

第5回企画展

健康長寿を支える からだ 身体の医学

— 立つ・歩く —

東京大学医学部・医学部附属病院
健康と医学の博物館

Hernia

Locomotive Syndrome

Sprain

Fracture

Osteoporosis

Rheumatoid Arthritis

健康長寿を支える^{からだ}身体よしのりの医学 — 立つ・歩く —

展示期間：2013年3月19日(火)～8月11日(日)

企画展概要

形を整える外科と書いて、整形外科といいます。この語は、20世紀初頭に東京大学の初代の整形外科教授であった田代義徳よしのりが作りました。骨折などの外傷の治療による身体の機能回復、矯正に対する需要が高かった当時の疾病事情が反映されています。整形外科という語ができてから少し後の1921年の平均寿命は男性42.1歳、女性43.2歳でした。2011年には男性79.4歳、女性85.9歳にまで伸長していますから、今、生まれた子は一世紀前の子の倍程の期間を立ち、歩いて過ごすこととなります。現在では腰痛、骨粗鬆症、リウマチ、変形性関節症など、加齢に伴って増える症状に対する診療の比重が高まっています。本企画展「健康長寿を支える^{からだ}身体よしのりの医学 — 立つ・歩く —」では、長い一生を生きる現代人が直面する運動器の障害を中心に、最近の予防、治療、研究などを紹介します。

われわれが身体を動かす時に使っている身体の部分を運動器といいます。運動器は骨、関節、筋肉から構成されています。Zone 1ではまず運動器を概説します。Zone 2では加齢に関係が深い運動器の病気を紹介します。特に運動器の働きの低下を指す「ロコモティブシンドローム(運動器症候群)」の状態と、その予防を中心にした展示です。Zone 3では整形外科の手術、診断や治療に用いる器具、褥瘡じよくそう(床ずれ)を予防する器具などを紹介します。整形外科の診療が多くの器具や技術によって支えられているということが実感できると思います。Zone 4では骨や軟骨に関する基礎研究の成果などを取り上げました。

運動器の機能を維持することは、他の生活習慣病を予防することと同様に、健康長寿の条件です。立つ、歩くに関連した医学や医療を知ると共に、日常の予防にも目を向けてみてください。

目次

ZONE 1 筋肉、骨、関節

ヒトの骨格	・・・3
筋肉の構造と働き	・・・4
骨の構造とその機能	・・・5
関節の機能	・・・7
宇宙医学と加齢変化	・・・9
筋収縮のカルシウム調節 —江橋節郎の功績—	・・・11
筋収縮のメカニズム	・・・12
マッスルセンサー —筋肉の動きを体験してみよう—	・・・13
筋電図義手	・・・14

ZONE 2 「立つ・歩く」の病気

立つ、歩くに関係する代表的な病気	・・・15
運動器症候群 ロコモティブシンドローム	・・・17
ロコモを調べて予防する	・・・18
超音波骨量測定	・・・19
下肢伸展力測定	・・・20
2ステップテスト	・・・21
立ち上がりテスト	・・・22
ロコモ 25	・・・23
関節の破壊と変形が起こる関節リウマチ	・・・25
日常生活を可能にする関節リウマチ治療	・・・26

ZONE 3 「立つ・歩く」の医療

医工連携で耐久性の高い人工股関節を開発	・・・27
長寿命型人工関節を目指す技術	・・・28
人工関節	・・・29
関節鏡の歴史	・・・31
より傷を小さくして治りを早くする手術へ	・・・33
脊髄くも膜下麻酔（脊椎麻酔、腰椎麻酔）硬膜外麻酔	・・・35
人工筋肉リハビリスーツ	・・・36
糖尿病の患者さんに重要な、靴選びとフットケア	・・・37
最先端の技術で、自力で体位を変えられない患者さんの褥瘡（床ずれ）を予防	・・・39
体圧分散式エアマットレス / 携帯型接触圧力測定器	・・・41
補装具 車いす用（特殊空気室構造）底付手前検知機能付エアースレルクッション	・・・42
足指力の測定	・・・43
重心動揺検査	・・・44

ZONE 4 「立つ・歩く」を支える研究

ロボットスーツ HAL® 福祉用の紹介	・・・45
失った顔やあごの骨をカスタムメイドの人工骨で成形し、移植する	・・・46
過度の力学的ストレスや加齢が軟骨を変性させ、変形性関節症を発症させる	・・・47
ノックアウトマウスを使って、変形性膝関節症の原因や治療法を研究	・・・48
骨の破壊と再生のしくみを手がかりに、骨免疫、骨による全身の制御系を研究	・・・49
超音波を用いて、膝関節の軟骨を3次元モデルであらわす	・・・50
骨の強度を正確に評価できる方法を開発	・・・51
MRI 画像法で、軟骨部位を鮮明に描き出す	・・・52
AIR SHODOU（エア―書道）	・・・53
AIR SHODOU の体験	・・・54

関連情報サイトの紹介	・・・55
おわりに	・・・56

ヒトの骨格



人体の骨格の模型です。

約200本といわれているヒトの骨の配置が、ご覧いただけます。

筋肉の構造と働き

Structure and function of muscle

ヒトでは、ジャンプをするような大きな運動から手先の細かな運動まで、骨格筋が重要な役割を果たしています。

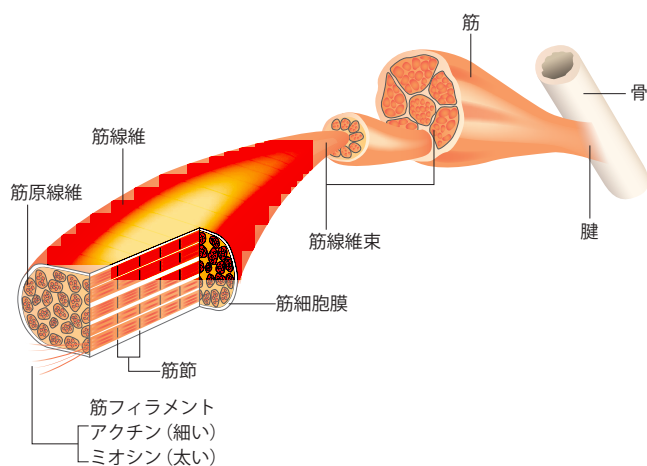
大きさの異なる筋線維がまとまってできる筋肉

筋肉はたくさんの筋線維が束になってできています。筋線維は直径50~100 μm (ヒトの髪の毛の直径程度)で、通常の細胞に比べて長い細胞です。筋線維は表面に多数の核が存在する多核細胞で、低倍率で拡大すると縞模様が観察されます。

筋線維を細かく見ていくと、筋線維の中には多くの筋原線維が詰まっています。筋原線維の中にはさらに細かいアクチンとミオシンという線維があり、これらが互いの間に滑り込むことで筋肉が収縮すると考えられています。

筋線維は最大150もの筋線維同士がまとまることで、筋線維束を構成しています。筋線維束同士がさらにまとまり、そのまとまりが筋外膜に包まれることで、1つの筋肉が作られるのです。このように筋肉は小さい線維がまとまり大きい線維を構成していくという階層上の構造を成しています。

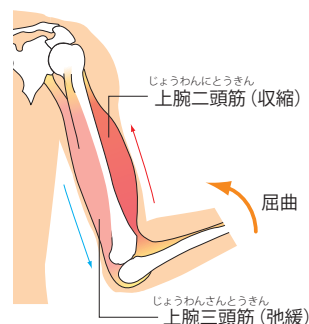
● 筋肉の構造



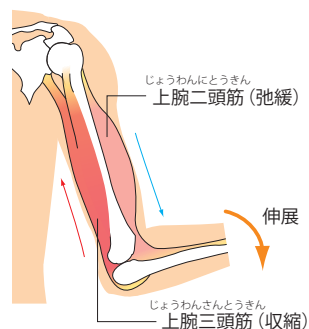
収縮と弛緩で関節を動かす

全身の運動を作り出すための筋肉を骨格筋といい、人間の体重のおおよそ半分を占めます。大部分は一つ以上の関節をまたいで骨につき、収縮・弛緩することで関節を動かしたり固定したりしています。

● 筋肉の作用



上腕二頭筋は肩から前腕までにまたがっています。上腕二頭筋が収縮すると、前腕を身体に近づく方向へ上腕骨を引っ張る作用が生じ、肘関節が屈曲します。このとき、上腕二頭筋の反対側にある上腕三頭筋は、上腕二頭筋の作用を邪魔しないよう弛緩しています。



一方、上腕三頭筋が収縮すると、身体から遠ざかる方向へ上腕骨を引っ張る作用が生じ、肘関節が伸展します。このときは上腕二頭筋が弛緩しています。

骨の構造とその機能

Structure and function of bone

ヒトの骨格は、全身で約200個に及ぶ骨から成り立っています。骨の構造と機能を見ると、実に合理的な作りになっていることがわかります。

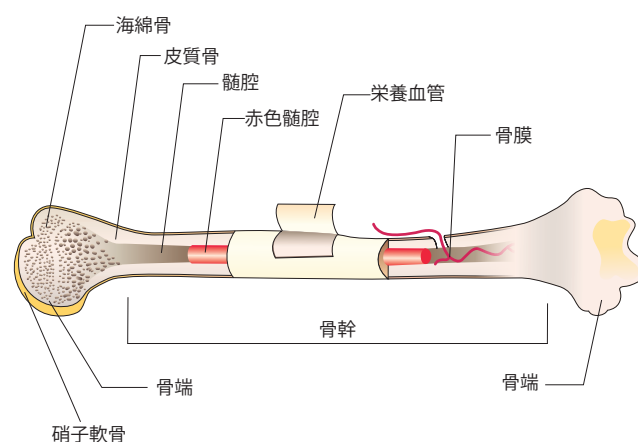
骨は緻密な外層と緻密でない中央部から成る

右の図は上腕骨の解剖図です。この骨は長い柄である骨幹と、その両端で広がった骨端で構成されています。骨端の先端は物理的な摩擦を低減するための一層の硝子軟骨で覆われています。

骨端と骨幹の接合部には、成長期には骨端軟骨（骨端線）があります。ここで軟骨が骨に変わることによって、骨が長軸方向へ伸び、身長が伸びます。骨端軟骨はX線撮影では写らず、骨の伸びが止まるころになると骨端軟骨の名残が1本の線として写るようになります。

骨の内部を見てみると、その表面は骨膜と呼ばれる結合組織の膜で包まれています。さらに、骨膜の内部は皮質骨と海綿骨の二種類の層が存在します。皮質骨は高密度の固い層で、骨幹部分に多く存在します。海綿骨はフランスパンの中のようなスカスカした柔らかい層で、骨端部分に多く存在しています。この皮質骨と海綿骨の比率は骨によって異なります。

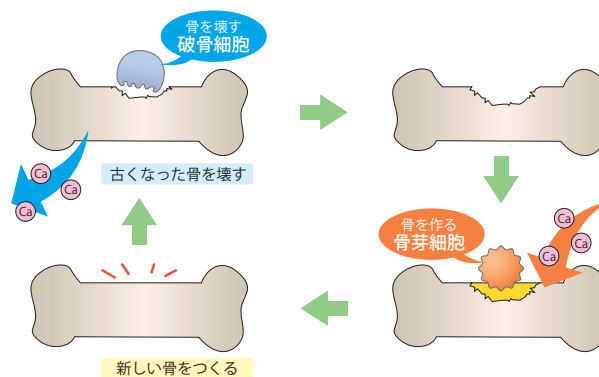
● 骨の構造



骨は破壊と再生を繰り返す

硬い骨は一見、何も変化していないように見えますが、常に、破壊（吸収）と再生が繰り返されています。骨がある程度古くなると、破骨細胞という細胞がやってきて、骨を溶かして破壊します。破壊部位からは、カルシウムが溶け出します。その後、休止期を経て、今度は骨芽細胞という細胞がやってきて、カルシウムを取り込みつつ、破壊された部位に新しい骨を作ります。健康な骨では、破骨細胞と骨芽細胞がバランスよく働いており、どちらかが強くなったり、弱くなったりということはありません。

● 骨代謝のしくみ



骨の構造とその機能

骨は身体を支えるだけでなく、身体の内部環境を一定に保つためにも重要な役割を果たす

骨にはさまざまな役割があります。

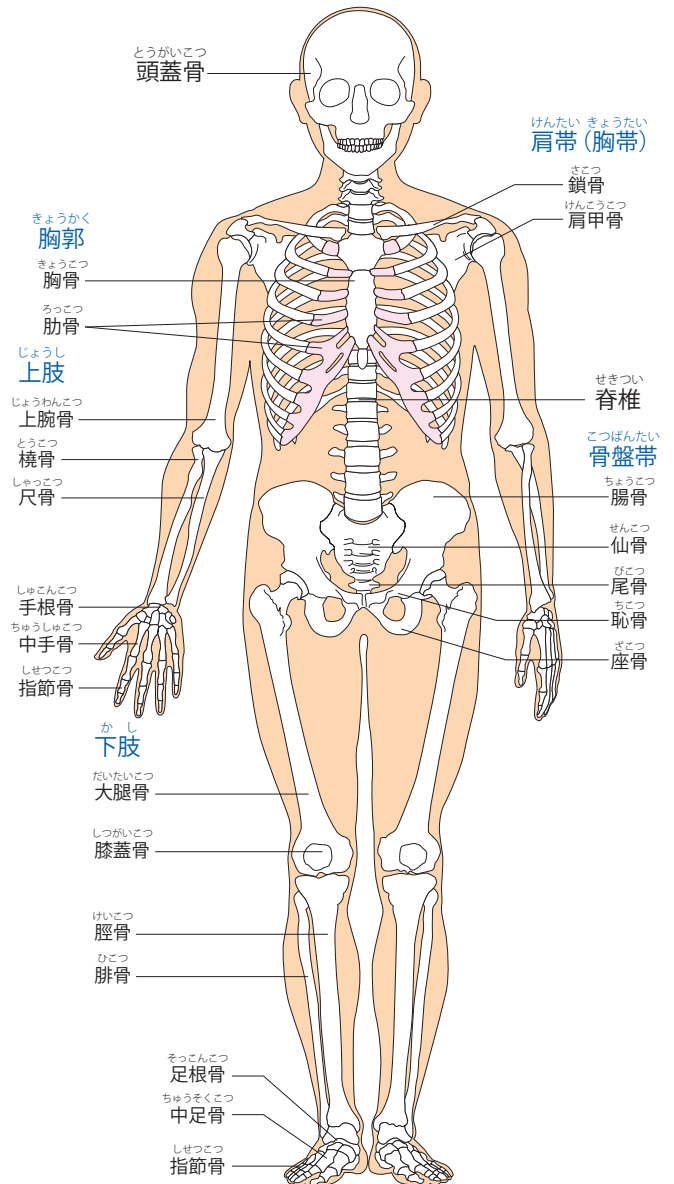
構造的機能

- 支持機能
全身で約200個に及ぶ骨が連結し、身体の支柱としての役割を果たし、直立の姿勢維持を可能にしています。
- 運動機能
骨格筋が収縮することにより、骨格筋の末端である腱から骨を引っ張る作用が伝わることで、関節の運動が生じます。
- 保護機能
骨は内臓など身体の諸器官を保護しています。例えば、頭蓋骨は脳を、肋骨や胸骨は肺や心臓を、脊柱は脊髄をそれぞれ保護しています。

恒常性機能(ホメオスタシス)

- 造血機能
骨の内部にある骨髄には、赤血球、白血球、血小板などに分化できる造血幹細胞が存在し、造血機能を担っています。
- 貯蔵機能
骨ではカルシウムやリンなどミネラルの貯蔵庫となっており、これらの血中濃度のバランスを調整しています。例えば、血中のカルシウム濃度が高くなれば、カルシウムを吸収し、濃度が低くなれば放出します。このような調節機能は骨の強度を維持するためにも役立っています。

● ヒトの骨格



関節の機能

Function of joint

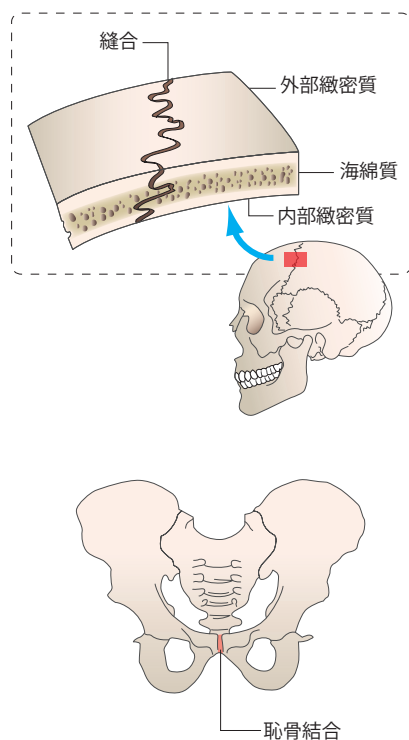
ヒトの身体の多様な動きは、関節の構造が可能にしています。

関節は動きの大きさから3種類に分けられる

関節は2つ、あるいはそれ以上の骨が組み合わさってできています。ヒトの動きの大きさや方向は関節の構造や特徴によって決まっています。関節には、大きく動く関節もあれば、ほとんど動かない関節もあります。関節はその動きの大きさによって3つの種類に分類できます。

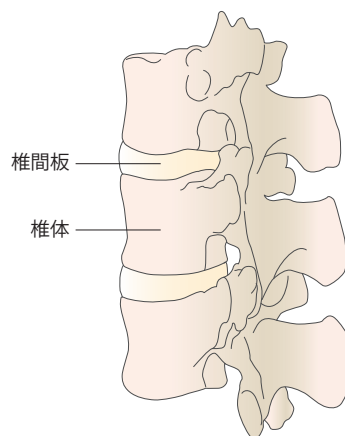
不動関節

頭蓋骨に代表される全く動かない関節を不動関節といいます。頭蓋骨の骨と骨の間隙は頭蓋縫合と呼ばれる不動関節で繋がっています。また、恥骨間で形成される恥骨結合も不動関節です。この恥骨結合は、妊娠後期になると4~5mm拡張され、胎児が通りやすいように、変化が起こります。



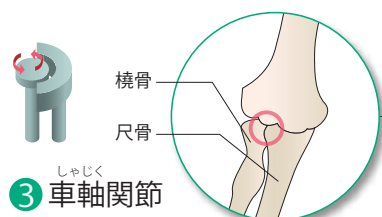
微動関節

わずかししか動かない関節を微動関節といいます。これは脊椎の椎間板に代表されるものです。脊椎骨は隣接する脊椎骨と椎間板によって仕切られています。椎間板はクッションの役割を果たしており、歩行や走行による衝撃を和らげてくれます。この微動関節のおかげで、背中を前にかがめたり、左右に側屈させたり柔軟な動作が可能となります。この微動関節が全く動かないと、私たちは靴紐を結ぶことも、後ろに振り向くこともできません。



可動関節(滑膜関節)

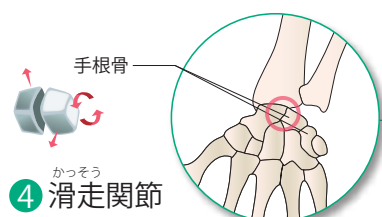
最も一般的で自由に動く関節を可動関節(滑膜関節)といいます。可動関節は複雑でさまざまな種類のものがあり、その構造によって動かすことのできる大きさや方向が決まります。



