

University of Groningen

Education in laparoscopic surgery

Kramp, Kelvin Harvey

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2016

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Kramp, K. H. (2016). *Education in laparoscopic surgery: All eyes towards in vivo training*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

Het doel van dit proefschrift is de verbetering van de selectie, training en beoordeling in de laparoscopische chirurgie.

De beoordelingswijze van kandidaten voor medische specialisaties die deels afhankelijk zijn van laparoscopische vaardigheden is subjectief en onvoldoende wetenschappelijk onderbouwd. Hoewel sommige educatieve instellingen in de tandheelkunde, luchtvaart en ruimtevaart al langere tijd minimumscores op neuropsychologische testen hanteren, zijn de uitkomsten van studies naar de voorspellende waarde van deze testen in de laparoscopische chirurgie niet eenduidig. Deel I (Hoofdstuk 2) van dit proefschrift bevat een overzicht van de literatuur die de voorspellende waarde van deze neuropsychologische testen heeft onderzocht in de laparoscopische chirurgie. Er werd een meta-analyse uitgevoerd om de voorspellende waarde te evalueren van 4 neuropsychologische testen: ruimtelijk-inzicht, perceptuele vaardigheden, psychomotorische vaardigheden en simulator vaardigheden. Hoewel al deze neuropsychologische testen een significante correlatie vertoonden met laparoscopische chirurgie (ruimtelijk-inzicht ($r = 0.32$; $p < 0.001$), perceptuele vaardigheden ($r = 0.31$; $p < 0.001$) en psychomotorische vaardigheden ($r = 0.26$; $p = 0.003$)), werd de hoogste correlatie gevonden tussen laparoscopische chirurgie en laparoscopische vaardigheden gemeten op een simulator ($r = 0.64$; $p < 0.001$). Simulators zijn tegenwoordig wijdverspreid beschikbaar op chirurgische afdelingen die betrokken zijn bij de educatie van laparoscopische chirurgie. Daarom is het gebruik van deze simulators de meest voor de hand liggende methode voor de beoordeling van de geschiktheid voor het leren van laparoscopische vaardigheden. In het kader van een sollicitatieprocedure voor een opleidingsplek tot chirurg moet de uitkomst van een neuropsychologische test of van laparoscopische vaardigheden op een simulator natuurlijk altijd worden beoordeeld in samenspraak met andere competenties (medische kennis, communicatieve vaardigheden, beslisvaardigheden, etc.).

Deel II is gefocust op de training van artsen in opleiding tot chirurg op de operatiekamer. De training op het gebied van laparoscopische vaardigheden is op dit moment niet gestandaardiseerd en een groot deel van het leerproces vindt plaats in de risicovolle leeromgeving van een operatiekamer.

Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de verbale correcties gegeven door supervisors tijdens een laparoscopische cholecystectomie. In het ideale geval zou een arts in opleiding tot chirurg de gehele leercurve voor procedurele training doorlopen in een simulator. Echter, de huidige prestatiemetingen op simulators zijn vaak enkel gebaseerd op psychomotorische vaardigheden zoals de gebruikte tijd voor het voltooien van een taak, de afgelegde afstand van de instrumenten en het aantal botsingen tussen de instrumenten. Deze meetwaarden weerspiegelen slechts een klein deel van het spectrum aan vaardigheden dat nodig is voor veilige laparoscopische chirurgie op de operatiekamer. De resultaten van onze analyse toonden aan dat 11 aspecten van het gedrag van artsen in opleiding tot chirurg op de operatiekamer verantwoordelijk zijn voor 80% van het aantal verbale correcties gegeven door supervisors. Onder deze 11 aspecten vallen onder andere het uitvoeren van tractie met de (niet-dominante) linkerhand in de juiste richting en met de juiste kracht, het kiezen van een correct snijvlak en het inbrengen van de trocars op de juiste plaats en in de juiste richting. We demonstreerden middels deze analyse dat de Pareto-analyse kan worden gezien als een methode om laparoscopie training in het skillslab beter te kalibreren op de uitdagingen die artsen in opleiding tot chirurg tegenkomen in de operatiekamer. In de toekomst moeten op het Pareto-principe gebaseerde onderwijsmethoden geëvalueerd worden om te bepalen of deze analyse van trainingsbehoefte werkelijk leidt tot een efficiëntere training.

In hoofdstuk 4 worden twee vaak gebruikte opstellingen voor het uitvoeren van een laparoscopische cholecystectomie, 'the French position' en 'the American position', met elkaar vergeleken. De

operatiepositie die wordt aangeleerd tijdens de training is vaak de operatie positie die een arts in opleiding tot chirurg de rest van zijn of haar leven zal gebruiken. Vanwege het verschil in oriëntatie van de chirurg t.o.v. het werkveld zou men verwachten dat the French position beter is dan the American position. Bij vergelijking van de wervelkolom van de chirurg in de twee operatieposities werd er geen significant verschil gevonden in cervicale flexie/extensie ($p = 0.273$), thoracolumbaire flexie/extensie ($p = 0.273$), cervicale torsie ($p = 0.715$), thoracolumbaire torsie ($p = 0.465$), cervicale lateroflexie ($p = 0.144$), of thoracolumbaire lateroflexie ($p = 0.465$). Er werd tevens geen significant verschil gevonden in de hoeveelheid tijd binnen een ergonomisch acceptabele houding in het sagittale vlak van de cervicale wervelkolom (French position, 71.5%; American position, 71.5%; $p = 0.273$) en de thoracolumbaire wervelkolom (French position, 97.5%; American position, 95.1%; $p = 0.715$), het horizontale vlak van de cervicale wervelkolom (French position, 97.0%; American position, 82.8%; $p = 0.144$) en de thoracolumbaire wervelkolom (French position, 94.7%; American position, 98.6%; $p = 0.144$) en het coronale vlak van de cervicale wervelkolom (French position, 98.4%; American position, 97.0%; $p = 0.715$) en de thoracolumbaire wervelkolom (French position, 98.3%; American position, 97.4%; $p = 1.000$). Deze resultaten wijzen erop dat, in een operatiekamer ingericht voor minimale invasieve chirurgie, het niet uitmaakt voor de wervelkolom of de operatie in the French position of the American position wordt uitgevoerd. Het meest waarschijnlijk is dit een gevolg van de verplaatsbare monitors in operatiekamers aangepast voor laparoscopische chirurgie. Hoewel the American position voor de wervelkolom even ergonomisch blijkt te zijn als the French position, kunnen we geen uitspraken doen over de houding van de ledematen. Gezien de positie van de chirurg in the American position kunnen juist de armen en schouders at risk zijn voor overbelasting in deze operatieopstelling. Meer onderzoek is nodig om te evalueren of the French position en the American position dezelfde mate van comfort bieden aan de bovenste extremiteiten tijdens een laparoscopische cholecystectomie.

