

(2) 既存の医療機器の改良すべき点

既存の医療機器の改良すべき点に関する意見は、以下のとおりである。

表3.1-16 既存の医療機器の改良すべき点（脊椎）（1/3）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
診断	MRI	撮影時間は現状でも最低 20 分程度を要しており、さらなる短縮が望まれる。また、閉所恐怖症の方には入りづらい構造となっているので、open MRI の普及が待たれる。	福井先生
	経皮的椎体形成術のための撮影装置	脊椎に特化したコンパクトで安価な撮影装置が望まれる。撮影方式は、できれば正面と側面を同時に撮影できるナビゲーション、もしくは、すばやく正側を切り替えられるシングルプレーンがよい。多くの機能は必要ない。脊椎に特化させ、コンパクトで安価な装置が望まれる。今後、高齢者が増え、脊椎IVRの必要性はますます高まると考えられる。	沼口先生
治療	脊髄誘発電位	近年の器械はノートブックの大きさであり、十分小型化されてきている。運動機能を正確に反映するモニタリング方法の開発が課題である。	福井先生
	内視鏡	内視鏡や顕微鏡は根本的なブレイクスルーが求められる。また進歩するとは考えられるものの、機械的な進歩はそろそろ限界に近いと感じる。これ以上の進歩は、考え方や原理を根本的に変えないと難しいのではないか。	内田先生
	手術顕微鏡	内視鏡については、細径化、画像の高精度化、立体視が望まれる。細径化されればワーキングチャネルが広がる。画像については、立体視がほとんど進歩していない。ハイビジョンに慣れると立体に見えてくること、不十分な遠近感に目には疲労感を与えることなどから、これまでの立体視は普及しなかった。患者に対しても医師に対してもカンファアブルな技術でなければならぬ。	出沢先生
		内視鏡は解像度の向上と立体視が望まれる。解像度は向上したものの顕微鏡に比べると不足感がある。また、立体視ができない。改良されるたびに高価になるが低コスト化が望まれる。内視鏡手術でも肉眼による手術でも診療報酬は同じである。	松本守雄先生
		内視鏡や顕微鏡は根本的なブレイクスルーが求められる。また進歩するとは考えられるものの、機械的な進歩はそろそろ限界に近いと感じる。これ以上の進歩は、考え方や原理を根本的に変えないと難しいのではないか。	内田先生
		高倍率でも十分立体視できる手術顕微鏡が望まれる。ハイビジョンが導入されるなど画質、操作性は格段に改良されたが、顕微鏡は高倍率になると被写界深度が浅くなるため、立体感が不足してくる。低から高倍率まで一定の被写界深度のレンズ機構により、倍率によらず十分な立体視が可能な手術顕微鏡が望まれる。	西島先生
		イメージインテンデンシアファイア	イメージインテンデンシアファイアによる術者への被曝を軽減する技術が望まれる。手術中は防護服を着用するが、手に直接放射線を浴びる。特に骨折の手術では骨の方向づけのためにイメージインデンシアファイアを使う手技が多く、多くの医師が手を被曝している。低線量化、散逸低減の改良が行われていると思われるが、いっそうの進歩に期待したい。正直被曝負担に応じた保証が医療従事者になされていらないように感じてきた。被曝量の低減化に寄与する機種が望まれる。機種の違いによる差別的な差別化戦略として今後重要だろう。
	カテーテル	カテーテルは、血栓閉塞等の合併症対策の点で、材質の進歩が期待される。	滝澤先生
	術中CT、術中MRI	患者移動が不要な術中CT、術中MRIが望まれる。X線透視装置のように手術を中断することなく撮影できるものがほしい。現在の術中CTは手術台のそばにCTが設置されたもので、CT撮影時には手術を中断して手術台を移動させる必要がある。	西島先生
	インプラント	サイズのバリエーションは増加傾向にはあるが、欧米人には合わせた製品は基本的に日本人にはやや大きいため、Asian size のインプラントが望まれる。	福井先生

表3.1-17 既存の医療機器の改良すべき点（脊椎）（2/3）

区分	既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
エアドリル	より小型化、軽量化が望まれる。また、ナビゲーションと連動して、神経や血管組織との距離を術者に feedback できるシステムが開発されれば、より安全性が高まると考えられる。 エアドリルは発熱と神経損傷リスクの点で改良が望まれる。エアドリルは脊椎外科に必須の器具である。バーを回転させて骨を削る機構だが摩擦熱が生じるため冷却しながら使おう。削り過ぎによる神経損傷のリスクがある。 現在のエアドリルは原始的である。人類が月に行く時代なのだから、そろそろエアドリルも根本的な原理の転換による進化があってもよいだろう。	福井先生 松本守雄先生
ナビゲーションシステム	ナビゲーションシステムは、術前のセッティング、術中の調整が煩雑なので、この点の改良が望まれる。 ナビゲーション画面上でリアルタイムに術具（ドリル、ボーンソー、リーマー等）が描出されるシステムが望まれる。より円滑に正確に手術を行えるようになる。キャリブレーションのためのアンテナの小型化が望まれる。たとえば人工股関節では骨盤にアンテナを立てる必要があるなど侵襲が大きいが、誤差を限りなくゼロに近づけたシステムが望まれる。どうしても計算上の誤差が生じてしまう。このため脊椎では当初安全な情報は得られなかった。脊椎では1mm のズレが致命的になる可能性があるからであった。撮像されたCTの像との誤差には手術体位とCT撮像体位の違いが大きく関係していると思われる。この辺の誤差の軽減にはさらなるアイデアが必要だろう。 簡便で正確なナビゲーションシステムが望まれる。現在のナビゲーションシステムは確実性が不足しているため当院では使用していない。 Navigation System とは、術前のCTあるいはMRIを主体とする画像（イメージ）によりバーチャルリアリティーをコンピュータ画面に作り出し、正確に手術操作を施行するための手術支援装置である。たとえば脊椎手術の場合、特にリスクを伴う頸椎部の椎弓根スクリュー（pedicle screw）において、術者が計画通り正確にスクリュー刺入するガイドとなる。Navigation 手術を成功させるための基本は、術前に取得した画像と術中に扱っている実際の骨とを一致させることであるが、複雑な構造をした脊椎部では若干の誤差が生じることや術中基準点をとるために長時間を要することが大きな問題である。長時間手術は術後感染をはじめとして色々な合併症の要因となりうる。また、初期投資額が高額であり、かつ、ソフトの更新などの維持費も高く、価格面での改善が急務である。 ナビゲーションは、価格やレジストレーション時間の点で改良が望まれる。ナビゲーションは保険点数が少ないため、システムの価格がもう少し安くならないと採算が合わない。またレジストレーションに時間がかかるため、毎回使用する気にはならない。このあたりは改良されなければならない。精度については、レジストレーションをしっかりとやりやらないければ1～2mm の誤差が生じてしまう。脊椎の手術では1～2mm の誤差は致命的となる。	内田先生 小柳先生 西島先生 福井先生
術中脊髄電気生理モニタ	術中脊髄電気生理モニタが望まれる。この30年来進歩していない。脊髄に影響が生じると電位が変化することを利用して電位を計測するが、正確性に欠けている。脊髄の電気生理を正確にモニタリングでき、アラームを発信することができれば、脊髄の損傷をより確実に防止できる。	西島先生
脊柱矯正具	脊柱矯正具の改良が望まれる。現在、国内で使用されている矯正具の素材は6アルミ4チタニウムが主流だが、ハンドリングに大きく毒性の心配もある。海外ではコバルト・クロム合金の矯正具も使用されている。コバルト・クロム合金は強度に優れ、矯正具がダウンサイジングされている。ロッドの径は細径化可能で、スクリューヘッドのサイズのサイズも小型化可能である。患者にとって術後腰部の違和感が軽減されるだろう。	松本守雄先生

表3.1-18 既存の医療機器の改良すべき点（脊椎）（3 / 3）

既存の医療機器の改良すべき点		有識者名
区分 骨セメント療法用機器	骨セメント療法のための注入針が求められる。現在は骨生検のための針を使っている。当院では、独自の骨セメント療法用注入針の開発を進めている。2重管構造で外管に多側孔を備えた針である。外管で引圧をかけて内管から注入する。過度の加圧をしないことで骨の外にセメントが漏れ出す危険が減少する。もう一つの利点として、現在行われている手技に、2本の針を使い片方でセメントを注入し、もう片方で減圧する方法もあるが、この針1本で減圧と注入を行えれば患者のQOLをより高めることになるだろう。現在、動物実験中である。将来的に骨セメント療法用の針として貢献する可能性がある。	滝澤先生
	セメント注入量を正確に計測できる技術が求められる。至適な注入量を決定するために、注入量を正確に測る方法が確立しなければならぬ。現在は、注入量は医師の経験と勘により決められている。医師の申告する注入量には、シリンジ内や針内に残るセメントや骨外に漏れ出すセメントの量が必ずしも考慮されていない。骨内への注入量を正確に把握せずに合併症の有無は論じられない。	滝澤先生
	術者の被曝を防止できる骨セメント注入器が望まれる。術者が患者から離れて手術できるよう、具体的には、連結管により長さを延長することでき、注入量を微調整でき、注射器内で骨セメントが固まらな機能（温度が上がると骨セメントが固まる）を備えた注入器が望まれる。経皮的椎体成形術はX線のイメージガイド下で行われるが、X線が患者の体に当たると散乱線が放出されるため術者が被曝する。	沼口先生
	超音波骨メスは発熱と時間の点で改良が望まれる。超音波骨メスはエアドリルに比べて安全性は高いが切削に時間がかかる。手術時間の延長を回避しようとすると、神経の擦れを削る瞬間など、限定的にしか使用できない。発熱があることはエアドリルと同じである。	松本守雄先生
人工骨	人工骨は強度と生体親和性の点で改良が必要である。脊椎には大きな加重がかかるため強度が必要である。また、生体親和性が高く、骨誘導能を備えた人工骨が望まれる。人工骨はわが国にとって絶対に必要なものであり、もつと力が注がれるべきである。	松本守雄先生