3 車軸関節

関節面が車軸のような形状を持っている関節です。前腕では、その軸を中心として、回内(手のひらを下に向ける)、回外(手のひらを上に向ける)運動が生じます。

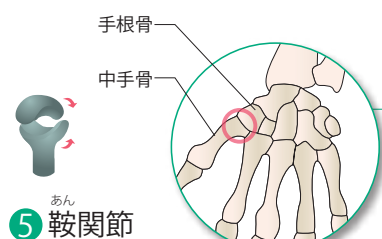
例：肘(橈尺)関節



4 滑走関節

2つの関節面が石臼のような平らな面同士で繋がっています。平面でずれるような運動を伴い、単純でわずかな運動が可能です。

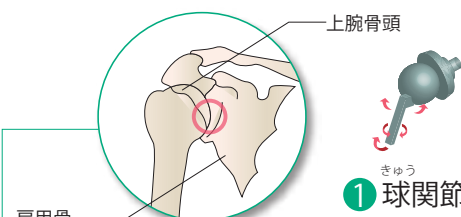
例：手根間関節、足根中足関節



5 鞍関節

2つの骨が緩やかなカーブの形状を持っていて、馬の背に乘せる鞍のような構造になっています。この関節は、親指の手根中手関節のみに見られます。親指の付け根は他の指に比べ、大きく良く動くことがわかります。

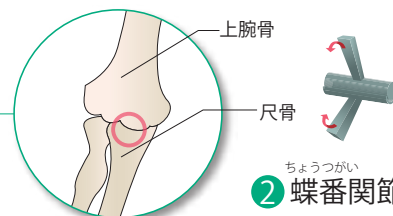
例：母指手根中手関節



1 球関節

この関節は球状の骨頭が、もう一方の骨の凹部にはまっています。ちょうど、ボールをおわんにはめたような構造になっています。球状の関節のため、関節の中で最も運動範囲が広がっています。肩関節や股関節は上下、左右、斜めに自在に動くことがわかります。

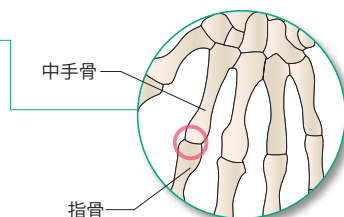
例：肩関節、股関節



2 蝶番関節

ドアを柱にとめる金具「蝶番」のような構造で、1つの基本面での動きしかできませんが、大きな可動域を持っている関節です。肘を動かすと、上下には大きく動きますが、左右にはあまり動かないことがわかります。

例：肘(腕尺)関節、足関節



6 顆状関節

この関節では楕円形の関節面を持っていて、2つの基本面での動きはできますが、軸を中心とした回旋は生じません。

例：中手指節間関節(母指を除く)

宇宙医学と加齢変化

Space medicine and aging : it's similarity

宇宙医学とは宇宙空間が人体に及ぼす医学、生理学的影響を検討する学問です。近年、宇宙での生体の変化と、高齢者の変化の類似性が注目されています。

宇宙空間では急速に加齢と同様の変化が起こる

宇宙飛行士が宇宙船内でトレーニングを行う姿を見たことはありますか？宇宙飛行士は微小重力、宇宙放射線環境など厳しい環境での作業を強いられます。人の身体は地球空間での1Gの重力に適応した構造を有していますが、微小重力の影響により身体を支える骨や筋肉へのストレスが小さくなります。その結果、骨量減少、筋萎縮といった、加齢変化と似た変化が促進されます。

例えば、大腿骨頸部の骨密度は月に約1.5%減少し、骨粗鬆症^{こつそしょうしょう}の約10倍の速さで減少することが明らかになっています。また、ふくらはぎの筋肉も1日に約1%ずつ細くなります。

この筋萎縮は地上の寝たきりの約2日分、高齢者の約半年分の筋萎縮に相当するといわれています。このような急速な加齢現象をできる限り防ぎ、健康を維持するために、宇宙飛行士は毎日2時間のトレーニングを行っています。また、太陽光を浴びることで活性化されるビタミンDをサプリメントで摂取し、骨粗鬆症の治療薬であるビスフォスフォネートという薬を摂取するなどさまざまな工夫がなされています。



● トレーニングをする古川宇宙飛行士

出典：JAXA/NASA

● 宇宙飛行による部位別骨量減少率

部位	骨量減少率 (%/月) (平均値) ± (誤差)
大腿骨転子部	1.56 ± 0.99
腰椎	1.06 ± 0.63
上肢	0.04 ± 0.88

LeBlanc A, et al : JMNI 7: 33-47, 2007 より作成

● 骨量減少の予防のポイント

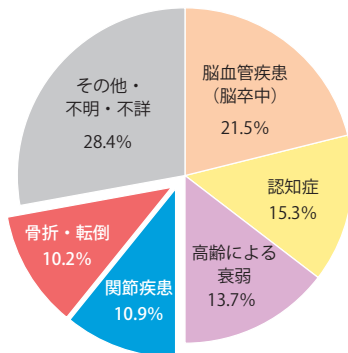
骨を強くするためには、食事・運動・薬剤の3つが重要で、骨粗鬆症治療でも活かされています。

① 食事	栄養バランスの良い食事をこころがけ、カルシウム(牛乳、小魚など成人で毎日800mg)、ビタミンD(魚やきのこ)、ビタミンK(納豆)をしっかり食べましょう。適度な日光浴も大切です。
② 運動	骨へ負荷を加える運動や筋力運動を、生活習慣に加えましょう。
③ 薬剤	骨折リスクが高い場合、有効な薬剤を活用すれば、骨折発生率が下がります。

重力に負けない身体作りは「ロコモティブシンドローム対策」

宇宙など、重力がとても小さい環境（微小重力）からの帰還直後は、立ったり歩いたりするのが難しくなります。超高齢社会の日本においても、自力で立てない、あるいは歩けない高齢者が増えています。この背景には様々な運動器の障害が関わっています。例えば、変形性関節症による膝、股関節の障害、骨粗鬆症に伴う骨折や丸背、関節リウマチによる関節の痛みや関節可動域制限、筋力低下などです。このような運動器の障害により介護・介助が必要な状態、またそのようなリスクが高まっている状態をロコモティブシンドロームと言います。

● 介護が必要となった主な原因

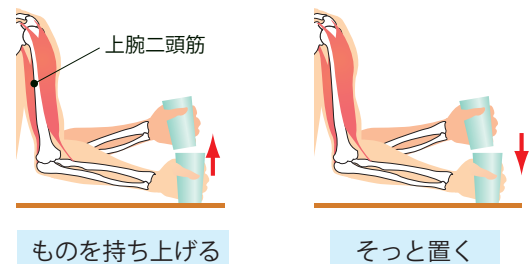


提供：厚生労働省 平成 22 年国民生活基礎調査より作成

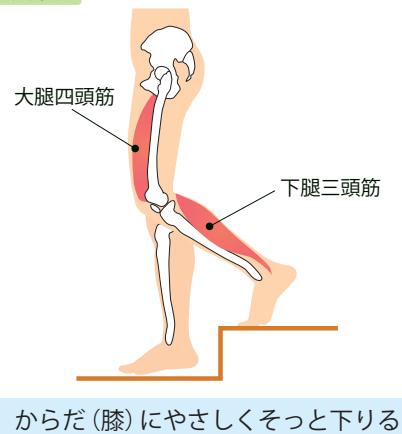
ロコモティブシンドロームは重力に負けそうになっている状態を意味します。重力に負けてバランスが取れない、身体を持ち上げられない、片足立ちができないといった症状が出てくると要注意です。重力に負けない筋力、バランス力、骨や関節の丈夫さを維持し、立ち、歩き続けるためにも日頃の運動（ロコモティブシンドローム対策）を行いましょう。

● 重力に負けない日常生活

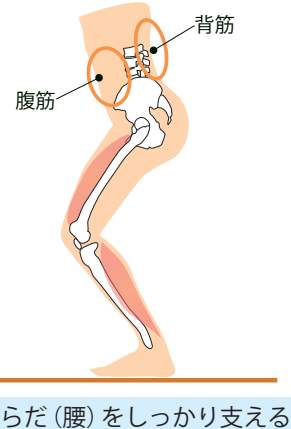
ものの動きの制御



衝撃の吸収



姿勢の安定化



参照：JAXA

筋収縮のカルシウム調節 — 江橋節郎の功績 —

Regulation of muscle contraction by calcium

— Setsuro Ebashi's achievement —

筋肉はどのようにして収縮したり弛緩したりするのでしょうか？ 筋肉が収縮する際、筋細胞内でカルシウム濃度が上昇することは、生理学において今日では常識となっています。しかし、50年以上前、筋収縮がカルシウムで制御されることを信じる者はいませんでした。筋収縮制御メカニズムの解明には、^{えばし せつろう}江橋節郎の功績がありました。

筋収縮制御カルシウム説の発見

江橋節郎(1922-2006)は、1944年東京帝国大学医学部を卒業、軍医として戦地に赴いた後、大学に戻り筋肉の収縮弛緩に関わる因子を研究していました。しかし、なかなか本体には行き着けないでいました。1959年、米国ロックフェラー研究所のF.リップマン教授(コエンザイムAの発見で1953年ノーベル医学・生理学賞を受賞)の元に留学中、カルシウム結合能が高いキレート剤ほど筋弛緩作用が大きいことを見だし、筋肉を弛緩させる因子にはカルシウムを取り込む働きがあること発見しました。この結果に基づき、細胞内のカルシウム濃度の変化が収縮を制御しているという筋収縮制御の「カルシウム説」を提唱しました。

しかしながら、この説はすぐには受け入れられませんでした。当時の学者は、「無機イオンでしかないカルシウムが筋収縮を制御するわけがない」と精神的抵抗感を持っていたからです。1962年、ボストン郊外で筋収縮に関する国際会議が開かれた際、江橋は、A.ウェーバーと共に「カルシウム説」を発表しましたが、聴衆から嘲笑を受けるだけでした。

その後、江橋は「カルシウム説」を確固たるものとするため、研究を続けました。そして1965年、カルシウム結合能力の極めて高いタンパク質を発見し、これに「トロポニン」と命名しました。トロポニンは世界初のカルシウム制御タンパク質であり、細胞内のカルシウム濃度が上昇し、カルシウムがトロポニンと結合することで、筋収縮が生じることを証明しました。ここに、「カルシウム説」が揺るぎないものとなったのです。

その後、多数の研究者がカルシウムの研究に参加し、カルシウムは筋収縮だけでなく、分泌、受精、免疫、代謝など多様な細胞機能を制御していることが明らかになってきました。江橋の発見は、さまざまな細胞の制御機構の解明に繋がったのです。



提供：細胞分子薬理学

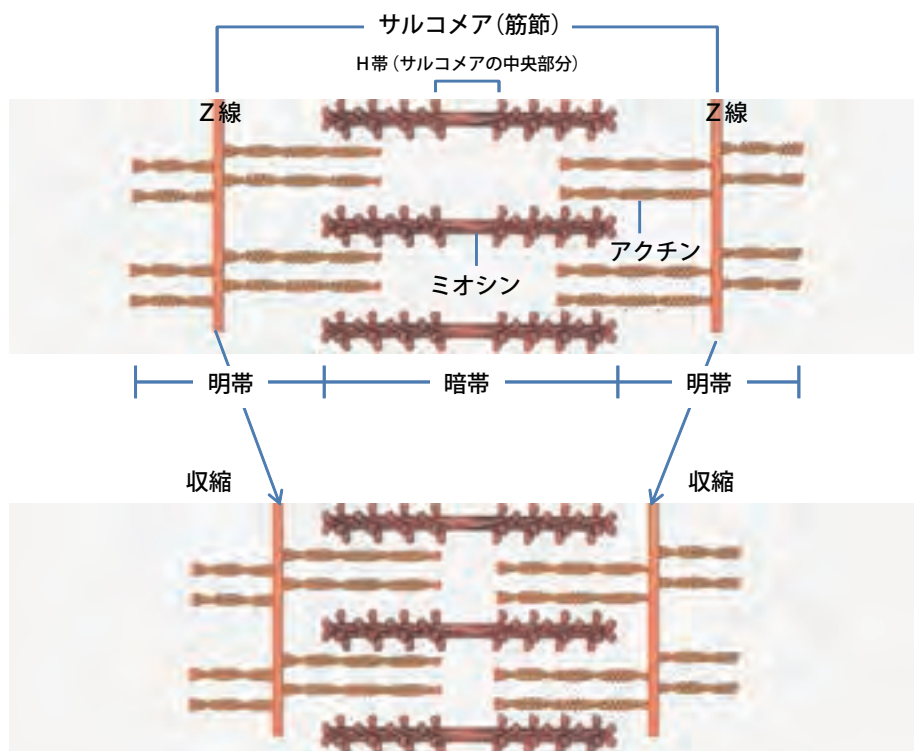
筋収縮のメカニズム

筋肉の収縮は筋細胞内の Ca^{2+} (カルシウムイオン)の濃度変化により制御されています。筋細胞中には、アクチンの線維とミオシンの線維が交互に並んでいて収縮を起こします。

体を動かす筋肉(骨格筋)は、明帯と暗帯が交互に並んでいて横紋筋と呼ばれます。明帯の中央にはZ線とよばれる仕切りがあり、Z線からZ線の間はサルコメア(筋節)と呼ばれ、構造上の単位とされています。骨格筋が収縮する時、サルコメアの長さは短くなりますが、暗帯の長さは変わりません。暗帯を構成する線維(ミオシン線維)の間に、明帯を構成する線維(アクチン線維)が滑り込んで収縮がおこるためです。

脳から筋収縮の指令が伝達されると、筋小胞体が刺激を受け、筋細胞内に Ca^{2+} が放出され、アクチン線維に配列しているトロポニンというタンパク質と結合します。これにより、アクチン線維上に存在しているトロポミオシンがアクチンのミオシン結合部位から引き離されます。ミオシン結合部位が露出すると、ミオシンとアクチンが相互作用して、筋肉が収縮します。

脳からの筋収縮の指令がなくなると、筋小胞体に存在する Ca^{2+} ポンプの働きにより、筋細胞内の Ca^{2+} は筋小胞体へ再吸収され、アクチンとミオシンの相互作用が阻害されて、筋の弛緩が生じます。



江橋節郎先生 特別講義 (映像)

提供: 放送大学

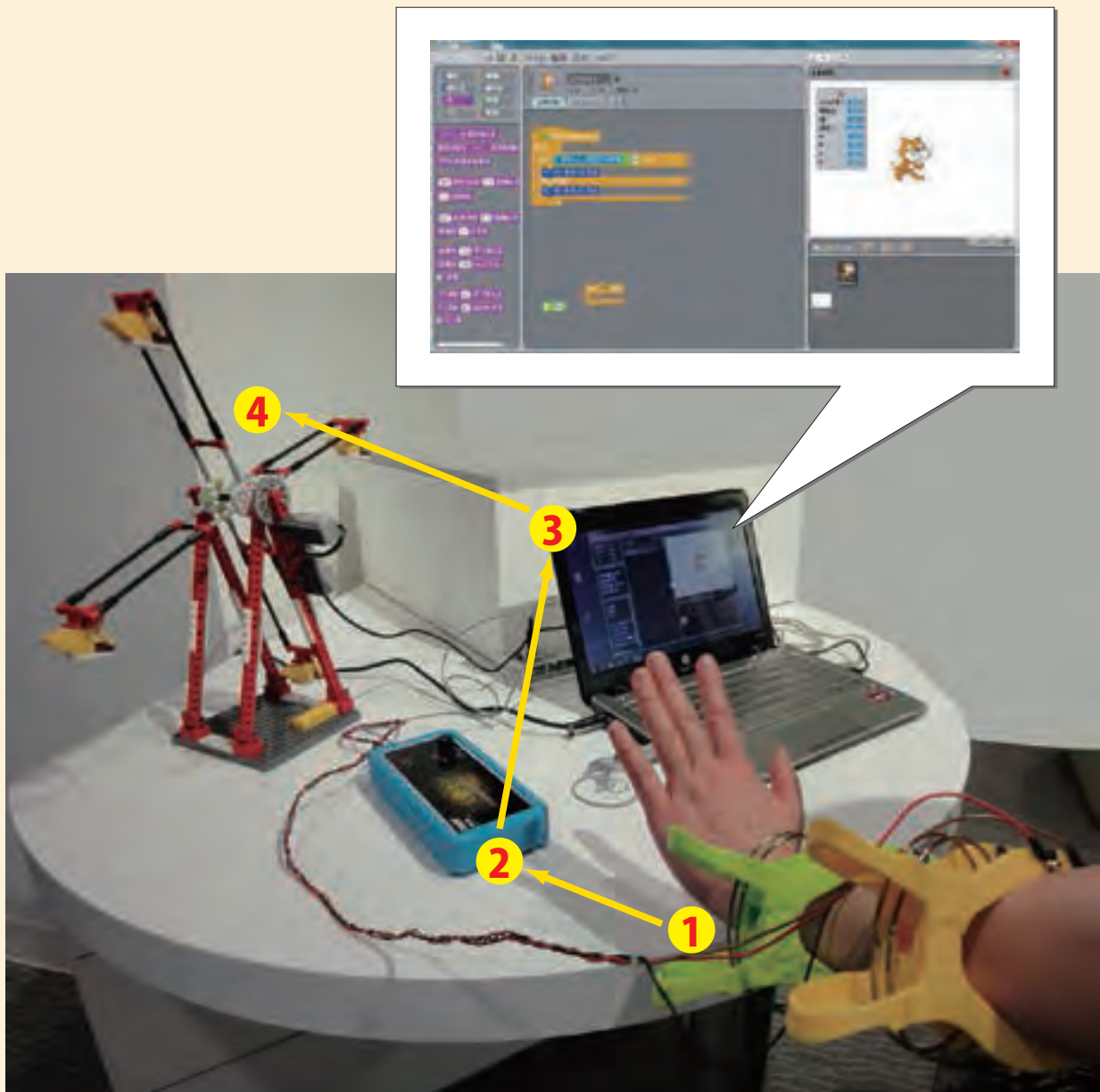
マッスルセンサー —筋肉の動きを体験してみよう—

提供：自然科学研究機構・生理学研究所

ヒトや動物の体をコントロールしているのは、「電気信号」です。「マッスルセンサー」は、筋肉の電気信号を調べ、その活動を見ることができます。今回は、マッスルセンサーで取得した筋肉信号を利用してレゴを動かすデモになります。

