



Title	泌尿器科医師の手術時における精神労働負荷と関連する因子についての前向き観察研究
Author(s)	原田, 茂
Description	配架番号 : 2917
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第16425号
Issue Date	2025-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16425
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95959
Type	doctoral thesis
File Information	HARADA_Shigeru.pdf



学位論文

泌尿器科医師の手術時における
精神労働負荷と
関連する因子についての前向き観察研究
(Surgeons' Workloads and Associated Factors
in Real-world Practice: A Prospective Study)

2025 年 3 月
北海道大学
原田 茂

学位論文

泌尿器科医師の手術時における
精神労働負荷と
関連する因子についての前向き観察研究
(Surgeons' Workloads and Associated Factors
in Real-world Practice: A Prospective Study)

2025 年 3 月
北海道大学
原田 茂

目次

発表論文目録及び学会発表目録	1 頁
要旨	2 頁
略語表	5 頁
緒言	6 頁
対象と方法	8 頁
結果	12 頁
考察	27 頁
結論	31 頁
謝辞	32 頁
利益相反	33 頁
付録データ	34 頁
引用文献	41 頁

発表論文目録および学会発表目録

本研究の一部は、以下の論文に発表した。

1. Shigeru Harada, Takashige Abe, Jun Furumido, Keita Takahashi, Kanta Hori, Noriyuki Abe, Masafumi Kon, Sachiyo Murai, Haruka Miyata, Hiroshi Kikuchi, Ryuji Matsumoto, Takahiro Osawa, Nobuo Shinohara.
A prospective study of surgeons' workloads and associated factors in real-world practice
Scientific Reports volume 14, Article number: 9741 (2024)

本研究の一部は以下の学会に発表した。

1. 原田茂、安部崇重、古御堂純、高橋圭太、堀寛太、阿部紀之、今雅史
村井祥代、宮田遥、菊地央、松本隆児、大澤崇宏、篠原信雄
泌尿器科医師が手術時に感じているメンタルワークロードに関する前向き観察研究
第 110 回日本泌尿器科学会総会、2023/4/22-24、神戸
2. Shigeru Harada, Takashige Abe, Jun Furumido, Keita Takahashi, Kanta Hori, Noriyuki Abe, Masafumi Kon, Sachiyo Murai, Haruka Miyata, Hiroshi Kikuchi, Ryuji Matsumoto, Takahiro Osawa, Nobuo Shinohara.
Mental workloads of surgeons in urology: A prospective observational study
American Urological Association Annual Meeting, 2023/4/28-5/1, Chicago

要旨

【背景と目的】

腹腔鏡手術やロボット手術といった新規技術が普及し、医師は常に新たな手技への対応が求められている。近年は医療従事者の燃え尽き症候群（バーンアウト）が注目されており、日常診療における精神的および身体的負担についての関心も高まってきているが、本邦におけるその現状についてはまだ十分に理解されていない。本研究の目的は、泌尿器科手術において医師が感じている精神労働負荷を前向きに調査し、精神労働負荷の実情と、関連する背景要因を明らかにすることである。

【対象と方法】

対象は北海道大学病院および関連 20 施設に所属する泌尿器科医師のうち、本研究の参加に関して同意が得られた医師である。参加登録時に、参加者の氏名、年齢、性別、経験年数、専門医資格等について調査した。その後、2020 年 12 月から 2021 年 12 月の 13 ヶ月の間、研究参加者は各手術後に、自身の感じた主観的な精神労働負荷を、NASA-Task Load Index (NASA-TLX) を用いて WEB アンケート (SurveyMonkey®) を用いて報告した。術後 7 日以内に報告されたデータを解析対象とした。各手術症例の報告時には、参加者の氏名、患者の背景情報、手術の術式、同一術式の過去の経験症例数、手術参加時の役割（独立した術者、上級医監督下の術者、指導医的立場の第 1 助手、第 1 助手第 2 助手）、および手術のアウトカムも回収した。NASA-TLX 値の報告時の個人の傾向（変量効果）を考慮し、線形混合効果モデルを用いて、NASA-TLX 値に関連する背景因子（固定効果）を評価した。 $P < 0.05$ を有意とした。

【結果】

65 名の泌尿器科医師（女性 5 名）が本研究に参加した。研究期間中 2372 件のデータが報告され、手術後 7 日以内に報告された 2169 件のデータを解析対象とした。線形混合効果モデルによる解析の結果、個人の傾向である変量効果は参加者間でばらつきが観察され（範囲：-20.94 ～ +24.19）、NASA-TLX 値に関連する因子としては、女性泌尿器科医師（parameter estimates [PE]: +15.56, 95% confidence interval [CI]: 2.36-28.77）、緊急手術（PE: +6.65, 95% CI: 4.59-8.70）、術中合併症（PE: +9.26, 95% CI: 6.76-11.76）、およびニアミス・インシデント（PE: +3.81, 95% CI: 2.27-5.36）は、独立した固定効果として NASA-TLX 値の上昇に関わっていた。手術中の役割では、第 2 助手を基準として、術者で高くなり（PE: +7.12, 95% CI: 4.34-9.91）、上級医監督下の術者（PE: +12.46, 95% CI: 9.86-15.06）が最も高い影響を示した。同一術式の経験症例数が 1-10 件（PE: -4.39, 95% CI: -7.52 - -1.27）でも NASA-TLX 値は低下し、経験数が増えるごとに NASA-TLX 値は低下し、501 件以上（PE: -11.03,

95% CI: -15.01 --7.05) で最も低下した。医師の経験年数、技術認定医等の資格の有無、手術アプローチ、患者背景情報は、独立した固定効果とはならなかった。

【考察】

精神労働負荷を NASA-TLX 値を用いて前向きに収集した。収集時には記名式でデータを収集することで、各 NASA-TLX 値は参加者個人と紐づけられた。手術中、外科系医師は時間的プレッシャーのある中で様々な困難な状況に対して適切な判断を下し手術を完遂する必要がある。本研究課題では、日常診療における泌尿器科医師の精神労働負荷の特徴、影響を与える背景因子を理解するため、様々な手術症例において、また幅広い経験レベルの泌尿器科医師を対象に、医師の手術時における NASA-TLX 値の報告時の傾向を変量効果として考慮する線形混合効果モデルを用いて、NASA-TLX 値に影響を与える背景因子（固定効果）を同定することができた。我々の知る限り、実臨床における泌尿器科医師の精神労働負荷に関する報告は本研究が初めてである。

まず、変量効果は参加者間でばらつきが大きく（範囲: -20.94 ~ +24.19）、NASA-TLX 値を高く、あるいは低く報告する個人差が確認された。

固定効果に関して、手術参加時の立場は、第 2 助手を基準とした場合、術者で NASA-TLX 値は上昇し、特に上級医の監督下にある術者で、NASA-TLX 値は最も高い上昇を示していた。この結果の解釈には、①上級医の監督下にある術者が、実際に困難な症例を担当していた可能性、②術者がまだ修練中の段階で、上級医の継続的な指導が必要である可能性、の二つの可能性があると考えられる。いずれの場合も、手術結果と教育の最適化を図るために、指導にあたる医師は、自身の監督下にある術者が高い精神労働負荷を感じている可能性を考慮し、適切な態度や助言による指導を心がけ、過度な負担をかけないように留意することが求められる。

本研究において、女性泌尿器科医師は男性よりも高い NASA-TLX 値を報告する傾向を示した。現時点では、この結果に対する明確な説明はないが、先行研究では例えば泌尿器科における燃え尽き症候群に関しては、女性泌尿器科医師の方がより高い有病率が報告されていることや、女性医師の専門医資格取得率や専門分野でのキャリアアップ率が低いことなど、意識的および無意識的なジェンダーバイアスを背景とした外科系領域の職場における性差別問題はまだ未解決な部分が多い。今回の研究では女性泌尿器科医師の登録データは 5 名、95 件で非常に限られており、今後多くの女性医師を含んだコホートによる検証が望まれる。

本研究において、ニアミス・インシデントは NASA-TLX 値の上昇と関連していた。ニアミス・インシデントの内容は、主に術中の電話対応や手術機器のトラブルなど術中の集中を妨げる内容であり、多くが事前に回避し得るものであった。例えば術中の電話に関して別に対応する医師を予め設定しておくことは、精神労働負

荷の軽減に役立つ可能性がある。認知負荷理論の観点から、これらニアミス・インシデントは余計な負荷（Extraneous load）にあたると考えられる。また同一術式の過去の経験症例数が増加するにつれて NASA-TLX 値が低下した結果は、経験に基づく本質的負荷（Intrinsic load）の減少を反映したものと考えられる。教育的観点からは、修練医学習のための適切な負荷（Germane load）を最適化するために手術中の余計な負荷可能な限り減らすべきであると考えられる。

【結論】

精神労働負荷と関連する背景因子を明らかにした。女性医師、緊急手術、術中合併症、ニアミス・インシデントなどが精神労働負荷の増大と関連し、手術の症例経験数を積むことは精神労働負荷の軽減と関連していた。手術時の役割では、術者、特に上級医の監督下にある術者で精神労働負荷が高くなる傾向を明らかにした。

今回明らかとなった背景因子に関して、対応可能な因子に関して予め対処方法を準備しておくことや、修練医への指導方法を考慮することは、医師の手術中の精神労働負荷の軽減、修練医のトレーニング効果の向上、さらに手術アウトカムの向上と安全な手術に寄与する可能性がある。

