

Præoperativ organspecifik risikostratificering

Aysun Avci, Jakob Burcharth, Thomas Bech Lunen & Ismail Gögenur

STATUSARTIKEL

Kirurgisk Afdeling,
Sjællands
Universitetshospital,
Køge

Ugeskr Læger
2019;181:V06180440

Til trods for at flertallet af patienterne kan tilbydes forskellige former for kirurgi uden risiko for større komplikationer, er der en subgruppe af højrisikopatienter, der er i større risiko for at få postoperative komplikationer. Mere end 80% af alle dødsfald i den tidlige postoperative periode finder sted i denne højrisikogruppe [1]. Mortaliteten efter en stor del af de kirurgiske procedurer er for disse patienter omkring 6% ved elektiv kirurgi og op til 30% ved større akut kirurgi [2]. Fra en alvorlig komplikation indtræffer, til dødsfaldet sker, går der i gennemsnit en uge, og omkring 70% af de patienter, der dør af komplikationer i forbindelse med kirurgi, har ikke blot én komplikation, men oftest multiple komplikationer. Dette tyder på en kædereaktion af komplikationer, som i sidste ende forværrer prognosen [2].

Det er af afgørende betydning at kunne identificere de patienter, der er i høj risiko for udvikling af postoperative komplikationer såsom respirationsinsufficiens, myokardieinfarkt, kognitiv svækkelse eller forværring af en eksisterende komorbiditet. Med identificering af denne patientgruppe kan man vejlede patienterne, tage individualiserede beslutninger om, hvorvidt man bør foretage kirurgi, samt målrette og tilrettelægge præ-, peri- og postoperative ressourcer for at undgå komplikationer.

Præoperative risikostratificeringsmodeller er værktøjer, hvormed man ud fra patientens kliniske eller parakliniske informationer kan prædiktere risikoen for specifikke komplikationer og derved hjælpe med at identificere højrisikopatienter. Formålet med denne artikel er at give et overblik over sådanne simple værktøjer baseret på anamnese og/eller standardpræoperative blodprøver, som kan anvendes i klinisk praksis til prædiktering af risikoen for postoperative komplikationer på organniveau.

HOVEDBUDSKABER

- ▶ Præoperativ identificering kan give mulighed for at optimere det kirurgiske forløb hos de patienter, der er i høj risiko for at udvikle peri- eller postoperative komplikationer, som f. eks. myokardieinfarkt eller pneumoni.
- ▶ Ud fra kliniske og parakliniske patientdata kan risikoen for postoperative komplikationer beregnes ved hjælp af organspecifikke prædiktionsmodeller eller risikoscorer.
- ▶ Der er flere gode risikostratificeringsværktøjer, der kan anvendes, og med en begrænset indsat kan disse implementeres i klinisk praksis i Danmark.

TABEL 1

Revised Cardiac Risk Index-score for alvorlige kardiale hændelser som myokardieinfarkt, lungeemboli, komplet grenblok, ventrikelflimren og hjertestop [5].

Risikofaktorer ^a , n	Risikoklasse	Risiko for kardial komplikation, %
0	Meget lav risiko	0,4
1	Lav risiko	0,9
2	Moderat risiko	6,6
≥ 3	Høj risiko	11,0

a) Højrisikokirurgi, iskæmisk hjertesygdom, hjerteinsufficiens, cerebrovaskulær sygdom, insulinbehandlet diabetes, S-kreatininkoncentration > 180 µmol/l.