In hoofdstuk 5 worden de key steps van twee procedures beschreven die standaard met laparoscopische technieken worden uitgevoerd. In deze studie wordt een gevalideerde methode, de Delphi-methode, gebruikt om consensus te bereiken tussen 21 experts over welke stappen van de laparoscopische cholecystectomie en appendectomie tot de key steps van de procedure behoren. Er werd overeenstemming bereikt over key steps in de eerste ronde voor de laparoscopische appendectomie (Cronbach's alpha 0.92) en de laparoscopische cholecystectomie (Cronbach's alpha 0.90). Na de tweede ronde werden er 15 key steps voor de laparoscopische appendectomie en 30 key steps voor de cholecystectomie beoordeeld als belangrijk (score $\geq 4/5$) door minimaal 80% van het expertpanel. Deze key steps zullen worden gebruikt voor gestandaardiseerde training en beoordeling voor artsen in opleiding tot chirurg in Noordoost-Nederland. Een procedure specifieke beoordeling gebaseerd op deze key steps werd geëvalueerd in deel III.

In deel III wordt de subjectiviteit in de huidige beoordeling van operatieve vaardigheden aangekaart en wordt er gezocht naar een praktische methode voor het evalueren en feedback geven op het gebied van procedure specifieke vaardigheden.

Hoofdstuk 6 beschrijft de belangrijke aspecten van de psychometrie achter het concept inter-beoordelaars betrouwbaarheid. Er zijn twintigvoudige verschillen gerapporteerd in de inter-beoordelaars betrouwbaarheid berekend met de 6 verschillende berekenmodellen van de intra-class correlation coefficient (ICC), een veelgebruikte coëfficiënt voor het berekenen van de inter-beoordelaars betrouwbaarheid. Dit lijkt een probleem te zijn in onderzoek naar chirurgische training gezien het feit dat in het merendeel van de gevallen niet wordt beschreven welk model gebruikt is voor het berekenen van de ICC. Ten tweede zijn er een aantal problemen in de evaluatie van de kwaliteit van betrouwbaarheidsonderzoek in chirurgische training. Sommige van deze kwaliteitsaspecten hebben overeenkomsten met onderzoek naar medicijnen, zoals het randomiseren en het blinderen van participanten, maar manifesteren zich anders in inter-beoordelaars betrouwbaarheidsonderzoek. Ten derde is de correcte interpretatie wijze van de ICC afhankelijk van

het doel van het beoordelingsinstrument. Cut-off waarden, betrouwbaarheidsintervallen en waarschijnlijkheidsdistributies zijn opties die kunnen worden overwogen bij de interpretatie. Het is daarnaast belangrijk om een constructivistisch sociaalpsychologisch perspectief in beschouwing te nemen. Vanuit dit perspectief wordt onder andere beargumenteerd dat verschillende beoordelingen van supervisors beschouwd kunnen worden als gelijkwaardig, terwijl deze beoordelingen kwantitatief van elkaar verschillen. Dit kan omdat de beoordelingen zijn gebaseerd op de individuele professionele ervaring, kennis en socialisatie van de beoordelende chirurg.

Hoofdstuk 7 beschrijft de validiteit en betrouwbaarheid van een Global Rating Scale (GRS) die speciaal ontwikkeld is voor de beoordeling van laparoscopische vaardigheden, namelijk de Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS). GOALS werd gebruikt om geblindeerde gerandomiseerde videofragmenten van een laparoscopische cholecystectomie te beoordelen. De video-opnames van 6 opeenvolgende laparoscopische cholecystectomiën uitgevoerd door 10 artsen in opleiding tot chirurg werden gebruikt om telkens fragmenten van 3 delen van de operatie te creëren. In totaal konden 160 gerandomiseerde videofragmenten worden beoordeeld door 2 geblindeerde laparoscopische chirurgen die geen eerdere ervaring hadden met GOALS. Onze studie ondersteunt het huidige bewijs dat GOALS een valide beoordelingsmethode is voor de beoordeling van beginnende artsen in opleiding tot chirurg die een laparoscopische cholecystectomie uitvoeren onder supervisie. Echter, de betrouwbaarheid was in deze studie laag (ICC = 0.37) vergeleken met andere studies. Er zijn een aantal oorzaken die hiervoor verantwoordelijk zouden kunnen zijn: intrinsieke/extrinsieke motivatie van de beoordelaars, vermoeidheid, een gebrek aan training in het gebruik van GOALS en/of de Likert-schaal die gebruikt wordt in GRSs. Deze bevinding is in ieder geval een motivatie geweest voor het gebruik van een meer rigoureuze methodologie in de studie naar de beoordeling van chirurgische vaardigheden die is beschreven in hoofdstuk 8.

