

Computer assisted TXA -Surgical Navigation system-

長嶺 隆二 九州労災病院
(2004年、第5回博多リウマチセミナー)

Navigation system とは?

今日、カーナビが普及しているが、カーナビではGPS (Global Positioning System) Navigationを使用している。このシステムでは車に搭載した装置から microwave を衛星に発受信し、車の地球上の位置を地図にて表示する。一方、手術を行う場合、身体の内側の詳細な目標地点を正確に把握することは非常に困難である。直接目で確認できなくとも目標地点を把握するために開発されたのが Surgical Navigation system。目標の地点だけではなく、3次元的方向も把握できるため、手術の進入経路や、関節外科における骨切りの角度などの計測も可能となる。今回は、特に人工膝関節置換術における Navigation system に関してまとめてみた。

Navigation system の装置と使用方法

人工膝関節置換術においては、下肢のアライメント (大腿骨と脛骨のなす角度) を適切に設定することが必要だが、そのためには下肢の機能軸 (股関節の大腿骨頭中心から足関節中心へ向かう軸: 体重を支える軸) の3次元的位置を把握することが重要である。Navigation system の第一の目的はこの機能軸を把握することだが、手術前にCTを撮影して算出する方法 (ブレインラボ社製等) と術中にCTなしで算出する方法がある (ストライカー製等)。CTを用いる場合、大腿骨頭中心、膝中心、足関節中心を測定して機能軸を算出する (図1)。CTを用いない場合は術中に大腿骨頭中心等を計測、算出する。術中は、両者とも各部位を測定するためのトラッカー (図2) が必要になる。ストライカー製のトラッカーはLED (発光ダイオード; 図2の丸印) から赤外線を出し、手術台から2m程度離れた場所に設置したCCDカメラで受ける。CCDカメラはコンピュータと連動しておりスクリーン上でトラッカーの3次元的位置を測定する。CTを用いないで大腿骨頭中心を計測する手順を以下に示す。まず腸骨に1本ドリルを挿入し、トラッカーを装着してその位置をコンピュータに認識させる。腸骨のトラッカーが下肢の絶対的な位置決め基点になる。次に膝を展開し、大腿骨にドリルを挿入し、トラッカーを装着する。大腿骨に装着したトラッカーからCCDカメラへ信号を送りながら膝を持ってぐるぐる大腿骨を動かす。スクリーン上にはトラッカーの位置を示す点がどンドンと表示されていくが、膝 (大腿骨) は大腿骨頭を中心に回転するのでトラッカーの動く点は大腿骨頭を中心とした球の表面に存在することになり、コンピュータがトラッカーの多くの点の位置から大腿骨頭中心の3次元的位置を算出する。誤差は1度1mm未満と非常に正確である。

次にトラッカーを使用して大腿骨関節面の各部位をコンピュータに認識させる (図3)。CTを使用するタイプでは、本操作によりCT画像と実際の骨の3次元的位置を一致させる (図4)。以上の操料により膝関節における大腿骨の形状がスクリーン上に表示され、下肢機能軸も同時に表示される (図5)。医師は骨を切る際には、スクリーン上のコンピュータが示す切骨線を参考に切骨線の角度と位置を決定する (図6)。切骨後は切骨面にトラッカーを設置することにより、切背面の角度と位置が正確であるかが判断できる (図7)。脛骨側でも同様にコンピュータに認識させて脛骨の形状と機能軸を表示する。また、膝の屈曲伸展に伴う内外反の角度のデータなどもコンピュータに記録できる (図8)。