PRÆDIKTION AF ORGANSPECIFIKKE KOMPLIKATIONER

Kardiale komplikationer

Omkring 8% af patienterne får en myokardieskade efter nonkardial kirurgi [3], og over halvdelen af de patienter, der får en kardial komplikation som myokardieinfarkt eller hjertestop, dør inden for de første 30 postoperative dage [2, 4]. Lee's Revised Cardiac Risk Index (RCRI) er en simpel og valideret risikoscore, hvormed man inden kirurgi kan prædiktere risikoen for alvorlige kardiale hændelser i form af myokardieinfarkt, lungeødem, komplet grenblok, ventrikelflimren og hjertestop [5] (Tabel 1). RCRI har klasse 1B-anbefalinger i guidelines fra American College of Cardiology/American Heart Association (ACC/AHA) samt i European Society of Cardiology og The European Society of Anaesthesiology (ESC/ESA) [6, 7]. I RCRI indgår i alt seks kliniske risikofaktorer, og patienter med tre eller flere risikofaktorer defineres som værende i højrisikogruppe med en kardial komplikationsrisiko på 11% [5]. I Danmark er modellen for nylig blevet valideret på en dansk kohorte af tæt på en halv million nonkardiale kirurgiske patienter. Modellens sensitivitet for prædiktion af større kardiale hændelser ved en RCRI-score > 1 er hhv. 59%, 71%, 64%, 66% og 67% for aldersgrupperne < 55 år, 56-65 år, 66-75 år, 76-85 år og > 85 år. Desuden havde den en negativ prædikativ værdi på 98-99% for alle aldersgrupper [8].

I The American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program (ACS NSQIP)

har man brugt kliniske data fra 500 hospitaler i USA og over 1,4 millioner patienter til at udvikle præoperative risikostratificeringsredskaber [4, 9]. Et af disse er NSQIP MICA, hvormed man kan prædiktere risikoen specifikt for myokardieinfarkt og hjertestop op til 30 dage efter kirurgi [4]. Modellen er ligeledes med i ACC/AHA og ESC/ESA-guidelines [6, 7], men modsat RCRI kan den kun udregnes via en onlineberegner.

Med fokus på geriatriske patienter er der også præ-senteret en model, som er specifik for patienter over 65 år. Modellen benævnes Geriatric-Sensitive Perioperative Cardiac Risk Index og har efter sammenligning med både NSQIP MICA og RCRI vist sig at være bedre til prædiktering af kardiale komplikationer hos patienter over 65 år [10].

Pulmonale komplikationer

Postoperative pulmonale komplikationer er en af de mest ressourcekrævende medicinske komplikationer, som øger indlæggelsestiden og er ledsaget af en 30-dagesmortalitet på 10-27% [2, 11-17]. Efter nonkardial og nontorakal kirurgi ses der mindst en pulmonal komplikation hos op til 33% af patienterne med en American Society of Anaesthesiologists (ASA)-score på III [18]. Med Assess Respiratory Risk in Surgical Patients in Catalonia (ARISCAT)-scoren [11] kan man prædiktere en samlet gruppe af postoperative pulmonale komplikationer, og den er som det eneste værktøj valideret i en større ekstern population inkluderende 63 europæiske centre i over 21 lande (PERISCOPE-study). Patienter, der ud fra ARISCAT-scoren er i højrisikogruppen med en score på 45 eller derover, har en estimeret risiko på over 40% for at få en postoperativ pulmonal komplikation [11] (Tabel 2). I PERISCOPE-studiet videreudviklede man desuden en risikoscore, hvormed man specifikt kan prædiktere risikoen for respirationsinsufficiens. Her blev 82% af de patienter, der fik respirationsinsufficiens, identificeret allerede præoperativt [17]. Andre modeller er ligeledes foreslået, hvor man specifikt forudsiger enten postoperativ respirationsinsufficiens eller pneumoni ud fra et pointsystem eller en onlineprædiktionsmodel [9, 11, 13-17] (Tabel 3 og Figur 1).

Kognitive komplikationer

Postoperativ kognitiv svækkelse i form af delirium eller kognitiv dysfunktion er blandt de ofte observerede medicinske komplikationer med en hyppighed på over 30% hos ældre og er associeret med en øget mortalitet og indlæggelsestid [21-24].