略語表

本文中および図中で使用した略語は以下のとおりである。

CI: confidence interval

COVID-19: Coronavirus disease 2019

ESWL: Extracorporeal shock wave lithotripsy

MBI: Maslach Burnout Inventory

NASA-TLX: National Aeronautics and Space Administration Task Load Index

NS: not significant

PE: parameter estimates

SD: standard deviation

TOT: Transobturator tape

TPPB: Transperineal prostate needle biopsy

TRPB: Transrectal prostate needle biopsy

TUEB: Transurethral enucleation of the prostate with bipolar system

TURBT: Transurethral resection of bladder tumor

TURP: Transurethral resection of the prostate

TVM: Tension-free vaginal mesh

TVT: Tension-free vaginal tape

緒言

近年、医療従事者の燃え尽き症候群（バーンアウト）が注目されている（Al-Ghunaim et al, 2022; Chati et al, 2017; Dyrbye et al, 2018; Gas et al, 2019; Harris et al, 2023; Marchalik et al, 2019; Pulcrano et al, 2016; Shanafelt et al, 2009）。例えば、Pulcrano らは、複数の外科系専門領域を対象としたシステマティックレビューにおいて、emotional exhaustion（情緒的消耗感）は、独立した外科医では最大 31%、修練医では最大 42%で観察され、depersonalization（脱人格化）は、独立した外科医では最大 26%、修練医では最大 53%で認められ、そして reduced personal accomplishment（個人的達成感の低下）は、独立した外科医では最大 54%、修練医では最大 55%で認められたと報告している。また、Al-Ghunaim TA らのメタアナリシスでは、外科医の燃え尽き症候群が医療ミスの発生率と有意に相関すると報告されている。泌尿器科領域においても、燃え尽き症候群に関する報告がなされている（Dyrbye et al, 2018; Gas et al, 2019; Harris et al, 2023; Marchalik et al, 2019）。Harris らは、アメリカ泌尿器科学会の全体調査に基づき、燃え尽き症候群のための一般的な心理評価尺度である Maslach Burnout Inventory（MBI）で評価した結果から、2016 年には泌尿器科医の燃え尽き症候群の経験割合は 36.2%、2021 年には 36.7%であったと報告している。外科医師の燃え尽き症候群について報告した Dimou らのシステマティックレビューによると、燃え尽き症候群の発生に寄与する要因として、ワークライフバランスの崩れや、労働時間・夜間勤務の増加、女性や若い世代、不十分な収入が指摘されている（Dimou et al, 2016）。これまでに手術自体と燃え尽き症候群の直接の関連について報告した研究はないが、手術は外科医の労働において大きなウェイトを占めており、手術における精神労働負荷の増大は、外科医の燃え尽き症候群に大きな影響を及ぼし得ると考えられる。

手術室は医師をはじめとした医療スタッフに多大な負担がかかる場である。外科系医師については、時間的制限の中で適切な判断を下し、手術を完遂する困難なタスクを要求される。外科系医師が手術時に感じる精神労働負荷に関して、その詳細は充分に明らかになっておらず、特に泌尿器科における現状は研究が行われていない。我々は、①医師のウェルビーイングの促進、②トレーニング・教育カリキュラムの向上、③手術パフォーマンスと患者安全性の向上を目指して、泌尿器科医師においても手術中に感じる精神労働負荷の現状をより深く理解することは重要であると考えた。

主観的な精神労働負荷を評価するツールとして、NASA-Task Load Index（NASA-TLX）が広く知られている。NASA-TLX は、1980 年代に NASA の人間工学研究チームによって開発され、当初は航空機操縦士の作業負荷を測定するためのものであったが、現在は、心理学や人間工学、ヘルスケアなど幅広い領域で応用されている。精神的要求、身体的要求、時間的要求、達成度、努力、フラストレーションの 6 つのサブスケール

から構成され、被験者が感じた負荷の各要素を数値で評価して、総合的な負荷スコアを算出する (Hart, 1988; Hart, 2006)。

NASA-TLX は、航空分野をはじめとした複雑なタスクを要す幅広い分野で活用されていることから、外科手術における作業負荷やパフォーマンスへの影響評価にも有用であることが示唆され、いくつかの報告がなされている (Law et al, 2020a ; Lowndes et al, 2020)。Law らの研究チームは最近、NASA-TLX を用いて、腹部骨盤内の結腸および直腸手術後にワークロードを自己評価し、手術アプローチにおいて、ロボット支援手術が開腹手術や腹腔鏡手術に比べて精神的および身体的要求、そして努力のサブスケールスコアが低いことを報告している (Law et al, 2020a)。また、同じ研究チームからの報告では、手術が予想以上に難航した場合に、精神的および身体的要求のスコアが増加し、パフォーマンスの低下につながる可能性を示唆している (Lowndes et al, 2020)。

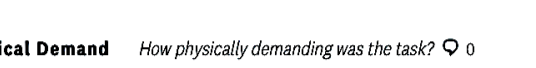
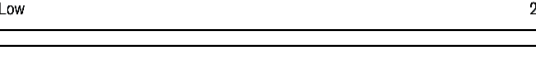
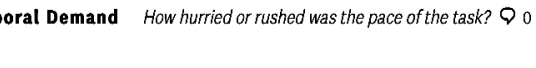
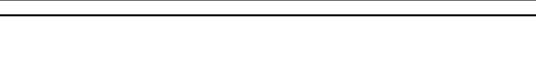
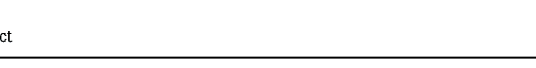
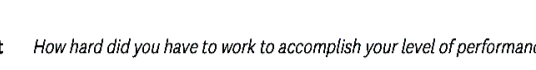
本研究では、泌尿器科医師を対象に、手術中に感じる精神労働負荷を、NASA-Task Load Index (NASA-TLX) を用いて WEB アンケートツール (SurveyMonkey®) で前向きに回収し、その実態と精神労働負荷に関わる医師側の因子、患者因子、環境因子を解析した。

対象と方法

本研究は前向き観察研究として、北海道大学の倫理審査委員会の承認（承認番号：020-0159）を得て、ヘルシンキ宣言および「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に従って実施された。北海道大学病院および関連 20 施設に勤務する泌尿器科医師を対象に、電子メールによって研究への参加を依頼した。研究への参加、及びデータの研究利用に関して書面によるインフォームドコンセントを取得した後、参加者の背景因子として、年齢、性別、医学部卒業年、泌尿器科での臨床経験年数、専門医資格、指導医資格、腹腔鏡技術認定医資格、ロボット支援手術サーティフィケートの有無、その他、経尿道的手術、開腹手術、腹腔鏡手術、ロボット支援手術に関して術者または指導的立場の助手として参加した手術症例経験数についても収集した。

【NASA-TLX 値の前向き調査】

2020 年 12 月から 2021 年 12 月の間、各手術症例終了後に、参加者は SurveyMonkey® を通じて、NASA-TLX 値の英語の原版を使用し、主観的な精神労働負荷を報告した。前述のように、NASA-TLX 値は、精神的、身体的、時間的タスク要求、努力、フラストレーション、及び自己評価パフォーマンスの 6 つのサブスケールから構成され、各サブスケールごとに 0～20 点で評価するビジュアルアナログスケールによって報告した (Hart, 1988) (図 1)。報告時には記名式とした。参加者の氏名、参加した手術術式、同一術式における術者または指導的立場の助手として参加した過去の手術症例経験数、手術参加時の役割（独立した術者、上級医監督下の術者、指導的立場の第 1 助手、第 1 助手、第 2 助手）、患者背景（年齢、性別、併存疾患）、手術情報（手術日、定期手術または臨時手術、手術時間、出血量、当日の手術順序）、術中合併症、ニアミス・インシデント（解剖学的誤認、手術機器の故障、麻酔に関するトラブル、術中の電話、手術チーム内でのコミュニケーションエラー等）、主観的な手術の難易度、前日のオンコール業務の有無も収集した。自由記述欄においては、肥満による過度の内臓脂肪、患者の体型による困難さ、腹腔内の高度な癒着、他科との合同手術など追加の手術所見を記載することができ、これらの情報は後の解析において「手術に関する特記イベント」として分類した。本研究では、術者だけでなく助手からも NASA-TLX 値を収集したため、データセット内に重複する患者が含まれる可能性がある。研究期間中、毎月末に研究のリマインダーとして、報告された症例数の合計を参加者に電子メールで送信した。

- 1. Mental Demand** *How mentally demanding was the task?* 🗨️ 0
0, Very Low 20, Very High

 - 2. Physical Demand** *How physically demanding was the task?* 🗨️ 0
0, Very Low 20, Very High

 - 3. Temporal Demand** *How hurried or rushed was the pace of the task?* 🗨️ 0
0, Very Low 20, Very High

 - 4. Performance** *How successful were you in accomplishing what you were asked to do?*
0, Perfect 20, Failure

 - 5. Effort** *How hard did you have to work to accomplish your level of performance?* 🗨️ 0
0, Very Low 20, Very High

 - 6. Frustration** *How insecure, discouraged, irritated, stressed, and annoyed were you?* 🗨️ 0
0, Very Low 20, Very High


☒ 1. National Aeronautics and Space Administration-Task Load Index (NASA-TLX)

1980年代にアメリカ航空宇宙局（NASA）で開発された主観的評価尺度。航空機操縦士の作業負荷を測定するために開発されたが、現在は、心理学や人間工学、ヘルスケアなど幅広い領域で応用されている。精神的要求、身体的要求、時間的要求、達成度、努力、フラストレーションの6つのサブスケールから構成される。各サブスケール 0～20 で評価し、高いほど負荷が大きい。

【統計学的データ解析】

13 ヶ月間の研究期間中に回収された観察データに関して、時間的経過による記憶の薄れの影響を考慮し、本研究の解析対象には手術後 7 日以内に報告されたデータを解析対象とした。

NASA-TLX 値の報告時には参加者個人ごとの特性の影響がある可能性（変動効果）を考慮し、NASA-TLX 値に関連する背景因子の解析に関して、固定効果と変動効果の両方を含む線形混合効果モデルを用いた。各因子の回帰係数からパラメータ推定値（parameter estimates [PE]）を導き、その 95%信頼区間（95% confidence interval [CI]）を算出した（Gibbons et al, 2010）。固定効果の共変量として、参加者の性別、経験年数、技術認定などの資格情報（腹腔鏡技術認定医またはロボット支援手術サーティフィケート）、同一術式の過去の経験症例数、手術参加時の役割（独立した術者、上級医監督下の術者、指導的立場の第 1 助手、第 1 助手、第 2 助手）、当日の手術順序、前日のオンコール義務、患者情報（年齢、性別、高血圧、糖尿病、心血管疾患、脳血管疾患、癌、腹部手術の既往）、手術状況（定期手術または臨時手術）、手術アプローチ方法（開腹、腹腔鏡、ロボット、経尿道的、その他）、手術アウトカム（手術時間、出血量、術中合併症、ニアミス・インシデント）、および手術に関する特記イベントを含めた。解析に含めた変数について、参加者の性別、経験年数、手術参加時の役割、前日のオンコール義務、手術アプローチ方法、手術時間、出血量、術中合併症、患者の年齢と性別は、先行研究（Bell et al, 2022; Law et al, 2020a; b; Lowndes et al, 2020; Rieger et al, 2015）で広く用いられ、また手術時の負荷との関連が示唆されており変数として選定した。また、技術認定などの資格情報、同一術式の過去の経験症例数、手術状況、当日の手術順序、ニアミス・インシデント、手術に関する特記イベントについては、手術時の精神労働負荷に関連する可能性を考慮し、これらの変数を解析に含めた。患者の既往については、臨床的に手術の難易度に影響を及ぼし得る要素を考慮し、変数として選定した。参加者の年齢、経験年数、専門医資格および指導医資格の有無については、交絡の可能性を考慮し、「経験年数」を変数として使用した。