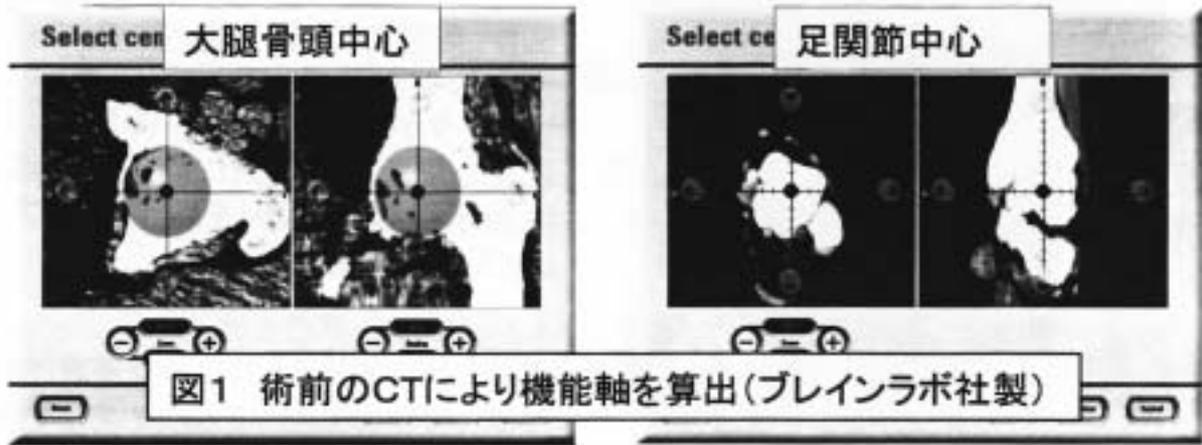


図2 トラッカー

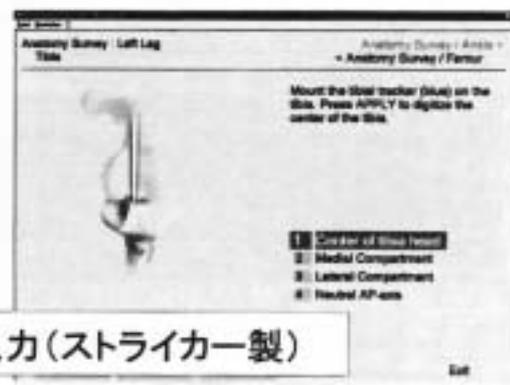
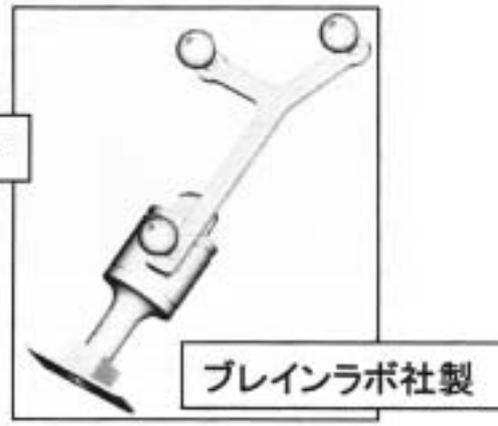


図3 各部位の入力(ストライカー製)



図4 各部位の入力とCT画像とのマッチング(ブレインラボ社製)



図5 術前のCT画像をベースに、術中に各部位を入力すると、コンピュータがコンポーネントの設置位置と角度を自動的に表示、医師は表示通りに骨切りを行うだけ(ブレインラボ社製)。

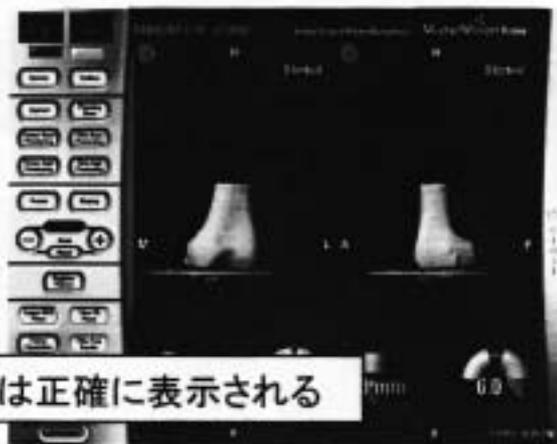
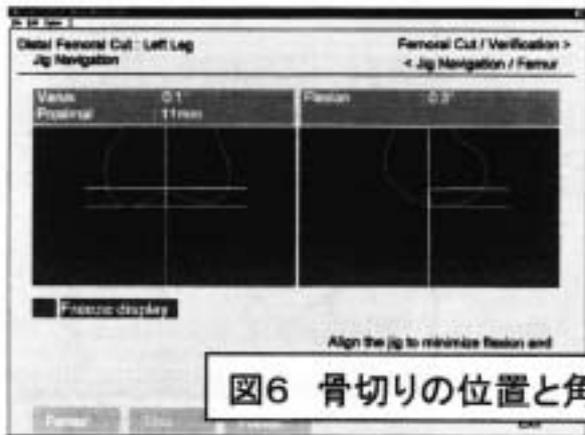


図6 骨切りの位置と角度は正確に表示される



図7 骨切り面の正確性の評価も正確に行える



図8 コンポーネント挿入後、膝伸展位から屈曲位までの膝のアライメントの確認も可能。正確に骨切りが行われていれば、点で示されたラインはほぼ直線となる。

Navigation system の利点と問題点

正確・再現性のある手術が可能になる。また、経験の少ない医師でも正確な手術が可能となる。さらに手術時に記録したデータを解析することにより、手術手技の研究や若手医師への教育に使用できる。また、大腿骨・脛骨側ともに、骨髄へガイドのためのロッドを挿入する必要がない。従って、人工膝関節置換術で最も問題となる致命的合併症である血栓症や塞栓症の発生頻度を低下させることが可能。

Navigation system の問題点

まず、高価である。依然、数千万の価格がある。従って米国でも広く普及しているとは言えない。CTが必要なシステムでは当然手術前にCT撮影が必要となる。また、システムの設置などに時間がかかり、通常より10～30分程度手術時間が延びる。また、日本人に独特な問題点も存在する。コンピュータは正常な欧米人のデータを参考に大腿骨・脛骨ともに変形がないことを前提にプログラミングされている。日本人は大腿骨・脛骨ともに内反し、骨が曲がっている症例が多く、脛骨も捻れている症例もある。^{1,2} 変形が強い症例ではコンピュータが示す切骨線が不適切になる可能性がある。現在のシステムでは変形を補正するプログラムは存在せず、改良が行われているところである。

【文献】

- 1) Nagamine R, et al. Anatomic variations should be considered in total knee arthroplasty. J Orthop Sci 5 (4) : 232-237, 2000.
- 2) Nagamine R, et al. Medical torsion of the tibia in Japanese patients with osteoarthritis of the knee Clin Orthop, 408 : 218-24, 2003.