Identificering af ældre med øget risiko for udvikling af kognitiv dysfunktion kan give muligheden for ikke mindst at optimere behandlingsstrategien, men også at prioritere en god postoperativ kognitiv restitution hos den ældre patient. Eksempelvis kan der prioriteres mi-

TABEL 2

Pulmonale komplikationer er defineret ved luftvejsinfektioner, respirationsinsufficiens, pleuraeffusion, atelektase, pneumothorax, bronkospasmer og aspirationspneumoni. Assess Respiratory Risk in Surgical Patients in Catalonia [11].

Klinisk variabel	Point	Risiko for kardial komplikation, %
Alder 51-80 år	3	-
Alder > 80 år	16	-
Præop. SpO ₂ 91-95%	8	-
Præop. SpO ₂ ≤ 90%	24	-
Respiratorisk infektion inden for 1 md.	17	-
Præop. Hb ≤ 10 g/dl	11	-
Øvre abdominal incision	15	-
Intratorakal incision	24	-
Kirurgi > 2-3 t.	16	-
Kirurgi > 3 t.	23	-
Akut kirurgi	8	-
Risikoklasse		
Lav risiko	< 26	1,6
Moderat risiko	26-44	13,3
Høj risiko	≥ 45	42,1

Hb = hæmoglobinkoncentration; op. = operativ;
SpO₂ = perifer kapillær iltmætning.

nimalt invasiv kirurgi med kortere operationstid, mildere anæstesi eller en præoperativ multimodal vurdering og behandling af en geriatr [23].

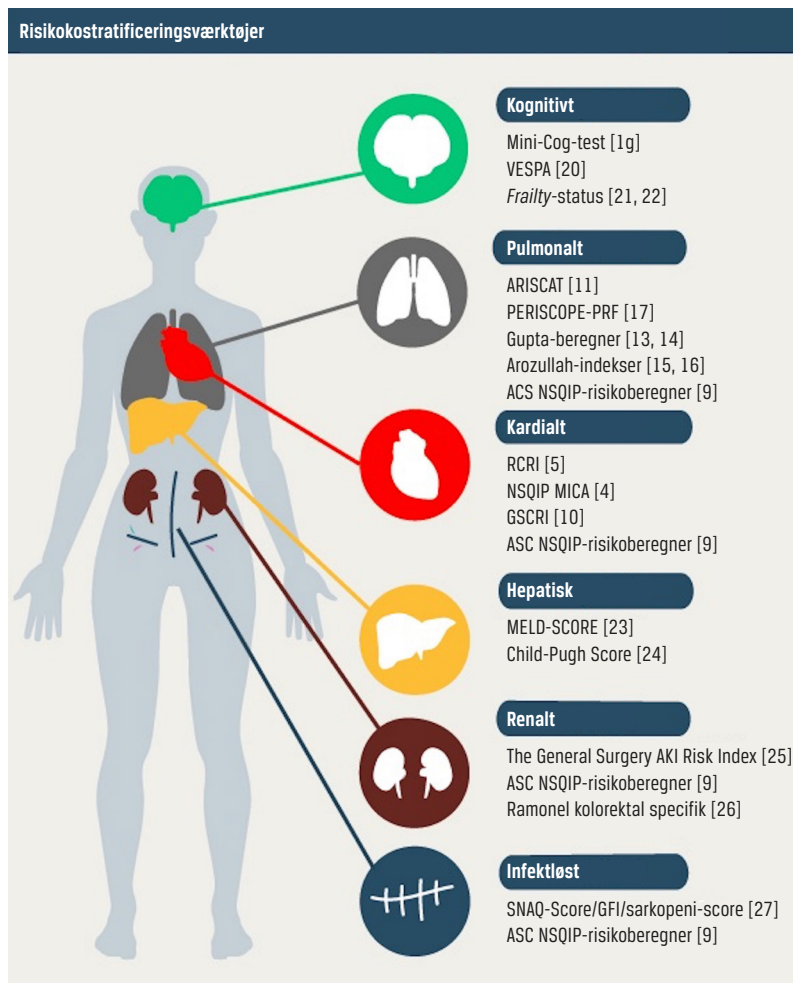
Et af de simple stratificeringsværktøjer, der er foreslået for postoperativ delirium, er Mini-Cog-testen, som anbefales i guidelines fra American College of Surgeons og American Geriatric Society [21]. Testen tager 2-3 minutter at udføre og bygger på en hukommelses- og tegnetest. Herudover findes der også geriatriske redskaber såsom VESPA-scoren, der er unikt udviklet til patienter over 70 år til prædiktering af både kirurgiske og geriatriske komplikationer (delirium, tryksår, fald og malnutrition). Modellen bygger blandt andet på vurdering af aktivitetsniveauet/evnen i dagligdagen og er simpel at anvende [22].