表3.1-19 既存の医療機器の改良すべき点（上肢／主に肩・肘）

既存の医療機器の改良すべき点		有識者名
区分 MRI 関節鏡 電気蒸散器 灌流ポンプ	より高解像度のMRIが望まれる。3TのMRIの画像を見ることがあるが、軟骨損傷までよく見えた。	中川先生
	フレキシブルな関節鏡システムが望まれる。関節鏡は硬性で真つ直ぐな棒状の形状をしているが、皮切の位置によって視野や操作が制限される。ある程度フレキシブルな方向を変えられるような関節鏡やフレキシブルなインスツルメントがあれば、より正確で安全な手術を行えるようになる可能性がある。既存医療機器の改良すべき点については、日本以外の先進国で普通に使用されている医療機器をみればよい。その先の改良点については、海外と同じように医療機器を使用してデバイスカッジョンできなければ発想することは難しい。3次元的に術野を見られるものがほしい。	菅谷先生
	電気蒸散器に関しては、もう少し早く早く蒸散できるとよい。	中川先生
	灌流ポンプは、設置や操作がより簡便なものが望ましい。現在の装置でも悪くはないが、慣れている看護師が設置しようとする間違えることがある。	中川先生

表3.1-20 既存の医療機器の改良すべき点（上肢／主に手・手首）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
診断	MRI	MRIは磁場強度（静磁場、傾斜磁場）の増強、およびコイルの改良による画像の向上が望まれる。また、画質の向上とともに、磁気シールド技術の向上も求められる。当院では来年度、3テスラMRIを導入予定である。	中村先生
	末梢神経障害診断用の電気生理学的検査装置	スケール可変式の末梢神経用の電気生理学的検査装置が求められる。現在使用している安価な電気生理学的検査装置はスケールを変えできない。以前、日本企業がスケール可変式の装置を開発したが、症例数を確保できなかつたことや、販売予定台数不足のために治療を行うことができず販売には至らなかつた。	奥津先生
治療	内視鏡・関節鏡	高解像度で力学的強度の高い内視鏡が望まれる。内視鏡画像の解像度のさらなる向上に期待したい。細かい血管の状態など、よく見えたほうがよい手術ができる。ようやく3CCD方式の内視鏡が開発された。今後は、ハイビジョンの内視鏡が理想である。また「強度」の向上にも期待したい。内視鏡は細くて長いためペンディング（曲がる）が生じる。手術は繊細だが、機材に関してはかなりハードユースであり、これに耐えるものがほしい。細いが絶対に曲がらないものがほしい。	仲尾先生
		手関節鏡の問題点は、口径1.9mm未満の関節鏡では強度が不十分となる点、小口径になると視野が狭くなる点、硬性鏡は挿入経路によって動きが制限され見ることが難しい場所ができる点（先端が首を振れるようなものが望まれる）、斜視鏡では軸方向がみえにくくなる点、画像が平面状に提示され立体視ができない点などがあげられる。	中村先生
		関節鏡手術のための治療機器の改良が望まれる。関節鏡は診断機器としては非常に優れているが、治療機器が追いついていない。現在の関節鏡では「切除する」または「縫う」ことしかできない。関節鏡では、「（無いところに）造る」、「形を変える」、「変形したものをもとの形に戻す」など、製作・創造する手技ができない。	山口先生
	上肢の人工関節（肩、肘、手関節）	上肢の人工関節（肩、肘、手関節）の改良に期待したい。製品は開発されているものの、関節機能の再現性、耐久性、安定性、使い勝手などの面で改良が必要である。この分野は伸びしろが大きい。例えば母指CM関節の人工関節については自身でも開発に携わっている。母指CM関節は、母指の付け根の関節で、サルから人間に劇的に進化した部分である。現在、米国内企業による製品などがあるが、母子CM関節の複雑な機能を再現するには至っていない。	山口先生

表3.1-21 既存の医療機器の改良すべき点（下肢／主に股関節・膝関節）（1／4）

診断		区分		有識者名	
	膝不安定測定器	既存の医療機器の改良すべき点	現在KT-1000,KT-2000があるが、膝前方不安定性の測定しかできない。臨床的には回旋不安定性を含めた膝動揺性の測定機器が望まれる。	土屋先生	
	超音波診断装置		超音波診断装置の画質の向上が望まれる。超音波診断装置は患者に対して非侵襲であり医療従事者がX線を浴びることもないが、画像の解釈が必ずしも容易とは言えない。もう少し分かりやすい画像を得られるようになれば、もっと普及するだろう。	野本先生	
	MRI		MRIは撮影時間の短縮が望まれる。検査を受けるまでの待機期間が長いことが問題である。 高磁場のMRIに関心はある。研究用途では7TのMRIも稼動しているように、画像を見てみたい。ただし費用対効果が必要である。画像上の進歩が3倍で費用が10倍なら導入されないだろう。 深部の軟部組織をより詳細に撮影できるMRIが望まれる。浅い領域は十分だが深部領域は3Tでも不足である。体幹に近い領域では、軟骨の変形や変性が十分に撮影できるとはいえない。	野本先生 星野先生 松原先生	
治療	内視鏡・関節鏡		より細径で十分な明るさの内視鏡が望まれる。細径の内視鏡は小さな関節に入れられる。ただし、径を細くすると光源のファイバの本数が減るため、暗くなり処置をしにくくなってしまふ。現在は4mmの関節鏡が主に使われている。細いほうがよいが4mm以下にすると十分な明るさが確保できない。	土屋先生	
			先端部分を動かせる内視鏡が望まれる。関節鏡手術では外套を使用するが、股関節など深い部位を見るときは長い外套管が必要となることが多い。外套が長くなると内視鏡の自由度がなくなる。先端を動かかせるようにすると、可視範囲が広がるだろう。ただし、内視鏡を抜くときに外套の端で引っかかり、内視鏡を損傷するなどのトラブルを生じない構造しておく必要がある。視野が広がれば、内視鏡手術が大きく変わるだろう。	土屋先生	
			内視鏡手術中の映像を記録として残せて、それを解析できることも重要である。内視鏡の録画装置や解析装置は、今後どんどん発達するだろう。	丸毛先生	
	3Dテンプレートシステム		3次元的な表示を行える関節鏡の開発が進んでいる。初心者が立体感覚や距離感をトレーニングするうえで有効だろう。ある程度経験を蓄積した医師は2次元画像を見れば3次元画像を頭の中で構成できるため、あまり必要性を感じないだろう。	松本秀男先生	
	人工靭帯		PACS等の医療情報システムと連携性のよい3Dテンプレートが期待される。操作がシンプルで、時間がかからないことが重要である。何センチのインプラントが入るのかを即座に判断できるものでなければならぬ。現在、当院と企業2社の体制で共同開発を進めている。軟部組織（血管、神経、筋肉）への影響を考慮できる3Dテンプレートシステムが望まれる。現在のテンプレートシステムは骨を中心にしているため、人工物を挿入した場合の周囲の軟部組織の緊張等の影響が表現されない。	大久保先生 松原先生	
			人工関節のしなやかな動きに対するニーズが高まっているが、関節内の靭帯に使える良い材料が不足している。既存のものよりも良いインプラントが開発されれば、人工関節治療がより良くなるだろう。関節内靭帯を再建する利点は、たとえばテントをはるときに、支えのひもが多いほどテントが安定するのと同様である。	勝呂先生	
			美用に足る人工靭帯が望まれる。当院では1982年頃に人工靭帯を開発し、患者の治療に適用していた。しかし、人工靭帯の断裂や、ウエアパーティクル（破片）による滑膜炎の発症といった問題が明らかになった。臨床での利用に耐える強度の人工靭帯は実現していないため、近年は使用していない。現在、靭帯断裂の治療は自家腱移植が一般的である。しかし、自家組織の一部を犠牲にする手技であるため、将来的には人工靭帯のもっと良いものを開発することが必要である。	松本秀男先生	