Hoofdstuk 8 beschrijft een nieuwe methode voor de beoordeling van procedurele vaardigheden: de onafhankelijkheid geschaalde procedurele beoordeling. In deze studie werd een procedurele beoordeling ontwikkeld door de met de Delphi methode opgestelde key steps te koppelen aan een schaal van onafhankelijkheid. De schaal bestaat uit vijf verschillende niveaus voor elke stap: 0) heeft de stap niet uitgevoerd, 1) is in staat een deel van de stap uit te voeren, 2) voert de stap uit met veel begeleiding en instructies, 3) voert de stap uit met minimale begeleiding en instructies en 4) kan de gehele taak onafhankelijk, veilig en vaardig uitvoeren. De procedurele beoordeling werd vergeleken met twee GRSs, de Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) en de GOALS, in termen van validiteit, betrouwbaarheid en support onder 10 chirurgen en 6 OK-assistenten. De participanten beoordeelden geblindeerde en ondertitelde video's van drie artsen in opleiding tot chirurg: 1) een beginner, 2) een gevorderde beginner en 3) een bijna competente persoon in het uitvoeren van de laparoscopische cholecystectomie. Met het oog op de bevindingen in hoofdstuk 7 probeerden we de participanten te kalibreren door ze een korte video te tonen van laparoscopische vaardigheden op het laagste en het hoogste niveau van de schalen van de GRSs. In tegenstelling tot de procedurele beoordeling, waren de GRSs niet in staat een onderscheid te maken tussen de gevorderde beginnende arts en de bijna competente arts in opleiding tot chirurg. Het discriminerend vermogen van de procedurele beoordeling was dus hoger dan die van de GRSs. Verder werd er een goede inter-beoordelaars betrouwbaarheid gevonden voor de GRSs (OSATS 0.78; $p < 0.05$ en GOALS 0.74; $p < 0.05$), maar de inter-beoordelaars betrouwbaarheid was bijna perfect voor de procedure specifieke beoordeling (0.84; $p < 0.05$). Een enquête gedistribueerd onder de participanten samen met de beoordelingsformulieren toonde aan dat de meeste chirurgen van mening waren dat de onafhankelijkheid geschaalde procedurele beoordeling: 1) een beter beeld geeft van procedurele vaardigheden dan de GRSs, 2) objectiever is dan de GRSs en 3) zou moeten worden gereproduceerd voor andere laparoscopische procedures dan de cholecystectomie. Deze bevindingen lijken erop te wijzen dat de onafhankelijkheid geschaalde procedurele beoordeling een instrument is dat voldoet aan de eisen voor postoperatieve feedback, maar mogelijk ook voor zogenaamde 'high-stakes' beoordelingen, zoals certificatie. Ten slotte, werd de betrouwbaarheidscoëfficiënt hoger wanneer de

beoordelingen van de OK-assistenten werden toegevoegd aan die van de chirurgen. Dit wijst erop dat OK-assistenten een betrouwbare bron van feedback zijn op het gebied van operatieve vaardigheden en daarin een bijdragende rol kunnen spelen.

Het is interessant dat de stap 'dissectie van de driehoek van Calot' een matige betrouwbaarheid vertoonde (ICC = 0.50). Deze stap wordt gezien als de moeilijkste stap tijdens de procedure. Het voltooien van deze stap vereist op sommige momenten het simultaan uitvoeren van een set complexe technische vaardigheden. In het perspectief van de constructivistische sociaalpsychologische benadering richt iedere beoordelaar zich, op basis van hun eigen ervaring en socialisatie, daarom op verschillende aspecten van de vaardigheden die nodig zijn om deze stap veilig te voltooien. Waarschijnlijk leidt dit fenomeen tot een lagere inter-beoordelaars betrouwbaarheid dan voor de minder moeilijke stappen. Dus, hoewel de overeenstemming laag is, betekent dit niet per se dat de ene beoordeling beter is dan de ander. De beoordelingen kunnen alle een valide beeld geven van de vaardigheden die nodig zijn tijdens de dissectie van de driehoek van Calot, omdat ze alle gebaseerd zijn op unieke professionele ervaring. Verder kwantitatief, maar zeker ook kwalitatief, onderzoek is nodig om vast te stellen of deze verlaging in inter-beoordelaars betrouwbaarheid kan worden voorkomen door (praktische) aanpassingen in de wijze van beoordeling.

Appendix

Appendix A

The following formulas were used to convert correlation coefficients:

- In the case of subjective metrics, e.g. blinded assessment by experts, the reported inter rater reliability was used as an attenuation factor to calculate the corrected correlation (r_c) with the formula¹:

$$r_c = \frac{r_{obs}}{\sqrt{r_{apt}r_{sm}}} \quad (1)$$

where, r_{apt} = reliability of aptitude test (assumed to be equal to 1) and r_{sm} = reported reliability of subjective metric.

- In the case of non-parametric independent group comparisons with p-values < 0.05, the critical values of the Mann-Whitney U values were converted to r point-biserial (r_{pb}) with the formula²:

$$r_{pb} = 1 - \frac{2U}{n_1 n_2} \quad (2)$$

where, U = Mann Whitney U value for $\alpha_2 = 0.05$ and n_1 and n_2 are the number of participants in group 1 and 2. Because r_{pb} is a poor estimate of r, r_{pb} was consequently converted into r biserial (r_b) with the formula:

$$r_b = \frac{r_{pb} \sqrt{p_1 p_2}}{y} \quad (3)$$

where, p_1 and p_2 are the portions of group 1 and 2 and y is the y-value of the normal distribution at the z-score of the larger portion.

