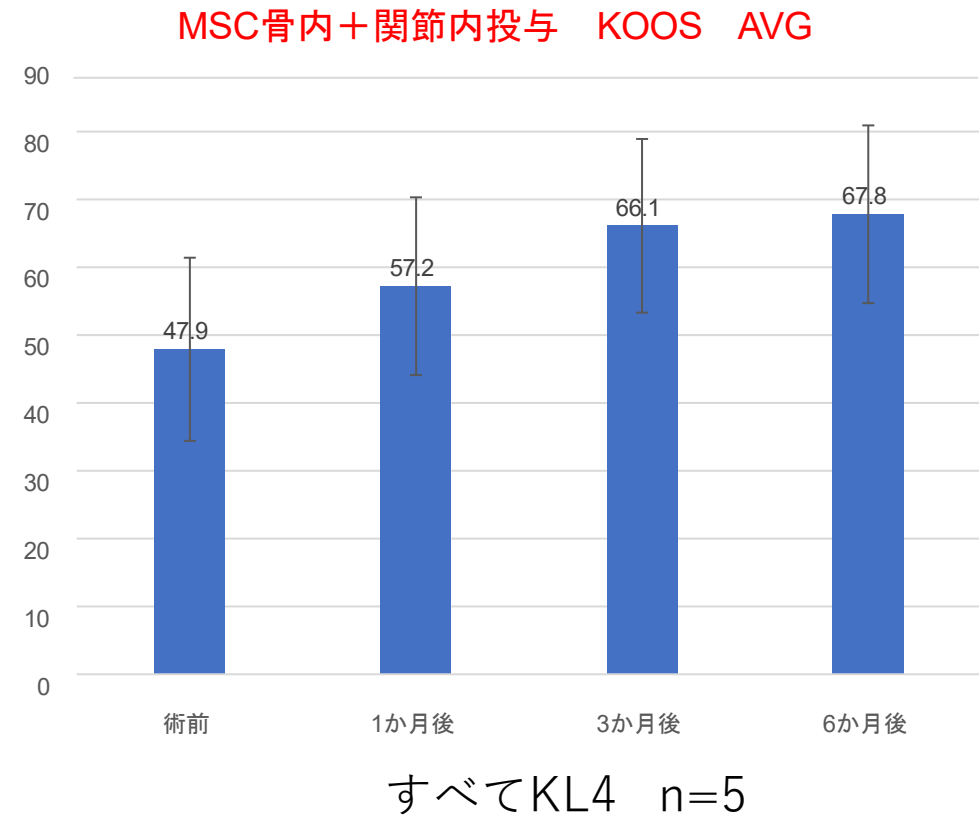
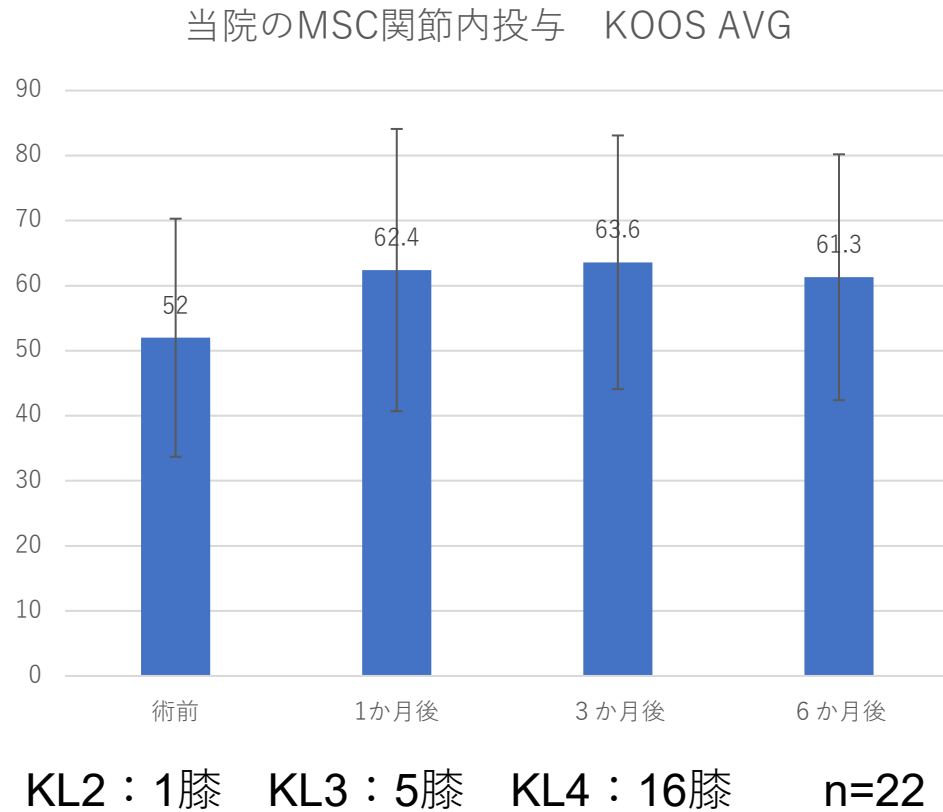