測定方法

測定時間：約10分



筋電義手

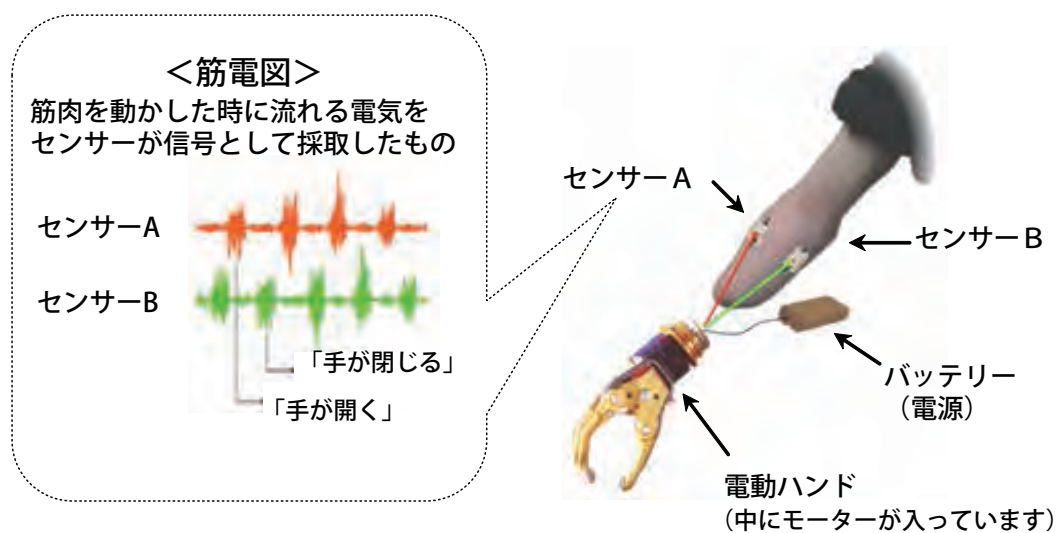
提供：国立障害者リハビリテーションセンター

筋電義手って何？

筋電義手は、電気で動く義手の1種です。付属のバッテリー（電源）によって電動モーターを動かして、手（電動ハンド）が閉じたり開いたりします。この時、電動モーターの動きをコントロールするのが、腕の筋肉の動きです。ただし、筋肉の動きそのものを利用している訳ではありません。人が筋肉を動かす時、筋肉の中には小さな電気が流れます。筋電義手には、この電気を信号として採取するためのセンサーが付いており、センサーが採取した信号が、電動モーターのコントロールに利用されるのです。



下図の場合を説明します。センサー A 部分の筋肉を動かした時に流れる電気を、センサー A が信号として採取すると、手が開きます。センサー B 側で同じことが起こると手が閉じます。



筋電義手は誰でも使えるの？

筋肉を動かした時に流れる電気を、センサーが信号として採取できれば、誰でも筋電義手を動かせます。しかし、筋電義手を「自分の手の様に」使いこなすには、訓練が必要です。専門家のチームと一緒に適切な訓練を行って、筋電義手の使い方を身につけていきます。



立つ、歩くに関係する代表的な病気

The typical disease of walking and standing

立つ、歩くといった動作が困難になると、日常生活に大きな支障が出てきます。本格的な高齢社会を迎えている日本では、加齢にともなう骨粗鬆症、股関節や膝関節の病気が深刻化しています。

子どもに多い病気



先天性内反足

先天性内反足は、足や踵の骨の形成不全によって、足が極度に内側に傾く病気です。ギプス等で固定し、必要に応じて手術が行われます。



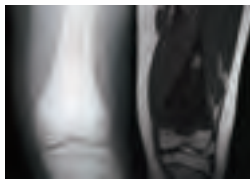
先天性股関節脱臼

先天性股関節脱臼の多くは、乳児検診の際に、股関節の開き方や可動範囲がおかしいことで発見されます。装具を装着して脱臼部位を整復するのが基本ですが、必要に応じて牽引、ギプス固定、手術なども用いられます。



骨肉腫

骨肉腫は、すべてのがんと肉腫のうちの0.2%ほどと、きわめて稀な病気ですが、子どもや若者に多いのが特徴です。患部に痛みや熱感を生じ、境界のあいまいな骨の破壊や変性がみられます。放っておくと転移して命に関わります。手術によって十分な範囲を切除するのが基本ですが、多くの場合、手術後に化学療法や放射線療法が併用されます。



骨軟骨腫

骨軟骨腫は骨に良性の腫瘤ができる病気で、10歳代に好発します。多くは痛みをとまわず、切除の必要もありませんが、痛みのあるものや、複数できるタイプのものは手術で取り除きます。

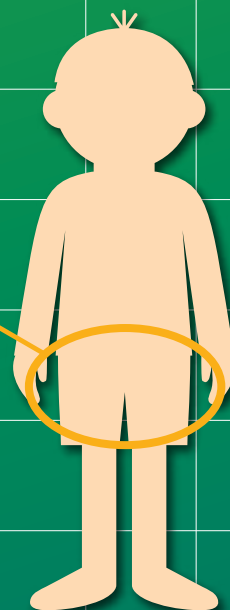


大腿骨頭すべり症

大腿骨頭すべり症は、10~16歳の肥満男児に多くみられます。骨の成長途中で、大腿骨頭の端が後ろ側に移動してしまい、股関節や大腿部、膝の痛みを引き起こします。移動した大腿骨頭を手術的に固定するのが基本です。

正面像

側面像



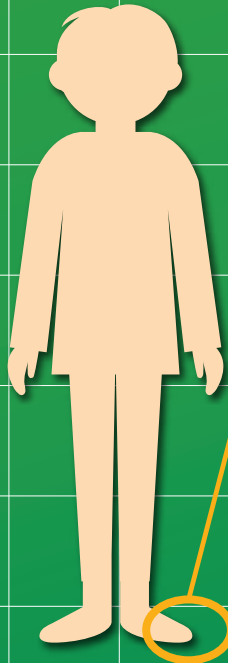
立つ、歩くに関する代表的な病気

成人に多い病気

腰椎椎間板ヘルニア



椎間板ヘルニアは加齢による変性により椎間板が突出または脱出して神経を刺激し、腰痛や下肢痛を引き起こす病気です。保存療法が主体ですが、症状が長期間に及ぶ場合などは手術を行います。重度の筋力低下や膀胱直腸障害など重症の場合は一刻も早い手術が望まれます。日常生活の正しい姿勢が重要とされています。



関節リウマチ

関節リウマチは手足の関節に炎症が起きることで腫れや痛みが出て、関節の破壊と変形が進む病気です。病気のくわしいメカニズムはよくわかっておらず、女性に多くみられます。ただし、メトトレキサートなどの抗リウマチ薬、ゴリムバブなどの生物学的製剤が使われるようになり、予後が向上しています。重症例では、関節形成や滑膜切除などの手術療法も併用されます。



外反母趾

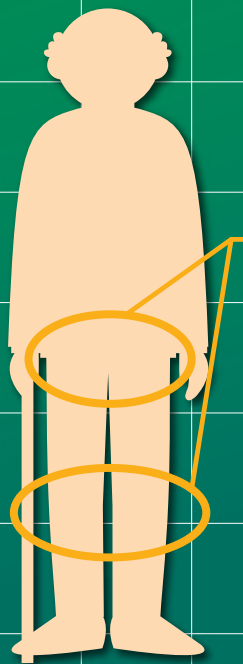
外反母趾はハイヒールをはく女性に多く、両足の親指が「くの字」に変形する病気です。この状態で靴をはきつづけると、痛みや腫れがひどくなり、歩けなくなることもあります。矯正器具や、足のアーチを保持する板の装着が基本ですが、重症の場合には手術も行われます。



高齢者に多い病気

骨粗鬆症、 骨粗鬆症にともなう骨折

骨粗鬆症は、骨の形成サイクルにおいて、破壊が形成を上回ってしまうことで骨密度が低下し、骨がスカス力になる病気です。加齢や閉経にともなってみられ、ちょっとしたことで骨折する原因となります。治療にはビスフォスフォネートなどの薬が用いられます。普段からカルシウムやビタミンDを十分摂取し、軽い運動を心がけるなどの予防が重要です。



がんの骨転移

がんの骨転移は、乳がん、肺がん、前立腺がんなどで多くみられます。治療には、ビスフォスフォネートやランマークなどの生物学的製剤が多用されるほか、状態に応じて、化学療法、放射線療法、ホルモン療法、手術療法、疼痛緩和などが用いられます。

変形性股関節症、 変形性膝関節症

変形性股関節症や変形性膝関節症は、老化にともない、長年酷使してきた関節の軟骨が変性したり、摩耗したりする病気です。関節の痛み、変形、動きづらさといった症状がみられ、進行すると歩行や階段の上り下り、立ったりしゃがんだりといった動作が困難になります。根本的な治療薬はなく、消炎鎮痛剤、湿布、運動療法、減量などが用いられ、重症の場合には、傷んだ関節を人工関節に置換する手術が行われます。

変形性膝関節症



提供：整形外科・脊椎外科

運動器症候群 ロコモティブシンドローム

Locomotive syndrome

骨、関節、筋肉などの運動器の働きが衰えると、生活の自立度が低下します。そのために、介護が必要となったり、寝たきりになったりする危険性が高い状態を、ロコモティブシンドローム（運動器症候群）といいます。

近年、自宅で寝たきりの生活を強いられる高齢者、要介護となる高齢者が増え、大きな社会問題となっています。この理由の1つとして、ロコモティブシンドローム（以下「ロコモ」）が考えられます。

運動器はそれぞれが連携して働いており、どの1つが悪くても身体はうまく動きません。また、複数の運動器が同時に障害を受けることもあります。運動器を全体としてとらえる、それがロコモの考え方です。

主な運動器の障害

① 骨

体の支柱部分です。特に女性において閉経後は骨量が減っていき、骨粗鬆症のリスクが高くなります。骨粗鬆症では、日常のちょっとした転倒でも骨が折れやすくなっています。

② 関節や脊椎

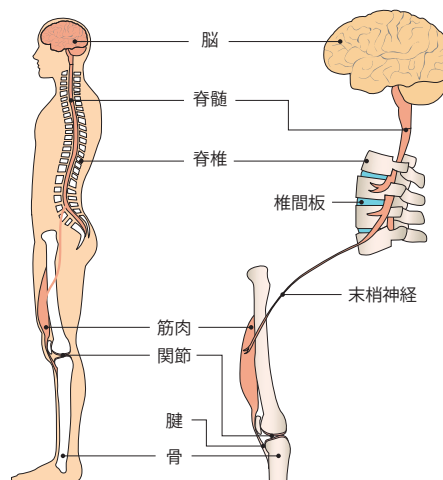
体を曲げる部位です。変形性膝関節症、変形性腰椎症といった疾患から、関節の痛みや関節可動域の制限が起り、体や手足をスムーズに曲げることが少しずつ困難になっていきます。

③ 筋肉や神経系

体を動かしたり、動きを止めたりする働きがあります。筋肉量の減少（サルコペニア）によって筋力低下が起り、また、神経系の障害によって、バランス能力や運動速度の低下、反応時間の延長などが起こります。

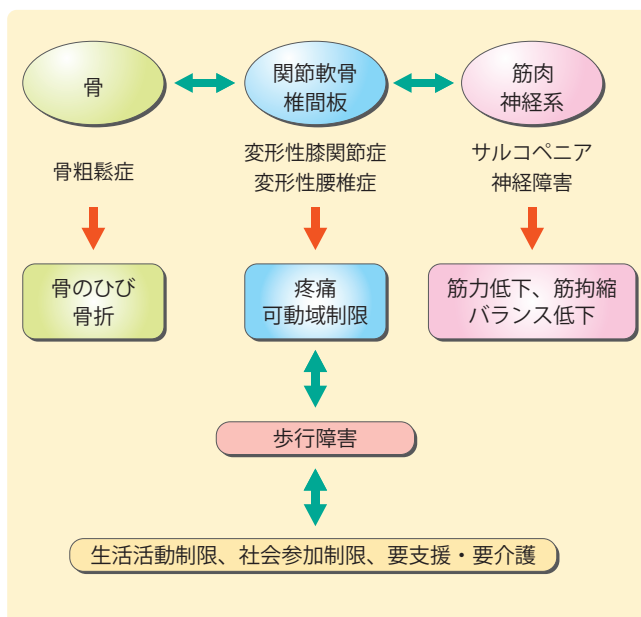
これら、運動器の障害は、複合的に起こります。その結果、歩行障害、社会生活参加の制限、生活の質(QOL)の低下、要介護につながります。

● 運動器＝身体運動に関わる骨、筋肉、関節、神経



参照：関節が痛い.com

● ロコモティブシンドロームの要因と生活活動制限



提供：日本整形外科学会編
ロコモティブシンドローム診療ガイド2010を改変

ロコモを調べて予防する

Locomotion check

40代から実感するようになってくる足腰の衰え。思わぬ転倒事故につながる危険性があるので注意が必要です。自分の足腰の力がどれくらいなのか測定してみましょう。

超音波骨量測定

超音波を用いて骨量を評価します。

骨量の評価

超音波が踵の骨を伝わる速さや強さを計測して、骨量の指標であるスティフネス値を算出します。年齢ごとの平均で評価します。

● 骨粗鬆症の判定に用いられる基準

若年成人比較
(YAM: Young Adult Mean)
若年齢の平均値(基準値)を100%とし、被験者値と比べ、%で判断。

80%以上	正常
70~80%	骨量減少
70%未満	骨粗鬆症

日本骨代謝学会骨粗鬆症の診断基準より

Tスコア

若年齢の平均値(基準値)を0とし、標準偏差を1SDとして指標を規定した値。

-1SD以上	正常
-1~-2.5SD	骨量減少
-2.5以下	骨粗鬆症

WHO骨粗鬆症の診断基準より

下肢伸展力測定

股関節・膝関節・足関節の3関節を含んだ下肢伸展力を測定します。

年齢ごとの下肢伸展力(片足)の平均値と標準偏差(SD)を示す表です。自分の測定値が年齢ごとの平均値を下回っていたら気をつけましょう。

● 年齢ごとの下肢伸展力(片足)の平均値と標準偏差(SD)

	女性		男性	
	平均値(N)	標準偏差(SD)	平均値(N)	標準偏差(SD)
30歳未満	1115	273	1573	405
30歳以上40歳未満	817	350	1395	467
40歳以上50歳未満	955	346	1220	318
50歳以上60歳未満	834	287	1228	370
60歳以上70歳未満	790	269	1124	264
70歳以上80歳未満	715	308	926	241

N:ニュートン

ロコモチャレンジ協議会脚伸展力検討チーム(調査中データより)

2ステップテスト

総合的(筋力・バランス能力・柔軟性)な歩行年齢を測ります。

歩行能力の尺度

$$2\text{歩幅(cm)} \div \text{身長(cm)} = 2\text{ステップ値}$$

2歩分の歩幅を身長で割り、2ステップ値を算出します。右の表に当てはめると、歩行年齢がわかります。

● 各年代の2ステップ値のめやす

	女性	男性
20~29歳	1.56~1.68	1.64~1.73
30~39歳	1.51~1.58	1.61~1.68
40~49歳	1.49~1.57	1.54~1.62
50~59歳	1.48~1.55	1.56~1.61
60~69歳	1.45~1.52	1.53~1.58
70~79歳	1.36~1.48	1.42~1.52

ロコモチャレンジ!推進協議会ロコモ度テストワーキンググループ調査資料より

立ち上がりテスト

脚力(ももの大腿四頭筋など)をチェックします。

脚力の尺度

40cm、30cm、20cm、10cm

腕を前に組み、両足または片足で勢いをつけずに立ち上がります(片足の高さは、左右とも立ち上がりに成功した高さを評価します)。右の表に当てはめると、脚力年齢がわかります。

● 各年代での立ち上がれる台の高さのめやす

	女性		男性	
20~29歳	片脚	30cm	片脚	20cm
30~39歳	片脚	40cm	片脚	30cm
40~49歳	片脚	40cm	片脚	40cm
50~59歳	片脚	40cm	片脚	40cm
60~69歳	片脚	40cm	片脚	40cm
70歳以上	両脚	10cm	両脚	10cm

ロコモチャレンジ!推進協議会ロコモ度テストワーキンググループ調査資料より

ロコモ25

「ロコモ25」の質問に答えて、自分のロコモ度をチェックしてみましょう。総点は0点から100点(最重症)で16点以上はロコモティブシンドロームの心配があります。腰や関節の痛み、筋肉の衰え、ふらつきといった症状が悪化してきている場合は、まず医師の診察を受けましょう。当てはまらなかった場合も、日ごろから足腰が衰えないよう定期的な運動を心がけてください。

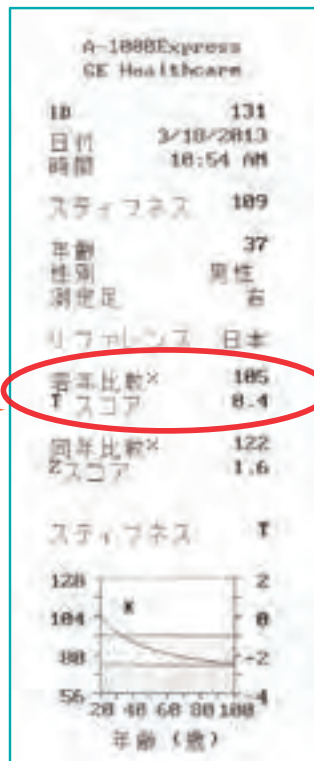
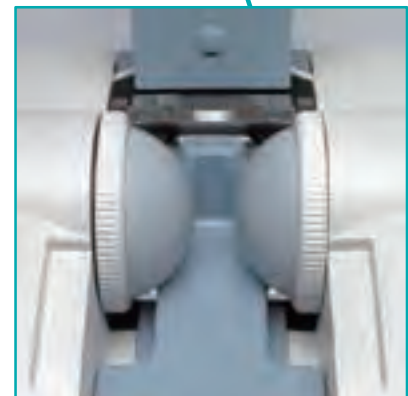
超音波骨量測定

提供：オムロンコーリン(株)

測定方法

測定時間：約5分

- ① 裸足になり、アルコールスプレーを振ります。
- ② 測定器に足を乗せます。
- ③ 新規測定ボタンを押します。
- ④ 約10秒間待ちます。
- ⑤ 結果をプリントします。



骨の評価には国際的に認められたステイフネス値を採用しました。SOS (超音波透過速度) と BUA (超音波減衰係数) から導き出されるもので、踵骨を総合的に評価します。

踵へのアルコールスプレーによる測定が可能です。ゲルに比べ測定後の拭き取りが不要なので、優しく清潔な方法で測定ができます。



下肢伸展力測定

提供：アルケア（株）

測定方法

測定時間：約5分

- ① 可能な限り腰を背もたれに近づけて、深く座ります。
- ② 足の裏を測定機に着けます。膝を曲げて角度を測ります。
- ③ 角度を測ったら、一度測定器から足の裏をおろします。
- ④ もう一度、足の裏を測定機に着け、スタート合図とともに3秒間ゆっくりと力を入れます。
- ⑤ その後、足底母指球あたりで背伸びをするように、思いっきり蹴って力を入れます。背中では、腰で背板を押す感覚です。呼吸を止めないように注意してください。
- ⑥ 左右1回ずつ測定し、最大値を記録します。