- When correlations were calculated with the Kendall tau rank correlation, the correlations were converted to the corresponding Pearson correlation with the formula³:

$$r_\tau = \sin(0.5\pi\tau) \quad (4)$$

- The critical Pearson correlation was calculated with the formula²:

$$r_{cv} = \sqrt{\frac{1}{\left(\left(\frac{N-2}{t^2}\right) + 1\right)}}$$

(5)

where, $t = t_{\text{critical value}}$ at $\alpha_2 = 0.05$ and $df = N - 2$.

To compensate for the partial independence between correlation because of the commonalities in study setting in which the different correlations were measured within a participant group, the following formula was used in the calculations of the mean variance (v_{group}) of the participant group effect sizes⁴:

$$V_{\text{group}} = \frac{v(1 + (m-1)r_x)}{m}$$

(6)

where, r_x is the correlation between the correlations of a participant group, m =number of correlations calculated with a particular group within a study and v =variance of the participant group effect size calculated on the basis of the number of participants within the group. If r_x is defined as 0, it means that the reported correlations can be seen as multiple independent studies. This leads to a decrease in the variance and can lead to overestimation of the precision of the summary correlation. A r_x value of 1 means that the correlations are entirely interdependent and leads to an underestimation of precision of the summary correlation. As no correlations could be identified in the literature that could be used to correct the partial interdependence between the study correlations, $r_x=0.5$ was used as a compromise between the two extremes.

1. Kock, A & Gemünden HG. A Guideline to meta-analysis. Retrieved April 1 from <https://www.tim.tu-berlin.de>.
2. De Coster J. Meta-analysis notes. Retrieved April 1 2015 from <http://www.stat-help.com/notes.html>.
3. Walker DA. JMASM9: converting Kendall's tau for correlational or meta-analytic analyses. *Journal of Modern Applied Statistical*. 2003;2(2);525-530.
4. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons, Ltd.; West Sussex (England): 2009.

Appendix B

Author	Year	Reason for exclusion
Buckley	2013	Used a composite score of visual-spatial ability, perceptual ability and psychomotor ability
Buckley	2014	Used a composite score of visual-spatial ability, perceptual ability and psychomotor ability
Bartenbach	2014	Used only linear regression
Rosenthal	2006	Used only ANOVA to evaluate differences in learning plateau
Bruwaene	2014	Visual-spatial ability was only used to ascertain comparability between groups
Cadeddu	2003	Used non-linear causal resource analysis.
Utesch	2014	Technical difficulties with the simulator and/or misunderstanding of aptitude tests.
Hilgerink	2014	

Appendix C

Quality assessment based on QUADAS-2. ¹

Risk of bias		
Participant selection	Could the selection of participants have introduced bias?	1) Homogeneous group of participants (non-medical students/medical students/untrained trainees/trained trainees and consultants).
		2) >40 participants included or not significant correlations reported. ²
Index test	Could the conduct or interpretation of the index test have introduced bias?	Was the calculation method for the final score of the aptitude test not altered and was the calculation method reported?
Reference standard	Could the reference standard, its conduct, or its interpretation have introduced bias?	1) Was a validated method used to measure laparoscopic skills? (construct, concurrent or predictive validity of simulator metrics or subjective assessment has been shown within the study or previous literature)
		2) Was the performance score of laparoscopic skills not altered from the validated calculation method?
Flow and timing	Could the participant flow have introduced bias?	All recruited participants perform the aptitude test and laparoscopic skills measurement and were all included in the analysis or it is shown that the participants who completed their participation did not display different characteristics than the original group of participants.
Applicability		
Participant selection	Are there concerns that the included participants and setting do not match the review question?	Participants have interest in surgery or were motivated for participation by incentives. ³
Index test	Are there concerns that the index test, its conduct, or interpretation will not be applicable to the review question?	1) Was the execution of the aptitude test described in sufficient detail to permit replication of the test?
		2) Did the study describe whether response time was limited or not. ⁴
Reference standard	Are there concerns that the target condition as defined by the reference standard will not be applicable to the review question?	1) Was a validated method used to measure laparoscopic skills? (construct, concurrent or predictive validity of simulator metrics or subjective assessment has been shown within the study or previous literature)

Y=Yes, N=No, U=Unclear, -=not applicable, a=abstract.

Study			Risk of bias						Applicability			
Nr	Author	Year	Participant selection		Index test	Reference standard		Flow and timing	Participant selection	Index test		Reference standard
			1	2		1	2			1	2	
Visual-spatial ability												
1	Risucci ⁶	2000	N	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	N
2	Eyal ⁷	2001	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
3	Risucci ⁸	2001	N	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N
4	Haluck ⁹	2001	Y	Y	N	U	N	U	U	N	N	N
5a	Keehner ¹⁰	2004	N	Y	Y	Y	Y	U	Y	Y	Y	Y
5b	Keehner ¹⁰	2004	N	Y	Y	Y	Y	U	Y	Y	Y	Y
6	Schijven ¹¹	2004	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	N
7	McClusky ¹²	2005	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N
8	Stefanidis ¹³	2006	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	N
9a	Hedman ¹⁴	2006	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
9b	Hedman ¹⁴	2006	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	N