エコーガイド下関節穿刺後MSC注入

MSC骨内注入

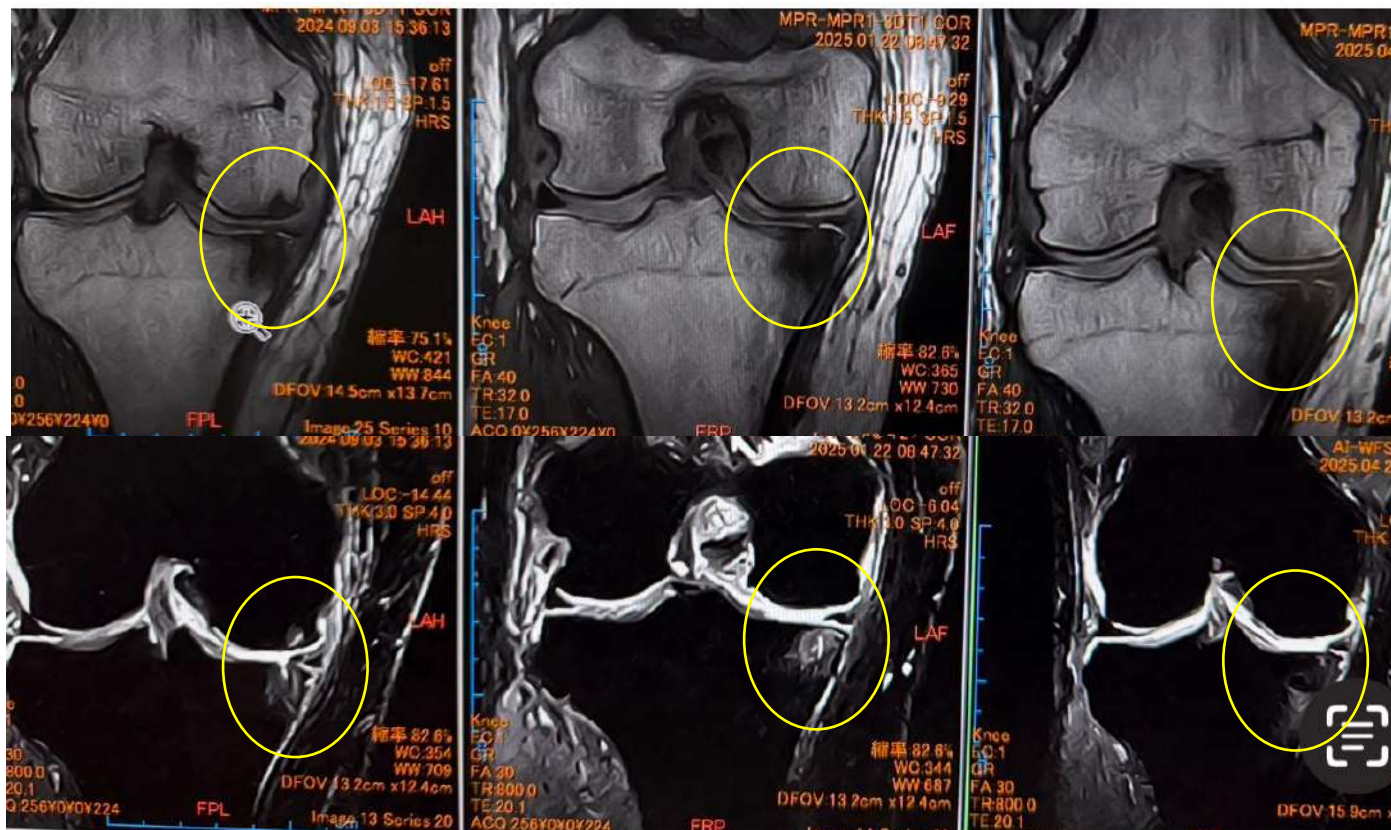


MSCの投与部位の違いによる臨床成績の比較



- 関節内投与では、一定の有効性は認められるものの、個人差が大きい傾向にあった。
- はじめの5例で、骨内+関節内投与では、3か月以降でも改善効果が認められた

63歳男性 MSC骨内関節内同時投与＋ESWT