2ステップテスト

資料提供：亀田総合病院

測定方法

測定時間：約2分

- ① 身長を測ります。
- ② スタートラインからバランスを崩さずに、できる限り大股で連続して「2歩」歩きます。
- ③ 2歩目で、両足をそろえます。そろえた地点の数値を確認してください。
- ④ 2歩分の歩幅を身長で割り、2ステップ値を算出します。

$$\text{歩幅 (cm)} \div \text{身長 (cm)} = \text{2ステップ値}$$



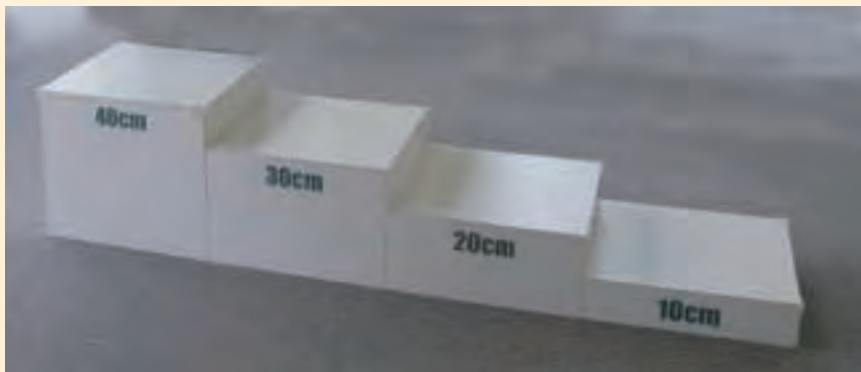
立ち上がりテスト

資料提供：亀田総合病院

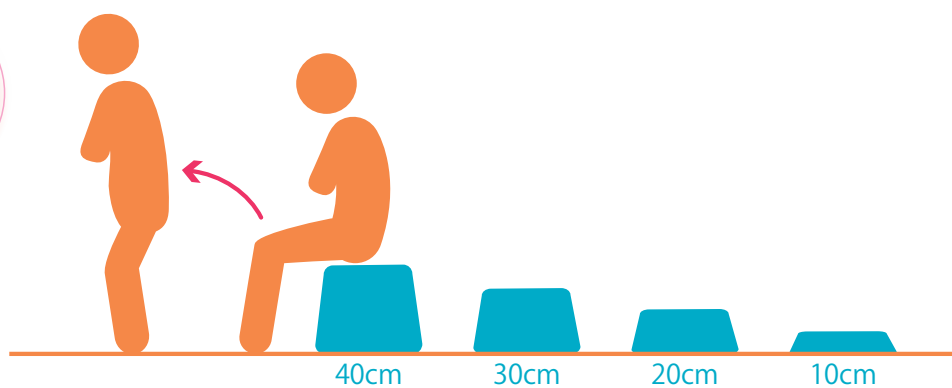
測定方法

測定時間：約2分

- ① 40cm 30cm 20cm 10cm の順番で台に座り測定します。
- ② 腕を胸の前に組んで座ります。
- ③ その姿勢のまま、反動をつけずに**両足**でゆっくりと立ち上がります。
- ④ バランスを崩さずに立ち上がることができればOKです。
- ⑤ 両足で立つことができたなら、次は**片足**で立ちあがります。
少しでも「厳しい」「きつい」と思ったら、中止してください。



両足で測定



片足で測定



ロコモ25

提供：自治医大整形外科教室

「ロコモ25」の質問に答えて、自分のロコモ度をチェックしてみましょう。総点は0点から100点(最重症)で16点以上はロコモティブシンドロームの心配があります。腰や関節の痛み、筋肉の衰え、ふらつきといった症状が悪化してきている場合は、まず医師の診察を受けましょう。当てはまらなかった場合も、日ごろから足腰が衰えないよう定期的な運動を心がけてください。

「お体の状態」と「ふだんの生活」について、手足や背骨のことで困難なことがあるかどうかをおたずねします。この1ヵ月の状態を思い出して以下の質問にお答え下さい。普段行っていない事項は「仮に行うとすればどうか？」で解答してください。

それぞれの質問に、もっとも近い回答を1つ選んで、○をつけて下さい。

■ この1ヵ月のからだの痛みなどについてお聞きします。						
Q1	頸・肩・腕・手のどこかに痛み(しびれも含む)がありますか。	痛くない	少し痛い	中程度痛い	かなり痛い	ひどく痛い
Q2	背中・腰・お尻のどこかに痛みがありますか。	痛くない	少し痛い	中程度痛い	かなり痛い	ひどく痛い
Q3	下肢(脚のつけね、太もも、膝、ふくらはぎ、すね、足首、足)のどこかに痛み(しびれも含む)がありますか。	痛くない	少し痛い	中程度痛い	かなり痛い	ひどく痛い
Q4	ふだんの生活でからだを動かすのはどの程度つらいと感じますか。	つらくない	少しつらい	中程度つらい	かなりつらい	ひどくつらい
■ この1ヵ月のふだんの生活についてお聞きします。						
Q5	ベッドや寝床から起きたり、横になったりするのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q6	腰掛けから立ち上がるのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q7	家の中を歩くのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q8	シャツを着たり脱いだりするのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q9	ズボンやパンツを着たり脱いだりするのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q10	トイレで用足しをするのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q11	お風呂で身体を洗うのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q12	階段の昇り降りのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q13	急ぎ足で歩くのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q14	外に出かけるとき、身だしなみを整えるのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難

Q15	休まずにどれくらい歩き続けることができますか (もっとも近いものを選んで下さい)。	2～3 km以上	1 km程度	300m程度	100m程度	10m程度
Q16	隣・近所に外出するのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q17	2 kg程度の買い物(1リットルの牛乳パック2個程度) をして持ち帰ることはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q18	電車やバスを利用して外出するのはどの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q19	家の軽い仕事(食事の準備や後始末、簡単なかたづけ など)は、どの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q20	家のやや重い仕事(掃除機の使用、ふとんの上げ下ろし など)は、どの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q21	スポーツや踊り(ジョギング、水泳、ゲートボール、 ダンスなど)は、どの程度困難ですか。	困難でない	少し困難	中程度困難	かなり困難	ひどく困難
Q22	親しい人や友人とのおつき合いを控えていますか。	控えていない	少し 控えている	中程度 控えている	かなり 控えている	全く 控えている
Q23	地域での活動やイベント、行事への参加を控えていますか。	控えていない	少し 控えている	中程度 控えている	かなり 控えている	全く 控えている
Q24	家の中で転ぶのではないかと不安ですか。	不安はない	少し不安	中程度不安	かなり不安	ひどく不安
Q25	先行き歩けなくなるのではないかと不安ですか。	不安はない	少し不安	中程度不安	かなり不安	ひどく不安
解答数を記入してください→		0点＝	1点＝	2点＝	3点＝	4点＝
回答結果を加算してください→		合計 点				
16点以上がロコモティブシンドロームの心配があります。						

ロコモ 25© 2009 自治医大整形外科学教室 All rights reserved : 複写 可、改変 禁。学術的な使用、公的な使用以外の無断使用 禁

ロコトレのススメ

提供：ロコモチャレンジ！推進協議会

ロコモにはいろいろなレベルがあり、それはどれくらい歩けるかによってわかります。十分に歩ける人と、よく歩けない人では、ロコトレのやり方も違います。自分に合った安全な方法で、まず開眼片脚立ちとスクワットを始めましょう。

1. 開眼片脚立ち 2. スクワット



関節の破壊と変形が起こる関節リウマチ

Rheumatoid Arthritis

関節リウマチは、関節の滑膜が侵され、軟骨・骨・靭帯の破壊と変形が起こる、全身かつ進行性の病気です。

関節リウマチの多くは30～50代に発病し、関節の異常が、手や足の指、肘、膝と全身の関節に及びます。初期症状は関節の腫れや痛みで、進行するにつれ、微熱、疲れやすさといった全身症状、立つ・歩く・座る・握るといった日常動作の支障もみられるようになります。病状は一進一退を繰り返しながら進んでいきます。女性の患者さんが男性よりも3倍も多いのが特徴で、日本には患者さんが約70万人いるとされています。原因は明らかではなく、私たちが病原体などの異物から守るはずの免疫系が、何らかの異常によって自身の正常な細胞や組織を攻撃するために発症するのではないかと考えられています。

治療への第一歩は、血液検査と関節のX線撮影によって、関節リウマチであると正しく診断することです。血液検査では、リウマチ反応や抗CCP抗体の有無、血沈、CRP、MMP3などの体内の炎症の度合いを示す因子の値を調べます。また、X線写真では、軟骨や骨の破壊や変形の程度を調べます。すべての検査結果が出たところで、世界的に用いられている分類基準をもとに診断されます。

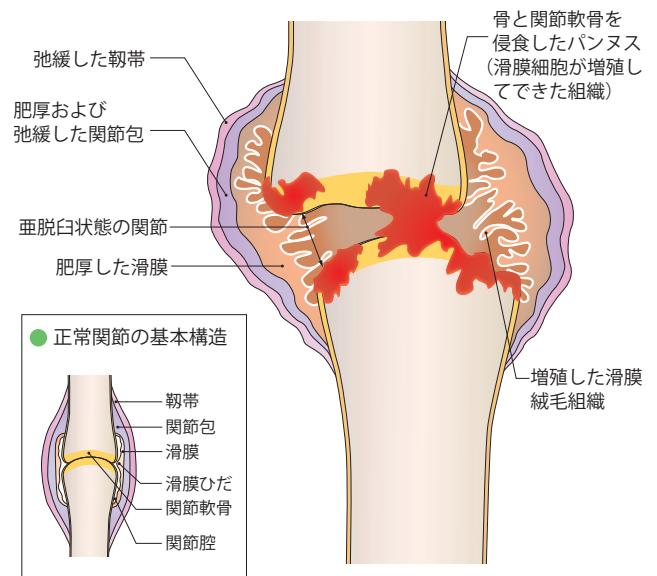
● 関節リウマチの診断基準

下のチェック項目の合計が6点以上でリウマチ

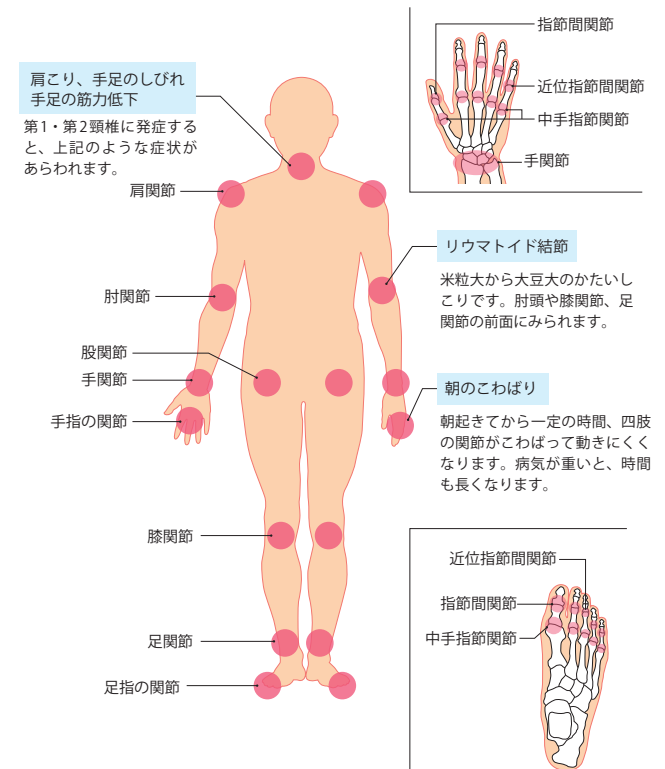
■ 診察で腫れ、または、圧縮のある関節の数	
1ヶ所の中・大関節	0点
2～10ヶ所の中・大関節	1点
1～3ヶ所の小関節	2点
4～10ヶ所の小関節	3点
最低1つの小関節を含む11ヶ所以上	5点
■ 血清反応	
リウマチ因子、抗CCP抗体の両方が陰性	0点
リウマチ因子、抗CCP抗体のいずれかが低値陽性	2点
リウマチ因子、抗CCP抗体のいずれかが高値陽性	3点
■ 罹病期間	
6週間未満	0点
6週間以上	1点
■ 炎症反応	
CRP、血沈の両方が正常	0点
CRP、血沈のいずれかが以上高値	1点

The2010ACR/ELAR classification criteria for RA

● 進行型の関節リウマチにおかされた関節の状態



● 関節リウマチにおかされやすい関節



日常生活を可能にする関節リウマチ治療

The treatment of Rheumatoid Arthritis

これまでは痛みを抑える治療が中心でしたが、薬と手術手法の進展により、症状を和らげて病気を落ち着かせる「寛解」を目指せるようになってきました。

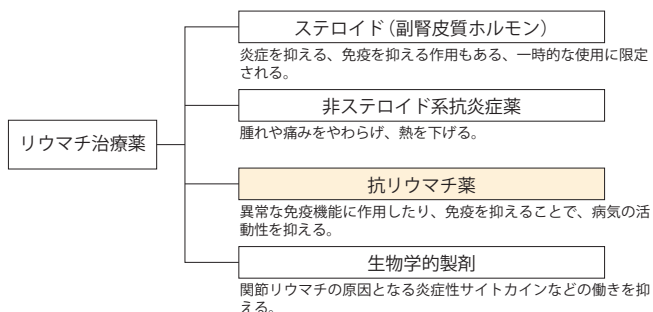
内科的な治療

内科治療は、抗リウマチ薬が中心で、必要に応じてステロイド（副腎皮質ホルモン）や非ステロイド系抗炎症薬などが使われます。

抗リウマチ薬は、免疫調整薬、免疫抑制薬からなります。これらは、過剰になっている免疫反応を調整したり、抑制したりするもので、ブシラミンやメトトレキサートなど、さまざまな種類が用いられています。

さらに生物学的製剤として、活性化しすぎたサイトカインという免疫物質を抑制するインフリキシマブなどの薬も用いられています。

● 関節リウマチの主な治療薬



● 現在わが国で使用されている抗リウマチ薬

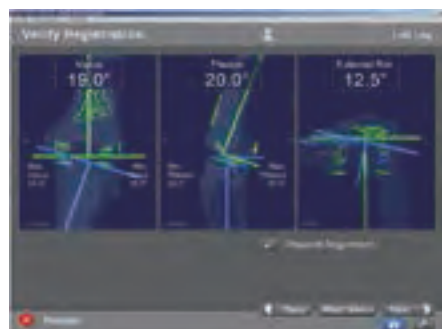
	薬剤	作用	推奨度	注意すべき副作用
免疫調整薬	金チオリンゴ酸ナトリウム	中	B	皮疹、タンパク尿
	オーラノフィン	弱	B	下痢・軟便
	D-ペニシラミン	中	B	皮疹、タンパク尿、肝障害、血小板減少、自己免疫疾患の誘発
	サラゾスルファピリジン	中	A	皮疹
	ブシラミン	中	A	皮疹、タンパク尿
	ロベンザリット	弱	—	腎機能障害
	アクタリット	弱	B	皮疹
免疫抑制薬	メトトレキサート	強	A	間質性肺炎、骨髄障害、肝障害
	ミゾリピン	弱	B	高尿酸血症
	レフルノミド	強	A	肝障害、骨髄障害、下痢、感染症、間質性肺炎
	タクロリムス	中	—	腎障害、高血圧、耐糖能異常

外科的な治療

すでに手足の変形がひどく、歩行困難などを伴う場合には、外科手術が行われます。手術には、病的な滑膜を取り除くもの、変形した関節の形を整えるもの、関節を固定して動かなくするもの、関節ごとチタンなどでできた人工関節に置き換えるものなどがあります。人工関節置換術においては「コンピューター支援ナビゲーションシステム」が導入されつつあります。手術後は理学療法士によるリハビリが重要なほか、関節を保護する装具やサポーターが必要な場合もあります。

関節リウマチは、根本的な治癒の難しい病気で、少し前までは「痛みを抑えること」が治療の中心でした。現在でも完治は難しいのですが、生物学的製剤が開発され、手術手法も改良されたことで、症状と関節の破壊の進行がほぼなくなる状態（寛解）を目指せるようになってきました。

● コンピューター支援ナビゲーションシステムを用いた手術



MRIやCT画像から患者さんの人工関節の最適サイズや設置部位を計算し、削るべき骨の厚さや量を割り出したうえで、手術中に人工関節が設計どおりに設置できたかを評価することが可能になってきています。

提供：整形外科・脊椎外科

医工連携で耐久性の高い人工股関節を開発

Grafting of biocompatible polymer on acetabular liner surface for extending longevity of artificial hip joints

手術で人工股関節を入れても、関節面の摩耗が原因で「ゆるみ」が生じて、再度手術しなければならないことがあります。「人工股関節の関節面に軟骨と同じ構造を作る」という独創的な方法で、長持ちが期待できる人工股関節が、医学部と工学部が連携した共同研究で生まれ、実用化されました。

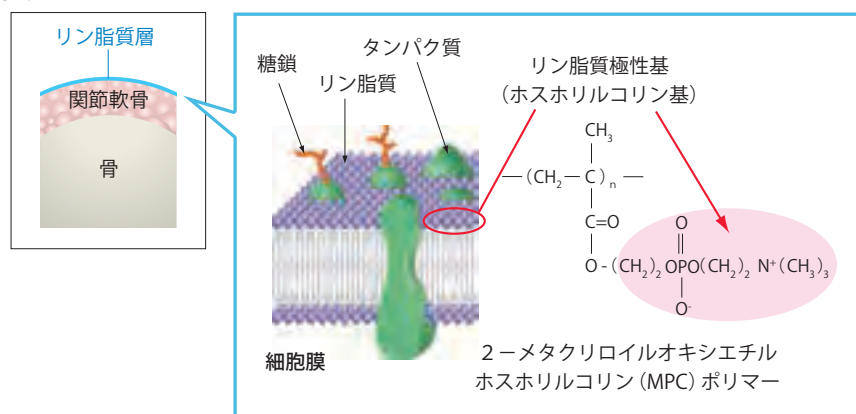
股関節の変形が進んだり、関節リウマチなどの病気で関節が破壊されたりすると、股関節に痛みが出て、歩けなくなることがあります。症状がひどくなると、人工股関節に置換する手術が行われます。

しかし、人工股関節も時間が経つと新しい人工股関節に再置換しなければならないことがあります。人工股関節の関節面は、歩行などのたびにこすれ、「摩耗粉」というとても小さな粉が出てきます。この摩耗粉を体は「異物」として認識して、免疫作用によって除去しようとして、このときに破骨細胞が活性化されるため、人工股関節の周りの骨が吸収されてしまうのです。この結果、人工股関節に「ゆるみ」が生じ、再置換の手術が必要になります。再置換術は患者さんの心身や経済的な負担が大きいため、長持ちする人工股関節が期待されていました。

医学系研究科の高取・茂呂らのグループは、工学系研究科の石原らが開発を進めていたMPCポリマーという材料を用いて「人工股関節の関節面に軟骨と同じ構造をつくる」という、独創的な方法を考え、医工連携の共同研究を開始しました。MPCポリマーは私たちの体の細胞膜と似た構造を持っているため、体に優しい材料で、体内で異物として認識されません。このため、シャンプーなどの日用品はもちろん、人工心臓などの医療機器にも使われています。10年以上におよぶ基礎研究の結果、水になじみやすいMPCポリマーによって摩擦係数が大幅に改善し、潤滑のよい関節面になることがわかりました。また、手術後の歩行を再現する股関節シミュレーターという装置を使って実験を行い、15年分の歩行をさせてみても、関節面の摩耗が劇的に減り、摩耗粉の数が従来品と比較して約99%減少することもわかりました。これらの基礎研究の成果から、人工股関節の耐用年数が大幅に延びることが期待できます。

こうした革新的な機能を搭載した新しい人工股関節は、治験を経て、2011年に厚生労働省に承認されました。すでに全国で多数の患者さんに使われており、まもなく海外でも使用される予定です。

● MPCポリマー



提供：京セラメディカル

MPCポリマーは細胞膜と同じく表面に親水性のホスホリルコリン (PC) 基を持っており、体に優しい材料です。また、水になじみやすいため、人工股関節の関節面を、軟骨の表面のようになめらかにします。人工股関節のほか、コンタクトレンズ、人工肺、人工心臓などにも使われています。

長寿命型人工関節を目指す技術

Aquala®(アクアラ) 提供：京セラメディカル(株)