表3.1-22 既存の医療機器の改良すべき点（下肢／主に股関節・膝関節）（2／4）

区分	既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
ナビゲーションシステム	<p>手術時間が長くなる点と装置の価格が高い点が課題である。患者の位置決め（レジストレーション）に手間がかかり、このプロセスで手術時間が20分は長くなる。一方、熟練医はナビゲーションを使わずに5分程度で手術できる。位置決めの際は、手術の対象となる関節だけでなく、その周辺の骨関節についても回転中心や摺動面等を確認し、アラインメントを作る必要がある。ナビゲーション技術がもつと高度化して、自動的に位置決めができれば、手術がスピードアップできる。日本整形外科学会が全国の約2,400箇所の病院を対象に2005年に実施した調査によると、手術時間が延びると感染率が上がる傾向がみられた。早期感染率が0.5%、遅発性感染率が0.86%である。この結果から、手術時間の短縮は低侵襲医療のために重要といえる。また、ナビゲーション装置は2億円以上と高額であり、容易には導入できない。</p> <p>ナビゲーションシステムの改良が望まれる。現在の問題は、セッティングに時間を要するために手術時間が延長すること、高額であるために一般病院への普及が遅れていること、手技が煩雑なために業者の立会いが必要になることなどが挙げられる。</p> <p>すでに実用化が始まっているが、骨折の手術などの場合にもX線透視装置による画像を見ながらではなくナビゲーションシステム上に再構成された仮想的な画像をみながら手術を行えば、医療従事者はX線被曝を軽減できるといふ大きな利点を得ることができる。</p> <p>骨以外の組織（血管、神経、筋肉等）に対応したナビゲーションシステムが望まれる。現在のナビゲーションシステムでは骨以外の組織に対応しておらず、経験の浅い医師が適切なレポートをとれない可能性がある。</p> <p>リアレンスフレーム（骨の位置を決定するマーカー）：現在は直接ピン、スクリューを用いて骨に固定する際の侵襲が軽減され、手術全体の所要時間が短縮されたナビゲーションが望まれる。現在、ナビゲーションを用いたための追加所要時間は慣れた人で15分、慣れない人で30分である。またリアレンスを骨に固定のための追加的侵襲も大きい。</p> <p>術中様々な応用ができるナビゲーションが望まれる。血管と刃との位置関係や刃の向きなどがリアルタイムで正確に表示されるようになるれば有用である。現在は電動の刃の振動に起因する位置誤差が生じ、画像を信じると血管を傷つけるリスクがある。</p> <p>いまの技術水準であれば熟練医が従来の方法で実施したほうが、手術時間が短く侵襲も小さい。今後、ミリ単位で正確な手術を確実に行えるようになれば、ナビゲーションが有用になるだろう。</p>	<p>勝呂先生</p> <p>野本先生</p> <p>松原先生</p> <p>松本秀男先生</p> <p>松本秀男先生</p> <p>丸毛先生</p>
ナビゲーションとロボット手術	<p>日本では10年ほど前から、人工膝関節置換術の際にナビゲーション手術が行われるようになった。これは、術前に患者の膝関節と上下の股関節・足関節を含む3次元情報をコンピュータ上で再構築し、仮想空間上で人工関節手術の計画を立て、その計画を手術場へ持ち込み手術をサポートするためのものである。術前の計画では、患者の大腿骨と脛骨のどの位置でどの位置に骨を切るか、また、どの大きさのインプラントを挿入するかを検討する。手術場では、仮想空間上の位置情報と患者の位置情報をマッシュアップさせ、コンピュータ画面を見ながら実際の骨を切る。当該技術の一番の課題は、装置の価格が非常に高い点である。また、コンピュータ機器であるため、ハードとソフトのアップグレードも必要になり、イニシャルコストもランニングコストも医療機関にとっては大きな負担となる。</p> <p>ナビゲーションシステムやロボット手術は、セッティング時間の短縮、位置決めのための新たな侵襲の軽減、精度の向上、使い勝手の向上、低価格化などの点について改善が望まれる。製品化されたものの臨床に根付いていない。ナビゲーションシステムを使っても画期的に精度が向上するわけではない。ナビゲーションシステムで提示される情報には角度3～4度の誤差が生じる。経験ある医師の場合の誤差は5mm以内、角度5度以内であり、精度に関しては大差がない。ナビゲーションシステムはセッティングに時間がかかり、位置決めのための新たな傷ができる。また、ナビゲーションシステムやロボットによる手技にも熟練が必要であり、それなら従来の手術法で経験を積もうということになる。もし、ロボット手術によって熟練によらず、角度1度以内の精度で自動的に挿入できるようになれば、ロボット手術が使われるだろう。</p>	<p>平川先生・金子先生</p>

表3.1-23 既存の医療機器の改良すべき点（下肢／主に股関節・膝関節）（3／4）

区分		既存の医療機器の改良すべき点		有識者名
ロボティクスシステム	ロボティクスシステムは、ナビゲーションの機能について軟部組織の対応を含め精度を向上させるとともに、患者の身体を確実に固定して仮想空間と現実空間の座標の重ね合わせの精度を向上させることが重要である。			松原先生
安全・確実・安価な軟骨移植	培養細胞の安全性と確実性の確保が必要である。細胞は培養中に変性することがあるため、移植用の培養軟骨細胞が、本来の軟骨と同じものになっている必要がある。細胞の年齢の問題もある。継代しなければ細胞は増えず、細胞分裂を繰り返す間に細胞が年をとる。また、培養軟骨を対象部位で確実に生着させられることも重要である。実際には、移植した培養軟骨と、移植先の周囲の軟骨との癒合が難しい。ケミカルな刺激（サイトカインなど）を加える、機械的的刺激を加える、といった工夫を加えることで、培養軟骨と移植先の軟骨との境界を融合させる必要がある。細胞を滅菌的に培養するためのコストがかかることも問題である。			松本秀男 先生
人工関節	人工関節の材料の生体親和性の向上が望まれる。人工関節は材料の改良は進められているものの大きな変化はなく、真に骨に適した材料にはなっていない。金属とポリエチレンの組み合わせでは、ポリエチレンの磨耗粉が骨吸収を促し、術後に骨と人工関節との間に隙みを生じさせる（ルースニング）。ポリエチレンに変わる素材が望まれる。			千葉先生
	人工関節の耐用年数の延伸が望まれる。長期成績の向上が最大の課題である。現在の長期成績は、膝関節は15年9割、股関節は10年9割、15年8割、20年6割と低下する。耐用年数が30年程度になれば、ほとんどの患者は一生に1度の手術で快適な生活を送れるようになる。患者も安心して手術を受けられ、国内の人工関節の利用者は10倍になるだろう。日本国内における人工関節置換術の件数は年間、股関節5万件、膝関節8万件である。日米比較すると米国は日本の10倍である（米国の人口は日本の2倍）。日米の差には国民性の違いも関係している。米国では除痛剤が重視され人工関節置換に対する抵抗感は少ない。一方、日本では手術そのもの、人工物による置換、将来の再置換など抵抗感が大きい。このため、関節が大きく変形してから手術を受ける人や、痛くても手術を我慢する人が少なくない。また、人工関節の価格の低下が危惧される。新製品で高い技術を要するものを低価格に設定しすぎると企業努力が損なわれる。上手に診療報酬体系に組み込めなければ一般に使われることはない。			平川先生・ 金子先生
	最大屈曲が可能な人工関節が望まれる。関節をゆるめれば最大屈曲可能だが安全性に問題がある。人間の場合、最大屈曲の際はほとんど脱臼に近い状態になる。人工関節の場合はプラスチックと金属でできているため、接触面積が小さくなると磨耗が起き耐久性の低下を来すといった問題がある。接触面積を十分に作り、かつ最大屈曲をどう実現させるかが課題である。			松本秀男 先生
	人工関節の改良すべき点は、正座のように大きな屈曲をしても耐久性が維持されるよう屈曲性を高め、ゴルフ、テニスはもとより野球やサッカーのように比較的激しい運動でストレスが加わっても耐久性が維持されるよう耐磨耗性を高めることである。現在の人工関節でも日常生活の動作は不自由なく行えるようになるが、スポーツなど人工関節に大きな負荷のかかる運動は避けるよう患者に指導している。海外ではテニスのダブルスやカートつきのゴルフなど比較的小さなスポーツはしても構わないとする例もある。人工関節置換後の運動の影響については、まだ十分なエビデンスがない。			龍先生
関節鏡下に軟骨移植する技術	関節鏡下に軟骨移植する技術が望まれる。軟骨移植では軟骨を目的の場所はどう移植するかが課題となっている。目的の場所に移植できたとしても別の場所へ流れて滑膜炎の原因になることもある。こうした問題の解決策として、広島大学では磁気を使って細胞を集めるといった試みが行われている。現在、軟骨移植の際は、移植部位が大きい場合には切開して軟骨を移植している。さらに、移植組織が流れないよう、パッチをあてる等の対策が取られている。			松本秀男 先生

表3.1-24 既存の医療機器の改良すべき点（下肢／主に股関節・膝関節）（4／4）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
人工関節置換術のMISにおいて直視不可能な領域において直視不可能な領域を表示する技術		人工関節置換術のMISにおいて直視不可能な領域を表示する技術が望まれる。MISでは小さく切開するため、大きく切開する場合に比べて直視できない部分が多くなる。見えない部分はどう安全に処理するかが課題である。切りたい部分(骨)と切ってはいけない部分(血管、神経)が分かり、位置を正確に把握できることが望ましい。当教室では現在、ナビゲーション等の他の技術と組み合わせた技術を開発中である。	松本秀男 先生
	半月板の機能再建技術	半月板の機能再建技術が望まれる。半月板がだめになっている場合には切除せざるをえない。しかし、関節のクッションがなくなってしまうため、今後、なにかでつづけれないかと期待している。	松本秀男 先生
	メタルアレルギー	既存の取り組みとしては、ティッシュエンジニアリングや靱帯を移植するといった試みがある。工業技術でも半月板と同等の力学特性を持つものの再現はできるが、筋肉を使ってそれをどうやって動かす、どうやって細かい動きを再現するかが今後の課題となっている。整形外科ではメタルをたくさん使用しており、日本人に特有のメタルアレルギーが発生している。しかし、日本の医療機器界ではこの検討がなされていない。人工膝関節については、単一的にコバルト合金が使われている。人工膝関節を入ると、コバルト合金のアレルギーが14～15%程度生じる。この値は、コバルトに対するアレルギーと、合金中に含まれるニッケルに対するアレルギーの合計値である。手術後の炎症反応の予防のため、手術前のアレルギーテストが必須である。今後は、医療界としてこの問題に取り組みなければならぬ。わが国にはチタンの鋳造技術とセラミック技術があるため、これを応用した技術がいくつか出てきている。なお、人工股関節については骨セメントを使わない方向にあるため、金属材料がチタンにシフトしている。	勝呂先生