拡大すると



術前

1か月後

4か月後

術前

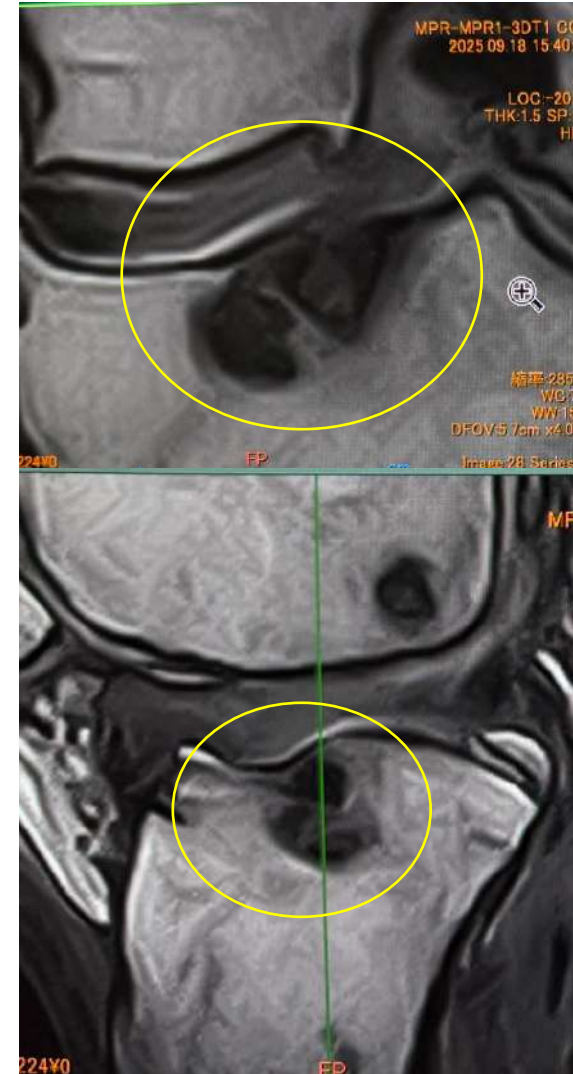
1か月後

4か月後

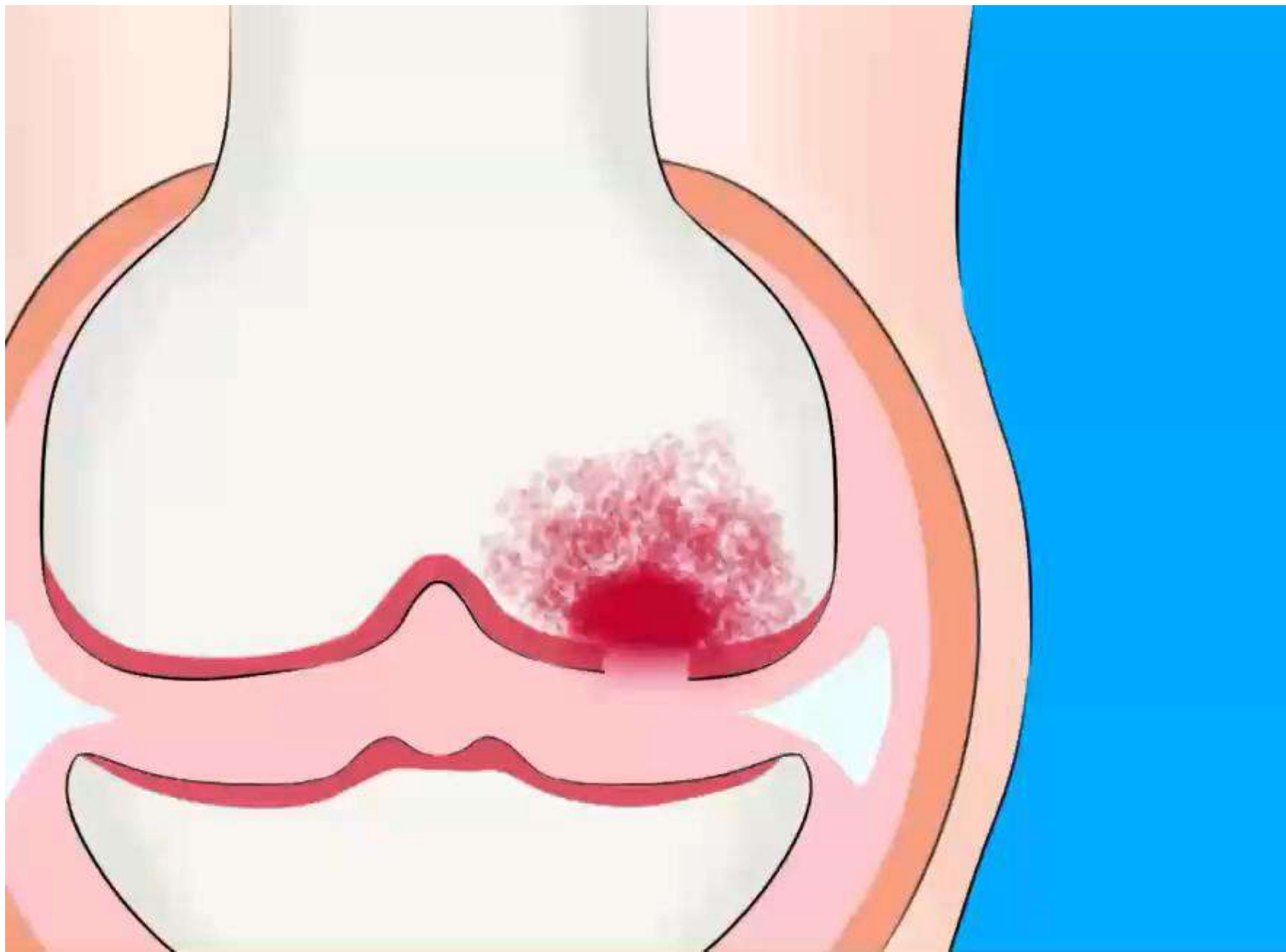
- MSC骨内と関節内同時投与後ESWTを隔週に行った症例

4か月後に軟骨下骨プレートを含む関節面が完全に修復

63歳女性 MSC骨内投与 + ESWT