複数の手技を同時に実施した複合手術については、著者と基礎論文共著者の 1 名（原田および安部）で協議し術式分類を行った。例えば、ロボット支援による根治的膀胱全摘除術と腹腔鏡による根治的腎尿管摘除術を同時に実施するような複合手術の場合の手術アプローチは「ロボット支援」として分類した。

手術後 7 日以内のデータを本研究の解析対象としたが、時間経過による結果の差異を確認するためのサブ解析として、手術後 0 日、0～1 日、0～2 日のデータ群についても同様の解析を行った。

すべての統計解析は JMP® Pro バージョン 17.0.0（SAS Institute, Cary, NC, USA）を用

いて実施した。有意水準は $P<0.05$ とした。

結果

研究期間中、67名の参加者から合計2372件の手術が報告された。そのうち、2185件(92.1%)は手術後7日以内に65名の泌尿器科医師によって報告されていた。内訳は手術当日が1384件(58.4%)、翌日が317件(15.6%)、2～7日後が430件(18.1%)であった。2185件のうち、データが欠落している16件を除いた2169件(91.4%)を以後の解析対象とした。泌尿器科医師1人あたりの報告件数の中央値は17件(範囲:1～177件)であった。65名中5名(7.7%)が女性医師であった。女性医師によって報告された件数は95件(4.4%)であった。表1に65名の参加者背景を示す。年齢中央値は42歳(範囲:27～61歳)、泌尿器科での臨床経験年数中央値は15年(範囲:1～36年)であった。技術認定などの資格に関しては、日本泌尿器内視鏡学会・ロボティクス学会の認定制度(Matsuda et al, 2006)による腹腔鏡技術認定資格を持つ者が28名(43.1%)、ロボット支援手術(Da Vinci®)サーティフィケートを持つ者が40名(61.5%)であった。

表 1. 参加者背景

参加者背景	n (%)
年齢、中央値(範囲)	42 歳 (27 - 61)
性別	
男性	60 (92.3%)
女性	5 (7.7%)
泌尿器科診療歴	
経験年数、中央値(範囲)	15 年 (1 - 36)
専門医資格 あり	46 (70.8%)
指導医資格 あり	42 (64.6%)
腹腔鏡技術認定医資格 あり	28 (43.1%)
Da Vinci サーティフィケート あり	40 (61.5%)

表 2 に本研究で収集され解析対象とした 2169 件の手術の要約を示す。定期手術は 90.3% (1959/2169)、臨時手術は 9.7% (210/2169) を占めた。手術アプローチに関しては、「開腹手術」が 11.9% (259/2169)、「腹腔鏡手術」が 14.8% (321/2169)、「ロボット支援手術」が 19.1% (415/2169)、「経尿道的手術」が 33.8% (733/2169)、その他の手術が 20.3% (441/2169) を占めた。手術参加時の役割については、独立した術者が 23.1% (501/2169)、上級医監督下の術者が 28.8% (625/2169)、指導者的立場の第一助手が 30.4% (659/2169)、第一助手が 10.5% (228/2169)、第二助手が 7.2% (156/2169) であった。参加者の手術の主観的な難易度については、予想通りが 64.7% (1403/2169)、予想よりも難しいが 25.0% (542/2169)、予想よりも容易が 10.2% (221/2169) であった。術中合併症は 6.4% (138/2169) で報告され、その内訳は他臓器損傷 (n=61)、経尿道的手術中の尿道損傷 (n=34)、大量出血 (n=19)、血管の問題 (n=14)、その他 (n=10) であった。

表 2. 手術症例背景

手術症例背景	n(%)
患者年齢, 歳, 中央値 (範囲)	71 (0 - 100)
患者性別	
男性	1595 (73.5%)
女性	574 (26.5%)
患者既往歴	
高血圧症	
あり	1019 (47.0%)
なし	1150 (53.0%)
糖尿病	
あり	397 (18.3%)
なし	1772 (81.7%)
心血管疾患	
あり	383 (17.7%)
なし	1786 (82.3%)
脳血管疾患	
あり	222 (10.2%)
なし	1947 (89.8%)
腹部手術の既往	
あり	565 (26.0%)
なし	1604 (74.0%)

悪性腫瘍の既往	
あり	361 (16.6%)
なし	1808 (83.4%)
手術種別	
臨時（緊急）手術	210 (9.7%)
定期（待機）手術	1959 (90.3%)
当日の手術順序	
1 番目	1425 (65.7%)
2 番目	547 (25.2%)
3 番目以降	197 (9.1%)
前日の当直・オンコール	
あり	128 (5.9%)
なし	2041 (94.1%)
手術アプローチ	
開腹	259 (11.9%)
腹腔鏡	321 (14.8%)
ロボット支援	415 (19.1%)
経尿道的	733 (33.8%)
その他	441 (20.3%)
同一術式の経験症例数	
0 件	106 (4.9%)
1-10 件	337 (15.5%)
11-50 件	561 (25.9%)
51-100 件	279 (12.9%)
101-500 件	613 (28.3%)
501 件以上	273 (12.6%)
手術参加時の立場	
独立した術者	501 (23.1%)
上級医監督下の術者	625 (28.8%)
指導的立場の第 1 助手	659 (30.4%)
第 1 助手	228 (10.5%)
第 2 助手	156 (7.2%)
手術アウトカム	
手術時間, 分, 中央値 (範囲)	110 (1 - 853)
出血量, mL, 中央値 (範囲)	0 (0 - 16000)

術中合併症	
あり	138 (6.4%)
なし	2031 (93.6%)
ニアミス・インシデント	
あり	482 (22.2%)
なし	1687 (77.8%)
手術に関する特記イベント	
あり	186 (8.6%)
なし	1983 (91.4%)
主観的な難易度評価	
予想よりも困難	542 (25.0%)
予想よりも容易	221 (10.2%)
予想通り	1403 (64.7%)
回答なし	3 (0.1%)

ニアミス・インシデントは482件で報告され、同一症例内で複数のニアミス・インシデントが発生した重複例もあるため、のべ報告件数は627件であった。内訳は、術中の電話対応が最も多く（49.4%、310/627）、手術用鉗子や機器の故障・接続トラブル（19.6%、123/627）、解剖学的誤認（8.1%、51/627）が続いた（表3）。

表3. ニアミス・インシデントの詳細

ニアミスインシデントの種類	n	%
手術中の電話対応	310	49.4
手術機器・鉗子の不具合	123	19.6
解剖学的誤認	51	8.1
予想外の大量出血	50	8.0
手術チームのコミュニケーションエラー	35	5.6
針・ガーゼカウント エラー	23	3.7
麻酔関連のトラブル	21	3.3
患者の急変	9	1.4
一時的な針・器具のロスト	4	0.6
ポート関連トラブル	1	0.2

※重複例あり

手術に関する特記イベントに関しては、腹腔内の著しい癒着が最も多くを占め（35.4%、69/195）、次いで手術中に疲労感や困難を経験（24.1%、47/195）、予定外の術式を要した（11.3%、22/195）が続いた（表4）。

表4. 手術に関する特記イベントの詳細

特記イベントの種類	n	%
強い癒着	69	35.4
強い疲労感、困難を経験した	47	24.1
予定外の術式を要した	22	11.3
患者体型により手術が困難	16	8.2
他科との合同手術	13	6.7
Redo* 症例	9	4.6
脂肪が多い	7	3.6
術者の体調不良	5	2.6
開腹移行	4	2.1
解剖学的異常あり	3	1.5

※重複例あり

* 同臓器あるいは同部位への再手術

表 5 に手術歴や悪性疾患以外も含めた患者の既往歴詳細を示す。同一症例で複数の既往歴を持つ重複例を含む。主なものとして、高血圧症（27.9%、1019/3634）、腹部手術の既往（15.5%、565/3646）、糖尿病（10.9%、397/3646）の順で多かった。

表 5. 患者の併存疾患・既往歴詳細

併存疾患・既往歴の種類	n
高血圧症	1019
腹部手術の既往	565
糖尿病	397
心血管疾患	383
悪性腫瘍の既往	361
脳血管疾患	222
慢性腎不全	85
透析なし	60
透析あり	25
消化器疾患 (良性)	65
整形外科疾患 (良性)	62
呼吸器疾患 (良性)	50
脂質異常症	47
精神疾患 / 認知症	47
泌尿器疾患 (良性)	33
眼科疾患	29
高尿酸血症	28
神経変性疾患	23
代謝内分泌疾患	21
肥満	19
関節リウマチ	14
耳鼻咽喉科疾患 (良性)	11
感染性疾患	9
婦人科疾患 (良性)	5
その他	66
併存疾患・既往歴なし	472

手術術式の要約を巻末の付録データへ補足表1として示す。開腹手術は259件あり、主なものとして、根治的前立腺全摘術(26.3%、68/259)、根治的膀胱全摘術(尿路変向方法や併施術式問わず)(17.4%、45/259)、腎移植術(15.1%、39/259)の順で多かった。腹腔鏡手術は321件あり、主なものとして、根治的腎尿管全摘術(27.4%、88/321)、根治的腎全摘術(26.2%、84/321)、ドナー腎採取術(14.6%、47/321)の順で多かった。ロボット支援手術は415件あり、主なものとして、根治的前立腺全摘術(59.5%、247/415)、腎部分切除術(25.3%、105/415)、根治的膀胱全摘術(尿路変向方法や併施術式問わず)(12.3%、51/415)の順で多かった。経尿道的手術は733件あり、主なものとして、経尿道的膀胱腫瘍切除術(TURBT)(併施術式問わず)(/733)、尿管結石碎石術(併施術式問わず)(135/733)、Double-J尿管ステント留置術(126/733)の順で多かった。その他の手術は441件あり、主なものとして、バスキュラーアクセス造設術(シャント造設術)(併施術式問わず)(15.4%、68/441)、停留精巣固定術(10.2%、45/441)、前立腺針生検(アプローチ問わず)(9.8%、43/441)の順で多かった。