表3.1-25 既存の医療機器の改良すべき点（下肢／主に足・足首）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
治療	足関節鏡手術器具	足関節鏡手術器具のバリエーションの充実が望まれる。膝関節や手関節と同程度のバリエーションがあるとよい。現在は膝関節用、手関節用の器具を使用しているが、膝関節用では大きすぎ、手関節用では小さすぎる。	須田先生
	骨用のこぎり	骨用のこぎりの歯のサイズの充実が望まれる。足用の特殊サイズの歯がほしい。	須田先生
	足の人工関節	足の人工関節が望まれる。足の人工関節は日本で使用される機会が少ない。足の人工関節置換術について、これまでは国内では良好な成績が得られにくいという理由から、その開発、使用が欧米諸国に比べて遅れている。よりよい人工関節を開発する機会があれば成績を向上させられると期待される。	須田先生
	人工骨材料	破損した骨組織を最低限の小さな皮切で補修できる人工骨材料が望まれる。	須田先生
	吸収性材料	吸収性材料の生体親和性と強度の改良が望まれる。吸収性材料によるスクリューや針金等は免疫機構の過剰反応によって骨が融解し、骨に欠損を生じるケースがある。また、材料の強度が十分でなく、力をかけたときにスクリューの頭部が脱落することがある。	須田先生

表3.1-26 既存の医療機器の改良すべき点（外傷）

区分		既存の医療機器の改良すべき点		有識者名
診断	骨切り後の治療方針検討システム	CT画像を用いて、画面上で骨を切った後の治療方針を検討できるシステムが望まれる。現在、レントゲン画像を用いたシステムがあり、CT画像を用いた3次元シミュレーションのできるものも5年以内に登場すると思われる。		松下先生
治療	イメージガイド下手術	CTやX線透視装置等のイメージガイド下の治療の進歩に期待したい。スクリーンの挿入位置等をより正確に把握できれば、手術の安全性が向上する。ポイントは、操作が煩雑でないこと、3次的に把握できること、低被曝であること、小型であることなどである。		新藤先生
	インプラント	インプラントに関してアジア人向けの改良が期待される。インプラントは形状に関しては開発され尽くした感がある。しかし、メーカーのほとんどは欧米企業であり、アジア人にとっては大きすぎたり、形状が少し違ったりする。この点での改良が期待される。		新藤先生
	画像診断装置と Taylor Spatial Frameとの連携システム	画像診断装置と Taylor Spatial Frame との連携システムが望まれる。レントゲンやCTの画像を用いて、画面上で矯正のシミュレーションを行い、そのデータが直接 Taylor Spatial Frame のシステムに転送されるシステムで、入力ミスが生じる可能性を排除される。		松下先生
	Taylor Spatial Frame による自動延長装置	Taylor Spatial Frame による自動延長装置が求められる。現在は毎日、ストラットの長さを手動で変更しているが、自動的、連続的に変更できればより治療成績が向上するだろう。分割回数が多いほうが骨の組織形成がよくなくなることが知られている。バッテリーやモーターが小型化・軽量化できれば、実現は可能と考えられる。バッテリーの充電間隔は1週間以上が望ましい。		松下先生

3.1.3.3. 実現が望まれる新規の医療機器について

実現が望まれる新規の医療機器に関する意見は、以下のとおりである。

表3.1-27 実現が望まれる新規の医療機器について（脊椎）（1/2）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
診断	「腰痛」の診断・治療方法	機器開発につながるかはわからないが、腰痛の診断・治療方法の確立を目指し、研究を進展させなければならぬ。腰痛は身近な病気だが、痛みの原因がわからず、また有効な治療方法のない症例が少なくない。	内田先生
	PEDのスコープを活用した脊柱管外の診断・治療技術	経皮的内視鏡腰椎椎間板ヘルニア摘出術(PED)のスコープを活用した脊柱管外の診断・治療技術が望まれる。出沢先生の開発されたPEDは、脊柱管外の病変(Far-out syndrome)の診断・治療に生かされる可能性がある。過去70年、脊柱管内が注目されてきたが、脊柱管内の手術をしてもよくならない症例では脊柱管外に原因がある可能性がある。脊柱管外の病変の診断・治療によって治療成績はより向上するだろう。	小柳先生
治療	超音波による脊髄診断技術	超音波による脊髄診断技術が望まれる。超音波は無害である。他の整形外科領域では超音波の導入が進んでいるが、脊椎・脊髄には導入されていない。	西島先生
	側弯症の遺伝子診断技術	側弯症の遺伝子診断技術が望まれる。側弯症は遺伝の影響が指摘されており思春期に発症する患者が多い。遺伝子診断により進行性の側弯症を早期にスクリーニングし、脊椎の曲がりが少ない段階で治療できれば、患者の負担軽減、医療費の抑制に効果的である。遺伝子診断を活用した治療はテーラーメイド医療(個人に合わせた医療)のひとつといえる。	松本守雄先生
	痛みを可視化できる画像診断法	痛みを可視化できる画像診断法が望まれる。	松本守雄先生
	術中イメージを代替する画期的なナビゲーションシステム	ナビゲーションシステムが手軽なものとなり、イメージ(放射線を数秒照射して造影)の代わりに使用できれば、患者と医療従事者の双方の被曝が軽減されるので、非常にありがたい。現在はイメージを使って術中の状況を確認しているが、1回の手術で放射線の総照射時間は5~10分となる。患者だけでなく、半径1m以内の医療従事者も拡散した放射線によって被曝する可能性がある。特に術者は、体は避けられていても手を直接被曝する。可能であれば、被曝を軽減させたい。	内田先生
	前十字靭帯と軟骨の再生医療	靭帯と軟骨の再生医療が可能となれば素晴らしい。人工材料や手技がさまざまに工夫されてきたが、まだ完璧な手法が実現したとは言い難いのではないかと。自家組織を移植するという代償がかけられない1回限りの方法でなく、再生的な治療法が確立されれば素晴らしい。特にスポーツ選手から切望されている。	小柳先生
	生体親和性の高い人工骨	生体親和性の高い人工骨が望まれる。自家骨でなければなかなか生着しない。現在、リン酸三カルシウム(Tricalcium phosphate:TCP)やハイドロキシアパタイト(Hydroxyapatite:HA)はあるが、伝導能だけでなく骨誘導能があり、より自家骨に近い性質を有する人工骨が望まれる。	小柳先生
	MRガイド下のIVR	MRガイド下での各種治療法が望まれる。MRガイド下の骨セメント療法など、術者が被曝を避けられるようになり、目覚ましい進歩といえるだろう。	滝澤先生
四肢骨に対するIVR	四肢骨に対するIVRが期待される。現在は脊椎と骨盤を治療対象としているが、将来的には四肢骨に対するIVRも期待される。(整形外科的な方法より安全性の高い方法があれば)	滝澤先生	
ラジオ波焼灼法や凍結療法	ラジオ波焼灼法や凍結療法の進歩に期待している。	滝澤先生	

表3.1-28 実現が望まれる新規の医療機器について（脊椎）（2 / 2）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
靭帯骨化に着目した脊髄圧迫予防-除圧薬	靭帯骨化に着目した脊髄圧迫予防-除圧薬	靭帯骨化に着目した脊髄圧迫予防-除圧薬が望まれる。脊髄圧迫の原因は、後縦靭帯や横靭帯が肥厚し、かつ骨化することではないかと考えている。骨化を生じる機序と逆の作用をする薬剤を靭帯に注入することで骨化した靭帯を正常な状態に回復させたり、骨化を防止したりできるのではないかと。このような薬物治療が実現すれば、外科的治療で代替する可能性がある。骨化症は難病であり外科的治療のリスクも高い。外科的治療でなく薬物治療で治る時代になれば患者のQOLを大いに向上させられるだろう。	西島先生
骨の成長を促進させる遺伝子治療	骨の成長を促進させる遺伝子治療	骨の成長を促進させる遺伝子治療が望まれる。経皮的に注入することで骨が形成されるもの。	沼口先生
脊椎外科医が基本的な手術手技を習得するための医療機器	脊椎外科医が基本的な手術手技を習得するための医療機器	内視鏡手術や顕微鏡手術を習得するためには、まず open surgery できちんとした解剖学的知識、局所だけでなく全体を見渡す知識や技術を習得する必要があるが、これは伝統的に先輩外科医の手術を実際に観て習得する、いわゆる職人としての鍛錬に委ねられてきた。一方、最近では患者側から術者の経験年数や経験手術数などを具体的に尋ねてくる場合が多く、若手医師のトレーニングに若干の障害が生じている。脊椎外科医が基本的な手術手技を習得するための医療機器が是非、必要であると感じている。	福井先生
術中レントゲン透視装置	術中レントゲン透視装置	術中レントゲン透視装置は依然として器械が大きく取り回しに不便を生じており、技術革新による小型化と軽量化が必須であると考える。	福井先生
安全に骨を削る機械	安全に骨を削る機械	安全に骨を削る機械が望まれる。例えば、水の力で金属やコンクリートを削る技術を応用すればよい機器ができるのではないかと。水を使うため発熱を抑えられる。医師側にニーズはあると思う	松本守雄先生
動く状態で矯正できる脊椎矯正具	動く状態で矯正できる脊椎矯正具	動く状態で矯正できる脊椎矯正具が望まれる。側弯症の治療では、脊椎をまっすぐに固定するが、動く状態が脊椎の本来の姿であり、動く状態で矯正できることが理想である。現在使われている金属に変わる素材を用いるなど、開発が期待される。	松本守雄先生
椎間板を回復させる技術	椎間板を回復させる技術	椎間板を回復させる技術が望まれる。現在は椎間板の機能を回復させる方法がない。人工椎間板はおそらく難しく、薬剤を含め、バイオテクノロジーによるなんらかの技術開発が必要である。	松本守雄先生
脊髄や軟骨の再生医療	脊髄や軟骨の再生医療	脊髄や軟骨の再生医療が望まれる。脊髄や軟骨の損傷によって生活に支障をきたす人は多い。	松本守雄先生