10	Keehner ¹⁵	2006	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
11	Birbas ¹⁶	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Andalib ¹⁷	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Hassan ¹⁸	2007	U	U	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
14	Enochsson ¹⁹	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Rosenthal ²⁰	2010	N	Y	Y	N	N	U	Y	Y	N	N
16	Sliwinski ²¹	2010	U	N	N	Y	U	U	Y	N	N	N
17	Kolozsvari ³	2011	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
18	Jungmann ²²	2011	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
19	Ahlborg ²³	2011	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
20	Schlickum ²⁴	2011	Y	Y	Y	Y	Y	U	N	Y	Y	N
21	Luursema ²⁵	2012	Y	N	Y	Y	U	N	N	Y	N	N
22a	Ahlborg ²⁶	2012a	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
22b	Ahlborg ²⁶	2012b	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
23a	Nugent ²⁷	2012a	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
23b	Nugent ²⁷	2012b	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
23c	Nugent ²⁷	2012c	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
23d	Nugent ²⁷	2012d	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
23e	Nugent ²⁷	2012e	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
23f	Nugent ²⁷	2012f	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	N	Y	N
24	Nugent ²⁸	2012	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	N
25a	Ahlborg ²⁹	2013	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y
25b	Ahlborg ²⁹	2013	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y
25c	Ahlborg ²⁹	2013	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y
26	Groenier ³⁰	2014	9,13,14,21, 22,25,26,33 -35,37	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	N	N
Perceptual ability												
1	Haluck ⁹	2002	Y	Y	-	U	U	U	U	-	-	Y
2a	Gallagher ³¹	2003	Y	Y	-	N	N	Y	Y	-	-	N
2b	Gallagher ³¹	2003	Y	Y	-	N	N	Y	Y	-	-	N
2c	Gallagher ³¹	2003	N	Y	-	N	N	Y	Y	-	-	N
2d	Gallagher ³¹	2003	Y	Y	-	N	N	Y	Y	-	-	N
3	McClusky ¹²	2005	Y	Y	-	Y	Y	N	Y	-	-	N
4	Stefanidis ¹³	2006	Y	Y	-	Y	Y	N	Y	-	-	N
5	Kolozsvari ³	2011	N	Y	-	Y	Y	Y	N	-	-	N
6a	Nugent ²⁷	2012a	Y	Y	-	Y	Y	Y	N	-	-	N
6b	Nugent ²⁷	2012b	Y	N	-	Y	Y	Y	Y	-	-	N
6c	Nugent ²⁷	2012c	Y	N	-	Y	Y	Y	Y	-	-	N
6d	Nugent ²⁷	2012d	Y	N	-	Y	Y	Y	Y	-	-	N
6e	Nugent ²⁷	2012e	Y	N	-	Y	Y	Y	N	-	-	N
6f	Nugent ²⁷	2012f	Y	Y	-	Y	Y	Y	Y	-	-	N
Psychomotor ability												
1	Schijven ¹¹	2004	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	N
2	Stefanidis ¹³	2006	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N
3a	Nugent ²⁷	2012a	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
3b	Nugent ²⁷	2012b	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
3c	Nugent ²⁷	2012c	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
3d	Nugent ²⁷	2012d	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N

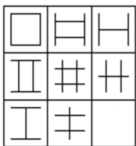
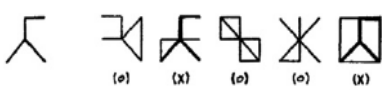
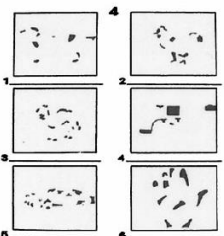


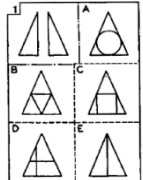
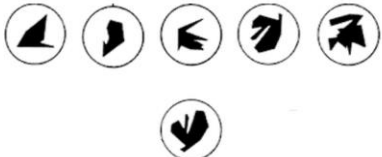
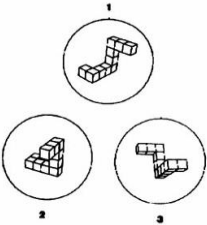
3e	Nugent ²⁷	2012e	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
4	Nugent ²⁸	2012	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	N
Simulator performance metrics												
1	Macmillan ³²	1999	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	-	Y
2a	Chaudhry ³³	1999	N	Y	Y	N	N	N	N	Y	-	N
2b	Chaudhry ³³	1999	N	Y	Y	N	N	N	Y	Y	-	N
2c	Chaudhry ³³	1999	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y	-	N
3	Ahlberg ³⁴	2002	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	-	Y
4	McClusky ¹²	2005	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	-	N
5	Stefanidis ¹³	2006	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	-	N
6	McCluney ³⁵	2007	N	Y	Y	Y	Y	U	Y	Y	-	Y
7	Hogle ³⁶	2008	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	Y
8	Kundhal ³⁷	2009	Y	N	U	Y	Y	Y	Y	U	-	Y
9	Nugent ²⁷	2012	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	N