【NASA-TLX 値の結果・影響を与える背景因子の解析】

1. NASA-TLX 値、及びサブスケール別の結果

2169 件の NASA-TLX 値の平均は 32.2 (標準偏差 [SD]: 22.7) であった。図 2 に NASA-TLX サブスケール別の平均値の比較を示す。最も高かったサブスケールは Effort (努力) (平均: 5.82、SD: 4.58)、次いで Mental demand (精神的要求) (平均: 5.72、SD: 4.41)、そして Frustration (フラストレーション) (平均: 5.52、SD: 4.49) であった。

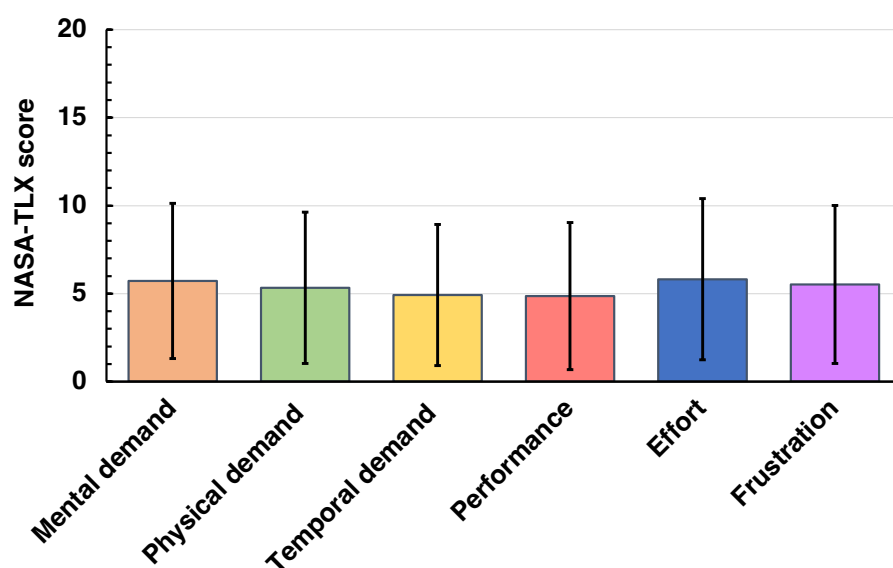


図 2. NASA-TLX のサブスケールごとの平均

最も高かったサブスケールは Effort (努力) (平均: 5.82、SD: 4.58)、次いで Mental demand (精神的要求) (平均: 5.72、SD: 4.41)、そして Frustration (フラストレーション) (平均: 5.52、SD: 4.49) であった。

2. 混合効果モデル解析による NASA-TLX 値に関連する因子の特定

図 3 に、実際の NASA-TLX スコアと、線形混合効果モデルに基づく予測スコアの散布図を示す。参加者間の変量効果（切片）には大きな差違を認めたが、経験年数との関連はなかった（図 4）。

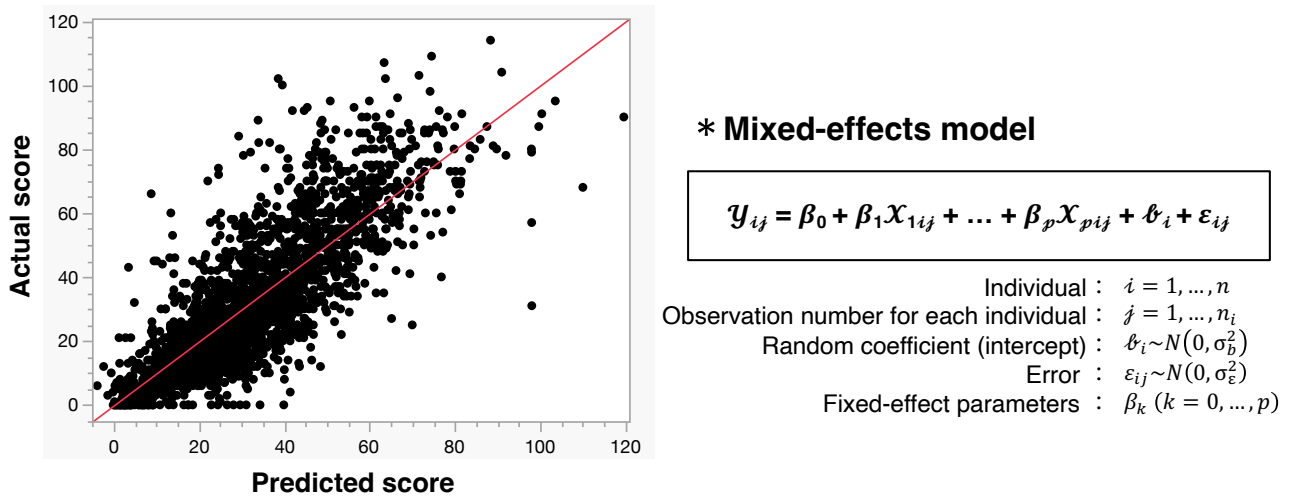


図 3. 混合効果モデルに基づく実際の NASA-TLX スコアと予測スコアの散布図

本研究における混合効果モデルの回帰式は、固定効果パラメータ（Fixed-effect parameters）（傾き）が背景因子の全体的な傾向を示し、個人差を変量効果（Random coefficient）（切片）で示したものとなっている。

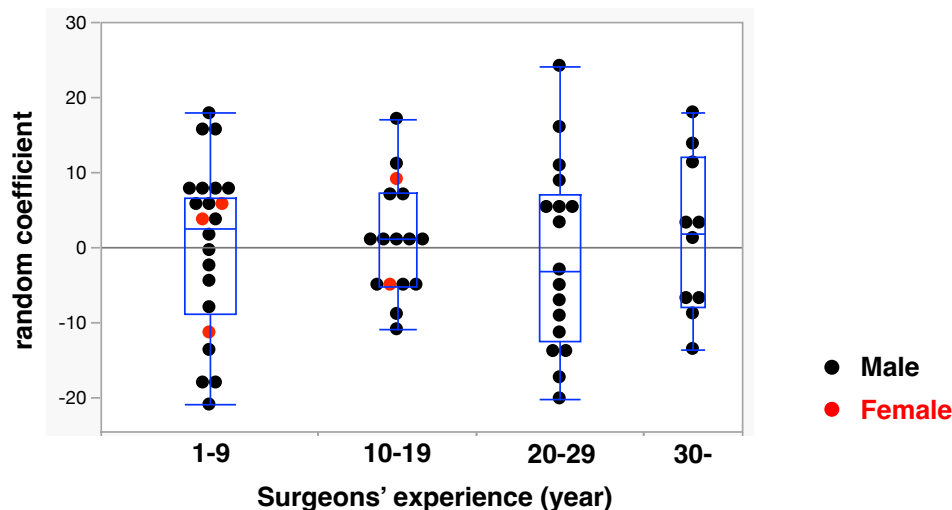


図 4. 経験年数と変量効果の関係（箱ひげ図）

変量効果は、参加者間で大きくばらつきが見られたが、経験年数との関連はなかった。

表 6 に固定効果のパラメータ推定値 (PE: parameter estimates) (傾き) の要約を示す。
図 5 に NASA-TLX 値と有意に関連した因子のウォーターフォールプロットを示す。

表 6. 混合効果モデルにおける固定効果 (背景因子) のパラメータ推定値 (PE)

固定効果 (背景因子)	n(%)	PE (95%CI)	p value
参加者性別			
男性	60 (92.3%)	reference	-
女性	5 (7.7%)	+15.56 (2.36 - 28.77)	0.022
経験年数, 年, 中央値 (範囲)	15 (1 - 36)	-0.25 (-0.62 - 0.12)	0.184
腹腔鏡手術技術認定資格			
あり	28 (43.1%)	+3.61 (-4.20 - 11.43)	0.358
なし	37 (56.9%)	reference	-
Da Vinci® サーティフィケート			
あり	40 (61.5%)	-2.06 (-9.00 - 4.89)	0.556
なし	25 (38.5%)	reference	-
患者年齢, 歳, 中央値 (範囲)	71 (0 - 100)	-0.02 (-0.06 - 0.01)	0.225
患者性別			
男性	1595 (73.5%)	reference	-
女性	574 (26.5%)	+0.68 (-0.68 - 2.03)	0.329
患者併存疾患・既往歴			
高血圧症			
あり	1019 (47.0%)	+0.97 (-0.30 - 2.24)	0.133
なし	1150 (53.0%)	reference	-
糖尿病			
あり	397 (18.3%)	+0.55 (-0.98 - 2.08)	0.4823
なし	1772 (81.7%)	reference	-
心血管疾患			
あり	383 (17.7%)	+1.04 (-0.53 - 2.61)	0.193
なし	1786 (82.3%)	reference	-
脳血管疾患			
あり	222 (10.2%)	-0.16 (-2.11 - 1.79)	0.8742
なし	1947 (89.8%)	reference	-
腹部手術の既往			
あり	565 (26.0%)	-0.89 (-2.30 - 0.52)	0.215
なし	1604 (74.0%)	reference	-

悪性腫瘍の既往			
あり	361 (16.6%)	-0.07 (-1.71 - 1.58)	0.937
なし	1808 (83.4%)	reference	-
手術の種別			
臨時（緊急）手術	210 (9.7%)	+6.65 (4.59 - 8.70)	<0.001
定期（待機）手術	1959 (90.3%)	reference	-
当日の手術順序			
1 番目	1425 (65.7%)	reference	-
2 番目	547 (25.2%)	-0.29 (-1.65 - 1.07)	0.676
3 番目以降	197 (9.1%)	+1.00 (-1.14 - 3.14)	0.359
前日の当直・オンコール			
あり	128 (5.9%)	-0.95 (-3.46 - 1.55)	0.455
なし	2041 (94.1%)	reference	-
手術アプローチ			
開腹	259 (11.9%)	-0.41 (-3.22 - 2.41)	0.778
腹腔鏡	321 (14.8%)	+2.33 (-0.09 - 4.76)	0.059
ロボット支援	415 (19.1%)	+2.62 (-0.001 - 5.23)	0.050
経尿道的	733 (33.8%)	reference	-
その他	441 (20.3%)	-0.29 (-2.10 - 1.52)	0.754
同一術式の経験症例数			
0 件	106 (4.9%)	reference	-
1-10 件	337 (15.5%)	-4.39 (-7.52 - -1.27)	0.006
11-50 件	561 (25.9%)	-6.55 (-9.61 - -3.50)	<0.001
51-100 件	279 (12.9%)	-9.04 (-12.55 - -5.53)	<0.001
101-500 件	613 (28.3%)	-10.02 (-13.42 - -6.61)	<0.001
501 件以上	273 (12.6%)	-11.03 (-15.01 - -7.05)	<0.001
手術参加時の立場			
独立した術者	501 (23.1%)	+7.12 (4.34 - 9.91)	<0.001
上級医監督下の術者	625 (28.8%)	+12.46 (9.86 - 15.06)	<0.001
指導的立場の第 1 助手	659 (30.4%)	+5.46 (2.67 - 8.25)	<0.001
第 1 助手	228 (10.5%)	+3.32 (0.33 - 6.31)	0.030
第 2 助手	156 (7.2%)	reference	-
手術アウトカム			
手術時間, 分, 中央値 (範囲)	110 (1 - 853)	+0.07 (0.06 - 0.08)	<0.001
出血量, mL, 中央値 (範囲)	0 (0 - 16000)	+0.002 (0.001 - 0.003)	<0.001