表3. 1-29 実現が望まれる新規の医療機器について（上肢／主に肩・肘）

		既存の医療機器の改良すべき点		有識者名
診断	区分 造影剤を使用せず関節唇損傷を撮影できるMRI	造影剤を使用せず関節唇損傷を撮影できるMRIが望まれる。現在、肩関節の関節唇損傷や腱板不全断裂では、MRI撮影時に関節内に造影剤を注入しており、患者さん、術者にとって負担となっている。		中川先生
治療	全般	新規の医療機器については、日本以外の先進国で普通に使用されている医療機器をみればよい。その先の研究開発については、海外と同じように医療機器を使用できるようにならなければ、発想は難しい。たとえば、リバーシブル（骨頭と受け皿とが逆になった人工肩関節で腱板がなくても三角筋の筋力だけで手をあげられる）、吸収性材料によるアンカー（加水分解により吸収され骨に置換される）、ブリッジング（糸を使わずに縫わずに固定）用インプラントなどは海外で使用できるが日本では使えない。		菅谷先生
	安全な縫合機器	しつかりと組織を通せる針長があり、かつ十分な強度をもち、針の破損が生じない安全な縫合器がほしい。		中川先生

表3. 1-30 実現が望まれる新規の医療機器について（上肢／主に手・手首）（1 / 2）

診断		区分	既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
	組織学的診断が可能MRI	組織学的診断が可能MRI	組織学的診断が可能MRIが望まれる。患部の組織学的診断（「臓器」より一段細かく、「細胞」より一段粗い粒度）を行いたい。MRIが組織学的診断に使えるようになると、整形外科にとどまらず、腫瘍の質的な診断にも活用できるだろう。	中村先生
		ポータブルな小型MRI	ポータブルな小型MRIが望まれる。手首や膝（最も需要が高い）を撮影できるガントリを備え、一般的な椅子と同程度の装置サイズで、速やかに撮影できるものが望ましい。手首に限定すればさらに小型化できるかもしれない。将来的には手首専用の安価なMRI がほしい。	中村先生
治療		関節内外視鏡手術のための止血機器	関節内外視鏡手術のための止血機器の開発が望まれる。止血対象は1mm 径以下の血管である。小型で強度があり小切開口から挿入できる「ミニクリップ」、「凝固器（熱による）」、「結紮器（糸で結ぶ）」などが考えられる。技術的には可能と考えられる。内視鏡手術の一番の問題は術後の出血である。より安全で確実な止血機器が開発されれば術後出血の心配が減り、一層外来日帰り手術の適応症例が増加する。	奥津先生
		良性骨腫瘍に対する内視鏡手術機器	良性骨腫瘍に対する内視鏡手術機器の開発が望まれる。内視鏡手術を確実に安全に行うためには専門の機器が必要である。手術の対象は、主として四肢の長管骨である。以前、国内企業に声をかけたことがあるが、何度か話は聞いてもらえなかった。具体的な研究開発としては進展しなかった。	奥津先生
		体外からリモート操作可能な体内駆動型の診療機器	整形外科領域で、体外からリモート操作可能な体内駆動型の診療機器があれば画期的ではないか。2～3mm の切開で小さな機器を送り込み、体内を診断して処置して置くようなものである。整形外科の領域では、こうした発想による機器が少ない。消化器領域におけるカプセル内視鏡や循環器系領域におけるステント留置術に相当するような機器がない。たとえば、内視鏡等によって、骨折した骨の髓腔内へステントのようなものを送り込み、膨らませるとパットと骨折を固定できるような機器ができれば画期的である。すでに「髓内釘」という髓内に挿入して骨折治療を行う機器があるが、髓内釘の材料を形状記憶合金にして髓内に挿入しておく、時間経過により、変形していった骨折がまっすぐに矯正されていくようなものに改良できると面白いのではないか。	仲尾先生
		手首用の人工関節	手首用の人工関節が望まれる。海外では手首用の人工関節が使用されているが、日本ではまだ使用できない。じつは最近日本で開発された手首用の人工関節は新規の医療機器ということで治験を求められ、その対応ができないまま4年後に海外で同様の製品が開発されたという経緯がある。新規の医療機器であり輸入するにも治験が必要になることから、現在も輸入すらされていない。手首用の人工関節を使用できないので、苦肉の策として、関節を別の場所につくるなどの手技で代替しているが、患者の QOL を考えれば、よいことではない。	中村先生
		手関節鏡手術のためのナビゲーションシステム	手関節鏡手術のためのナビゲーションシステムが望まれる。手関節鏡とナビゲーションシステムのハイブリッドによる手術に期待したい。手関節鏡から組織表面に関する視覚情報と触覚情報を得て、ナビゲーションシステムから解剖学的な画像情報を得ることによって、より確かな診断と治療が可能になるだろう。また、ナビゲーションシステムによって術者の被曝を軽減できる可能性もある。たとえば骨折の手術をしているとき、関節鏡によって関節面は確認できるが、軸が傾いているかはわからずX線透視装置を使いながら確認する。このとき、X線透視装置によって医師が被曝する。ナビゲーションシステムで解剖学的情報を得られれば、X線透視装置の使用を減らせる可能性がある。手関節領域のナビゲーションシステムはまだ開発されていない。	中村先生
		ロボティクスサージェリ	ロボティクスサージェリが望まれる。ユーザーフレンドリで送達したい場所に内視鏡スコープを運べるものがほしい。将来的に、ロボティクスサージェリの応用で、遠隔手術が可能になれば、札幌や金沢でも東京と同じ手術を受けられるようになる。技術の伝達において人が移動するのは非効率である。遠隔手術が実現すれば効率化するだろう。触覚が伝達され、自分の操作が正しく伝えられ、時間がかかからないなら、実現の可能性もあるだろう。	中村先生

表3.1-31 実現が望まれる新規の医療機器について（上肢／主に手・手首）（2／2）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
再生医療	再生医療	IPS細胞による再生医療には期待している。ただし、再生医療が実用化されるまでに、やれることはいくつもある。	中村先生
発育軟骨の再生医療	発育軟骨の再生医療	発育軟骨の再生医療が望まれる。IPS細胞やES細胞の技術に期待している。発育期の少年の発育軟骨や関節軟骨を修復できれば、多くのスポーツ選手が救われる。極端な話をすれば、イチロー、松坂、松井のような選手が今の3倍は現れるだろう。現在の野球のシステムではエースで4番の選手をいかに見つけるかが重視されているが、そのような有望な選手が酷使されることで、発育軟骨が磨耗・損傷してしまい中学校以後野球を続けられなくなることや少なくとも少なくなることや再生させることができれば、超一流の選手が育つ可能性が高まる。	山口先生
採取腱の先端部に装着可能なガイドワイヤー	採取腱の先端部に装着可能なガイドワイヤー	採取腱の先端部に装着可能なガイドワイヤーが望まれる。指の靭帯再建では、指関節の2つの骨に穴(骨孔)を開け、手首から採取した腱(2mm 経)を骨孔から8の字に通して骨同士をつなぐ。これに10分程度の時間を要する。靭帯再建術のネックである。腱は細い繊維の束であり、非常に通しにくい。もし、腱の先端を束ねられるアタッチメントがついているガイドワイヤーがあれば、非常に通しやすくなるだろう。慣れれば20秒くらいまで短縮できる可能性がある。	山口先生
鏡視下腱剥離術用の器具	鏡視下腱剥離術用の器具	鏡視下腱剥離術用の器具が望まれる。腱と腱鞘とが癒着した症例に対して内視鏡下にして腱を剥離する器具がほしい。現在は、大きく展開して腱を剥離するため手術も時間もかかり、創が治癒するのも遅く、リハビリに長期間かかってしまう。	山口先生
術中に使える清潔な組織保存液	術中に使える清潔な組織保存液	術中に使える清潔な組織保存液が望まれる。移植のために採取した腱、神経、血管等の組織が外気の影響で変性することを防ぐため、今以上の組織保存液ができれば、治療成績が向上するだろう。採取組織は外気にさらすとみらるとみるうちに乾燥して変性する。現在の腱移植術等では組織変性を防ぐための特別な技術は用いられていないため、短時間で手術を終えることが重要となっている。従って経験の浅い医師は組織を採取してから移植するまでに時間をかけすぎてしまい、組織変性を生じさせ、よい手術結果を得られないことになる。じつは腱はイカと成分が似ているので、サキイカが水を含んだようなものである。こうした性質は組織保存液の開発のヒントになるのではないかと。	山口先生