Renale komplikationer

Akut nyreinsufficiens forekommer med en hyppighed på omkring 7% efter nonkardial kirurgi og er forbundet med en 30-dagesmortalitet på op til 30% [2, 28]. The General Surgery AKI Risk Index er en risikomodel for en blandet gruppe af kirurgiske procedurer, og den er baseret på ni risikofaktorer. Den største risiko for akut nyreinsufficiens fås, hvis der er mindst seks risikofaktorer til stede [20]. Modellen har vist gode resultater, men som de fleste andre modeller mangler den ekstern validering. Specifikt for kolorektal kirurgi er der ligeledes udviklet en model, hvormed man kan prædiktere

FIGUR 1

Oversigt over værktøjer til prædiktering af organspecifikke postoperative komplikationer. (Designet af: Freepik.com).



ACS NSQIP = American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program; AKI = *acute kidney injury*; ARISCAT = Assess Respiratory Risk in Surgical Patients in Catalonia; GFI = Groningen Frailty Index; GSCRI = Geriatric-Sensitive Cardiac Risk Index; MICA = *myocardial infarction and cardiac arrest*; PERISCOPE-PRF = Prospective Evaluation of a Risk Score for Post-operative Pulmonary Complications in Europe; PRF = *post-operative respiratory failure*; RCRI = Revised Cardiac Risk Index; SNAQ = Short Nutritional Assessment Questionnaire; VESPA = Vulnerable Elderly Surgical Pathways and Outcomes Assessment.

akut nyreinsufficiens ud fra ni variable, hvoraf der fælles med forrige nævnte model bl.a. indgår køn, hypertension, akut kirurgi og præoperativ nyreinsufficiens [19]. Herudfra indeles patienterne i lavrisiko-, moderat risiko- og højrisikogrupper med en estimeret risiko for nyreinsufficiens på hhv. 5%, 6-19% og 20% inden for de første 30 postoperative dage.

Hepatiske komplikationer

Patienter med levercirrose har en øget risiko for at få postoperative komplikationer og forværring af leverprognosen pga. det kirurgiske og anæstesiologiske stress. I en dansk kohorte fra 1996-2009 med kolorek-

tal cancer fandt man bl.a. en postoperativ 30-dages-mortalitet på 24% for patienter med levercirrose, mens den var omkring 8% for patienter uden levercirrose [29]. Operationsrisikoen for patienter med levercirrose korrelerer med sværhedsgraden af leversygdommen. Model for End-stage Liver Disease (MELD)-scoren er primært udviklet til vurdering af den kortsigtede prognose for patienter, der har fået anlagt en transjugulær intrahepatisk portosystemisk shunt. Resultater viser dog, at man med scoren også kan prædiktere mortaliteten efter større kirurgi herunder især efter abdominal-kirurgi, kardiovaskulær kirurgi og ortopædkirurgi. En MELD-score på 8-11 er forbundet med en 30-dages-mortalitet på 10%, mens den er 25% ved en score på 12-15 og helt op over 50% ved en score på over 20 [25]. Der er bl.a. herudfra også udviklet en online-model, hvormed man kan beregne den kortsigtede og langsigtede mortalitet efter kirurgi ud fra en kombination af MELD-scoren, ASA og alderen.