術中合併症				
あり	138 (6.4%)	+9.26 (6.76 - 11.76)	<0.001	
なし	2031 (93.6%)	reference	-	
ニアミス・インシデント				
あり	482 (22.2%)	+3.81 (2.27 - 5.36)	<0.001	
なし	1687 (77.8%)	reference	-	
手術に関する特記イベント				
あり	186 (8.6%)	+12.22 (10.04 - 14.39)	<0.001	
なし	1983 (91.4%)	reference	-	

NASA-TLX 値に関連する要因を特定すべく実施した混合効果モデルでの解析結果を表 6 に示した。各固定効果のパラメータ推定値 (PE) と 95%信頼区間 (95%CI) を算出し、 $P < 0.05$ を有意とみなし、太字で示した。

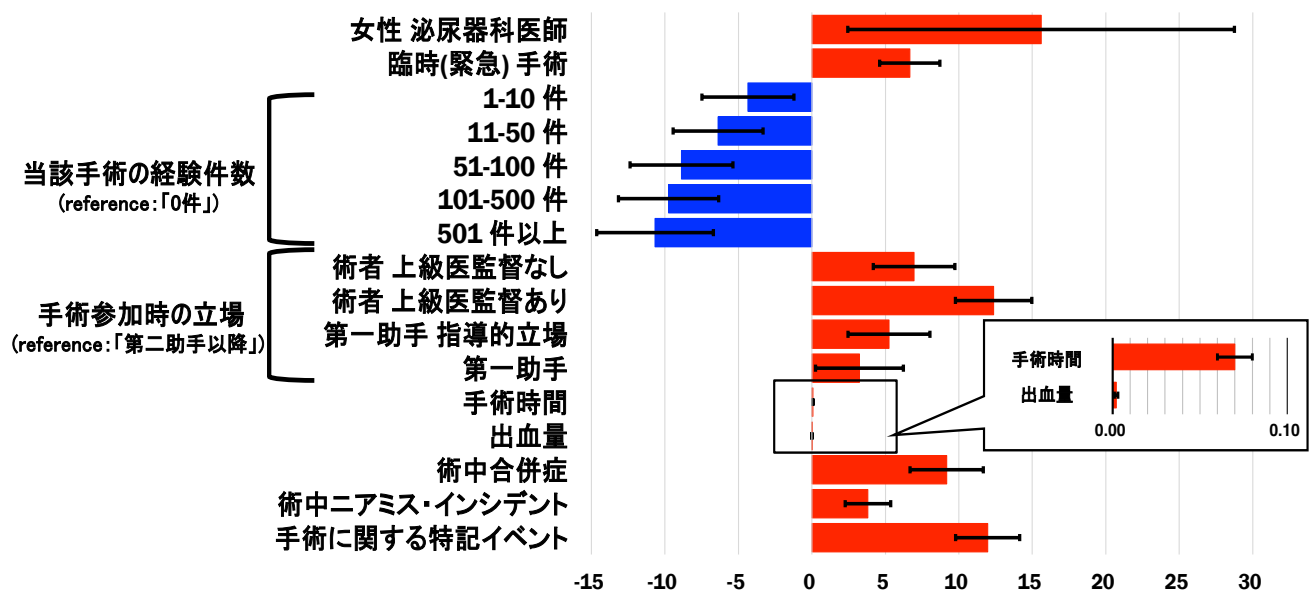


図 5. 混合効果モデル解析における NASA-TLX 値と有意に関連する固定効果（背景因子）のウォーターフォールプロット

女性泌尿器科医師は男性に比べ、NASA-TLX 値が高かった (パラメータ推定値 [PE]: +15.56, 95%信頼区間 [95%CI]: 2.36-28.77; $p=0.022$)。臨時手術は定期手術と比較して、より高い NASA-TLX 値 (PE: +6.65, 95% CI: 4.59-8.70; $p<0.001$) と関連していた。一方で、当日の手術順序は NASA-TLX 値と有意な関連は示さなかった。同一術式の経験症例数が増えるにつれて NASA-TLX 値は低下したが、臨床経験年数は有意な関連を示さなかった。

手術参加時の役割（基準：第2助手）に関しては、上級医監督下の術者であることは NASA-TLX 値の上昇に最も強く影響し（PE: +12.46, 95% CI: 9.86-15.06; $p<0.001$ ）、独立した術者（PE: +7.12, 95% CI: 4.34-9.91; $p<0.001$ ）、指導的立場の第1助手（PE: +5.46, 95% CI: 2.67-8.25; $p<0.001$ ）、第1助手（PE: +3.32, 95% CI: 0.33-6.31; $p=0.030$ ）が続いた。さらに、NASA-TLX 値は手術時間1分あたり+0.07増加（95% CI: 0.06-0.08; $p<0.001$ ）し、出血量1mLあたり+0.002増加（95% CI: 0.001-0.003; $p<0.001$ ）した。予期しない術中イベントの発生に関しては、術中合併症では+9.26（95% CI: 6.76-11.76; $p<0.001$ ）、ニアミス・インシデントでは+3.81（95% CI: 2.27-5.36; $p<0.001$ ）と NASA-TLX 値の上昇に関連していた。手術に関する特記イベントも NASA-TLX 値の上昇と関連していた（PE: +12.22, 95% CI: 10.04-14.39; $p<0.001$ ）。一方、臨床経験年数や技術認定資格、前日のオンコール業務、患者要因（年齢、性別、既往歴）は NASA-TLX 値との有意な関連を示さなかった。

アンケート回答のタイミングについて、手術後日数別の回答数の内訳を表7に示す。全回答数 2372 件のうち、欠損値を含んだデータを除外した 2352 件のうち、56.6%（1379/2352 件）が手術当日（手術後0日）、74.4%（1749/2352 件）が手術後1日以内（手術後0～1日）、80.6%（1895/2352 件）が手術後2日以内（手術後0～2日）の回答であった。本研究の解析対象とした手術後7日以内（手術後0～7日）のデータは、92.2%（2169/2352 件）を占めていた。

表7. アンケート回答の手術後日数の内訳

手術後日数（日）	n	%
0	1379	58.6
1	370	15.7
2	146	6.2
3	89	3.8
4	60	2.6
5	53	2.3
6	34	1.4
7	38	1.6
8 以上	178	7.6
不明	5	0.2
合計	2352	100

表 8. 回答の手術後日数ごとの混合効果モデルにおけるパラメータ推定値 (PE) の比較

固定効果 (背景因子)	術後 0 日		術後 0～1 日		術後 0～2 日		術後 0～7 日	
	PE (95%CI)	p value	PE (95%CI)	p value	PE (95%CI)	p value	PE (95%CI)	p value
女性	+15.56 (1.58 - 29.55)	0.030	+15.07 (1.65 - 28.50)	0.028	+15.71 (2.03 - 29.39)	0.025	+15.56 (2.36 - 28.77)	0.022
臨時 (緊急) 手術	+6.48 (3.98 - 8.99)	<0.001	+6.36 (4.02 - 8.69)	<0.001	+6.13 (3.95 - 8.32)	<0.001	+6.65 (4.59 - 8.70)	<0.001
同一術式の経験症例数								
1-10 件	-1.76 (-5.65 - 2.13)	NS *	-3.05 (-6.50 - 0.41)	NS *	-3.29 (-6.63 - 0.05)	NS *	-4.39 (-7.52 - -1.27)	0.006
11-50 件	-3.07 (-6.86 - 0.72)	NS *	-5.03 (-8.39 - -1.68)	0.003	-5.63 (-8.89 - -2.37)	0.001	-6.55 (-9.61 - -3.50)	<0.001
51-100 件	-6.53 (-10.87 - -2.20)	0.003	-8.42 (-12.31 - -4.54)	<0.001	-8.65 (-12.41 - -4.90)	<0.001	-9.04 (-12.55 - -5.53)	<0.001
101-500 件	-6.71 (-10.92 - -2.49)	0.002	-9.63 (-13.40 - -5.88)	<0.001	-9.91 (-13.54 - -6.27)	<0.001	-10.02 (-13.42 - -6.61)	<0.001
501 件以上	-7.18 (-11.93 - -2.43)	0.003	-10.06 (-14.34 - -5.75)	<0.001	-10.77 (-14.96 - -6.57)	<0.001	-11.03 (-15.01 - -7.05)	<0.001
手術参加時の立場								
独立した術者	+7.26 (4.07 - 10.46)	<0.001	+7.42 (4.38 - 10.47)	<0.001	+7.18 (4.25 - 10.11)	<0.001	+7.12 (4.34 - 9.91)	<0.001
上級医監督下の術者	+12.90 (9.95 - 15.86)	<0.001	+12.16 (9.30 - 15.01)	<0.001	+12.09 (9.35 - 14.83)	<0.001	+12.46 (9.86 - 15.06)	<0.001
指導的立場の第 1 助手	+5.34 (2.08 - 8.60)	0.001	+6.38 (3.31 - 9.44)	<0.001	+5.90 (2.96 - 8.85)	<0.001	+5.46 (2.67 - 8.25)	<0.001
第 1 助手	+3.98 (0.38 - 7.58)	0.030	+3.45 (0.14 - 6.76)	0.041	+2.98 (-0.19 - 6.14)	NS *	+3.32 (0.33 - 6.31)	0.03
手術時間, 分	+0.07 (0.06 - 0.08)	<0.001	+0.07 (0.06 - 0.08)	<0.001	+0.07 (0.06 - 0.08)	<0.001	+0.07 (0.06 - 0.08)	<0.001
出血量, mL	+0.003 (0.002 - 0.005)	<0.001	+0.003 (0.002 - 0.004)	<0.001	+0.003 (0.001 - 0.004)	<0.001	+0.002 (0.001 - 0.003)	<0.001
術中合併症	+9.69 (6.45 - 12.93)	<0.001	+9.79 (6.92 - 12.65)	<0.001	+10.01 (7.33 - 12.69)	<0.001	+9.26 (6.76 - 11.76)	<0.001
ニアミス・インシデント	+2.19 (0.32 - 4.05)	0.021	+3.72 (2.02 - 5.43)	<0.001	+4.12 (2.48 - 5.75)	<0.001	+3.81 (2.27 - 5.36)	<0.001
手術に関する特記イベント	+13.63 (10.90 - 16.34)	<0.001	+12.11 (9.62 - 14.59)	<0.001	+12.17 (9.82 - 14.53)	<0.001	+12.22 (10.04 - 14.39)	<0.001