(1か月後⇒3か月後) **顎間隆起の骨嚢胞が縮小**している



BTL-6000 SIS(高電磁波誘導器)による大腿四頭筋 の筋モビライゼーション及びトレーニングモード



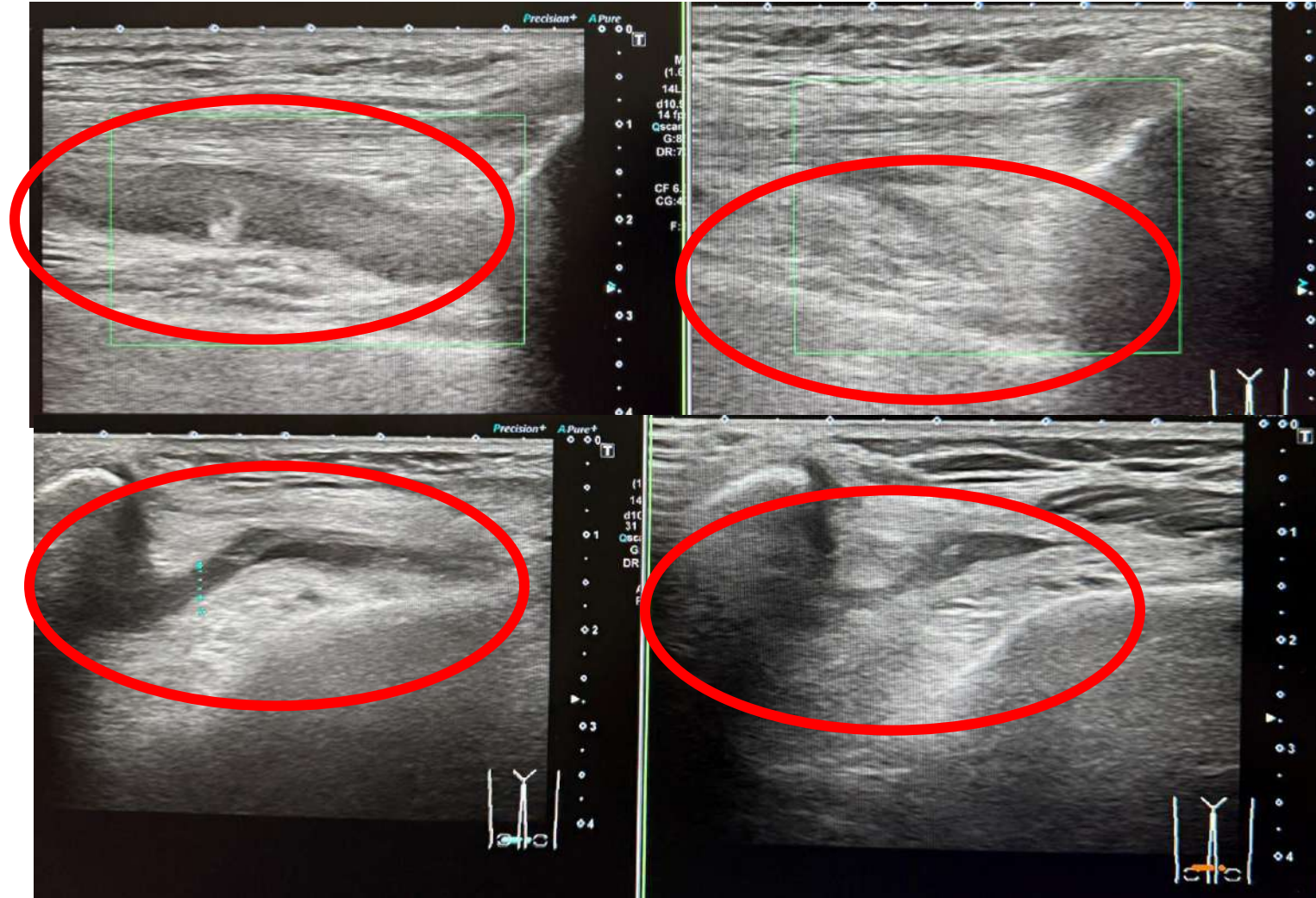
高電磁波で筋や神経を脱分極させて筋収縮させる機器

膝OA滑膜炎に対する 拡散型圧力波(RPW)