Den velkendte prognostiske Child-Pugh-score for kronisk leversygdomme er også blevet anvendt som et risikostratificeringsredskab før abdominal kirurgi med resultater, der viser en mortalitetsrisiko på hhv. 10%, 30% og 76-82% for Child-Pugh-gruppe A, B og C [26]. Dog er MELD-scoren vurderet til at være mere specifik og individualiseret, da en enkelt pointstigning har vist en 14% stigning i mortaliteten [25].

Infektiøse komplikationer

Efter kolorektal cancer-kirurgi ses der postoperativ sepsis hos op til 5% af patienterne [27]. Et nyere noncancerstudie baseret på forskellige former for elektiv kirurgi viser, at en ud af otte patienter, der har overlevet postoperativ sepsis, dør inden for det første år efter udskrivelsen [30]. Der findes ikke gode modeller til specifikt at prædiktere sepsis eller sårinfektioner. Med den universelle ACS NSQIP-risikoberegner kan man ud fra 21 præoperative patientdata og den procedure, der skal udføres, estimere risikoen for den kirurgiske mortalitet samt syv organspecifikke komplikationer herunder pneumoni, sårinfektion, urinvejsinfektion, nyresvigt og generelle kardiale komplikationer. Resultaterne for infektiøse komplikationer er dog endnu ikke gode [9].

Der findes også mere komplekse metoder, hvoraf der senest i et kirurgisk studie med patienter med kolorektal cancer er fundet en sammenhæng mellem udviklingen af sepsis og en score, der er benævnt SNAQ/GFI/Sarcopenia [27]. Scoren er en kombination af tre redskaber, der består af Short Nutritional Assessment Questionnaire (SNAQ), Groningen Frailty Indicator (GFI) og sarkopeni vurderet ud fra abdominal CT.

DISKUSSION

I et nyligt publiceret dansk studie har man påvist, at der i gennemsnit gik ti dage fra kirurgi til en sårinfek-

TABEL 3

Værktøjer til prædiktering af postoperative pulmonale, kardiale og renale komplikationer.