*NS: not significant

回答の手術後日数による傾向の差異を確認するため、手術後 0 日、0～1 日、0～2 日のデータ群についても、それぞれ混合効果モデルによる解析を行い、NASA-TLX 値に関連する因子の特定を行った。術後 7 日以内（0～7 日）の解析結果と、術後 0 日、0～1 日、0～2 日のデータによる解析結果を比較したサブ解析の結果を表 8 に示す。術後 7 日以内のデータで特定された有意に NASA-TLX 値と関連する背景因子以外に、手術後 0 日、0～1 日、0～2 日の解析で新たに有意に関連が示唆された因子はなかった。手術後 0 日、0～1 日、0～2 日では、同一術式の経験症例数 1-10 件では有意に NASA-TLX 値の低下とは関連しないなど、わずかな差異はあるものの、術後日数の違いによる NASA-TLX 値と関連する因子の種類、パラメータ推定値に大きな差異はなかった。

考察

近年、外科系医師の間での燃え尽き症候群（バーンアウト）が広く認識されており、その背景には多くの要因が影響していると報告されている。Shanafelt らの研究によると、アメリカ外科学会の会員を対象にした匿名の調査（回答率 32% [7905/24922]）で、回答者の 40%が深刻な情緒的消耗感(emotional exhaustion)と脱人格化(depersonalization)を伴う燃え尽き症候群を経験していることが確認された。若年層や子供の有無、専門分野、週あたりの当直回数、週労働時間、および完全に診療報酬（請求額）に基づく給与体系（インセンティブ制度）が独立した影響因子であることが判明した（(Shanafelt et al, 2009)。また、Chati らは、フランスの消化器外科医を対象にした匿名のアンケート調査（回答率 65.6% [328/500]）で、62%の外科医が燃え尽き症候群を呈しており、患者からの攻撃的な態度、先輩からの感謝の欠如、責任の過剰な負担、余暇活動の欠如が独立した影響因子であると報告した（Chati et al, 2017）。

手術は外科系医師にとって多大な負荷がかかるタスクであり、困難な状況に直面し、時間的な制約がある中で適切な判断を求められることが多い。前述の通り、日常診療における外科系医師の精神労働負荷をより良く理解するために、泌尿器科医師の多岐にわたる術式の手術について、実臨床で術中に感じている精神労働負荷を NASA-TLX を用いて前向きに調査した。データは、術者だけでなく助手も含め、参加者全員の個人名が登録されたフォームを通じてオンライン調査ツールで繰り返し収集した。このため、個々の参加者の報告時の傾向(変動効果)を考慮し、NASA-TLX 値に関連する因子（固定効果）を評価すべく、線形混合効果モデルを使用した。図 4 に示すように、ランダム係数(変動効果)の範囲は-20.94 から+24.19 と幅広く、各参加者にはNASA-TLX 値を高くまたは低く報告する一定の傾向が見られた。

手術参加時の立場に関しては、第 2 助手を基準とした場合、術者は NASA-TLX 値を高く報告する傾向を示しており、特に上級医の監督下にある術者で NASA-TLX 値を高く報告する傾向を認めた。この「上級医の監督下にある医師が NASA-TLX 値を高く報告する傾向」については二つの側面を反映している可能性がある。一つは上級の監督下にある術者が実際に難しい症例を担当しており上級医の助言が必要であった可能性と、もう一つは術者が上級医の継続的な指導を必要とする修練中である可能性である。いずれの状況においても、手術結果と教育の最適化を図るために、指導にあたる医師は、自身の監督下にある術者が高い精神労働負荷を感じている可能性を考慮し、適切な態度や助言による指導を心がけ、過度な負担をかけないように留意することが求められる。そのためには、手術前の十分な準備が不可欠であり、手術の流れや予測される困難なポイントを事前に共有することが重要である。さらに、術者が主導するパートと指導医が補助的に関与するパートの役割分担を明確にし、術前に共有すること

で、負担の軽減に寄与すると考えられる。手術中は、術者の負担を慎重に見極め、過度なプレッシャーがかからないよう配慮し、適切なサポートを提供することが求められる。また、手術中の即時フィードバックは最小限にとどめ、術者の集中力を維持する工夫が必要である。一方で、手術後にはケースレビューの場を設け、良かった点や改善点を具体的に振り返ることで、学習効果を最大化することができる。難症例の経験は成長に不可欠ではあるが、術者の自律性を尊重し、成功体験を積み重ねられるよう、個々の習熟度に応じた適切な症例を執刀させることも重要である。こうした配慮の積み重ねが、術者の負担を軽減しながら、確実な技術向上へとつながる。

本研究では、女性泌尿器科医師が男性よりも高い NASA-TLX 値を報告する傾向を示した。本研究のコホートに含まれる女性泌尿器科医師数が少ないという制限があるが (n=5、95 件のデータ)、原因としていくつかの要素が考えられる。例えば Jacovides らは、手術室や手術器具は男性を主たる使用者として設計されており、女性では手術台の高さに合わせてステップを要することが多いこと、手のサイズに比較して大きい手術器具の使用を強いられるなど、エルゴノミクスの問題を指摘している (Jacovides et al, 2024)。その他、Joh らは、2012 年から 2017 年にニュージーランドで行われた一般外科手術 119,380 件を対象に、120 名の修練医 (男性=78 名、女性=42 名) の手術に関して、手術時の修練医の自律性を、1. 上級医師の助手、2. 指導医の助手、3. 指導医が術野で直接関与する状況での術者、4. 指導医が手術室内にいるが術野には関与しない状況での術者、5. 指導医が手術室にいない状況での術者の 5 段階に分類し。意味のある自律性を 4 および 5 と定義した場合、女性修練医は男性に比べて、意味のある自律性で行なった手術の経験数が少なかったことを報告している (Joh et al, 2020)。Meyerson らも、スマートフォンアプリを用いて、4 段階の Zwisch スケール (1. 見せて説明、2. 積極的支援、3. 受動的支援、4. 指導のみ) に基づいて手術自律性を評価し、9 ヶ月の研究期間中、412 名のレジデントと 524 名の指導医について、合計 8900 件の手術を評価している。結果、女性レジデントは、全体的に男性レジデントよりも指導医からの自律性を得る機会が少なかったと報告しており (Meyerson et al, 2019)、女性において手術時の自律性が制限されることは精神労働負荷の上昇と関係がある可能性がある。さらに、女性外科医は、男性中心の医療現場や根強いジェンダーバイアスの中で、正当な評価を得るためにより高い成果を求められ、常に大きなプレッシャーにさらされている可能性も考えられる。

本研究結果より、手術時間に関しては、NASA-TLX 値は手術時間が 1 分延びるごとに +0.07 上昇した。Rieger らも同様の観察結果を報告している。彼らはモバイルヘルスシステムを用いて心拍数、呼吸数、皮膚温度、および NASA-TLX 値を通じて、術中の外科医師の精神労働負荷を評価した。10 名の外科医師が 24 時間モニタリングの研究に参加し、手術時間が NASA-TLX 値に有意な影響を及ぼす一方で、術者として働く

こと自体が高い精神労働負荷をもたらすわけではなかったとしている (Rieger et al, 2015)。また、手術中の定期的な休憩はあまり一般的には行われてはいないが、休憩は手術時間を延長することなく、身体面および精神面に良好な影響をもたらす得るとの報告がある (Engelmann et al, 2011; Park et al, 2017)。Engelmann らは、前向き無作為化試験において、51 件の手術を無作為に休憩を含む介入群と休憩のない従来群に割り当て、介入群はストレスホルモンレベル、術中イベント、エラーパフォーマンススコアが低下し、手術時間の延長はなかったと報告している (Engelmann et al, 2011)。

本研究において、ニアミス・インシデントは NASA-TLX 値を高く報告することと関連していた。ニアミス・インシデントは主に、術中の電話対応や手術機器のトラブルなど、手術中の集中を妨げるようなものであり、その多くが事前に回避し得るものであった。Sweller によって提唱され広く知られている認知負荷理論 (Sweller, 1988) の観点において、これらニアミス・インシデントは余計な負荷 (Extraneous load) にあたると考えられる。また同一術式の過去の経験症例数が増加するにつれて NASA-TLX 値が低めに報告される本研究の結果は、経験に基づく本質的負荷 (Intrinsic load) の減少を反映したものと考えられる。修練医の学習機会、つまり学習のための適切な負荷 (Germane load) を最大化するためにも、手術中の余計な負荷は最小限に抑えるべきであり、電話対応のような不要な中断は可能な限り避けるべきであろう。