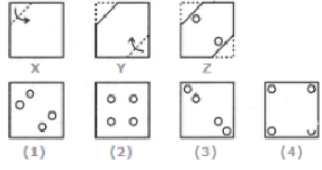
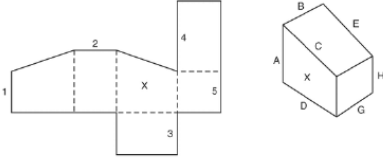
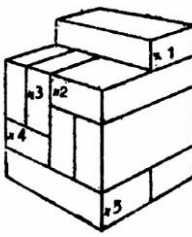
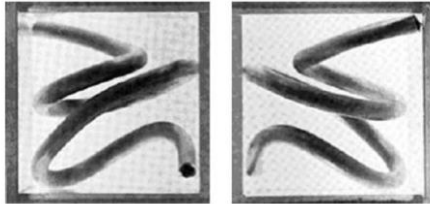
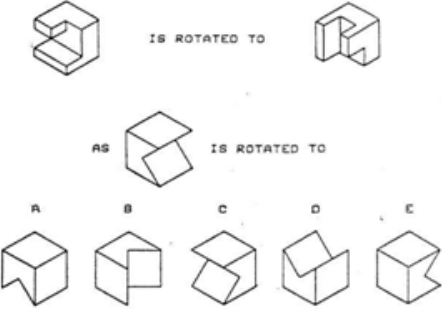
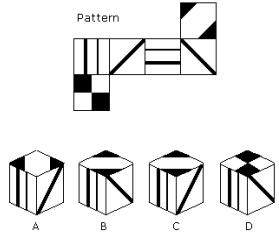
- Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med.* 2011; 155:529–536.
- Wilson Van Voorhis CR, Morgan BL. Understanding Power and Rules of Thumb for Determining Sample Sizes. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology.* 2007;3:43-50.
- Kolozsvari N, Andalib A, Kaneva P, Cao J, Vassiliou M, Fried G, et al. Sex is not everything: the role of gender in early performance of a fundamental laparoscopic skill. *Surg Endosc.* 2011; 25:1037-1042.
- Partchev I, De Boeck P, Steyer R. How much power and speed is measured in this test? *Assessment.* 2013;20:242–52.
- Ritter FE, Baxter GD, Kim JW, Srinivasmurthy, S. Learning and retention. In: Lee JD & Kirlik A, editors. *The Oxford Handbook of Cognitive Engineering* (pp. 125-142). New York, NY: Oxford; 2013. P. 125-142.
- Risucci, Geiss, Gellman, Pinard, Rosser JC. Experience and visual perception in resident acquisition of laparoscopic skills. *Curr Surg.* 2000;57:368–372.
- Eyal R, Tendick F. Spatial ability and learning the use of an angled laparoscope in a virtual environment. *Stud Health Technol Inform.* 2001;81:146–152.
- Risucci D, Geiss A, Gellman L, Pinard B, Rosser J. Surgeon-specific factors in the acquisition of laparoscopic surgical skills. *Am J Surg.* 2001;181:289-93.
- Haluck RS, Gallagher AG, Satava RM. Reliability and validity of Endotower, a virtual reality trainer for angled endoscope navigation. *Stud Health Technol Inform.* 2002;85:179-84.
- Keehner MM, Tendick F, Meng MV, Anwar HP, Hegarty M, Stoller ML, et al. Spatial ability, experience, and skill in laparoscopic surgery. *Am J Surg.* 2004;188:71–75.
- Schijven MP, Jakimowicz JJ, Carter FJ. How to select aspirant laparoscopic surgical trainees: establishing concurrent validity comparing Xitact LS500 index performance scores with standardized psychomotor aptitude test battery scores. *J Surg Res.* 2004;121:112–119.
- McClusky DA, Ritter EM, Lederman AB, Gallagher AG, Smith CD. Correlation between perceptual, visuo-spatial, and psychomotor aptitude to duration of training required to reach performance goals on the MIST-VR surgical simulator. *Am Surg.* 2005;71:13-20.
- Stefanidis D, Korndorffer J, Black F, Dunne J, Sierra R, Touchard C, et al. Psychomotor testing predicts rate of skill acquisition for proficiency-based laparoscopic skills training. *Surgery.* 2006; 140:252-262.
- Hedman L, Ström P, Andersson P, Kjellin A, Wredmark T, Felländer-Tsai L. High-level visual-spatial ability for novices correlates with performance in a visual-spatial complex surgical simulator task. *Surg Endosc.* 2006;20:1275-1280.

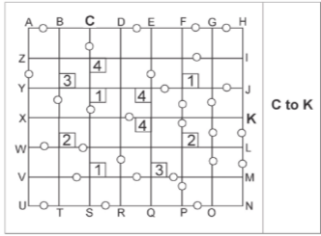
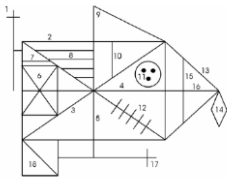
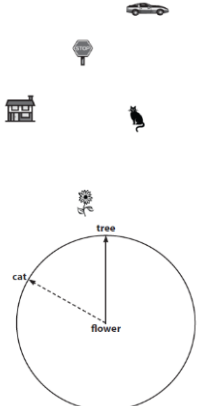
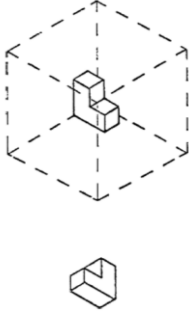
15. Keehner M, Lippa Y, Montello D, Tendick F, Hegarty M. Learning a spatial skill for surgery: how the contributions of abilities change with practice. *Appl Cognit Psychol*. 2006;20:487–503.
16. Birbas KN, Tzafestas CS, Kaklamanos IG, Vezakis AA, Polymeneas G, Bonatsos G. Spatial ability can predict laparoscopy skill performance of novice surgeons. 16th International Congress of the European Association for Endoscopic Surgery (EAES), Stockholm, Sweden, 11–14 June 2008.
17. Andalib A, Feldman LS, Cao J, McCluney AL, Fried GM. Can Innate visuospatial abilities predict the learning curve for acquisition of technical skills in laparoscopy? Scientific Session of the Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES), Dallas, Texas, USA, 26–29 April 2006.
18. Hassan I, Gerdes B, Koller M, Dick B, Hellwig D, Rothmund M, et al. Spatial perception predicts laparoscopic skills on virtual reality laparoscopy simulator. *Childs Nerv Syst*. 2007;23:685–689.
19. Enochsson L, Ahlborg L, Murkes D, Westman B, Hedman L, Kjellin A, Tsai-Felländer L. Visuospatial ability affects the performance of gynaecological simulation in the LapSimGyn® VR simulator. 16th International Congress of the European Association for Endoscopic Surgery (EAES) Stockholm, Sweden, 11–14 June 2008.
20. Rosenthal R, Gantert WA, Scheidegger D, Oertli D. Can skills assessment on a virtual reality trainer predict a surgical trainee’s talent in laparoscopic surgery? *Surg Endosc*. 2006;20:1286–1290.
21. Sliwinski J. Visuo-spatial ability and damage in laparoscopic simulator training. [Bsc thesis]. Tilburg, Noord-Brabant: Tilburg University; 2010; [cited 2015 Jan 7]. Available from: <http://essay.utwente.nl/60117/>.
22. Jungmann F, Gockel I, Hecht H, Kuhr K, Räsänen J, Sihvo E, Lang H. Impact of perceptual ability and mental imagery training on simulated laparoscopic knot-tying in surgical novices using a Nissen fundoplication model. *Scandinavian journal of surgery. Scand J Surg*. 2011; 100:78-85.
23. Ahlborg L, Hedman L, Murkes D, Westman B, Kjellin A, Felländer-Tsai L, Enochsson L. Visuospatial ability correlates with performance in simulated gynecological laparoscopy. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2011;157:73-77.
24. Schlickum M, Hedman L, Enochsson L, Henningsohn L, Kjellin A, Felländer-Tsai L. Surgical simulation tasks challenge visual working memory and visual-spatial ability differently. *World J Surg*. 2011;35:710-715.
25. Luursema J-M, Verwey W, Burie R. Visuospatial ability factors and performance variables in laparoscopic simulator training. *Learning and individual differences*. 2012;22:632-638.
26. Ahlborg L, Hedman L, Rasmussen C, Felländer-Tsai L, Enochsson L. Non-technical factors influence laparoscopic simulator performance among OBGYN residents. *Gynecological Surgery*. 2012;9:415-420.
27. Nugent E. The evaluation of fundamental ability in acquiring minimally invasive surgical skill sets [MD thesis]. Dublin: Royal College of Surgeons in Ireland; 2012 [cited 2015 Jan 6]. Available from: <http://epubs.rcsi.ie/mdtheses/32/>.
28. Nugent E, Hseino H, Boyle E, Mehigan B, Ryan K, Traynor O, Neary P. Assessment of the role of aptitude in the acquisition of advanced laparoscopic surgical skill sets. *Int J Colorectal Dis*. 2012;27:1207-1214.
29. Ahlborg L, Hedman L, Nisell H, Felländer-Tsai L, Enochsson L. Simulator training and non-technical factors improve laparoscopic performance among OBGYN trainees. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2013;92:1194-201.
30. Groenier M, Schraagen J, Miedema H, Broeders I. The role of cognitive abilities in laparoscopic simulator training. *Advances in Health Sciences Education. Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 2014;19:203-17.
31. Gallagher A, Cowie R, Jordan-Black J, Satava R, Crothers I. PicSOR: An objective test of perceptual skill that predicts laparoscopic technical skill in three initial studies of laparoscopic performance. *Surg Endosc*. 2003;17:1468-1471.

