

Assessment of surgical skills by using surgical navigation in robot-assisted partial nephrectomy

小林, 聡

<https://hdl.handle.net/2324/4060044>

出版情報 : Kyushu University, 2019, 博士 (医学), 課程博士

バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (2)

氏 名：小林 聡

論 文 名：Assessment of surgical skills by using surgical navigation in robot-assisted partial nephrectomy

(ロボット支援腎部分切除術における手術ナビゲーションを使用した手術スキルの評価)

区 分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

【目的】

小径腎癌におけるロボット支援腎部分切除術 (RAPN) は、優れた機能的および腫瘍学的アウトカムをもたらすことが報告されている。RAPN では腎動脈を同定し血流を遮断した後、限られた阻血時間以内に腫瘍を切除し、腎臓表面を縫合する必要がある。その際、ランドマークが少ない後腹膜で脂肪組織に埋もれた腎動脈を同定剥離し、腫瘍切除時には実質に埋もれた腫瘍や血管に注意しなければならない。それ故、常に術者には見えない解剖学的構造に対する不安がつきまとい、外科的プロセスを十分に理解した上で高度な手術技術が要求される。術者の不安を解消する画像支援システムの有効性を報告したものはなく、熟練した手術スキルについて定量化された報告もない。そのため、本研究では術中の画像支援のために da Vinci surgical system (dVSS) Si 内視鏡の動きに同期して腎癌 3D 画像が動くナビゲーションシステムを開発し、RAPN 術者の手術手技にどのように影響を及ぼすか検討することを目的とした。

【方法】

<ナビゲーションシステム構築>

術前造影 CT 画像から 3D 作成ソフトウェアで腎癌 3D モデルを作成した。dVSS 内視鏡に 3D プリターで作成したマーカーホルダーを実装し光学式マーカーを内視鏡に装着した。光学式追跡システムでマーカーを視認し、内視鏡の内部パラメーター(内視鏡レンズの歪み、焦点距離、光学的中心位置、アスペクト比、スキュー)と外部パラメーター(回転マトリックス、並行マトリックス)を計測した。これらのパラメーターを元に腎臓 3D モデルが存在する仮想現実(VR)上に VR 内視鏡を再現させ、内視鏡の座標系(位置情報)をリアルタイムに計測した。そして内視鏡画像と腎癌 3D モデルの位置合わせは、内視鏡画像に沿って手動で行なった。これにより内視鏡の動きに追従して 3D モデルが動くナビゲーションシステムを開発し、その画像を Tile Pro(画像共有ソフト)でサージョンコンソール内のモニターに投影した。

<手術スキル解析>

手術手技を解析するために RAPN 中に認められる術者の左右手、ロボット鉗子、鉗子が干渉する組織、鉗子の動きを言語化し、鉗子の動きのうち、直接動作(定義;組織に直接影響す

る鉗子の動き)と連結動作(定義;鉗子の動作を連結する動き)に分類した。直接動作は[切除]、[凝固]、[把持]、[放出]、[圧排]に分類し、連結動作は[挿入]、[引く]、[回転]に分類した。手術工程においてどの鉗子がどの組織に対してどのような動きをしたかワークフローを作成することを Surgical process model (SPM)と呼び、このワークフローから術者の手・組織・鉗子の動作で組み合わせられる手術手技が連続して配列し、手術が構成されていく。この手法を用いて、RAPN の手術動画のうち腎動脈を同定開始から剥離終了までの手術動画において、ロボット手術経験数 300 例以上の術者 2 名を対象に、術者の連結動作の出現頻度、動作時間、その動作が全体に占める割合(占有率)、腎動脈剥離時間、阻血時間、手術時間、出血量と術後腎機能をナビゲーション非併用群と併用群で比較検討した。

【結果】

患者背景では、ナビゲーション群で R. E. N. A. L nephrometry score が低値であり(ナビゲーション非併用群 vs. 併用群: 7 vs. 6, $P=0.019$)、腎動脈の同定及び剥離に要する時間(16分 vs. 9分, $P=0.008$)は有意に短縮した。第一術者(右利き)において、ナビゲーション併用群で右手の連結動作の頻度と占有率が低下し、[回転]についての連結動作時間は有意に短縮した。連結動作の全ての改善にナビゲーションが有意に影響を及ぼしたことがわかった。第二術者(右利き)のナビゲーション併用群では、両手における連結動作の頻度が低下し、連結動作の[引く]の動作時間が短縮し、連結動作の[引く]と[回転]における占有率が有意差をもって低下した。ほぼ全て連結動作の改善にナビゲーションが有効であったが、右手の連結動作の[引く][回転]においては、ナビゲーションが有効であることは統計学的に証明されなかった。

【考察】

今回ナビゲーションシステムの本術式への導入により手術時間が短縮した要因は、コンソール内で術者が術野から視線を逸らすことなく 3D 画像で術野の状況を把握でき、次の手順を瞬時に把握する鉗子操作の意思決定が促進されて連結動作が改善したことによると考えられる。一般的に学習曲線については、手術経験数の蓄積により手術時間が短縮することで改善すると報告され、今回の連結動作の改善は手術時間短縮の要因の 1 つであり、学習曲線の改善にナビゲーションが有効であると考えられた。また、手術ナビゲーションは術前の詳細な手術計画の立案が可能となり、完全埋没型腫瘍や腎門部腫瘍などの高難易度の症例に対して、ナビゲーションが本術式への適応のハードルを下げるのに有効であると考えられた。

【結論】

RAPN における画像支援システムの導入による術者の連結動作を改善し、手術時間を短縮することを SPM 解析で証明した。