NASA-TLX 値の報告において、時間的経過による記憶の薄れの影響を考慮し、本研究の解析対象には手術後 7 日以内に報告されたデータを解析対象とした。なお、回収されたデータについて、手術当日、手術後 1 日以内、および手術後 2 日以内のデータでの解析結果も、手術後 7 日以内のデータでの解析結果と同様の傾向を示していた。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、データ収集においていくつかの偏りが生じた可能性が考えられる。データ収集は参加者の自主性に委ねた方法で行われたため、研究期間中のすべての手術症例からの NASA-TLX 値を収集出来ていないことが予想される。そのため、報告された症例とされていない症例との間に偏りが生じた可能性がある。本研究では NASA-TLX の原版を使用した。スケールバーの方向の意味に関する説明を追加し、特に performance の項目については誤解が生じないよう詳細な説明を付記した。しかしながら、英語が母国語でない参加者に対して NASA-TLX の英語原版を使用したことで、質問内容の理解が十分でないことにより、回答に偏りをもたらした可能性は否定できない。記名式のデータ収集により個人差を考慮した解析が可能であったが、記名式であることでプライバシー侵害への懸念から、参加を控えた医師がいた可能性や、参加した医師についても「特定される」という意識から、本音や率直な回答を控える傾向を生じさせた可能性が考えられる。また、記名式であることで、他者からの評価を気にした社会的望ましさのバイアス (social desirability bias) が生じた可能性も否定できない。第二に、女性泌尿器科医師の参加者は 5 名 (95 件のデータ) のみであり、信頼区間 (2.36-28.77) の幅

が広いのはこの少人数に起因している可能性がある。今後より大規模なコホートでの評価を実施し、本研究の結果を検証する必要がある。第三に、本研究は北海道（北海道大学病院とその関連施設）の泌尿器科医師を対象として実施されたため、このコホートによる偏りが生じている可能性がある。この点に関して、他のコホートでも同様の研究を行い、今回の結果が普遍的であるかどうかを評価することが求められる。なお、NASA-TLX 値の施設間の差異については、年度ごとに施設間での医師の異動があり、また本研究が複数年度にわたることから解析に含めなかった。上級医の監督下にある術者で NASA-TLX 値が増加する観察結果に関しても、上級医を特定出来る情報を採取しておらず、さらなる解析は困難であった。第四に、研究期間中に新型コロナウイルス感染症（COVID-19）のパンデミックが発生した。日本ではロックダウン措置は行われず、COVID-19 感染による死亡率も低かった（0.2%）が、泌尿器科医師の精神労働負荷に何らかの影響を及ぼした可能性はある。第五に、実臨床において泌尿器科医師には、手術に加え、外来診療、入院患者の管理、当直・オンコール業務、学術活動、その他雑務など、多岐にわたる業務がある。本研究の成果は、手術時に泌尿器科医師が感じている精神労働負荷の現状を明らかにしたものであり、泌尿器科医師の精神労働負荷の本当の現状解明のためには、多岐にわたる業務全てにおいての検証が望まれる。このようないくつかの限界はあるものの、本研究の知見は、日常の臨床現場における外科系医師の精神労働負荷をより深く理解する第一歩であることは間違いない。

本研究の知見を踏まえ、泌尿器科医、外科医を取り巻く環境の改善のため、今後配慮すべき点がいくつか考えられる。例えば、シミュレーショントレーニングを充実させ、実際の手術に先立ちストレスの少ない環境での訓練を充分に行うこと、長時間手術では適宜休憩時間を設けること、実際の手術時の若手指導においてはその自律性を配慮した指導等は、実際の執刀時の精神労働負荷を軽減できる可能性がある。特に女性外科医に対しては、性別に基づくバイアスを認識すること、制度的障壁をなくしていくことは、公平な職場環境を整える上で喫緊の課題である。その他、安全性の向上を目指し、手術前にチーム全員でのブリーフィングを行い、術中合併症やニアミス・インシデントが発生した際には、構造化されたディブリーフィングを実施することは、イベントが発生した際の精神労働負荷の軽減に寄与できる可能性がある。術中の電話対応等は、予め手術中に対応できる別の医師を決めておくことも、執刀医の精神労働負荷の軽減に役立つ可能性がある。医師の精神労働負荷を十分に理解することは、外科系医師のウェルビーイング、修練医のためのより良いトレーニングカリキュラムの開発、手術のパフォーマンス向上および患者の安全性向上に寄与するものであると考えている。

結論

・本研究から得られた新知見

女性泌尿器科医師は男性に比して NASA-TLX 値を高く報告する傾向があった。

該当手技の経験症例数の増加は、NASA-TLX 値の軽減と関連した。

術者、特に上級医監督下の術者で、NASA-TLX 値が高く報告される傾向があった。

手術時間、出血量の増加は NASA-TLX 値の増加と関連した。

術中合併症、ニアミス・インシデント、手術に関する特記イベントは NASA-TLX 値の増加と関連した。

手術アプローチ（ロボット支援、腹腔鏡、開腹、経尿道）の違いは NASA-TLX 値と関連がなかった。

・新知見の意義

実臨床における泌尿器科医師の精神労働負荷に関する初めての報告である。

修練医を含めた幅広いキャリアレベル、術者だけでなく助手としての症例も含め、多岐にわたる術式について検証した報告も他にない。

記名式のデータとして収集したことで、個人差を考慮した解析が可能となり、NASA-TLX 値の報告時には個人ごとの傾向（変量効果）があることを確認し、その上で、NASA-TLX 値と関連する背景因子（固定効果）を特定した。

実臨床の手術時における精神労働負荷の現状を明らかにしたことにより、医療従事者の抱えるバーンアウト問題の解決に関わる第一歩を示した可能性がある。

・今後の研究の展開

本研究では、NASA-TLX 値に関連する因子を特定した。女性の参加者が少数であること、北海道（北海道大学病院とその関連施設）の泌尿器科医師のみの参加であり地域のバイアスがある可能性がある。多くの女性を含んだ、より大規模な範囲を含むコホートでの検証が求められる。

実臨床の手術時における精神労働負荷の現状を明らかにしたが、真の現状解明のために、手術だけでなく、外来・病棟業務、当直・オンコール業務、学術活動など日常業務の全てを含んだ検証を行いたい。

謝辞

本研究に際して、多くのご支援とご指導をいただきました北海道大学大学院医学研究院腎泌尿器外科学教室 篠原信雄名誉教授に深く感謝申し上げます。また、本研究を遂行するにあたり、日々の御指導を多岐にわたりいただきました北海道大学大学院医学研究院腎泌尿器外科学教室 安部崇重教授に深く感謝申し上げます。

本研究に際して、日頃より統計解析について多くの御指導を賜りました北海道大学大学院医学研究院医学統計学教室 高橋圭太先生に深く感謝申し上げます。

最後に本研究にあたり御協力をいただきました先生方、教室スタッフの皆様、関連病院の先生方、患者様に深く感謝申し上げます。

利益相反

開示すべき利益相反状態はない。

付録データ

補足表 1. 手術術式の詳細

術式	n
開腹 手術 (n=259)	
膀胱摘除術	
根治的膀胱全摘術 (回腸導管造設術)	19*
根治的膀胱全摘術 (尿管皮膚瘻造設術)	15
根治的膀胱全摘術 (新膀胱造設術)	2
根治的膀胱全摘術 (尿管皮膚瘻造設術) + 腎尿管全摘術 (開腹)	5
根治的膀胱全摘術 (尿管皮膚瘻造設術) + 腎尿管全摘術 (腹腔鏡)	3
根治的膀胱全摘術 (尿路変向なし) + 腎尿管全摘術 (開腹)	1
膀胱部分切除術	6†
前立腺摘除術	
根治的前立腺全摘術	68
恥骨後式単純前立腺全摘術	1
根治的腎尿管全摘術	8
腎摘除術	
根治的腎全摘術	22
根治的腎全摘術 + 腫瘍塞栓摘除術	3
単純腎全摘術	3
腎部分切除術	12
副腎摘除術	4
後腹膜腫瘍摘除術	7
後腹膜リンパ節郭清術	6
尿膜管摘除術	3
腎移植手術	
腎移植術	39
移植腎摘出術	3
結石手術	
膀胱結石碎石術 (切石術)	2
尿管結石碎石術 (切石術)	1
腎盂形成術	1

膀胱拡大術	2
尿路再建術	
尿管-尿管吻合術	3
膀胱尿管吻合術 (膀胱外アプローチ)	2
膀胱尿管吻合術 (経膀胱アプローチ)	2
尿管-回腸導管吻合術	2
膀胱瘻造設術	4
膀胱皮膚瘻造設術	2
その他	8

腹腔鏡 手術 (n=321)

膀胱摘除術	
根治的膀胱全摘術 (回腸導管造設術)	1
根治的膀胱全摘術 (尿管皮膚瘻造設術)	2
根治的腎尿管全摘術	88
腎摘除術	
根治的腎全摘術	84
単純腎全摘術	5
腎部分切除術	22
副腎摘除術	
副腎全摘術	40
副腎部分切除術	1
後腹膜腫瘍摘除術	6
後腹膜リンパ節郭清術	3
尿膜管摘除術	7
腎移植手術	
ドナー腎採取術	47
結石手術	
尿管結石碎石術	2
腎盂形成術	2
精索静脈瘤切除術	2
精巣固定術	1

腹膜透析用カテーテル留置術	4
その他	4

ロボット支援 手術 (n=415)

膀胱摘除術	
根治的膀胱全摘術 (回腸導管造設術)	34 [‡]
根治的膀胱全摘術 (尿管皮膚瘻造設術)	4
根治的膀胱全摘術 (新膀胱造設術)	4
根治的膀胱全摘術 (尿路変向なし)	3
根治的膀胱全摘術 (尿管皮膚瘻造設術) + 腎尿管全摘術 (腹腔鏡)	5
根治的膀胱全摘術 (尿管皮膚瘻造設術) + 腎尿管全摘術 (ロボット支援)	1
前立腺摘除術	
根治的前立腺全摘術	247
腎摘除術	
腎部分切除術	105
仙骨腫固定術	7
腎盂形成術	4
尿路再建術	
尿管-尿管吻合術	1

経尿道的 手術 (n=733)

経尿道的膀胱腫瘍切除術 (TURBT)	
TURBT	275
TURBT + 尿管鏡	7
TURBT + 尿管ステント留置術	2
TURBT + 経直腸的前立腺生検 (TRPB)	2
TURBT + 経尿道的膀胱頸部切開術	1
TURBT + 経尿道的尿道狭窄切開術 + 尿管ステント留置術	1
TURBT + 経尿道的凝固止血術	1
TURBT + 腎盂腫瘍レーザー焼灼術	1
TURBT + 逆行性腎盂尿管造影	1
TURBT + 経尿道的前立腺切除術 (TURP) + 尿管ステント留置術	1