拡散型圧力波治療器(RPW : Radial Pressure Wave/ EMS SWISS DOLORCLAST®)



治療前 治療後のエコー所見



6回の滑膜炎に対するRPW照射で痛みも水腫もほぼ消失

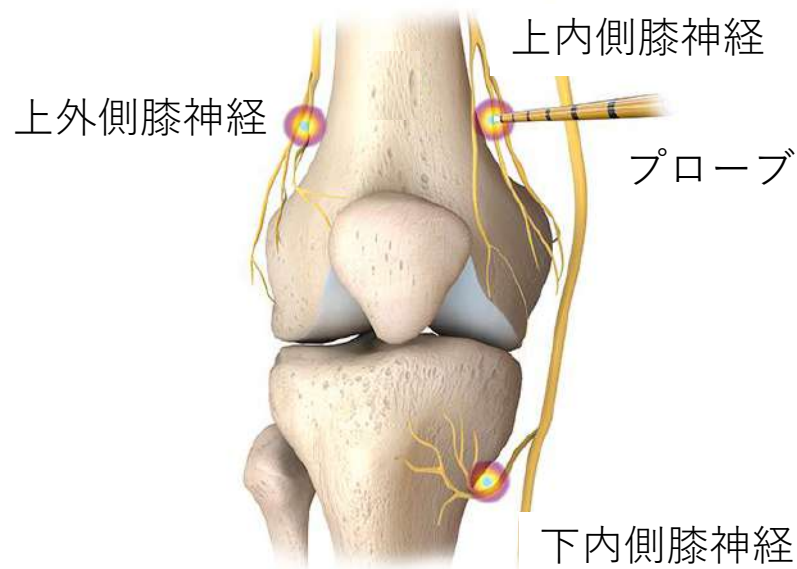
週に2回 3週にわたり合計6回のRPW

Coolief® 疼痛管理用高周波システム

ラジオ波焼灼療法(Radiofrequency ablation, RFA)