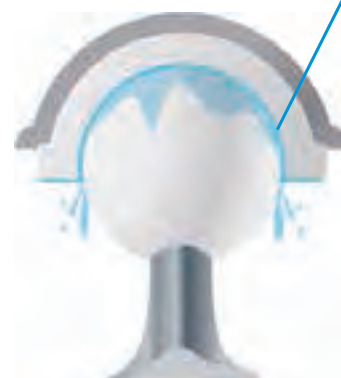
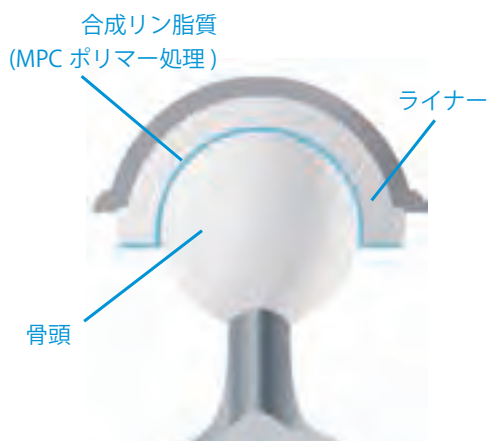
アクアライナーのやじろべえ型テスター摩擦比較

人工股関節を長期間使用していると、関節部分のこすれにより発生する「摩耗粉」が原因で人工股関節周囲の骨が吸収され、「ゆるみ」を生じて再手術が必要となる場合があります。

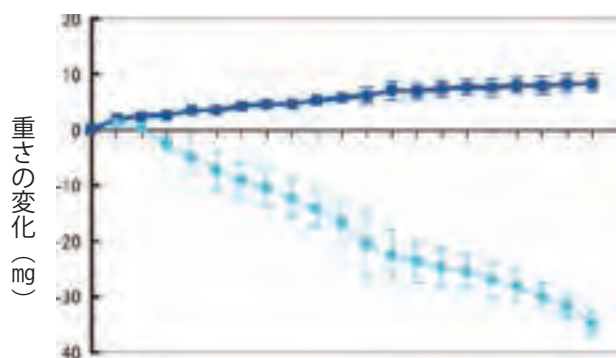
「人工股関節の関節面に水なじみのよいMPCポリマーという材料でナノメートル単位の表面処理を施して関節軟骨の表面と同じ構造を作る」という最新のバイオミメティック(生体模倣)技術を応用することで、「摩耗粉の産生」と「摩耗粉による骨吸収の誘導」を同時に抑制することに成功しました。15年分以上に相当する歩行負荷試験では、摩耗粉の産生が従来の製品と比べ約99%抑制され、人工股関節の耐用年数(寿命)の延長が期待されています。



水なじみのよいMPCポリマーによって摩擦係数が大幅に改善し、潤滑のよい関節面にかかります



人工関節シミュレーターの実験結果



15年相当の歩行

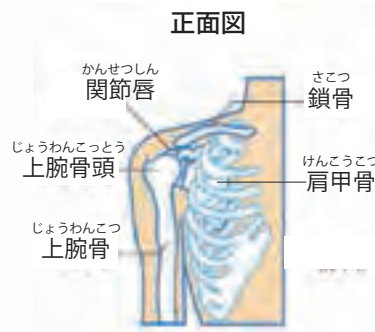
15年相当の歩行をさせると、MPCポリマーで処理していない従来のライナー(●)は、すり減って重さが減っていきませんが、MPCポリマーで処理したライナー(■)では減りません。

関節の模型

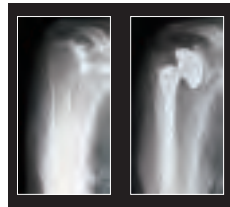


人工関節 Arthroplasty : Joint prosthesis

肩



右肩関節の正面像



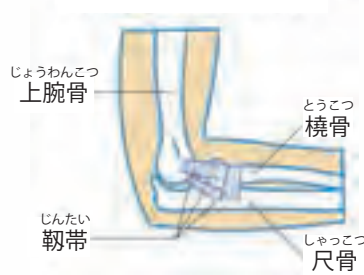
手術前

手術後



肘

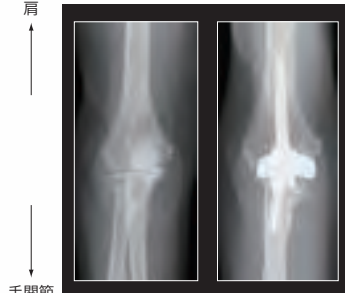
肘の靭帯 (右ひじの外側)



正面図

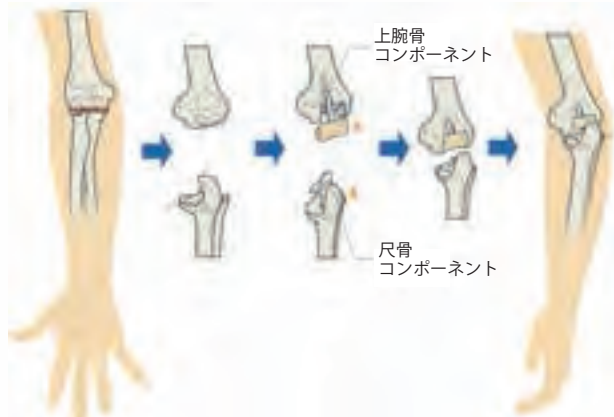


右肘関節の正面像



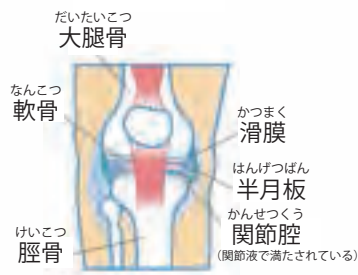
手術前

手術後

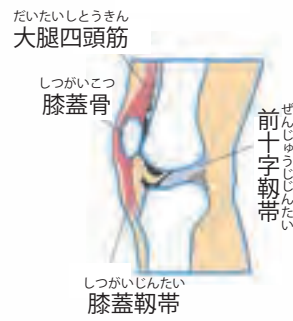


膝

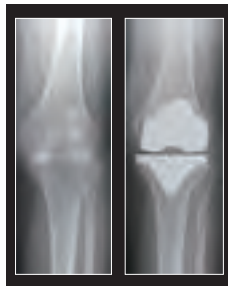
縦断面（正面図）



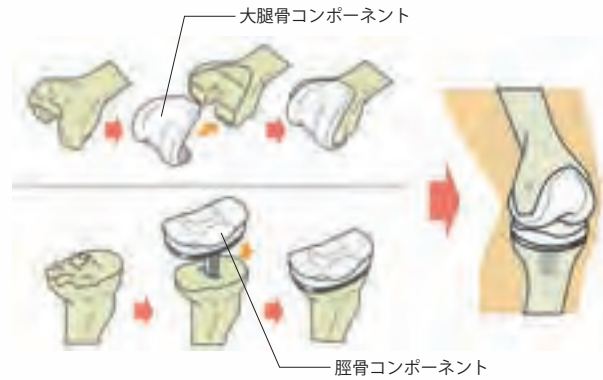
縦断面（横面図）



左膝関節の正面像



手術前 手術後

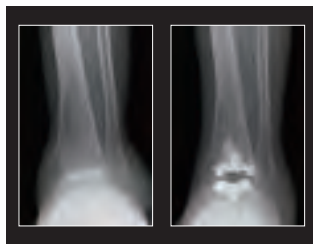


足首

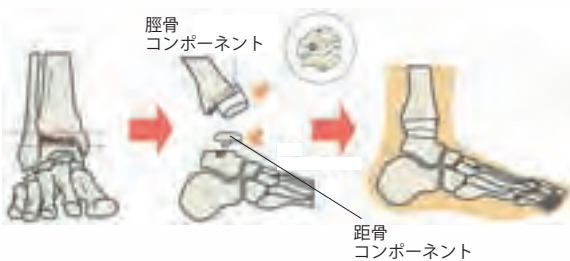
正面図



右足関節の正面像

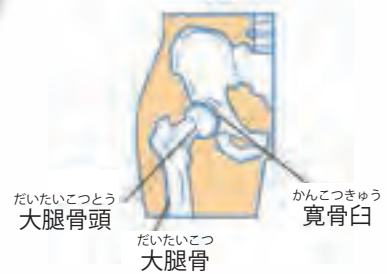


手術前 手術後

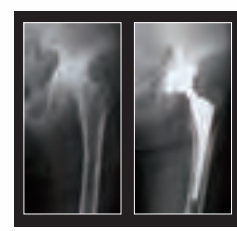


股

正面図



左股関節の正面像



手術前 手術後



提供：京セラメディカル（株）

関節鏡の歴史

History of Arthroscopy

関節鏡の開発には高木憲次とその弟子、中でも渡辺正毅が重要な役割を果たしました。欧米の教科書に記載のある、数少ない日本の整形外科医です。

高木憲次の業績

1918年(大正7年) 東京帝国大学整形外科学教室の高木憲次は膀胱鏡を用いて遺体の膝関節内腔を観察しました。これが関節鏡視の始まりとされています。2年後には膀胱鏡を改造した関節鏡を製作しましたが、実際には膀胱鏡の彎曲部を除いただけに近く、さらに外套管が加わるため、あまりにも太いものでした。

1922年(大正11年) ドイツ留学した高木は、各大学を訪ねた際に関節鏡について質問しましたが相手にはされませんでした。帰国後も関節の内景を直接に観察したいという思いが強く、研究を再開しました。この時点の開発構想として、① 関節鏡の先端から1cm以内にある物体を実物大に視ることができ、② 対物レンズの先端と電球との距離が1cm以内であること、③ 光学管はできるだけ細くかつ明るいこと(穿刺後に縫合を要しないことが望ましい)、という条件を掲げました。

1931年(昭和6年)、直径3.5mmの高木式1号関節鏡が完成しました。実用に耐え得るとの自信を持ち、高木は1932年(昭和7年)、第64回整形外科集談会で「関節鏡供覧」として報告しました。その後、鏡視像の写真撮影(白黒)、カラー写真撮影と16mm映画撮影(白黒)に成功しました。関節鏡自体の改良も進められ、第4号関節鏡装置(焦点調節式)は、1937年(昭和12年)のパリ万国博覧会に日本政府展示品に加えられました。

渡辺正毅の業績

渡辺正毅は、1937年(昭和12年)に入局しました。渡辺の本格的な研究は、1949年(昭和24年) 東京逡信病院部長に就任してから始まります。渡辺は、壊れにくくて明るい視野をもつ関節鏡を目指しました。なぜなら、高木式関節鏡は脆く、壊れると修繕は容易ではなかったからです。1959年(昭和34年)に、第21号関節鏡(外径4.9mm)が完成しました。この機種の特徴として、① 丈夫で故障が少ない、② 1/4秒でカラー写真撮影が可能、③ 1mmから無限遠まで明視可能、④ 視野角が100°ある、の4つが挙げられます。この開発と使用技術の向上により1962年(昭和37年)には世界初の鏡視下半月板部分切除に成功します。なお、展示している関節鏡は、渡辺の弟子である池内宏氏(元東京逡信病院部長)が保存・管理していたものです。



提供：関節機能再建学

関節鏡の歴史



十三号関節鏡

前視鏡、側視鏡、前斜視鏡及び附属品。
一式揃った関節鏡としては、一番古い。

提供：日本整形外科学会

関節鏡用小電球

高木式関節鏡時代に用いられていた小電球8種。1960年頃、米国のコーニング社の技師に修理不可能と脱帽させた小電球。

提供：日本整形外科学会



渡辺式関節鏡21号(テレビ用)

直視鏡、側視鏡、前斜視鏡及び附属品。

提供：日本整形外科学会

より傷を小さくして治りを早くする手術へ

Orthopaedic surgery

整形外科領域の手術は、従来の患部を開く方法であっても、内視鏡手術でも、より傷口を小さくして、患者さんの心身の負担を減らすようになってきています。

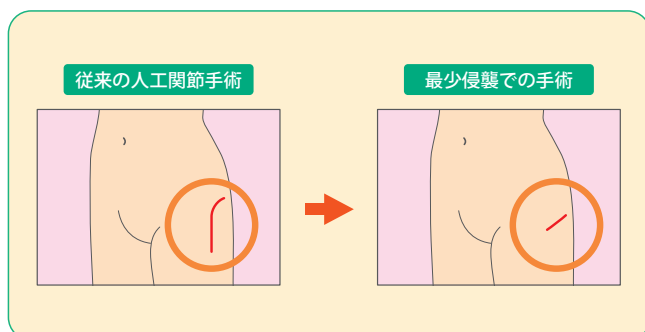
より傷口を小さくする努力が続けられている外科手術

整形外科領域の手術は、大きく分けて、患部を切り開いて外から見ながら行う外科手術と、小さな穴から小型カメラの付いた内視鏡を挿入して、患部を直接見ずにモニターを見ながら行う内視鏡手術があります。

従来から行われてきた、患部を開いて見ながら行う手術では、医師が患部の様子を観察しやすい反面、傷口が大きく、治るのに時間がかかる、感染の危険が高まるというデメリットがあります。そのため、少しでも傷口や患部周辺のダメージを小さくする努力が続けられています。

整形外科領域では、患部を開く手術は、主に複雑骨折、変形性股関節症や変形性膝関節症に対する人工関節置換、大腿骨頭すべり症、骨肉腫などで行われています。このうち、例えば、膝関節や股関節を人工関節置換術では、従来の半分から3分の1程度の切開範囲で手術を行えるようになってきました。

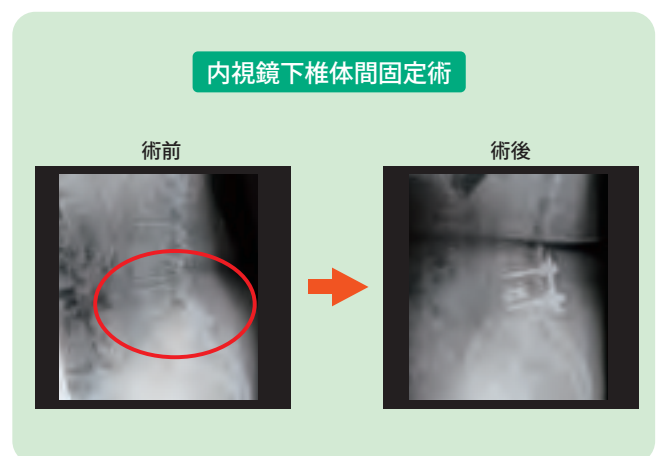
また、一部の手術ではコンピューターナビゲーションの使用も保険適応され、より精密な手術が可能になってきています。



複雑な脊柱の手術に対しても内視鏡による手術が可能に

医療機器やイメージング技術の発展もあり、最近では内視鏡手術が増えてきました。内視鏡手術は小さな傷口ですみ、回復が早いというメリットがありますが、医師の熟練が必要です。

とくに進展しているのが、椎間板の中心部にある組織が飛び出る腰椎椎間板ヘルニア、脊髄の通る脊柱管が狭くなる腰部脊柱管狭窄症などに対する内視鏡手術です。これらの病気では脊柱の中の神経が圧迫され、腰痛や下肢のしびれ、痛みなどが生じます。そのため、椎間板から飛び出た組織を取り除く、あるいは脊柱管を広げるなどの手術が必要です。それが内視鏡によって小さい傷口で手術が行えるようになってきたのです。一方で腰椎すべり症、腰椎椎間板変性症などでも、内視鏡を使って椎体間を固定する低侵襲手術が行われています。



提供：岩井整形外科内科病院

より傷を小さくして 治りを早くする手術へ

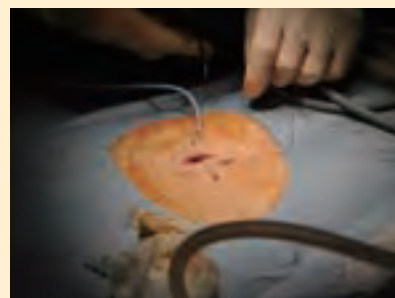
脊柱の内視鏡手術では、患部に直径2センチほどの穴を1か所開け、そこから内視鏡、ノミや各種の鉗子、超音波メスなどを挿入し、モニターに映し出された映像を見ながらヘルニアを取り除いたり、脊柱管を広げたり、骨を固定していきます。



内視鏡をつけた外筒管を患部に挿入し、その中で手術を行います。



手術はモニターを見ながら行なわれます。



内視鏡を抜いた傷口の直径は18mm程です。

提供：岩井整形外科内科病院



提供：メドトロニック ソファモア ダネック (株)

● 脊椎固定インプラント

脊椎インプラントは、不安定となった脊椎の固定、変形した脊椎の矯正、生理的な脊椎バランスの保持などを目的に埋め込まれる脊椎内固定器具(ボルト・プレート・フック・ケージ等)で、後頭骨から仙骨、腸骨までを固定できるさまざまなサイズ、デザインの製品があります。

増え続ける高齢の患者さん、QOL(生活の質)の維持、医療費削減などの観点から、患者さんの身体に優しく、治療期間も短くて済み、復帰も早い内視鏡手術は、ますます増えていくと予想されます。

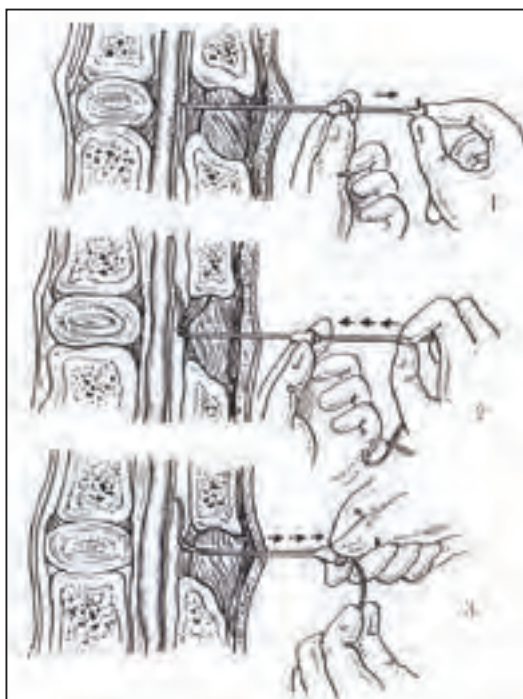
ただし、すべての手術を内視鏡で行えばいいというわけではなく、複雑なケガや病気では患部を開く手術のほうが安全な場合や、患部を開かないと手術できない場合もあります。そのため、整形外科ではどちらのタイプの手術にも対応できるように準備しておく必要があるのです。

脊髄くも膜下麻酔（脊椎麻酔、腰椎麻酔） 硬膜外麻酔

脊髄くも膜下麻酔と硬膜外麻酔

脊髄くも膜下麻酔と硬膜外麻酔は、背骨(脊柱)の中を走っている脊髄という太い神経のまわりに局所麻酔薬を入れて、手術部位の痛みをとったり腰痛などの治療に用いられる麻酔法です。脊髄は脊柱の中でさらに硬膜およびクモ膜という膜に包まれて保護され、その中から神経の枝を身体中に伸ばしています。脊髄とクモ膜の間にはクモ膜下腔と呼ばれる脊髄液が入っている場所があります。脊髄くも膜下麻酔は、背骨と背骨の間から細い注射針でクモ膜下腔に局所麻酔薬を注入し、脊髄から出る神経を一時的にマヒさせる方法です。硬膜外麻酔は、脊髄くも膜下麻酔よりはもうすこし浅い所にある脊髄をおおっている硬膜という膜の外側に麻酔薬を注入し、神経を一時的にマヒさせます。