TURBT + 尿道会陰瘻形成術	1
TURBT + 経皮的膀胱針生検	1
経尿道の前立腺切除術 (TURP)	
TURP	58
TURP + 経尿道の膀胱結石碎石術	3
TURP + 経尿道の凝固止血術	1
TURP + 経尿道の尿道狭窄切開術	1
経尿道の前立腺核出術 (TUEB)	21
経尿道の結石碎石術	
尿管結石碎石術	
尿管結石碎石術	134
尿管結石碎石術 + 経皮的腎瘻造設術	1
膀胱結石碎石術	
膀胱結石碎石術	18
膀胱結石碎石術 + 経尿道の膀胱生検	1
経尿道の凝固止血術	11
尿路拡張術	
尿管拡張術	14
尿道拡張術	7
経尿道の切開術	
経尿道の膀胱頸部切開術	4
経尿道の尿道狭窄切開術	1
尿管鏡	
尿管鏡	17
尿管鏡 + 経尿道の膀胱生検	1
尿管鏡 + 尿管拡張術	1
逆行性腎盂尿管造影	2
膀胱水压拡張術	8
尿管ステント留置術	
Double-J 尿管ステント留置術	126
金属尿管ステント留置術	1
経尿道の膀胱生検	1

膀胱内視鏡	2
ボツリヌス毒素膀胱内注射	2
内視鏡的（経尿道的）逆流防止手術（Deflux®）	1
経尿道的尿管瘤切開ドレナージ術	1
経尿道的前立腺膿瘍切開術	1

その他 (n=441)

バスキュラーアクセス手術	
バスキュラーアクセス造設術（シャント造設術）	67
バスキュラーアクセス造設術（シャント造設術）+ TRPB	1
永久的透析用カテーテル留置術	2
シャント血栓除去術	2
前立腺針生検	
経直腸的前立腺生検（TRPB）	32
経会陰的前立腺生検（TPPB）	11
精巣固定術	
停留精巣	45
精巣捻転	15
精巣摘除術	
単純精巣摘除術	27
単純精巣摘除術 + TPPB	4
単純精巣摘除術 + 膀胱瘻造設術	2
単純精巣摘除術 + TPPB + 膀胱瘻造設術	1
単純精巣摘除術 + 精巣上体膿瘍ドレナージ	1
高位精巣摘除術	15
陰嚢水腫根治術	18
精液瘤根治術	4
精索静脈瘤切除術	1
陰茎切除術	
陰茎部分切除術	3
陰茎全摘除（切断）術	1
陰茎全摘除（切断）術 + センチネルリンパ節生検	1

金球埋め込み術	9
包茎手術	
環状切除術	8
環状切除術 + 経尿道的尿道狭窄切開術	1
背面切開術	5
尿道形成術	7
尿道下裂手術	4
人口尿道括約筋埋め込み術	5
カルンクル切除術	2
腹圧性尿失禁手術	
尿道スリング手術 (TVT, TOT)	2
骨盤臓器脱メッシュ手術 (TVM)	8
膀胱陰嚢閉鎖術	2
膀胱瘻造設術	
膀胱瘻造設術	28
膀胱瘻造設術 + 経尿道的凝固止血術	1
経皮的腎瘻造設術	
経皮的腎瘻造設術	33
経皮的腎瘻造設術 + 順行性尿管ステント留置術	2
経皮的腎瘻造設術 + 逆行性尿管ステント留置術	1
順行性尿管ステント留置術 (移植腎)	1
尿道会陰瘻形成術	1
経回腸導管手術	
尿管ステント留置術 t	3
尿管-回腸導管吻合部狭窄拡張術	2
経皮的腎嚢胞穿刺術	3
経皮的腎針生検	
腎生検	6
移植腎生検	5
結石手術	
体外衝撃波結石破碎術 (ESWL)	2
経腎瘻の膀胱結石碎石術	1

腹膜透析用カテーテル手術		
留置術		12
抜去術		8
抜去術 + 留置術		2
出口部作成術		2
中心静脈カテーテルポート造設術		7
その他		15

＊ 1 例の骨盤内臓全摘術を含む

† 2 例は同時に膀胱尿管新吻合術を要した

‡ 1 例の骨盤内臓全摘術を含む

引用文献

- Al-Ghunaim, T. A., Johnson, J., Biyani, C. S., Alshahrani, K. M., Dunning, A. & O'Connor, D. B. (2022) Surgeon burnout, impact on patient safety and professionalism: A systematic review and meta-analysis. *Am J Surg*, 224(1 Pt A), 228-238.
- Bell, S. W., Kong, J. C. H., Clark, D. A., Carne, P., Skinner, S., Pillinger, S., Burton, P. & Brown, W. (2022) The National Aeronautics and Space Administration-task load index: NASA-TLX: evaluation of its use in surgery. *ANZ J Surg*, 92(11), 3022-3028.
- Chati, R., Huet, E., Grimberg, L., Schwarz, L., Tuech, J. J. & Bridoux, V. (2017) Factors associated With burnout among French digestive surgeons in training: results of a national survey on 328 residents and fellows. *Am J Surg*, 213(4), 754-762.
- Dimou, F. M., Eckelbarger, D. & Riall, T. S. (2016) Surgeon Burnout: A Systematic Review. *J Am Coll Surg*, 222(6), 1230-1239.
- Dyrbye, L. N., Burke, S. E., Hardeman, R. R., Herrin, J., Wittlin, N. M., Yeazel, M., Dovidio, J. F., Cunningham, B., White, R. O., Phelan, S. M., Satele, D. V., Shanafelt, T. D. & van Ryn, M. (2018) Association of Clinical Specialty With Symptoms of Burnout and Career Choice Regret Among US Resident Physicians. *JAMA*, 320(11), 1114-1130.
- Engelmann, C., Schneider, M., Kirschbaum, C., Grote, G., Dingemann, J., Schoof, S. & Ure, B. M. (2011) Effects of intraoperative breaks on mental and somatic operator fatigue: a randomized clinical trial. *Surg Endosc*, 25(4), 1245-50.
- Gibbons, R. D., Hedeker, D. & DuToit, S. (2010) Advances in analysis of longitudinal data. *Annu Rev Clin Psychol*, 6, 79-107.
- Hart, S. G. (1988) Development of NASA-TLX: results of empirical and theoretical research. In: Hancock PA, Meshkati N, editors. *Human mental workload*. Amsterdam: Elsevier; .
- Hart, S. G. (2006) NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 years later, Proceedings of the Human Factors and Ergonomic Society annual meeting. SAGE Publishing.

Harris, A. M., Teplitsky, S., Kraft, K. H., Fang, R., Meeks, W. & North, A. (2023) Burnout: A Call to Action From the AUA Workforce Workgroup. *J Urol*, 209(3), 573-579.

Jacovides, C. L., Guetter, C. R., Crandall, M., McGuire, K., Slama, E. M., Plotkin, A., Kashyap, M. V., Lal, G., Henry, M. C. & Association of Women Surgeons Publications, C. (2024) Overcoming Barriers: Sex Disparity in Surgeon Ergonomics. *J Am Coll Surg*, 238(5), 971-979.

Joh, D. B., van der Werf, B., Watson, B. J., French, R., Bann, S., Dennet, E. & Loveday, B. P. T. (2020) Assessment of Autonomy in Operative Procedures Among Female and Male New Zealand General Surgery Trainees. *JAMA Surg*, 155(11), 1019-1026.

Law, K. E., Lowndes, B. R., Kelley, S. R., Blocker, R. C., Larson, D. W., Hallbeck, M. S. & Nelson, H. (2020a) NASA-Task Load Index Differentiates Surgical Approach: Opportunities for Improvement in Colon and Rectal Surgery. *Ann Surg*, 271(5), 906-912.

Law, K. E., Lowndes, B. R., Kelley, S. R., Blocker, R. C., Larson, D. W., Hallbeck, M. S. & Nelson, H. (2020b) Surgeon Workload in Colorectal Surgery: Perceived Drivers of Procedural Difficulty. *J Surg Res*, 245, 57-63.

Lowndes, B. R., Forsyth, K. L., Blocker, R. C., Dean, P. G., Truty, M. J., Heller, S. F., Blackmon, S., Hallbeck, M. S. & Nelson, H. (2020) NASA-TLX Assessment of Surgeon Workload Variation Across Specialties. *Ann Surg*, 271(4), 686-692.

Marchalik, D., C, C. G., F, F. L. C., Talso, M., J, H. L., Esperto, F., Pradere, B., Van Besien, J. & R, E. K. (2019) Resident burnout in USA and European urology residents: an international concern. *BJU Int*, 124(2), 349-356.

Matsuda, T., Ono, Y., Terachi, T., Naito, S., Baba, S., Miki, T., Hirao, Y. & Okuyama, A. (2006) The endoscopic surgical skill qualification system in urological laparoscopy: a novel system in Japan. *J Urol*, 176(5), 2168-72; discussion 2172.

Meyerson, S. L., Odell, D. D., Zwischenberger, J. B., Schuller, M., Williams, R. G., Bohnen, J. D., Dunnington, G. L., Torbeck, L., Mullen, J. T., Mandell, S. P., Choti, M. A., Foley, E., Are, C., Auyang, E., Chipman, J., Choi, J., Meier, A. H., Smink, D. S., Terhune, K. P., Wise, P. E., Soper,

N., Lillemoe, K., Fryer, J. P., George, B. C., Procedural, L. & Safety, C. (2019) The effect of gender on operative autonomy in general surgery residents. *Surgery*, 166(5), 738-743.

Park, A. E., Zahiri, H. R., Hallbeck, M. S., Augenstein, V., Sutton, E., Yu, D., Lowndes, B. R. & Bingener, J. (2017) Intraoperative "Micro Breaks" With Targeted Stretching Enhance Surgeon Physical Function and Mental Focus: A Multicenter Cohort Study. *Ann Surg*, 265(2), 340-346.

Pulcrano, M., Evans, S. R. & Sosin, M. (2016) Quality of Life and Burnout Rates Across Surgical Specialties: A Systematic Review. *JAMA Surg*, 151(10), 970-978.

Rieger, A., Fenger, S., Neubert, S., Weippert, M., Kreuzfeld, S. & Stoll, R. (2015) Psychophysical workload in the operating room: primary surgeon versus assistant. *Surg Endosc*, 29(7), 1990-8.

Shanafelt, T. D., Balch, C. M., Bechamps, G. J., Russell, T., Dyrbye, L., Satele, D., Collicott, P., Novotny, P. J., Sloan, J. & Freischlag, J. A. (2009) Burnout and career satisfaction among American surgeons. *Ann Surg*, 250(3), 463-71.

Sweller, J. (1988) Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.