表3. 1-32 実現が望まれる新規の医療機器について（下肢／主に股関節・膝関節）（1 / 5）

診断		区分	既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
診断	変形性関節症に対する定量的な診断技術	変形性関節症に対する定量的な診断技術が望まれる。関節を構成する骨が、接しているのか、接していないのか、どれだけ接しているのかを定量化する技術である。定量化できれば、診断の精度が高まるとともに、患者にも説明しやすくなる。例えば、CTの3次元画像から大腿骨-脛骨間の隙間の総容積や接触面積を計算することが考えられる。現在は、レントゲン写真(2次元画像)をみて隙間の容積を目視で診断している。変形性膝関節症の予備軍は1,000万人以上いるが、じつはレントゲンの撮影方法(患者体位やX線入射角度)すら標準化されていない。当院ではレントゲンは立位で撮影するが、臥位で撮影する医師もいる。	千葉先生	
	変形性関節症の早期診断技術(軟骨代謝マーカー等)	変形性関節症の早期診断技術が求められる。レントゲンやCT、MRIでは軟骨損傷の検出が難しいため、1年ほど進行しなければ変形性関節症を検出できない、レントゲンでも検出できない。結果的に変形性膝関節が進行し、外科的治療(関節鏡視下手術、人工膝関節置換術など)を行う必要性が生じている。例えば、軟骨代謝マーカーを開発し、生化学的に検出することが考えられる。骨粗しょう症では骨代謝マーカー(尿中NTx、血清NTxなど)があり、すでに保険適用になっている。	千葉先生	
	人工関節の適応判断のための診断技術	人工関節の適応判断のための診断技術が望まれる。患者の体質、関節の変形、軟骨の組成は多様であり、どの材料やデザインが適しているかを患者ごとに判別したい。現在は確実に判断する方法がない。たとえば、金属アレルギーに関して、パッチテストやリンパ球刺激試験等があるものの確定診断には至らない。これについては、遺伝子診断をはじめとすると研究が必要だろう。	平川先生・金子先生	
	痛みの部位・程度測定器	痛むところは充血するので骨シンチでRDIの集積等である程度痛みの部位を客観的に知ることができる。より簡便で客観性のある痛みの測定器の実現が望まれる。	土屋先生	
	骨と軟部組織を同時に3次元画像化する技術	骨と軟部組織を同時に3次元画像化する技術が望まれる。現在、骨は3次元CTによって軟部組織はMRIによって優れた画像を得ることができ、将来は骨も軟部組織も同時に3次元画像として再構成できる画像診断技術が期待される。3次元画像上により、実際に手術をしているようなシミュレーションを行えば、診断にも手術にもおおいに役立つであろう。	野本先生	
	変形性関節症の痛みの原因を特定する技術	変形性関節症で痛みを伴う場合に、その痛みの原因を特定する技術が望まれる。現在、痛みの原因を客観的に判断できる手段はない。	龍先生	
	関節リウマチの発症因子を診断する技術	関節リウマチの発症因子(リウマファクター)を診断する技術が望まれる。現在、抗CCP抗体検査を用いて高感度で陽性判定は可能だが、関節リウマチが発生する以前に、関節リウマチの発症因子の有無を診断するための手段はない。現在、遺伝やウイルスの可能性が指摘されているものの、発症因子は究明されていない。	龍先生	
	ロボットサージャリー	将来的には、整形外科手術がロボットサージャリーで行われることになるだろう。ロボットがインプラントを入れるための最小の傷を開け、最小のワーキングスペースの中でロボットがインプラントを正確に設置してくれるといったものである。これが実現すれば、組織の障害が少なく、設置が確実で、医師の負担も小さい、理想的な低侵襲医療となるだろう。現在のところ、ロボット手術の技術はそこまで発展していない。ロボット手術機器の開発にあたっては、整形外科が硬組織を扱う分野であることを十分に考慮する必要がある。硬組織を切るプロセスがあり、機能的に動きのあるところを正しく設置しなければ機能そのものに影響してしまうといった点が、技術開発上注意の必要な点である。	勝呂先生	
	ロボット手術	ロボット手術が望まれる。手技の習熟のためにトレーニングが必要であることは人間の宿命だが、ロボットの活用によって、医師の経験や勘に依存せず一定レベル以上の手術を行えることが望まれる。究極の低侵襲手術を受けられる時代が到来するかもしれない。ただし、ロボット手術が普及するとそれは遠い将来のことであり、それまでは医師のトレーニングの精度を高める仕組みの整備に重点が置かれるべきである。	野本先生	

表3. 1-33 実現が望まれる新規の医療機器について（下肢／主に股関節・膝関節）（2 / 5）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
関節内靭帯の人工材料		現在は、関節内靭帯として使える良い材料がない。人工靭帯がいくつかが製品化されているが、一定期間を過ぎると切れてしまったり、いずれも臨床のニーズに耐える製品にはなっていない。再生医療での実現はまだ難しい領域であるため、人工材料による機能再建に資する材料開発を望む。	勝呂先生
表面置換のための材料や機械		表面置換のための材料や機械の進歩が望まれる。損傷した関節の表面を置換できる材料や機械があれば有用である。若者の関節破壊に対する手立てがないため、現存する表面置換機器は良好で安定した臨床成績を出すには改良が必要と考えられる。	大久保先生
筋力を生体内からアシストするための技術		高齢者は筋肉そのものの筋力が落ちてきているため、いくらエクササイズしても回復が難しい。これを解決するため、筋組織のパワーを増すための技術があると良い。たとえば生体内に加えられるアシスト技術などである。体外式のパワーアシスト技術は開発されているが、これは日常生活の邪魔になる。また、体内式であっても、既存の埋め込み型人工心臓のような大掛かりなものではないものが望ましい。	勝呂先生
サイボーグ化		サイボーグ化の技術をもっと発展させられるとよい。サイボーグ化は、ロボット技術の発展を足がかりに出てくるものだろう。10～20年後には実現するのではないかと。前段階として、ない足に力を入れると動く義足、といった技術が考えられる。わが国はこういった分野にもっと力を入れると良いのではないかと。	勝呂先生
医師のX線被曝を防げるX線透視装置		医師のX線被曝を防げるX線透視装置が望まれる。現在、低侵襲な手術を行うためにX線透視装置が使われているが、その結果、医療従事者が長時間X線を浴びている。X線被曝を最小限にする技術が望まれるところである。	野本先生
軟骨再生		軟骨再生が望まれる。軟骨再生さえできれば人工関節が必要なくなる。軟骨再生が整形外科領域では最も求められている。軟骨再生を中心とした再生医療が進歩すれば、徐々に関節が変形していく疾患（変形性股関節症、変形性膝関節症、関節リウマチなど）に対する整形外科的治療は不要になるかもしれない。交通事故等による外傷や老化による外傷領域での整形外科の必要性は変わらない。iPS細胞には注目している。遠い将来ということであれば、腕が切断されたときに、腕が切断された部分が全て伸びてくるという再生医療が夢である。	千葉先生
重症例にも使用できる再生軟骨		軟骨再生が望まれる。注射1回で軟骨を再生させられる技術があると理想である。軟骨は血行がなく関節液で育つ組織だが、ここが軟骨治療の難しい点でもある。	平川先生・金子先生
再生医療		重症例にも使用できる再生軟骨が望まれる。軽度の症例を対象とした再生軟骨の研究はすでに臨床応用の段階にある。たとえば、東京医科大学准教授の関矢先生による研究があげられる。これは膝の滑膜から軟骨細胞を培養する方法で、軽症例を対象に治療が始められている。軽症例が対象ではあるが、再生軟骨の臨床応用がはじまったことは大きな進歩といえる。再生軟骨がどの程度進歩するかは未知数だが、うまくいけば人工関節が不要になることもあるだろう。現在のような金属とプラスチックによる構造の人工関節については、行き着くところまでできた感があり、軟骨再生のような大きなブレイクスルーが期待される。	星野先生
変形性膝関節症に対する治療薬		骨組織の再生医療が望まれる。運動等による負荷（メカニカルストレス）に対する強度が求められるため、再生医療と人工材料とのコラボレーションが必要になるだろう。人工材料である程度の強度を確保し、そこに再生医療の応用による自家組織を誘導する。こうした考え方は昔からあるが、なかなか実現しなかった。ようやく人工材料も再生医療も発達し、いよいよ実現のときが近づいていると感じる。将来性を見込めば再生医療分野（軟骨や骨）が期待される。ただし、コストが問題になるだろう。安価な再生医療が実現するまでは、やはり、簡便・安価で安定した成績が得られる人工材料による医療が重要である。	野本先生 松原先生
		変形性膝関節症に対する治療薬が望まれる。変形性膝関節症については、リウマチの生物学的製剤に匹敵するような画期的に効果のある薬剤がない。	千葉先生