● 持続硬膜外麻酔の手技



引用：麻酔科入門改定第7版より



提供：麻酔科

● 脊椎麻酔法との比較

	脊椎麻酔	硬膜外麻酔
血 圧 低 下	+~#	+ (徐々に起こる)
呼 吸 抗 抑 制	+~#	±
筋 弛 緩	#	+
高 さ の 調 節	容易	あまり容易でない
分 節 麻 酔	むずかしい	よりやさしい
分 離 麻 酔	むずかしい	やさしい-
安定に要する時間	10~15分	15~30分
中 毒	-	±
合 併 症	多	小
後 遺 症		
頭 痛	+	±
尿 閉	+	±
髄 膜 炎	+	±
麻 酔 効 果	良	脊椎麻酔に劣る
持 続 時 間	短	長
麻 酔 技 術	容易	ややむずかしい

引用：麻酔科入門改定第7版より

人工筋肉リハビリスーツ

提供：麻酔科・痛みセンター/医療機器管理部

視覚入力と体性感覚入力を用いたリハビリスーツ

このスーツは、健肢に装着したセンサーの情報を検知し、患肢に装着したアクチュエーターの人工筋とワイヤーを作動し、健肢の運動と同様の運動を患肢に受動的に行わせます。このスーツを用いた患肢の運動訓練では、単に受動運動を行うだけではなく、患者さんが健側上肢を運動すると患肢の運動が実行され、体性感覚情報だけでなく、生理的な視覚情報によっても運動実行が脳へとフィードバックされます。運動しようとする意志から運動のプログラミンが行われ、実際に四肢の運動が実行された場合に体性感覚情報がフィードバックされる状態では、単に受動的に運動が行われた条件よりもより強く一次体性感覚野が活性化します。さらには、単なる受動運動では一次運動野の活性化はあまり起こりませんが、能動運動時には運動しようとする身体部位に応じた一次運動野体部位領域が強く活性化します。

この上肢用スーツと同様にセンサースーツと人工筋スーツを持つ下肢用リハビリテーションスーツを応用的に発展させ、両下肢に人工筋スーツを装着させ重心移動を検知することによって人工筋を交互に収縮させることによる下肢歩行補助装置の開発を進めています。

引用：ペインクリニック Vol.34 No.3より

● 視覚入力と体性感覚入力を用いたリハビリテーション支援ロボットスーツ



ロボットスーツのスキーム



下肢リハビリテーション支援
ロボットスーツ

糖尿病の患者さんに重要な、靴選びとフットケア

Therapeutic shoes and foot care for patients with diabetes

血管障害や神経障害を合併しやすい糖尿病の患者さんは、足に潰瘍や壊疽などの病変がで
きやすくなります。

糖尿病足病変（潰瘍、壊疽）の発症には、血管の障害と神経の障害の両者が密接に関与しています。

糖尿病血管障害

大血管の障害により、下肢の栄養をつかさどる太い動脈が細くなり閉塞していきます。また、小血管の障害では、血行が悪くなるとともに血管を介するさまざまな栄養のやり取りがうまくいかなくなります。

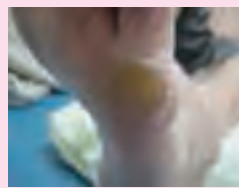
糖尿病神経障害

運動神経の障害により、下肢の筋肉が萎縮し、関節が固くなる結果、足が変形します。変形した突出部に胼胝（たこ）ができやすくなり、そこから潰瘍に至ることがあります。

知覚神経の障害により、温覚、痛覚、触覚などが失われ、外界からの刺激やケガに気がつかなくなります。

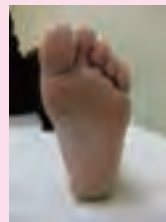
自律神経の障害により、発汗が低下し、皮膚が乾燥して亀裂が入りやすくなります。このような状態に感染が加わると一気に潰瘍、壊疽へと病状は進行します。

● 胼胝

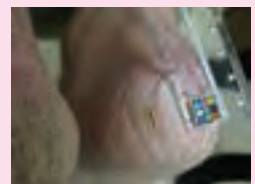


第5中足骨部に生じた胼胝。皮膚が厚くかたくなっています。

● 乾燥、亀裂



乾燥
足底全体が乾燥して、白く粉を吹いたような状態になっています。



亀裂
かかとに生じた亀裂。しわに沿って裂けています。

● 糖尿病足病変（潰瘍、壊疽）



潰瘍
第5中足骨部に生じた潰瘍。皮膚が欠損し、傷になっています。



壊疽
第2趾に壊疽が生じ、黒くなっています。

提供：ライフサポート技術開発学（モルテン）
創傷看護学

糖尿病の患者さんに重要な、靴選びとフットケア

潰瘍や壊疽を防ぐには、血糖コントロールに加えて、日常の靴選びとフットケアが重要です。

血管障害や神経障害が認められた場合、潰瘍や壊疽の危険性は高まります。1年に1回は血管障害や神経障害の検査を受けること、これらの合併症が進行しないように、血糖コントロールを良好に保つことが大切です。

外来診察の際には、医師や看護師が、足の観察をする必要があります。医学部附属病院をはじめ国内の病院でも足外来やフットケア外来という足病変やその予防専門の外来が設置されるようになりました。また、患者さん自身も毎日足を観察する、足を清潔に保つ、乾燥している場合は保湿クリームを塗る、爪の手入れをする、靴ずれや火傷などの外傷を予防する、異常を感じたら早期に受診することが重要です。

足を保護する靴は生活する上で切り離せないものであり、靴の選び方によっては足にさまざまな障害が起こることがあります。特に神経障害の人が足に合わない靴を履いていると、靴ずれに気づかずに潰瘍に至ることがあります。また、変形や胼胝がある場合、足に合った靴やインソールを着用して潰瘍を予防する必要があります。これらの場合、健康保険で靴(糖尿病治療靴)やインソールをカスタムメイドすることも可能です。

※ 保険適用にはいくつか条件があります。



提供：株式会社アイ・ビー・エス
シューベルペドローシックサービス

● 靴選びのポイント

- 足の形にあった形状のもの。
- 足趾の変形がある場合は、十分なトゥボックスの高さのあるもの。
- 靴の内張り(ライニング)は、ソフトな素材。
- つま先部の内側は、できるだけ縫い目のないもの。
- 靴底は目的に応じて修正しやすい靴底・素材。

● 糖尿病性足疾患用治療靴の必要条 (米国における認定の要件)

- ① フルサイズ及びハーフサイズがあり、ソールがアッパーの形状の足長と足幅に準じていて同じサイズで3つ以上のWidth(幅)が用意されています。
- ② カスタムメイド足底装具を挿入可能にするために最低約5mmの余分な深さがあります。
- ③ 革もしくは同等の他の素材で作られています。
- ④ 幾つかの締め方が選択できます。

● 糖尿病性足疾患用治療靴

足底装具
(3層構造)



- ずれの軽減
- 減圧
- 除圧
- 関節運動の支持と制御

治療靴

シャンク
ヒールカウンター



アウターソールの修正

提供：社会連携講座アドバンストナーシングテクノロジー

最先端の技術で、自力で体位を変えられない患者さんの褥瘡(床ずれ)を予防

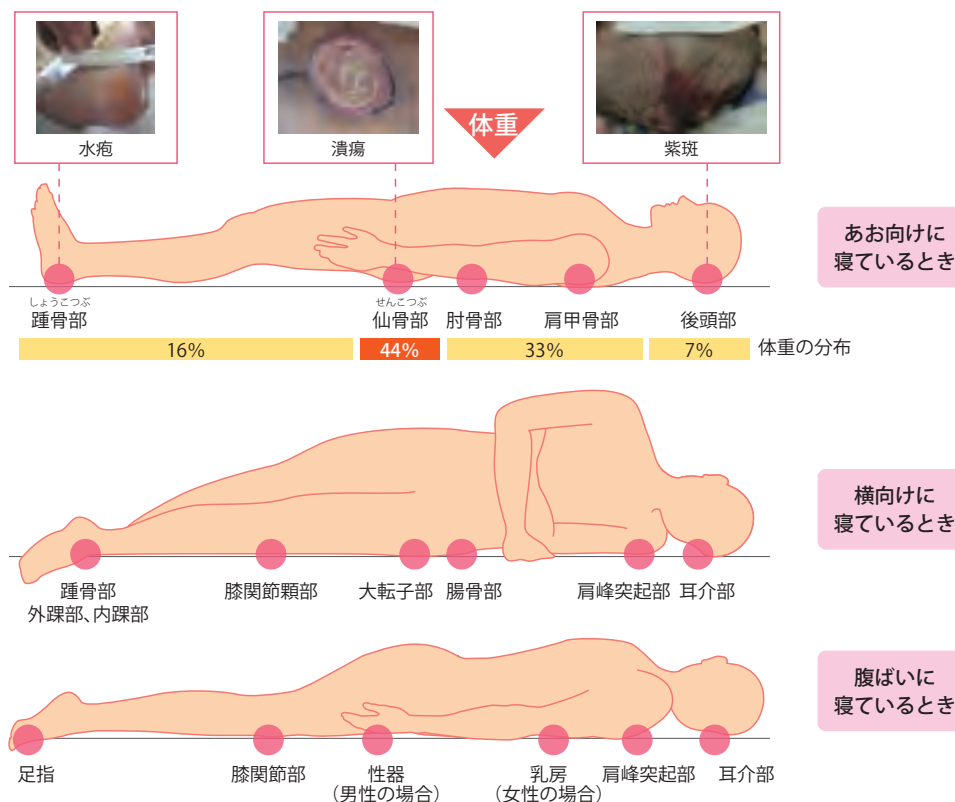
Pressure ulcer prevention by leading-edge nursing technology

長い間、寝たきりになると、身体の圧力(体圧)がかかる部分に褥瘡(床ずれ)ができてしまいます。一度発生すると治癒するのに時間がかかるため、予防が重要です。

骨折、大がかりな手術、神経変性疾患、がんなどの終末期、脊髄損傷、認知症などで、長期間、寝たきりになると、体圧がかかる部分の血行が悪くなり、その部位に「褥瘡(床ずれ)」とよばれる傷ができてしまいます。お尻や腰などの骨が出っ張っている部位、ふくらはぎなどでよくみられ、低栄養状態、やせ過ぎ、骨粗鬆症・糖尿病・腎臓病などの基礎疾患、ステロイド投与などで重症化しやすいとされています。

血流が途絶えた組織はやがて壊死し、炎症や細菌感染を起こしやすくなり、深刻な場合には敗血症となり死に至ることもあります。褥瘡はまず、赤や紫の斑点、水疱、びらん(ただれ)、潰瘍といった皮膚の症状としてあらわれます。この段階の傷は皮膚の浅い部分にとどまっていることが多く、軟膏、被覆材、物理療法などによる治療で治ります。しかし、褥瘡が慢性化し、より深い部位が壊死すると、病変部を外科的に取り除かなければならない場合があります。「環境」を適切に整えると治すことが可能ですが、時間がかかるため、やはり予防が第一です。

● 褥瘡(床ずれ)ができる部位



● 様々な見た目の床ずれ



提供：老年看護学

最先端の技術で、 自力で体位を変えられない 患者さんの褥瘡(床ずれ)を予防

じよくそう
褥瘡を防ぐための体位変換には、患者さんの睡眠を妨げてしまう、看護・介護スタッフの負担が大きい、といった問題もあります。そこで、最新技術を搭載したエアマットレスなどが使われるようになっていきます。

褥瘡では治療とともに予防が重要視されます。多くの病院では、医師、看護師、薬剤師、理学療法士、管理栄養士などによる褥瘡チームが、定期的に、患者さんの皮膚状態の確認、体位変換、スキンケア、栄養管理、局所治療などを行っています。とくに、体位変換は、同じ部位に長時間体圧がかかるのを防ぐだけでなく、内臓や循環器の機能を保つ、肺炎を予防する、関節が固まったり変形したりするのを防ぐ、といった観点から非常に重要視されています。身体のどこに、どのくらいの圧力がかかるのかは、体圧測定器で調べることができます。

寝ているときの体位は数時間おきに変えるのが望ましいとされていますが、看護・介護スタッフや家族の負担、患者さんの夜間の睡眠などを考えると、容易ではありません。そこで最近では、自動的に体圧を分散することができる電動のエアマットレスが導入され始めています。このマットレスには「エアセル」とよばれる空気の詰まった小さな袋が密に並べられています。エアセル内の空気量は、患者さんの体圧に応じて、分単位で増減できるほか、湿気や熱の排出、ベッドの高さや角度の調節なども可能です。自力で体位を変えられる患者さんには、通常のマットレスよりも体圧を分散・吸収しやすいウレタンフォームのマットレスも使われています。

また、せきずい脊髄損傷の患者さんなどが長時間外出できるよう、車いす専用のエアクッションも作られており、購入やレンタルが可能になっています。

● 床ずれ対策

体位変換

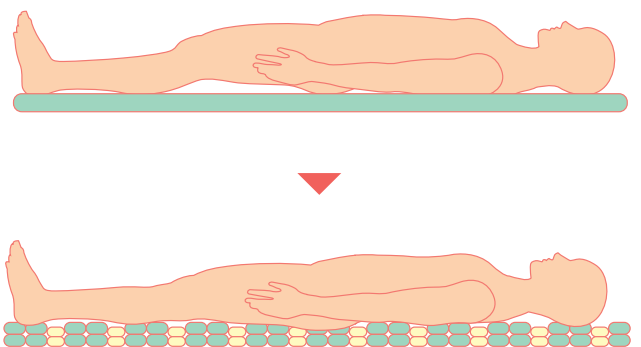
圧迫部位を直接解放することができる「体位変換」が最も有効な手段です。

細かい体圧分散の工夫

かかと踵を少し持ち上げて圧の解放をする、後頭部を動かすなど細かい体圧分散も効果的です。

圧切り替え型のエアマットレスの使用

身体を保持するエアセル(空気の筒)が一定時間ごとに切り替わり、局所に圧力がかかり続ける時間を少なくすることで、体圧を分散します。



提供：株式会社ケーブ

体圧分散式エアマットレス

ビッグセル インフィニティ 提供：(株)ケーブ

体圧分散式エアマットレスの特徴

筒状のエアセルを並べ、空気を送り込んで身体を支えます。空気圧が切り替わることで体圧分散と圧力の解放を行います。体圧分散性が高くハイリスクな方や、すでに床ずれを発症されている方などに適しています。

頭側挙上の角度を検知して最適な内圧に自動調整する機能や、関節拘縮の方、安静管理が必要な方など、個別リスクに対応するモードや、寝床内環境を整える機能も搭載しています。さらにはリスクの高い踵部に対してはエアセルの形状を工夫して対応しています。

停電時でもマット全体の内圧を保持する停電対策機能や、緊急時のCPR対応機能の備えています。

このビッグセル インフィニティは、医学系研究科 健康科学・看護学専攻 老年看護学/創傷看護学分野との共同研究で開発されました。



携帯型接触圧力測定器

Palm Q 提供：(株) ケーブ

携帯型接触圧力測定器の特徴

床ずれ防止には、体圧分散が非常に有効であり、看護の現場ではエアマットレスを使用するなどさまざまな対策が行われています。そのような状況の中で、身体と接触面に発生する圧力を正しく測り、数値化することが、床ずれ防止用具の選定や日常の看護の評価には欠かせないものになっています。

このPalm Qは、医学系研究科 健康科学・看護学専攻 老年看護学/創傷看護学分野との共同研究で開発されました。



補装具 車いす用（特殊空気室構造） 底付手前検知機能付エアースェルクッション

Medi-Air 提供：横浜ゴム(株)

車いす用クッションの特徴

座位保持装置は、いすや、車いす上で安定した姿勢を保てるよう補助しながら、身体の変形や床ずれを防止したり、おしりの痛みを軽減したりするものです。空気の入った多数のエアースェルで座面を浮かせたクッションが、体圧分散に必要な動作をコンピュータ制御により自動で行います。

このMedi-Airは、医学系研究科 健康科学・看護学専攻 老年看護学/創傷看護学分野との共同研究で開発されました。



1. 体型や体重に合わせて、エア調整による最適な体圧分散の状態を保持します。
2. エアースェルが膨縮を交互に繰り返し、同じ部位に対する長時間の加圧を抑える除圧をします。
3. 姿勢が崩れて、坐骨結節などがクッションの底につく手前でセンサーが検知し、空気量を調整します。

エアースェル

臀部形状を考慮し、2種類のエアースェルを配置し、座る人にやさしい安心設計です。



ガードセル

座面両サイドにレイアウトしたガードセルにより、使用中の体幹の傾きを防止し、安定したすわり心地を実現しています。

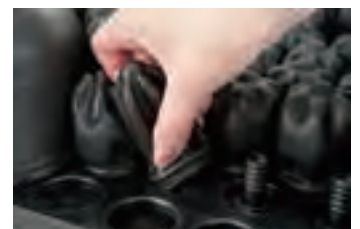
上部ひだ形状

エアースェル上部のひだ形状が、より均一な免圧分布と、蒸れ防止に効果を発揮します。



セルの取り外し

エアースェルは取り外しが可能な構造のため、1つがパンクした場合でも簡単に交換が可能です。



足指力の測定

提供：ライフサポート技術開発学（モルテン）寄附講座

足趾の運動機能は歩行の機能に深く関わっています。母子（親指）と第二指（人差し指）の間の随意的圧迫筋力は、足の機能、移動能力に大きく影響しており、転倒防止にもつながります。

測定方法

測定時間：約5分

- ① 靴下を脱いで、いすに座り、足の指を消毒します。
- ② 座った状態で、片足を計測器の上に置きます。ひざと足首はだいたい直角の位置です。
- ③ センサー部分を、親指と第二指で痛みがない範囲で、十分に挟み込みます。
- ④ そのまま、2本の足指でジャンケンのゲームをつくるように力いっぱい挟み込みます。
 - ・かかととは離さないように注意してください。
 - ・ひざの位置も左右にずらさないでください。
 - ・呼吸を止めないようにしてください。
- ⑤ 片足の計測が終わったら、計測器右サイドの小さなボタンを押してメモリを元にもどします。反対の足も同じように測ります。
- ⑥ 両足の計測が終わったら、計測器右サイドの小さなボタンを押してメモリを元にもどします。



足指力の判定結果は？

足指力	評価	対策
男性 3kg以下 女性 2.5kg以下	がんばろうグループ 足指・足裏筋力の低下。 偏平足など足部機能の低下の傾向。	足指・足裏機能の向上。 足指・足裏アーチの手入れ、新聞紙ギャザー、かかと上げなど。
男性 3kg～5kg 女性 2.5kg～4kg	いい感じグループ 標準的。 下肢機能の低下の可能性あり。	指先・足裏筋力の向上。 つま先上げ、つま先の内側や外側のみで立つなど。
男性 5kg以上 女性 4kg以上	上出来グループ 良好。	現状維持。足指ジャンケン運動を継続、開眼片足立ちの練習。歩き方、靴にも配慮しましょう。

重心動揺検査

グラビコーダGS-7 提供：アニマ(株)