Reference	n	Outcome	Kirurgi	Variable	Overordnede fund ^a	
					risikoklasse	risiko fo komplikation, %
Canet et al [11] Jf. Tabel 2	2.464	Pulmonale komplikationer ^b	Blandet Akut + elektiv	Alder, SAT, respiratorisk infektion inden for 1 md., Hb, incisionssted, kirurgi varighed, akut procedure	Lav risiko: < 26 p.	1,6
					Moderat risiko: 26-44 p. Sensitivitet 87,3% Specificitet 79,1%	13,3
					Høj risiko: ≥ 45 p. Sensitivitet 61,9% Specificitet 96,5%	42,1
Canet et al [17]	5.384	Respirationsvejs-insufficiens	Blandet Akut + elektiv	SAT, respirationsvejsymptomer, kronisk leversygdom, hjerteinsufficiens, incisionssted, kirurgi varighed, akut kirurgi	Lav risiko < 12 p.	1,1
					Moderat risiko 12-22 p. Sensitivitet 84,6% Specificitet 63,3%	4,6
					Høj risiko ≥ 23 p. Sensitivitet 55,9% Specificitet 89,4%	18,8
Arozullah et al [15]	181.109 ^c	Respirationsvejs-insufficiens	Blandet	Alder, KOL, funktionel afhængighed, P-karbamid, P-albumin, kirurgitype, akut kirurgi	Klasse 1: ≤ 10 p.	0,5
					Klasse 2: 11-19 p.	2,2
					Klasse 3: 20-27 p.	5,0
					Klasse 4: 28-40 p.	11,6
					Klasse 5: > 40 p.	30,5
Arozullah et al [16]	316.071 ^c	Pneumoni	Blandet Akut + elektiv	Alder, KOL, funktionel afhængighed, tidl. slagtilfælde, vægttab > 10% på 6 mdr., nedsat sensibilitet, rygning, alkohol, steroidforbrug, blodtransfusion, S-karbamid, generel anæstesi, kirurgitype	Klasse 1: 0-15 p.	0,24
					Klasse 2: 16-25 p.	1,18
					Klasse 3: 26-40 p.	4,6
					Klasse 4: 41-55 p.	10,8
					Klasse 5: > 55 p.	15,9
Gupta et al [13]	468.795	Respirationsvejs-insufficiens	Blandet Akut + elektiv	Funktionel afhængighed, ASA, præoperativ sepsis, kirurgitype, akut kirurgi	Onlinerisikoberegner eller Excel-ark der kan downloades	
Gupta et al [14]	468.795	Pneumoni	Blandet Akut + elektiv	Alder, KOL, funktionel afhængighed, ASA, præoperativ sepsis, kirurgitype, rygning	Onlinerisikoberegner eller Excel-ark der kan downloades	
Lee et al [5] Jf. Tabel 1	4.315	Kardiale komplikationer ^d	Nonkardial Elektiv	Højrisikokirurgi, iskæmisk hjertesygdom, hjerteinsufficiens, cerebrovaskulær sygdom, insulinbehandlet diabetes, S-kreatinin	RCRI 0	0,4
					RCRI 1	0,9
					RCRI 2	6,6
					RCRI 3	11,0
Gupta et al [4]	468.795	MICA ^e	Blandet Akut + elektiv	Kirurgitype, funktionel afhængighed, S-kreatinin, ASA, alder	Onlinerisikoberegner eller Excel-ark der kan downloades	
Alrezk et al [10]	1.070.357	MICA	Nonkardial Elektiv	Kirurgitype, hjerteinsufficiens, tidl. slagtilfælde, diabetes mellitus-status, S-kreatinin, ASA, funktionel status	Onlinerisikoberegner	
Ramonell et al [19]	21.720	Akut nyreinsufficiens	Kolorektal kirurgi Akut + elektiv	Køn, funktionel status, dyspnø, hypertension, præoperativ akut nyreinsufficiens, ASA, S-kreatinin, S-albumin og akut kirurgi	Lav risiko 0-13 p. Moderat risiko 32-47 p. Høj risiko ≥ 48 p.	≤ 5 6-19 ≥ 20
Kheterpal et al [20]	75.952	Akut nyreinsufficiens	Blandet Akut + elektiv	Alder, køn, akut kirurgi, intraperitoneal kirurgi, diabetes mellitus, ascites, hypertension, præoperativ mild/moderat nyreinsufficiens	0-2 risikofaktorer	0,2
					3 risikofaktorer	0,8
					4 risikofaktorer	2,0
					5 risikofaktorer	3,6
					6 risikofaktorer	9,5
Bilmoiria et al [9]	1.414.006	Mortalitet, morbiditet, kardiale komplikationer, pneumoni, sårinfektion, urinvejsinfektion og nyresvigt	Blandet Akut + elektiv	Alder, køn, akut kirurgi, ASA, steroidforbrug, ascites, sepsis, afhængig af ventilator, dissemineret cancer, diabetes, behandlingskrævende diabetes, hjerteinsufficiens, dyspnø, rygning, svær KOL, dialyse, akut nyreinsufficiens, BMI	Onlinerisikoberegner	

ASA = American Society of Anesthesiologists-score; Hb = hæmoglobinkoncentration; MICA = myokardieinfarkt og hjertestop; P = plasmakoncentration; p. = point; RCRI = Revised Cardiac Risk Index; S = serumkoncentration; SAT = iltmætning.

- a) Risikoen beregnes enten ved en summering af point eller vha. onlinemodeller.
 b) Luftvejsinfektioner, respirationsinsufficiens, pleuraeffusion, atelektase, pneumothorax, bronkospasmer og aspirationspneumoni.
 c) Flest mænd.
 d) Myokardieinfarkt, lungeødem, komplet grenblok, ventrikelflimren og hjertestop.
 e) Myokardieinfarkt og hjertestop.

tion og 3-5 dage til pulmonale komplikationer efter akut og elektiv laparotomi. Desuden fik 24% af patienterne mindst én komplikation [12]. Hvis man kan foretage en organspecifik risikovurdering, kan man præ-, peri- og postoperativt sætte det pågældende organsystem i fokus. Dette kan være med til at afgøre, hvem der f.eks. kunne profitere af en udvidet kardiologisk eller geriatrisk vurdering, og hvilke tiltag, man kan gøre før kirurgi. Om man reelt kan ændre risikoen, når man først har identificeret den ved hjælp af disse organspecifikke modeller, er endnu ikke afklaret.