表3. 1-34 実現が望まれる新規の医療機器について（下肢／主に股関節・膝関節）（3／5）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
ディスポ部分が少なく滅菌消毒が簡便な内視鏡手術器具	ディスポ部分が少なく滅菌消毒が簡便な内視鏡手術器具	ディスポ部分が少なく滅菌消毒が簡便な内視鏡手術器具が望まれる。現在は、シェーバー本体がディスポとなっている。1本約3万円である。1回の手術で3種類使い、それだけで9万円である。ディスポ部分を毎回新品に取り替える費用は保険上考慮されておらず、病院側の負担となる。手術ごとに新品と取り替えが必要なディスポ部分を削減し、かつ滅菌消毒が簡便な手術器具があれば、内視鏡手術をより行いやすくなる。	土屋先生
正確・簡便・安価な手術ナビゲーションシステム	正確・簡便・安価な手術ナビゲーションシステム	提示される情報が正確で、簡便に操作でき、安価な手術ナビゲーションシステムが望まれる。現在も手術ナビゲーションシステムは存在するが、セッティングのために追加的な時間を要し、簡便とはいえない操作性である。価格も高く、限られた施設にしか導入されていない。自分が行っている手術が正しいかどうかを常に確認できることは、経験の浅い術者を中心に、きわめて有用である。	龍先生
低侵襲手術のためのナビゲーションシステム	低侵襲手術のためのナビゲーションシステム	低侵襲手術のためのナビゲーションシステムが期待される。現在よりセプトアップは簡便であり、より正確なセンサーを持ち、スピーディな2D、3Dの解剖情報が得られ、術中、術後の関節の動態状況も分かり、機能評価できる機器への改良が望まれる。そのためナビゲーションにより、筋肉等の損傷を最小限に抑えた精度の高い手術が可能になるだろう。	大久保先生
関節内靭帯組織を再建できる人工関節	関節内靭帯組織を再建できる人工関節	日本人向けの人工関節は1985年に初めて開発されたが、市場が海外製品に席捲されており、普及しなかった。2000年に第二世代の製品が開発された。第二世代では、日本人に求められる、可動域が広くしなやかに動く人工関節が開発された。第三世代の人工関節は、考案中である。現在は関節内靭帯の前十字靭帯を犠牲にして手術が行われているため、関節内靭帯組織の再建を考えたインプラントが実現できると良い。これが実現すれば、人工関節でもしっかりと走れるようになる。	勝呂先生
薬剤溶出型人工関節（人工関節と薬剤との融合）	薬剤溶出型人工関節（人工関節と薬剤との融合）	薬剤溶出型人工関節が望まれる。たとえば、感染症を防ぐ薬剤（抗生物質）、ポリエチレンに対してマクロファージを鈍感にする薬剤、ポリエチレンの磨耗粉を溶かす薬剤といった薬剤が考えられる。人工関節と薬剤とを融合させる技術で、術後の人工関節の緩みや感染症を軽減できる可能性がある。手術さえしつかり行えば壊れないという人工関節があると画期的である。	千葉先生
関節液のメカニズムを応用した人工関節	関節液のメカニズムを応用した人工関節	関節液のメカニズムを応用した人工関節が望まれる。たとえば人体の膝関節では、体重をかけるたびに関節液が出て骨と骨との間に薄い膜をつくり、摩擦係数を限りなくゼロに近くしている。人工関節でも同様に、関節液が出て吸収されるような素材があれば磨耗を防げる。	千葉先生
鏡視下人工関節置換術のための内視鏡手術器具	鏡視下人工関節置換術のための内視鏡手術器具	鏡視下人工関節置換術のための内視鏡手術器具ができれば画期的である。鏡視下に人工関節置換術を行えるような内視鏡手術器具はまだ研究が進んでいない。人工関節のデザインを抜本的に見直し、人工関節を小型化しなければ、ある程度の侵襲は避けられない。	平川先生・金子先生
鏡視下で置換可能な人工関節	鏡視下で置換可能な人工関節	鏡視下で置換可能な人工関節が望まれる。鏡視下に人工関節の部品を体内に運搬し、宇宙ステーションのように体内で組み立てるようなものができれば、侵襲が少なくなる。	千葉先生
磨耗しない人工関節	磨耗しない人工関節	磨耗しない人工関節が望まれる。人工関節が磨耗しないならば、人工関節をしつかり固定できれば高い手術成績を得られるようになる。自身でも超伝導を応用して金属同士が接しない人工関節を研究したことがある。	松原先生
バイオロジカルな人工関節	バイオロジカルな人工関節	バイオロジカルな人工関節（究極的には自家骨・軟骨再生によるもの）が望まれる。いまの人工関節は金属や樹脂、セラミックなどでできているが、人工物には長期的な耐久性や強度等が不足している。究極の人工関節は、自分の骨や軟骨でできた再生医療による関節である。しかし、再生医療で関節を治療しようとする、メカニカルな強度をどう確保するかが課題となる。また、組織の再生を待つ間、関節を使えなくなること課題である。	松本秀男先生
形状記憶型の人工関節	形状記憶型の人工関節	形状記憶型の人工関節ができれば画期的である。形状記憶合金等による人工関節のパーツを小さく変形させて体内に送達し、体内で加温すると形状を戻せ、関節を置換できるようなものがあると良い。	平川先生・金子先生

表3. 1-35 実現が望まれる新規の医療機器について（下肢／主に股関節・膝関節）（4 / 5）

区分		既存の医療機器の改良すべき点	有識者名
人工関節		多くの人工関節は一体型だが、最近、体内で人工関節のパーツを組み立てるといった技術も検討されている。手術の術はできるだけ小さいことが望ましいが、人工関節はある程度大きさがあるため、いくらか小さく切開したくも限界がある。そこで、人工関節をパーツに分けて入れ、中で正確に組み立てられれば、本来の意味での最小の侵襲が実現する。そのためには、それぞれのパーツが骨にびたりと合っており、パーツ同士もびたりと合わなければならぬ。また、骨切りも正確でなければならない。人の手では誤差を下げられないため、ロボット技術が必要となる。いまのナビゲーション手術で誤差範囲は3ミリ以内となっているが、それよりもさらに厳密であることが求められる。既存のロボット手術機器は、大抵かりで費用と時間がかりすぎるため使えない。おそらく、体内組み立て式の人工関節の実現には、可能な場合でもかなりの時間がかかるだろう。	丸毛先生
人工軟骨、人工半月板、人工靭帯		人工軟骨、人工半月板、人工靭帯の臨床応用が望まれる。人工靭帯は以前、臨床応用されたが、長期耐久性の問題から普及には至らなかった。	野本先生
靭帯再生、人工靭帯		再生靭帯や人工靭帯が望まれる。靭帯を再生させる技術があるとありがたい。人工靭帯は現在のところ良い製品がなく臨床ではあまり使用されていない。開発も進まなくなつた。	平川先生・金子先生
十分な耐久性を備えた人工靭帯		十分な耐久性を備えた人工靭帯が望まれる。1980～1990年代にかけて人工靭帯の開発が活発に行われたが、耐久性の面で美用に足るものはなかった。現在の技術水準で研究しなおせば美用に足るものができるのではないかと。そろそろ再挑戦してもいいのではないかと。	星野先生
バイオロジカルな人工靭帯		バイオロジカルな人工靭帯が望まれる。人工関節と同様に、自家細胞からできた人工靭帯ができるとよい。たとえば、強度を確保するためのスカフォールド（足場）、中央に繊維組織、両端に骨組織、繊維組織と骨組織との付着部に軟骨組織を備えたワンセットをつくり、そのまま体内に移植する。体内に移植されたスカフォールドの周囲にコラーゲンができ、必要な細胞が配置されていくような再生プロセスを構築できれば理想である。	松本秀男先生
バイオロジカルな人工半月板		バイオロジカルな人工半月板が望まれる。インマチュアな（成熟しきっていない）状態で体内に移植し、体内で組織を成熟させられるとよい。周囲に骨が付けられた半月板の移植に挑戦している研究者もいる。骨と骨とは癒合しやすいが、軟骨と軟骨は癒合しにくいためである。	松本秀男先生
生体由来の人工軟骨		生体由来の人工軟骨が望まれる。生体由来であれば組織によく生着する。人工軟骨には衝撃吸収性と力学的耐久性が求められる。MRI画像をもとにキヤップ型の人工軟骨を患者に合わせて作成し、股関節を治療するような手法が期待される。あるいは、内視鏡的に軟骨欠損部に人工軟骨を充填することができるとよい。	平川先生・金子先生
体内の人工物に関する低侵襲な修復技術		体内の人工物に関する低侵襲な修復技術が望まれる。体内の人工物やその周囲の骨組織が損傷したとき、非侵襲または低侵襲に修復する技術があると良い。侵襲の高い手術は1回で済むようになる。人工物の全置換は時間、手間、コスト、患者負担のいずれも大きい。たとえば、人工物の表面をツルツルに加工する技術、骨吸収の生じた骨組織を修復・強化する技術が考えられる。内視鏡機器や薬剤の応用が考えられる。修復技術は、医師がストレスを感じない簡便さと低コストで行えることが重要である。なお、現在でも骨頭及びポリエチレンの交換など術後に部分的な交換は行われている。	平川先生・金子先生
運動時の撮影が可能な画像診断システム		運動時の撮影が可能な画像診断システムが望まれる。現在のCTやMRIは患者静止時の撮影しかできない。歩いている（走っている）患者を撮影でき、骨、筋肉、血管、神経がすべて表示されて、緊張している部分や痛みのある部分があらかじめ確認できるようシステムがあると理想である。こうしたシステムは、もともとコンピュータが進歩できないと表現できない。コンピュータが進歩するということは医師にとつて、そういう意味がある。	松原先生