重心動揺計で、平衡機能を測定

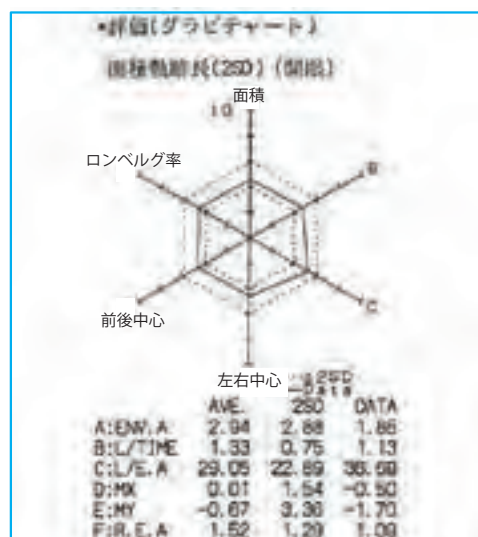
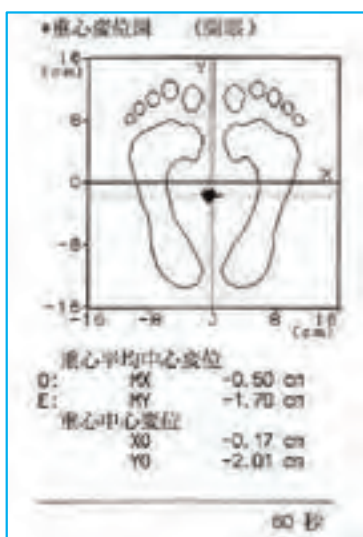
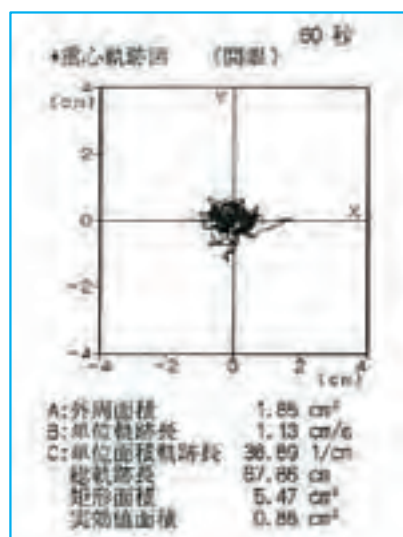
重心動揺計の測定は、もともと「めまい」や「平衡機能障害」診断を目的としていますが、加齢に伴う人の姿勢制御システムの機能が低下すると、直立姿勢時の重心動揺に影響を及ぼします。これは神経系だけではなく、下肢筋力の低下にもその一因があり、高齢者の転倒原因などと密接な関係があります。

直立姿勢に現れる体の揺れを重心の揺れとして捉え、それらを記録・分析することで、平衡機能の維持に働く体の各器官（視覚系、半規管系、脊髄固有反射系）およびそれらを制御する中枢神経系の機能の異常の有無を知ることができます。1994年には保険診療適用の検査となり、臨床におけるめまい・平衡機能障害の診断を目的に行われるほか、リハビリテーション医学、体育・スポーツ医学の分野でも広く利用されています。



引用：長寿科学振興財団健康長寿ネットより改変

● 重心動揺検査の結果レポート



- ・単位時間軌跡長：1秒間あたりの重心移動の長さです。
- ・単位面積軌跡長：1C m²の中の重心移動の長さ（重心動揺密度を表現）です。
- ・左右変位：重心中心が右にあるか左にあるのか
- ・前後変位：重心中心が前にあるか後ろにあるか
- ・ロンベルグ率：開眼と閉眼の重心移動の比率です。

ロボットスーツ HAL® 福祉用の紹介

提供：CYBERDYNE (株)



失った顔やあごの骨を カスタムメイドの人工骨で成形し、移植する

Custom-made bone implants fabricated by ink-jet printers

コンピューターグラフィックスとインクジェットプリンターを使い、粉末の人工骨を患者さん一人一人に合わせて3次元造形する技術が実用化を迎えそうです。この技術を使えば、残っている骨とのフィット感がよく、定着しやすい人工骨ができます。

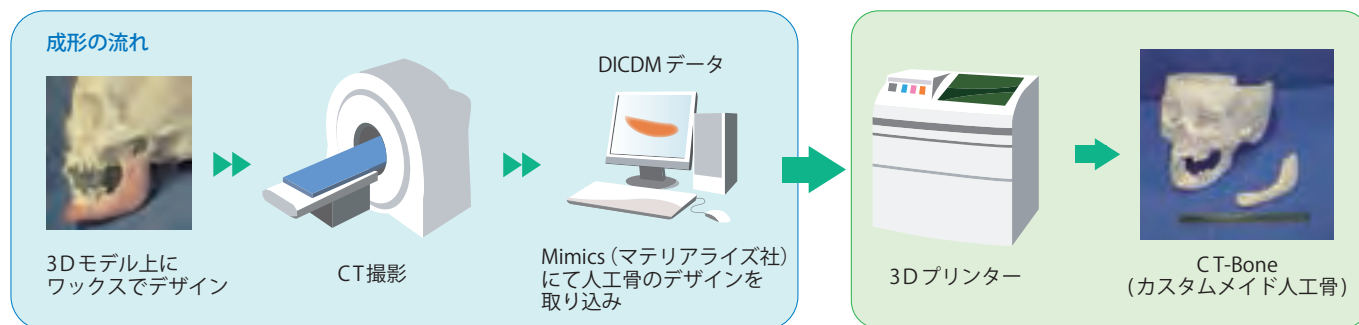
事故やがんなどで、顔やあごの骨を失うと容貌が変わり、心身ともに大きな負担を強いられます。大学院工学系研究科（医学系研究科兼担）の鄭らは、医学系研究科の高戸らとともに、東大病院のティッシュ・エンジニアリング部で、患者さん一人一人に合わせてカスタムメイドで人工骨を成形する研究を続けています。これは、CT画像とインクジェットプリンターを用い、人工骨の材料である α -カルシウム三リン酸（ α -TCP）粉末を患者さんのあごの形に合わせてコンピューターグラフィックスで3次元造形する方法です。

現状では、人工骨を鋳型で成形して、あるいは患者さん自身の大きな骨（腸骨など）を手術で大きめに採り、医療用工具で成形して移植する方法が行われています。鄭らの方法は患部へのフィット感がよく、固定も簡単で手術時間も短く、患者さん自身の骨との適合性もよいことがわかっており、近いうちに承認申請が行われる予定です。

また、消波ブロック型（テトラポッド型）の顆粒状の人工骨も作製しています。消波ブロックの形にすると組み合わせたときに適度にすき間ができ、血管などが通りやすいためです。

今後は、骨の成長を進める生理活性物質などを注入して、さらに早く定着して荷重にも強い人工骨を作ることを計画中です。

● カスタムメイド人工骨



骨欠損のある頭蓋モデル



3Dプリンターで三次元造形された骨欠損のある頭蓋モデル

テトラポーン



ミニ頭蓋骨（水色）



3Dプリンターで三次元造形された正常頭蓋モデル（実物の2/5サイズ）

提供：工学系研究科 バイオエンジニアリング専攻

過度の力学的ストレスや加齢が軟骨を変性させ、変形性関節症を発症させる

Excessive mechanical stress and aging cause osteoarthritis through pathological endochondral ossification and degradation of articular cartilage

膝の軟骨がすり減って痛みを引き起こす変形性膝関節症は、その発症の詳細がわからず、薬物療法などで痛みを抑えるか、手術をするほかは治療法がありません。最近、その原因となるタンパク質とその働きが明らかになってきました。

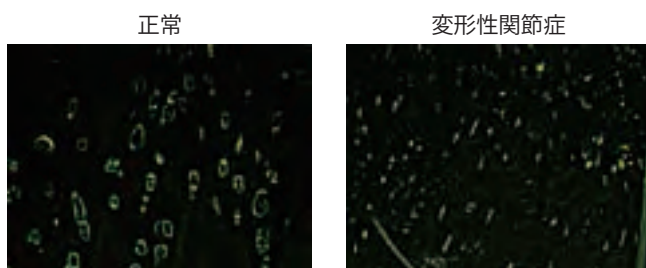
国内には2400万人もの変形性膝関節症の患者さんがいると推計されています(東京大学ROADスタディ調べ、2009年6月現在)。

医学系研究科 整形外科の川口、保坂、医学部附属病院 ティッシュ・エンジニアリング部の斎藤らは、マウスの実験から、NotchとRbpjkという2つのタンパク質が変形性膝関節症の発症の鍵を握っていることを明らかにしました。膝関節に重力がかかり続けたときや加齢によって、関節軟骨の表面にあるNotchが軟骨細胞の中に入り、中に存在しているRbpjkを活性化させて軟骨を骨に変えてしまうのです。軟骨が骨になる現象は成長期には当たり前のことですが、大人の膝の関節軟骨では通常は起こりません。しかし、川口らはヒトの変形性膝関節症ではこの軟骨の骨化が起こっていることをすでに報告しており、今回のマウスによる研究で、その仕組みの一端を解明しました。

また、Notchの働きを抑える低分子化合物DAPTをマウスの膝関節の中に注射すると、関節軟骨の変形を抑えられることも報告しました。

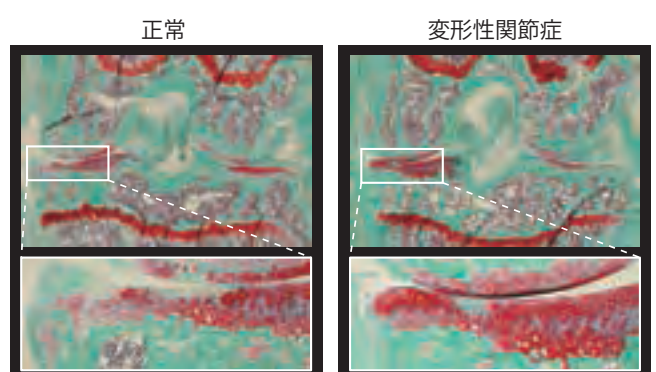
これまでに見つかっている、変形性膝関節症に関わるタンパク質のほとんどは軟骨細胞の内部に存在しており、薬が届きにくかったのですが、Notchは細胞表面に存在するために薬が届きやすかったと考えられます。DAPTのように関節軟骨に働きかけてNotchの働きを阻害する薬剤は、変形性膝関節症の治療薬になる可能性があります。ただし、Notchは全身の細胞の表面にあり、さまざまな役割を担っているため、膝関節でNotchと同様の働きをする別の分子の発見も待たれるところです。

● ヒトの正常関節軟骨(左)と変形性関節症の関節軟骨(右)のNotchの局在の違い



ヒトの正常な関節軟骨(左)ではNotchは細胞表面に存在しています(緑に発色)が、変形性関節症が起こっている関節軟骨(右)ではNotchが細胞の中に入り移動しています。

● マウス膝関節の変形性関節症負荷モデルにおける関節軟骨の変化(Rbpjkノックアウトの効果)



正常マウスでは関節軟骨(赤染色)が変性し、破壊されています(左)。それに対して、Notchの活性化分子であるRbpjkを発現しないようにRbpjk遺伝子を欠損させた上で変形性関節症を起こさせたマウスの関節軟骨では、変性がほとんど起こっていません。

提供：ティッシュ・エンジニアリング部

ノックアウトマウスを使って、変形性膝関節症の原因や治療法を研究

Research of pathophysiology and treatment of osteoarthritis using mouse model

膝関節の軟骨が^{まも}り、痛み、変形、歩行障害などを引き起こす変形性膝関節症には、根本的な治療法がありません。そこで、特定の遺伝子が働かないようにしたマウス（ノックアウトマウス）を使って、病気のメカニズムや治療薬の研究が進められています。

変形性膝関節症の内科的な治療には、対処療法しかなく、病気を根本から治す薬がありません。重症の場合には、傷んだ関節を人工関節に置き換える手術など、負担の大きい治療になってしまいます。

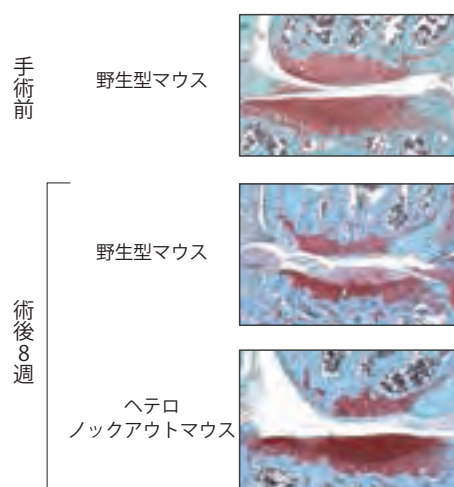
根本的に治療する薬がないのは、病気の詳細なメカニズムがよくわかっていないからです。医学部附属病院 ティッシュ・エンジニアリング部の齋藤らは、ヒトの変形性膝関節症と同じような症状を示すノックアウトマウスを開発し、このマウスを利用した解析を進めてきました。

骨は、いったん軟骨として作られた後に、石灰化することで作られます。石灰化の過程には、軟骨の変性や破壊などの「軟骨内骨化」がみられます。軟骨内骨化が起きるのは成長期にある子どもだけで、大人になると起きません。ところが、変形性膝関節症では、病的な軟骨内骨化が起きてしまうことがわかってきました。齋藤らは、ノックアウトマウスに物理的な負荷を与えることで人工的に変形性膝関節症を誘発し、その際に、軟骨内骨化のために働くタンパク質が、どのように変化するかを詳細に調べています。

解析の結果、まず、HIFと総称される一群のタンパク質が重要であることを突き止めました。例えば、HIF2Aとよばれるタンパク質には「軟骨内骨化を強く促す」という機能があり、このタンパク質が働かないようにしたマウスでは軟骨内骨化が起きないことを明らかにしました。さらに、HIF1Aとよばれる別のタンパク質には、軟骨を軟骨として維持する機能があることも突き止めました。

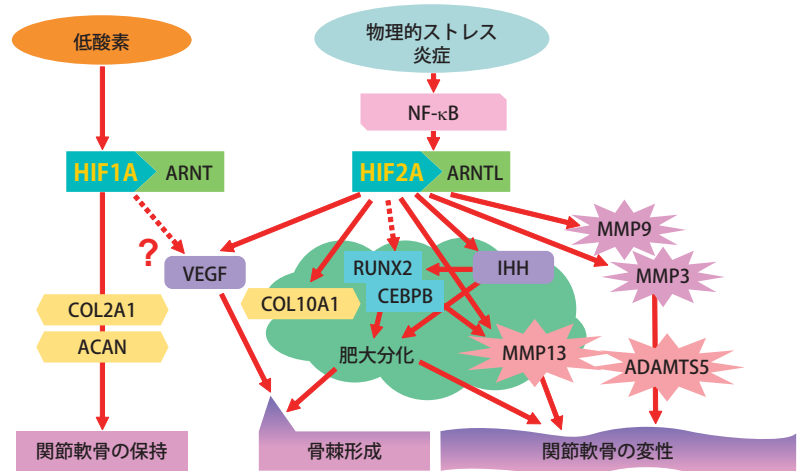
こうした研究成果は、変形性膝関節症はHIF タンパク質のバランスが崩れることで、HIF1Aの働きよりもHIF2Aが強くなってしまって起こることを強く示唆しています。齋藤らは、HIF2A タンパク質の過剰な働きを抑制するような物質を開発することで、変形性膝関節症を根本から治療する薬につなげられないかと考え、日々の研究に励んでいます。

● HIF2A ヘテロノックアウトマウスを用いた変形性関節症モデルによる検討



HIF2A ヘテロノックアウトマウスでは軟骨変性と骨棘形成が著しく抑えられました。

● HIFから見た変形性関節症の分子背景



HIF2A は多くの軟骨内骨化関連分子を標的として、軟骨変性や骨棘形成を広く制御しています。

提供：ティッシュ・エンジニアリング部

骨の破壊と再生のしくみを手がかりに、骨免疫、骨による全身の制御系を研究

From the basic mechanism of bone resorption and formation to osteoimmunology and osteonetwork

健康な骨は、ほどよく壊され、ほどよく再生されており、10~20年ですべての骨が入れ替わると考えられています。骨粗鬆症や関節リウマチなどの病気は、こうした破壊と再生のバランスが崩れることで引き起こされ、免疫系も深く関わっていることがわかってきました。

健康な骨では、破骨細胞と骨芽細胞がバランスよく働いています。そのバランスが崩れると、骨粗鬆症や関節リウマチなどの骨の病気が引き起こされます。

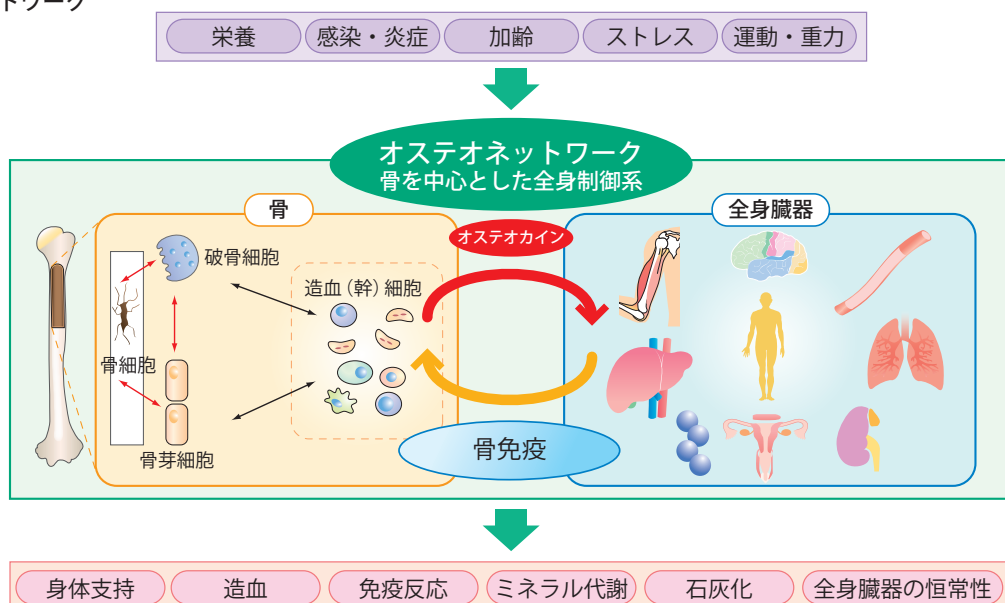
免疫学講座の高柳らは、「骨の破壊と形成のプロセス(骨リモデリング)」に注目し、とくに破骨細胞の産生や機能と関節リウマチとの関連について研究を続けています。破骨細胞は、マクロファージという免疫細胞に由来する細胞が、多数くっつき合っている巨大な細胞です。その成熟は、骨芽細胞系細胞が分泌する「破骨細胞分化因子(RANKL)」によって促されます。

高柳は、まず、以下の2つのことを発見しました。1つは、関節リウマチになると、免疫に関係するリンパ球(T細胞)からインターフェロンという物質が分泌されなくなり、骨の破壊が進むということ。もう1つは、T細胞には、RANKLの産生を促す働きがあることです。これらの研究結果は、骨リモデリングが免疫系にも関与することを強く示し、「骨免疫学(オステオイムノロジー)」という新たな領域を作り上げるきっかけとなりました。

その後、高柳らは、RANKL遺伝子などを破壊したノックアウトマウスを作り、これらのマウスを使って研究を進めています。そして、「RANKLが引き金となって、さまざまなタンパク質が協調して働き、骨代謝の指令が出されること」、「その1つに、『骨を作らせ、骨を壊させない』という2つの機能を兼ね備えるタンパク質、セマフォリン3Aがあること」、「破骨細胞が作るタンパク質セマフォリン4Dには、骨芽細胞による骨の再生を抑える働きがあること」などを明らかにしてきました。