Det er især de skrøbelige og ældre patienter med komorbiditeter, som udgør højrisikogruppen [1]. En skrøbelig patient har, uafhængigt af alderen, en nedsat fysiologisk reserve, hvilket resulterer i en betydelig øget risiko for postoperative komplikationer og mortalitet [21, 27]. Der findes i dag overordnede modeller som f.eks. *frailty*-scorer og sarkopenimålinger til prædiktering af dette, og de kan formentlig med fordel kombineres med de nævnte organspecifikke værktøjer.

Ved at inddrage sådanne værktøjer i klinisk praksis kan man udvikle risikostratificerede og skræddersyede kirurgiske udredninger og multimodale interventioner for højrisikogruppen. Risikostratificeringsværktøjer kan dog på nuværende tidspunkt ikke stå alene, men er tænkt som et støtteværktøj for klinikerne. Med en ganske lille indsats kan disse simple og lettilgængelige værktøjer implementeres i klinisk praksis i Danmark og guide os til at tage bedre kirurgiske beslutninger for højrisikopatienterne.

SUMMARY

Aysun Avci, Jakob Burcharth, Thomas Bech Lunen & Ismail Gögenur:

Preoperative organ-specific assessment of risk of postoperative complications

Ugeskr Læger 2019;181:V06180440

Several scoring systems exist for assessing the risk of postoperative organ-specific complications. An accurate estimation can help to identify the high-risk surgical patients, thus providing opportunities for an individualised and improved patient care. Such estimates can guide the pre- and perioperative management, allow shared decision-making with the patient, and target post-operative care.

KORRESPONDANCE: Aysun Avci. E-mail: ayav@regionsjaelland.dk

ANTAGET: 23. oktober 2018

PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK: 11. marts 2019

INTERESSEKONFLIKTER: ingen. Forfatternes ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

LITTERATUR

- Pearse RM, Harrison DA, James P et al. Identification and characterisation of the high-risk surgical population in the United Kingdom. *Crit Care* 2006;10:R81.
- Ferraris VA, Bolanos M, Martin JT et al. Identification of patients with postoperative complications who are at risk for failure to rescue. *JAMA Surg* 2014;149:1103-8.
- Khan J, Alonso-Coello P, Devereaux PJ et al. Myocardial injury after