32. Macmillan AI & Cuschieri A. Assessment of innate ability and skills for endoscopic manipulations by the Advanced Dundee Endoscopic Psychomotor Tester: predictive and concurrent validity. *Am J Surg.* 1999;177:274–277.
33. Chaudhry A1, Sutton C, Wood J, Stone R, McCloy R. Learning rate for laparoscopic surgical skills on MIST VR, a virtual reality simulator: quality of human-computer interface. *Ann R Coll Surg Engl.* 1999;81:281-286.
34. Ahlberg G, Heikkinen T, Iselius L, Leijonmarck CE, Rutqvist J, Arvidsson D. Does training in a virtual reality simulator improve surgical performance? *Surg Endosc.* 2002;16:126–129.
35. McCluney AL, Vassiliou MC, Kaneva PA, et al. FLS simulator performance predicts intraoperative laparoscopic skill. *Surg Endosc.* 2007;21:1991-1995.
36. Hogle NJ, Widmann WD, Ude AO, Hardy MA, Fowler DL. Does training novices to criteria and does rapid acquisition of skills on laparoscopic simulators have predictive validity or are we just playing video games? *J Surg Educ.* 2008;65:431–435.
37. Kundhal PS & Grantcharov TP. Psychomotor performance measured in a virtual environment correlates with technical skills in the operating room. *Surg Endosc.* 2009;23: 645–649.

Appendix D

Intrinsic static																						
Matrix reasoning	The participant is instructed to draw the next picture in the square right below: ^{1,2} 	Hidden patterns The participant is instructed to identify the figures that contain the same shape as the figure to the left: ³ 																				
Form completion	The participant is instructed to identify the object displayed in the picture: ³ 	Identical pictures The participant is instructed to identify the object that's identical to the object to the left: ³ 																				
Number comparison	The participant is instructed to identify whether the number on the left is identical to those on the right: ³ <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">659 ___ 659</td> <td style="width: 50%;">7343801 ___ 7343801</td> </tr> <tr> <td>73845 X 73855</td> <td>18824 ___ 18824</td> </tr> <tr> <td>1624 ___ 1624</td> <td>709216831 ___ 795816831</td> </tr> <tr> <td>438 X 436</td> <td>971 ___ 971</td> </tr> <tr> <td>4821459 ___ 4814259</td> <td>446014721 ___ 446014721</td> </tr> <tr> <td>698331 ___ 696331</td> <td>5173869 ___ 5178869</td> </tr> <tr> <td>11655 ___ 11658</td> <td>6430017 ___ 6430017</td> </tr> <tr> <td>617439428 ___ 617439428</td> <td>518198045 ___ 518168045</td> </tr> <tr> <td>1860439 ___ 1860439</td> <td>55179 ___ 55097</td> </tr> <tr> <td>90776105 ___ 90716105</td> <td>63216067 ___ 63216057</td> </tr> </table>	659 ___ 659	7343801 ___ 7343801	73845 X 73855	18824 ___ 18824	1624 ___ 1624	709216831 ___ 795816831	438 X 436	971 ___ 971	4821459 ___ 4814259	446014721 ___ 446014721	698331 ___ 696331	5173869 ___ 5178869	11655 ___ 11658	6430017 ___ 6430017	617439428 ___ 617439428	518198045 ___ 518168045	1860439 ___ 1860439	55179 ___ 55097	90776105 ___ 90716105	63216067 ___ 63216057	
659 ___ 659	7343801 ___ 7343801																					
73845 X 73855	18824 ___ 18824																					
1624 ___ 1624	709216831 ___ 795816831																					
438 X 436	971 ___ 971																					
4821459 ___ 4814259	446014721 ___ 446014721																					
698331 ___ 696331	5173869 ___ 5178869																					
11655 ___ 11658	6430017 ___ 6430017																					
617439428 ___ 617439428	518198045 ___ 518168045																					
1860439 ___ 1860439	55179 ___ 55097																					
90776105 ___ 90716105	63216067 ___ 63216057																					
Intrinsic dynamic																						
Cards Rotation (2D)	The participant is instructed to identify the identical objects on the right: ³ 	Minnesota Paper Form Board (2D) The participant is instructed to determine which complex design can be made by fitting together the simple geometric figures. ⁴ 																				
Rotating shapes (2D)	One of the upper shapes is rotated to make the shape below. The participant is instructed to identify whether it is reflected or not. ⁵ 	Orientation The participant is instructed to identify which of the shapes are the same: ⁶ 																				