さらに、ごく最近になって、骨免疫学は「オステオネットワーク(骨を中心とした全身の制御系)」の研究へと発展しつつあります。高柳らの研究は「免疫系だけでなく、さまざまなシステム、臓器、組織などと、骨との関係を明らかにする」ことを目標としています。

● オステオネットワーク



骨は単なる運動器の一部ではなく、外界の環境変動やストレスを感受し、骨が分泌する生理活性物質「オステオカイン」と骨免疫の作用により、全身臓器を能動的に制御しています。この骨による全身の制御メカニズムが「オステオネットワーク」です。

提供：免疫学講座

超音波を用いて、 膝関節の軟骨を3次元モデルであらわす

Measurement of articular cartilage thickness using a 3D image reconstructed from the B-mode ultrasonography mechanical scan

軟骨に^{まも}摩耗や破壊といった異常が起きる、変形性関節症や関節リウマチ。これまでは、軟骨の状態を客観的な数値であらわすのが難しかったのですが、膝関節用の超音波診断装置が開発され、軟骨の厚みなどが詳しく測れるようになってきました。

膝関節が変形し、曲がりにくくなる、もろくなる、関節に水がたまるといった症状を引き起こす変形性関節症や、全身の関節の腫れ、痛み、変形が進んでいく関節リウマチなどでは、軟骨に変性、^{まも}摩耗、破壊といった異常がみられます。

早期発見のためには、関節の軟骨がどのような状態にあるのかを、手軽に、無痛で、短時間に、安価に調べる必要があります。医学部附属病院整形外科・脊椎外科の大橋らは、そのような手法の1つとして、超音波を用いた技術を開発しています。超音波による画像診断は、プローブから生体組織に向けて超音波を発信し、反射して戻ってくる波を画像化するというものです。心臓の動きを調べたり、胎児の様子をみたりするなど、臨床現場ではすでに広く用いられています。

大橋らが開発したのは、超音波を使って得られた情報をもとに、軟骨部位だけを3次元で描き出すシステムです。ごく簡単に説明すると、以下ようになります。まず、患者さんにはイスに座ってもらい、調べる方の膝の関節を突き出してもらいます。次に、「超音波プローブスキャナー」という装置が患者さんの膝をなぞるようにして回転しながら超音波を発信します。このとき、膝と超音波プローブスキャナーの間には「水の入った袋」を入れることで、鮮明な画像が得られるように工夫されています。得られるのは2次元のスライス画像ですが、これを3次元に再構成すると、精度の高い軟骨モデルとして描出することができます。

すでに、このシステムによって、軟骨の厚みや形を詳しく測定できることが確かめられており、患者さんの軟骨の状態を客観的に評価して、それまでの治療効果を判定したり、筋力トレーニング、装具などの導入のめやすにしたりすることが期待されています。

● 軟骨領域抽出および3次元モデル作成



再構築した各超音波平行スライス画像において関節軟骨領域の抽出を行い、それを基に3次元関節軟骨モデルを作成しました。

提供：整形外科・脊椎外科

骨の強度を正確に評価できる方法を開発

Developing the method for evaluation of bone intensity

骨密度の低下と骨質の劣化がみられる、骨粗鬆症。病気が進むと、ちょっとしたことで骨折するようになってしまいます。骨折の有無やリスクを評価するために、X線CTのデータを用いた新たな手法が開発されています。

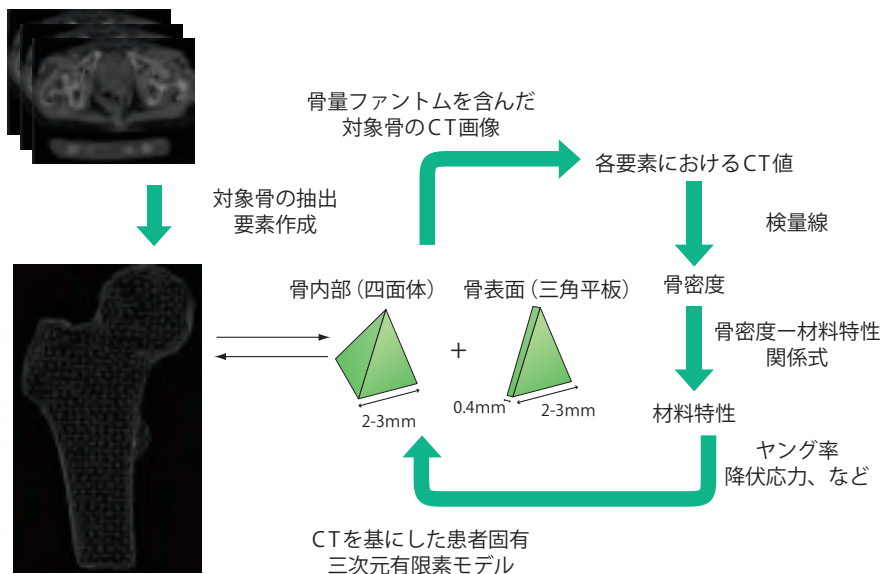
骨の強度は、骨密度と骨質によって決まります。骨密度は、一定体積あたりの骨量のことで、カルシウムやマグネシウムなどのミネラル成分の量と比例しています。骨質はさらに構造特性と材料特性とに分けられます。構造特性は「骨のサイズや形など」のことで、材料特性は「骨の代謝速度や石灰化の程度など」のことで、

骨粗鬆症では、骨密度の低下とともに骨質の劣化がみられます。診断や治療では、その病態を詳しく調べ、3次元で再現することが重要です。ところが、骨の組織は絶えず変化しており、正確な再現と評価が困難でした。そこで、医学部附属病院 整形外科・脊椎外科の大西と別所らは（現在とともに、国際医療福祉大学）、数値解析手法の1つである有限要素法（finite element method: FEM）を用いて、骨の状態を数値化する新たな解析手法を開発しました。

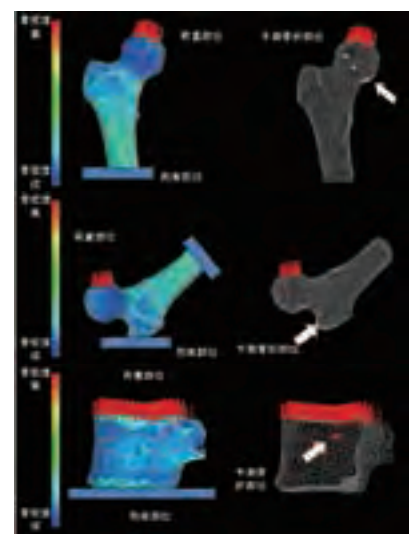
この方法では、まず、患者さんのX線CTのデータをもとに、骨の外形の3次元モデルを作り上げます。次に、詳細なCT値と専用ソフトウェアを用いて、骨を構成するあらゆる構造を「有限個の要素」に分けます。さらに、それぞれの要素ごとにコンピューター上で計算とシミュレーションを行い、骨密度、骨強度、骨表面形状（ジオメトリー）、骨折の有無やリスクなどを評価します。

この骨の評価法の正確性についてはすで実証されており、力学的な条件を変えることで、リスクがどう変化するかを評価することなども可能です。将来は、患者さんの生活スタイルなどを加味した評価も可能になると期待されています。すでに、医学部附属病院 整形外科・脊椎外科では、先進医療として骨強度評価を行っています。

● 3次元CT/FEMモデル



● 骨密度の分布と骨折部位を示した図



提供：整形外科・脊椎外科

MRI画像法で、軟骨部位を鮮明に描き出す

Current MR imaging techniques and applications for articular cartilage quantification

超音波診断同様、痛みを伴うことのない画像診断法に、MRI (磁気共鳴画像) を用いるものがあります。MRIでは複雑な構造の軟骨部位を描き出し、関節リウマチの軟骨の状態を正確に再現できるようになりつつあります。

MRI (磁気共鳴画像) は、強力な磁石と電波を使って、体内の水素原子の量や状態をコンピューターで解析し、画像化するという診断方法です。私たちの体の主成分は水なので、水に含まれる水素原子の状態を映し出せば、身体を映し出すのと同じことになるのです。患者さんは、トンネルのような装置に横たわり、20~45分程度、じっとした状態で撮影します。

MRIは、脳や内臓の検査などでは一般化していますが、複雑な構造と曲線をもつ軟骨部位については、高精度な画像を得るのが難しく、あまり実用化されていません。22世紀医療センター関節疾患総合研究講座の岡らは、軟骨部位を3次元やカラーで鮮明に描き出せるソフトウェア (MRIを用いた軟骨定量評価ソフトウェア) を開発し、変形性関節症や関節リウマチなどの患者さんの軟骨の厚み、変形、摩耗などを数値として測定できるようにしました。

実際に、岡らは、X線撮影で予想される軟骨の状態にくらべて、痛みや炎症がひどい関節リウマチの患者さんに、このソフトウェアを用いたMRI画像診断を行い、X線撮影ではわからなかった軟骨の摩耗を特定できたとしています。関節リウマチでは、この例のように、患者さんが訴える腫れや痛みと、画像から予測される軟骨の状態が乖離することがよくあり、MRIとソフトウェアの普及によって臨床症状と画像所見がうまく統合されるようになることが期待されます。

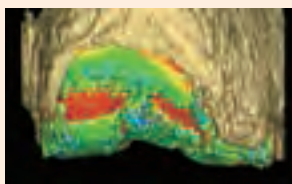
● MRIを用いた軟骨定量評価ソフトウェア

骨+軟骨の立体モデル

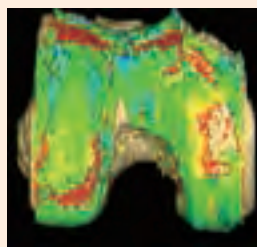


軟骨の厚みによるカラーマッピングモデル

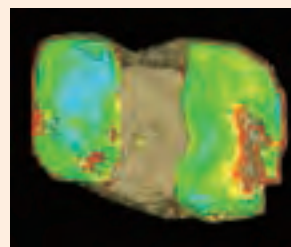
大腿骨前面



大腿骨底面



脛骨上面



提供：22世紀医療センター 関節疾患総合研究講座

AIR SHODOU (エアー書道)

提供：(株)システムフレンド



AIR SHODOUは、筆を使わずに全身を動かすことで体感できる書道です。手のひらの動きと、壁に映し出される“書”がシンクロして描き出されます。上下左右に手を動かすだけでなく、手前奥に動かすことで直感的に筆圧が変化します。

この仕組みで、自宅やリハビリセンターで効果的なリハビリ運動を継続的に楽しく行える、リハビリ支援システムへの応用が始まっています。

主治医さんが事前にカリキュラムを作る



定期的に線が動きます

ポーズが記憶されます

次のポーズの準備を
します

次のポーズの準備を
します

ポーズが記憶され
ます…(繰り返し)

患者さんが自宅で



とってほしいポーズが
赤く表示されます

同じポーズをとっても
らうと…

ある程度合うと
エフェクトが出て

次の、とってほしい
ポーズが赤く表示さ
れます

同じポーズをとって
もらうと…(繰り返し)

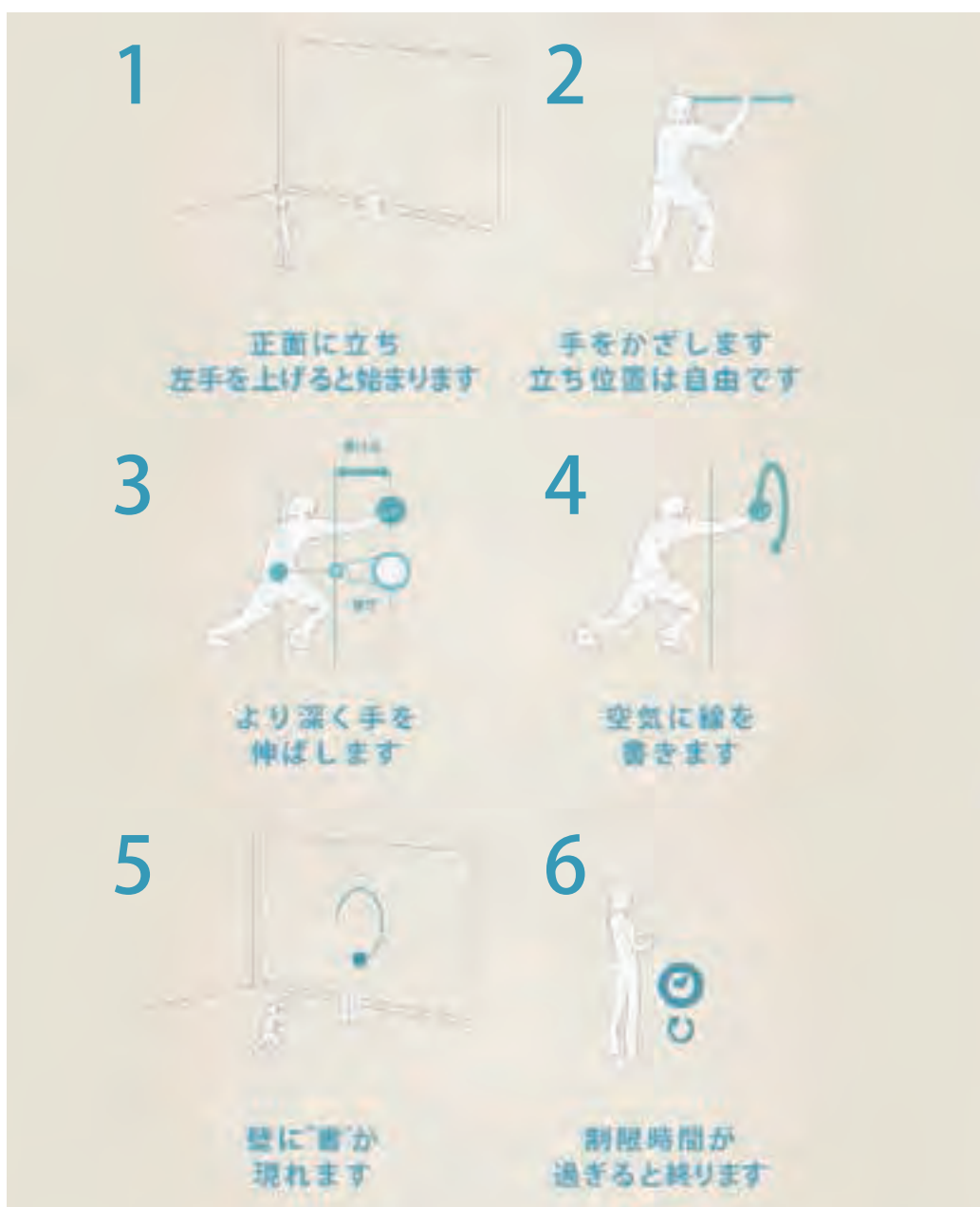
AIR SHODOU の体験



AIR SHODOUの体験コーナー



作品例



関連情報サイトの紹介

- 日本整形外科学会
<http://www.joa.or.jp/jp/public/locomo/index.html>
- 日本臨床整形外科学会
<http://www.jcoa.gr.jp/locomo/index.html>
- ロコモ チャレンジ!
<https://locomo-joa.jp/>
- 日本ロコモティブシンドローム研究会
<http://j-locomo.com/Welcome.html>
- 国立障害者リハビリテーションセンター
<http://www.rehab.go.jp/>
- 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
<http://www.jaxa.jp/>
- 人工関節ドットコム
<http://www.jinko-kansetsu.com/index.html>
- 日本リウマチ学会
<http://www.ryumachi-jp.com/>
- 日本臨床リウマチ学会
<http://www.j-cra.com/index.html>
- 骨粗鬆症財団
<http://www.jpof.or.jp/>
- 骨粗鬆症「いいほね.jp」
<http://www.iihone.jp/>
- 日本運動器科学会
<http://www.jsmr.org/index.html>
- 日本糖尿病学会
<http://www.jds.or.jp/>
- 厚生労働省 糖尿病ホームページ
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/seikatu/tounyou/index.html>
- 日本褥瘡学会
<http://www.jspu.org/>
- 日本皮膚科学会
<http://www.dermatol.or.jp/index.html>
- 関節が痛い .com
<http://www.kansetsu-itai.com/>
- 岩井整形外科内科病院
<http://www.iwai.com/>
- シューベルペドーシックスサービス(足用装具)
<http://www.ibscorp.co.jp/index.htm>
- ロボットスーツ HAL® 福祉用
<http://www.cyberdyne.jp/customer/index.html>
- AIR SHODOU
<http://sharefl.jp/projects/airshodou/>
- ケープメディカルサイト(エアーマットレス)
<http://www.cape.co.jp/medical/product.html>
- 横浜ゴム (車いす用エアークッション)
<http://www.yrc.co.jp/medi-air/>

おわりに

本企画展では高齢化に対応した整形外科の医学や医療と共に、予防につながるロコモティブシンドロームという概念を取り上げました。整形外科に対する印象が変わったのではないのでしょうか。

俗な表現ですが、日本の高齢者は前の世代よりも元気になっています。政府の調査によると、中高年で定期的に運動をしている人の割合は増加しており、自分の健康状態を良いと考える人の割合も増えています。健康寿命の客観的な指標である「日常生活に制限のない期間の平均」は、2010年までの過去10年で約1年延びました。一方で超高齢社会を迎え、2010年の要介護認定者数は487万人に達しました。今後も要介護者は増加しますが、比較的度が軽い「要支援」の約3割は関節疾患、骨折・転倒といった運動器の障害を原因としています。

運動器の維持は、健康長寿を保つための鍵です。立ち、歩き続け、長寿を謳歌してください。

本企画展の協力者

株式会社アイ・ピー・エス シューベルパドーシックサービス	東京大学科学技術インタープリター養成プログラム
アニマ株式会社	東京大学院工学系研究科バイオエンジニアリング専攻
アルケア株式会社	
株式会社イノメディックス	医学図書館
岩井整形外科内科病院	医学系研究科・医学部附属病院 以下の各教室・科・部
オムロンコーリン株式会社	感覚運動機能医学講座整形外科学
亀田総合病院	関節機能再建学
京セラメディカル株式会社	健康科学・看護学専攻 老年看護学／創傷看護分野
株式会社ケーブ	細胞分子薬理学
CYBERDYNE 株式会社	社会連携講座アドバンストナーシングテクノロジー
株式会社システムフレンド	整形外科・脊椎外科
中外製薬株式会社	ティッシュ・エンジニアリング部
メトロロニック ソファモア ダネック株式会社	22世紀医療センター 関節疾患総合研究
横浜ゴム株式会社	麻酔科
	免疫学
遠藤 實	ライフサポート技術開発学（モルテン）
	リハビリテーション医学
宇宙航空研究開発機構（JAXA）	リハビリテーション部
国際医療福祉大学	
国立障害者リハビリテーションセンター	
自然科学研究機構・生理学研究所	
日本整形外科学会	
放送大学	
ロコモチャレンジ！推進協議会	

(以上 50 音順)

発行元：健康と医学の博物館 編集：事務局

連絡先：〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学本郷キャンパス内 医学部総合中央館（医学図書館）地下1階
TEL：03-5841-0813 MAIL：mhm@m.u-tokyo.ac.jp URL：http://mhm.m.u-tokyo.ac.jp/



健康と医学の博物館

Museum of Health and Medicine