表3. 1-36 実現が望まれる新規の医療機器について（下肢／主に股関節・膝関節）（5 / 5）

区分		既存の医療機器の改良すべき点		有識者名
遠隔ロボティクス手術システム	遠隔ロボティクス手術システムが望まれる。ロボティクス手術、ナビゲーション手術、遠隔手術を融合させたシステムで、熟練した医師が遠隔地の患者に対して高品質な手術を行うことができ、さらには、経験の浅い医師でも高品質な手術をシステムティックに行えるようなシステムである。東京慈恵会医科大学の鈴木直樹先生が取り組まれている海外との遠隔手術がさらに発展したようなものである。遠隔ロボット手術システムの第一の目的は熟練医が遠隔地の患者を手術することだが、手術データから熟練医の技術や思考プロセスを解析し、熟練医の技で術者をサポートするシステムの開発につながることに期待したい。	遠隔ロボティクス手術、ナビゲーション手術、遠隔手術を融合させたシステムで、熟練した医師が遠隔地の患者に対して高品質な手術を行うことができ、さらには、経験の浅い医師でも高品質な手術をシステムティックに行えるようなシステムである。東京慈恵会医科大学の鈴木直樹先生が取り組まれている海外との遠隔手術がさらに発展したようなものである。遠隔ロボット手術システムの第一の目的は熟練医が遠隔地の患者を手術することだが、手術データから熟練医の技術や思考プロセスを解析し、熟練医の技で術者をサポートするシステムの開発につながることに期待したい。	松原先生	
手術トレーニング技術	外科では技術を伝えるプロセスが必要かつ重要である。現在は、主治医の監督指導の下で、実際の患者の手術を行う際に技術が伝えられている。その前段階として、バーチャルリアリティでトレーニングできる技術があれば、スタートラインのレベルがある程度高くなり、医師にとっても患者にとっても望ましい。具体的には、あたかも実際の手術を行っているような感覚で、指導医と一緒にトレーニングできるものが考えられる。内視鏡を通してみた術野が見られるだけでなく、たとえば再建術までバーチャルでできるなど、実際の手術のシミュレーションができるようになることが望ましい。また、実際に骨を切断する感覚などが得られると良い。既存のトレーニング技術はまだ、こうした臨床現場の要求水準には達していない。	外科では技術を伝えるプロセスが必要かつ重要である。現在は、主治医の監督指導の下で、実際の患者の手術を行う際に技術が伝えられている。その前段階として、バーチャルリアリティでトレーニングできる技術があれば、スタートラインのレベルがある程度高くなり、医師にとっても患者にとっても望ましい。具体的には、あたかも実際の手術を行っているような感覚で、指導医と一緒にトレーニングできるものが考えられる。内視鏡を通してみた術野が見られるだけでなく、たとえば再建術までバーチャルでできるなど、実際の手術のシミュレーションができるようになることが望ましい。また、実際に骨を切断する感覚などが得られると良い。既存のトレーニング技術はまだ、こうした臨床現場の要求水準には達していない。	丸毛先生	
内視鏡手術中に解剖学的な位置関係を把握できる技術	内視鏡の強みは、治療の対象ポイントをより近くで詳細に見られることである。一方で、術野周辺を含めた全体像を把握することが難しいことが弱みである。外科系でもっとも重要なのは解剖学的な知識である。内視鏡手術の際は局所解剖を把握できなければ、周辺組織と術具との位置関係が分からなくなり、神経や血管を傷つけるリスクとなる。工学技術によって解剖学的な位置関係の把握を支援できれば、より正確で安全で、低侵襲な手術ができるようになる。たとえば局所解剖の情報の内視鏡の映像に重ねて、全体像のどこを見ているのかをイメージできるものが考えられる。熟練医には不要かもしれないが、熟練する過程にある医師のサポートにはなる。特に、脊椎内視鏡では神経のすぐそばを触るため、こうした全体像を把握できることの重要性は高い。	内視鏡の強みは、治療の対象ポイントをより近くで詳細に見られることである。一方で、術野周辺を含めた全体像を把握することが難しいことが弱みである。外科系でもっとも重要なのは解剖学的な知識である。内視鏡手術の際は局所解剖を把握できなければ、周辺組織と術具との位置関係が分からなくなり、神経や血管を傷つけるリスクとなる。工学技術によって解剖学的な位置関係の把握を支援できれば、より正確で安全で、低侵襲な手術ができるようになる。たとえば局所解剖の情報の内視鏡の映像に重ねて、全体像のどこを見ているのかをイメージできるものが考えられる。熟練医には不要かもしれないが、熟練する過程にある医師のサポートにはなる。特に、脊椎内視鏡では神経のすぐそばを触るため、こうした全体像を把握できることの重要性は高い。	丸毛先生	
術中モニタリングのための小型・簡便なレントゲン装置	術中のモニタリングのための小型で簡便なレントゲン装置が望まれる。人工関節置換術では、アライメント、正確な骨切り、靱帯のバランスの3点が重要だが、これらを術中に簡便に確認する方法が不足している。手術室（クリーンルーム）内で使用できるもので、小型で操作性がよく簡便なレントゲン装置があれば大変有用である。	術中のモニタリングのための小型で簡便なレントゲン装置が望まれる。人工関節置換術では、アライメント、正確な骨切り、靱帯のバランスの3点が重要だが、これらを術中に簡便に確認する方法が不足している。手術室（クリーンルーム）内で使用できるもので、小型で操作性がよく簡便なレントゲン装置があれば大変有用である。	龍先生	
カテーティングガイド技術	現在の人工膝関節置換術では、骨の切断の際の基準になるものとして骨髄の中へ太い棒を入れ、手術を行っている。しかし、リスクも出血も多く、感染、塞栓症などの合併症などの合併症のものにもなる。ナビゲーション装置を用いても、手術時間の延長、赤外線感知装置を骨に設置するための新たな侵襲、ナビゲーション装置に習熟するまでのいわゆる learning curve の存在などが問題となる。こうした問題を解決する新しい技術として、コンピュータ上で患者の人工膝関節手術をシミュレーションし、その結果に基づき患者固有のカテーティングガイドを作製する技術が登場している。カテーティングガイドは、骨切りの基準として、患者の大腿骨および脛骨の関節面にはりつけて使用することで、個々の患者の骨にあわせてオーダーメイドのカテーティングガイドである。これが実現できれば、ナビゲーション装置がなくても、シミュレータがあれば手術できる。数年ほど前からこの技術の開発が始まり、米国ではこの4月から臨床応用が始まっている。この技術は普及していくだろう。	現在の人工膝関節置換術では、骨の切断の際の基準になるものとして骨髄の中へ太い棒を入れ、手術を行っている。しかし、リスクも出血も多く、感染、塞栓症などの合併症などの合併症のものにもなる。ナビゲーション装置を用いても、手術時間の延長、赤外線感知装置を骨に設置するための新たな侵襲、ナビゲーション装置に習熟するまでのいわゆる learning curve の存在などが問題となる。こうした問題を解決する新しい技術として、コンピュータ上で患者の人工膝関節手術をシミュレーションし、その結果に基づき患者固有のカテーティングガイドを作製する技術が登場している。カテーティングガイドは、骨切りの基準として、患者の大腿骨および脛骨の関節面にはりつけて使用することで、個々の患者の骨にあわせてオーダーメイドのカテーティングガイドである。これが実現できれば、ナビゲーション装置がなくても、シミュレータがあれば手術できる。数年ほど前からこの技術の開発が始まり、米国ではこの4月から臨床応用が始まっている。この技術は普及していくだろう。	丸毛先生	

表3. 1-37 実現が望まれる新規の医療機器について（下肢／主に足・足首）

区分		既存の医療機器の改良すべき点		有識者名
診断	正側2枚のX線画像から3次元像を生成する技術	正側2枚のX線画像から3次元像を生成する技術が望まれる。レントゲンのような簡便さで、足関節の複雑な立体構造を画像化できる技術がほしい。2次元画像をもとに3次元的な解剖をサポートする技術である。正側を同時に撮影しなくても3次元画像化できたり、遠近等の位置関係が色で区分されたりすよい。CTは簡便ではない。レントゲンならすぐ撮影できる。足の関節は複雑で、例えば踵（かかと）の骨（踵骨）とその上の距骨はねじれ合いながら動くが、2次元画像ではこうした形態を把握することが難しい。	須田先生	
	感染範囲を特定できる技術（試薬）	骨に感染症が発生した場合に、細菌感染の範囲を色で特定できる技術（試薬）が望まれる。現在は感染範囲の特定は肉眼で行われているが、骨が過剰に削られて削られている可能性がある。また、本来除去すべき病巣を看過している可能性がある。必要かつ十分な骨切除範囲（汚染部位）が決定されれば、骨感染症（骨髄炎）の治療成績は向上すると期待される。	須田先生	
	人工材料に対するアレルギー診断技術	人工材料に対するアレルギーを事前に診断できるとよい。診断方法は簡便であることが重要である。金属アレルギーについてはパッチテストが行われているが、パッチテストの結果と実際のアレルギー反応とが異なるケースがある。	須田先生	
	長期成績を維持できる軟骨再生技術	長期成績を維持できる軟骨再生技術が望まれる。再生軟骨は作れるものの、現在は長期成績に問題があるようである。	須田先生	
	自家組織に置き換わる人工靭帯	自家組織に置き換わる人工靭帯が望まれる。人工靭帯は最終的に自己融解してよいが、人工靭帯の表面および深部に自家組織の靭帯の成長を誘発する必要がある。現在の靭帯再建術では自家の腱が採取されるが、自家組織を犠牲にしないためには人工靭帯が必要である。	須田先生	
治療	医師のX線被曝を軽減する技術	医師のX線被曝を軽減する技術が望まれる。整形外科医は頻繁にレントゲンをとるが、撮影のために医師が患者の姿勢を支えるケースでは患者とともに医師の手や顔などが被曝しており、被曝の軽減が望まれる。年間に行っている120例の手術のほとんどでレントゲンを撮影している。方策としては、例えば、ポータブル・小型・低線量のレントゲン、X線照射範囲を限定する技術、医師の代わりに患者姿勢を保持する技術などが考えられる。ただし、短時間でセッティングでき、操作が簡便でなければならぬ。	須田先生	