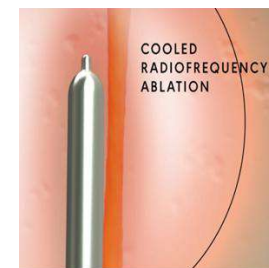
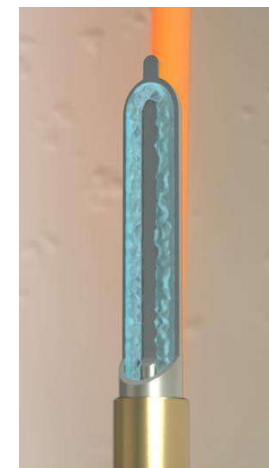
先端に高周波を発生する経皮プローブを用いて膝深部の主要な知覚末梢神経を焼灼・凝固し、痛覚伝導阻害によって疼痛を緩和する治療法

長さ4mm
径17G (1.45mm)



Coolief®

- CRFAではプローブ先端周辺に水を循環させ、プローブ・組織界面を冷却
 - 界面の温度上昇を抑制
(プローブ先端は60°C、組織は80°C)
 - 界面組織の乾燥と炭化を低減



COOLIEFの臨床成績

- 本町Nクリニックの17例

除痛効果： <50%: 2膝 (12%)、 $\geq$ 50%: 15膝 (88%)

- Responder rate (徳永真巳 2025日整会)
- 術後1か月：84% 術後3か月：68% 術後6か月：70%

COOLIEF+ESWT

COOLIEFでは組織修復効果（BMLの改善など）はなく、骨髓内圧上昇による痛み（骨髓神経）まで改善させることができない



BML改善や骨髓内圧減圧にESWT（FSW）を組み合わせる意味

結論：膝OAに対する集学的治療の重要性

1. 膝OAの痛みの原因は多様であり、単一の治療では不十分

- 滑膜炎・水腫、軟骨下骨病変（BML）、関節外病態、神経など、それぞれの病態を理解した上でアプローチする。

2. 体外衝撃波治療(ESWT)は治療の中心となる役割を担う

- 軟骨下骨病変（BML）を改善し、長期的な痛みの軽減と組織修復を促す。
- 他の治療法（HA, APS, MSCなど）との併用で相乗効果が期待できる。

3. 集学的治療が最適な臨床成績をもたらす

- ESWT + HA: ESWTがHAの受容体であるCD44の発現を増加させ、軟骨修復を促進する。
- ESWT + APS: 単独療法よりも痛みの軽減と機能改善が持続する。
- ESWT + MSC: 重度のBMLでは、骨内・関節内同時投与とESWTの併用により、関節面の完全修復が期待できる。

4. 膝OA治療の新たな展望

- ESWTとCoolief（ラジオ波神経焼灼術）の併用により、神経痛とBML由来の痛みの両方に対応できる可能性がある。EMTTとESWTの組み合わせ療法にも期待

保険
診療

変形性膝関節症に対する治療のフローチャート

関節腔外病変
(筋肉、腱、靱
帯損傷)

関節腔内病変
(滑膜炎、軟骨
半月板損傷)

リハビリ
テーション

ヒアルロン酸
関節内投与

MRI検査

COOLIEF

骨切り術

最終的に

人工関節
置換術

SIS(高電磁波
誘導器)

希望する人に

拡散型圧
力波治療

軟骨下骨病変
(BML、骨囊
胞、骨壊死)

体外衝撃波
治療

自費
診療

MRI検査
所見

関節腔内病変
(滑膜炎・軟骨
半月板損傷)

PRP/APS療法
(関節腔内投与)