- noncardiac surgery. *Curr Opin Cardiol* 2014;29:307-11.
- Gupta PK, Gupta H, Sundaram A et al. Development and validation of a risk calculator for prediction of cardiac risk after surgery. *Circulation* 2011;124:381-7.
- Lee TH, Marcantonio ER, Mangione CM et al. Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major noncardiac surgery. *Circulation* 1999;100:1043-9.
- Kristensen SD, Knuuti J, Saraste A et al. New ESC/ESA guidelines on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management. *Eur Heart J* 2014;35:2344-5.
- Fleisher LA, Fleischmann KE, Auerbach AD et al. ACC/AHA Guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients undergoing noncardiac surgery: executive summary. *J Am Coll Cardiol* 2014;64:77-137.
- Andersson C, Wissenberg M, Jørgensen ME et al. Age-specific performance of the revised cardiac risk index for predicting cardiovascular risk in elective noncardiac surgery. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2015;8:103-8.
- Bilmoiria KY, Liu Y, Paruch JL et al. Development and evaluation of the universal ACS NSQIP surgical risk calculator: a decision aid and informed consent tool for patients and surgeons. *J Am Coll Surg* 2013;217:833-42.
- Alrezk R, Jackson N, Al Rezk M et al. Derivation and validation of a geriatric-sensitive perioperative cardiac risk index. *J Am Heart Assoc* 2017;6:27.
- Canet J, Gallart L, Gomar C et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a populationbased surgical cohort. *Anesthesiology* 2010;113:1338-50.
- Gundel O, Gundersen S, Dahl R. Timing of surgical site infection and pulmonary complications after laparotomy. *Int J Surg* 2018;52:56-60.
- Gupta H, Gupta PK, Fang X et al. Development and validation of a risk calculator predicting postoperative respiratory failure. *Chest* 2011;140:1207-15.
- Gupta H, Gupta PK, Schuller D et al. Development and validation of a risk calculator for predicting postoperative pneumonia. *Mayo Clin Proc* 2013;88:1241-9.
- Arozullah AM, Daley J, Henderson WG et al. Multifactorial risk index for predicting postoperative respiratory failure in men after major noncardiac surgery. *Ann Surg* 2000;232:242-53.
- Arozullah AM, Khuri SF, Henderson WG et al. Development and validation of a multifactorial risk index for predicting postoperative pneumonia after major noncardiac surgery. *Ann Intern Med* 2001;135:847-57.
- Canet J, Sabaté S, Mazo V et al. Development and validation of a score to predict postoperative respiratory failure in a multicenter european cohort: a prospective, observational study. *Eur J Anaesthesiol* 2015;32:458-70.
- Fernandez-Bustamante A, Frenzl G, Sprung J et al. Postoperative pulmonary complications, early mortality, and hospital stay following noncardiothoracic surgery: a multicenter study by the perioperative research network investigators. *JAMA Surg* 2017;152:157-66.
- Ramonell KM, Fang S, Perez SD et al. Development and validation of a risk calculator for renal complications after colorectal surgery using the National Surgical Quality Improvement Program Participant use files. *Am Surg* 2016;82:1244-9.
- Mansour A, Watson W, Shayani V et al. Abdominal operations in patients with cirrhosis: still a major surgical challenge. *Surgery* 1997;122:730-6.
- Dworkin A, Lee DS, An AR et al. A simple tool to predict development of delirium after elective surgery. *J Am Geriatr Soc* 2016;64:149-53.
- Min L, Hall K, Finlayson E et al. Estimating risk of postsurgical general and geriatric complications using the VESPA preoperative tool. *JAMA Surg* 2017;152:1126-33.
- Raats JW, van Eijdsen WA, Rogier MPH et al. Risk factors and outcomes for postoperative delirium after major surgery in elderly patients. *PLoS One* 2015;10:E0136071.
- Henriksen NA, Helgstrand F, Gögenur I. Skrøbelige patienter og kirurgi. *Ugeskr Læger* 2016;178:V06160399.
- Teh SH, Nagorney DM, Stevens SR et al. Risk factors for mortality after surgery in patients with cirrhosis. *Gastroenterology* 2007;132:1261-9.
- Mansour A, Watson W, Shayani V et al. Abdominal operations in patients with cirrhosis: still a major surgical challenge. *Surgery* 1997;122:730-6.
- Reisinger W, van Vugt JL, Tegels JJ et al. Functional compromise reflected by sarcopenia, frailty, and nutritional depletion predicts adverse postoperative outcome after colorectal cancer surgery. *Ann Surg* 2015;261:345-52.
- O'Connor ME, Hewson RW, Kirwan CJ et al. Acute kidney injury and mortality 1 year after major non-cardiac surgery. *BJ Surg* 2017;104:868-76.
- Montomoli J, Erichsen R, Christiansen CF et al. Liver disease and 30-day mortality after colorectal cancer surgery: a Danish population-based cohort study. *BMS Gastroenterol* 2013;13:66.
- Ou L, Chen J, Hillman K et al. The impact of post-operative sepsis on mortality after hospital discharge among elective surgical patients: a population-based cohort study. *Crit Care* 2017;21:34.