BMLの中でも
軟骨下骨プレートが断裂しているもの

BMLの中でも
関節面が崩壊しているもの

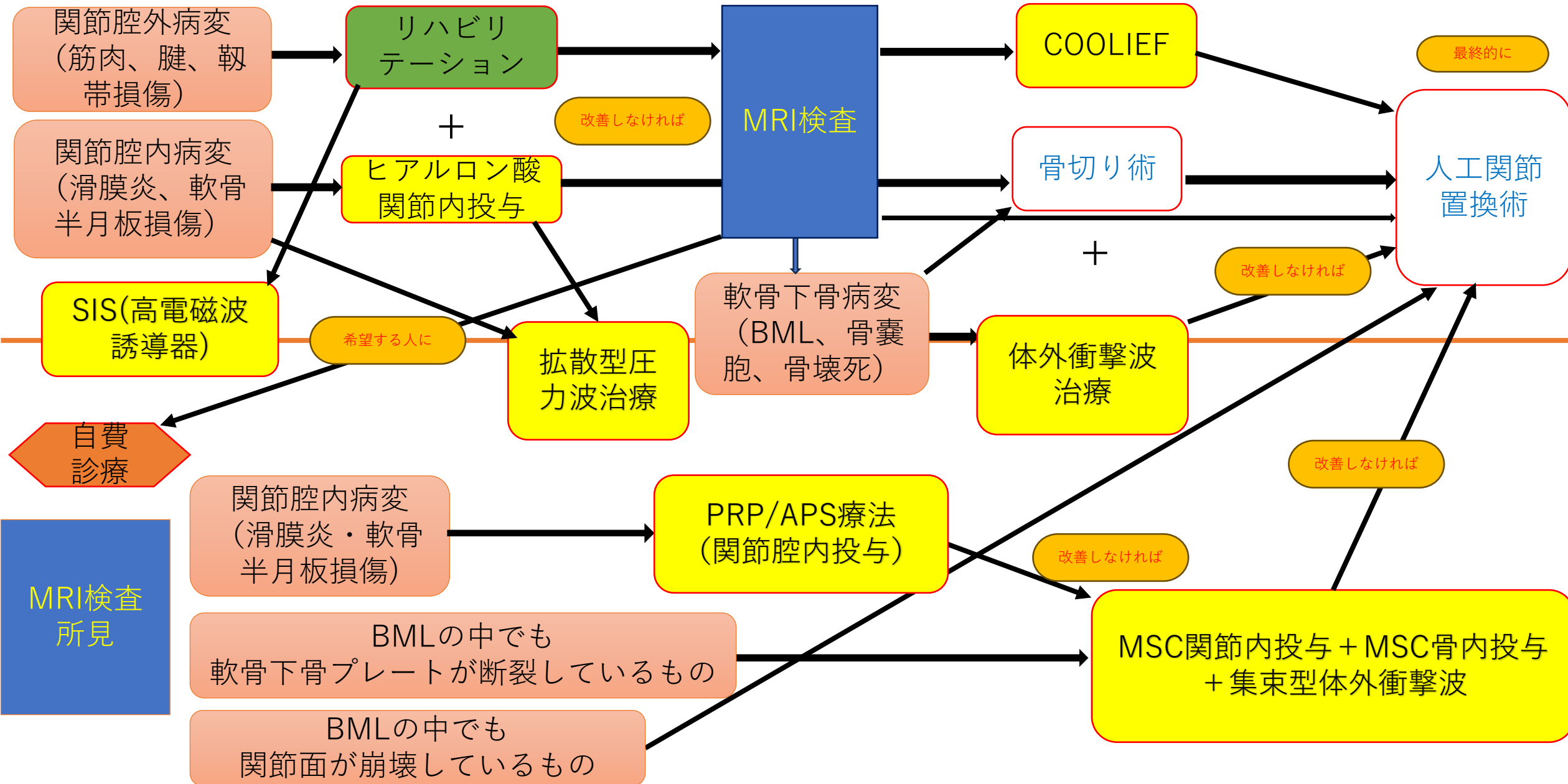
改善しなければ

MSC関節内投与 + MSC骨内投与
+ 集束型体外衝撃波

改善しなければ

改善しなければ

改善しなければ



ご清聴ありがとうございました



大阪本町或いは岸和田のNクリニックへ是非
これらの治療を見学にいらしてください



当院のyoutubeチャンネルはこちら