<p>Paper folding</p>	<p>The participant is instructed to identify the pattern that will appear when a piece of paper is folded and perforated in x, y and z:³</p> 	<p>Surface development</p>	<p>The participant is instructed to indicate which numbered site on the left shape corresponds with which letter on the right shape:³</p> 
<p>Block Touch</p>	<p>The participant is instructed to count the number of blocks touching each of the individual blocks:⁷</p> 	<p>Stumpf-Fay Cube Perspectives</p>	<p>Different views of 21 complex tubular figures have to be judged by the participant with respect to a specific point of view.⁸</p> 
<p>MRT-A (vertical rotation) MRT-C (vertical and horizontal rotation).</p>	<p>Same concept as orientation test. MRT-A contains rotations in vertical direction. MRT-C contains rotations in vertical and horizontal direction and is perceived as more difficult than MRT-A.⁶</p>	<p>Purdue Spatial Visualisation</p>	<p>The participant is instructed to identify which of the rotations are the same.⁹</p> 
<p>Cube Comparison</p>	<p>The participant is instructed to identify the cube that can be made with the object:³</p> 		

Extrinsic static			
Map Planning	<p>The participant is instructed to report the numbered box on the shortest line between the indicated letters. The shortest path cannot include a circle.³</p> 	Rey figure	<p>The participant is instructed to copy the figure. After that the figure is drawn from memory immediately after withdrawal of the figure and minutes later.¹⁰</p> 
Extrinsic dynamic			
Perspective-taking	<p>The participant is instructed to imagine standing at the flower and facing the tree and to point to the cat.¹¹</p> 	Visualization of views	<p>The participant is instructed to indicate which of the corners of the figure below is touching the corner of the cube drawn up.⁹</p> 

1. Raven JC. Progressive matrices: A perceptual test of intelligence. London: H. K. Lewis & Co; 1938.
2. Raven JC. Advanced Progressive Matrices. Sets I and II. London: H. K. Lewis & Co. 1965.
3. Ekstrom RB, French JW, Harman HH, Dermen D. Manual for kit of factor referenced cognitive tests. Princeton: Educational Testing Service; 1976.
4. Likert R, Quasha WH. Revised Minnesota Paper Form Board Test Manual. 2nd ed. San Antonio: Psychological Corporation; 1995.
5. Cooper LA. Mental rotation of random two-dimensional shapes. *Cogn Psychol*. 1975;7:20–43.
6. Vandenberg SG, Kuse AR. Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Percept Mot Skills*. 1978;47:599–604.
7. Thurstone LL. Psychological tests for the study of mental abilities. Chicago: University of Chicago Press; 1937.
8. Stumpf H, Fay E. Schlauchfiguren. Ein Test zur Beurteilung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Göttingen: Hogrefe; 1983.
9. Guay RB. Purdue spatial visualization test – visualization of rotations. West Lafayette: Purdue Research Foundation; 1976.
10. Osterrieth PA. Le test de copie d'une figure complexe: Contribution a l'étude de la perception et de la memoire [The Complex Figure Test: Contribution to the study of perception and memory]. *Arch Psychol*. 1944;28:1021–1034.
11. Kozhevnikov M, Hegarty M. A dissociation between object-manipulation and perspective-taking spatial abilities. *Mem Cognit*. 2001;29:745-756.

Appendix E

PMA test	Description	Outcome	Measure
Grooved Pegboard ^{1,2}	25 holes with randomly positioned slots that have a key along one side that must be filled with pegs.	Execution time, number of pegs dropped and number of pegs correctly placed in the holes for left and right hand.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gross movements of the fingers, hands, and arms. 2. Fine fingertip dexterity. 3. Left/right eye-hand coordination.
Purdue Pegboard ^{3,4}	25 holes that have to be filled as fast as possible with pins.	Number of pegs inserted within 30 seconds for left hand, right hand and for both hands.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gross movements of the fingers, hands, and arms. 2. Fine fingertip dexterity. 3. Bimanual coordination. 4. Left/right/bimanual coordination
Crawford Small Parts Dexterity ⁵	The participant tries to place pins into small holes in a plate with tweezers and fits collars over the pins. In the second part, the participant places small screws into threaded holes in the plate.	Execution time.	Motor control and eye-hand coordination.
Gibson Spiral Maze ⁶	The participant traces a line through a printed paper maze in the least amount of time and has to avoid obstacles while stress-enhancing triggers are administered.	Execution time and error score.	Eye-hand coordination.
Finger Tap ⁷	Participant repetitively taps a lever as fast as possible with one hand in 5 periods of 10.	Average number of taps for each hand.	Motor speed and lateralized coordination.
Tremor ⁸	Participant tries to hold a laparoscopic grasper holding a needle that is attached to a shaker as steady as possible.	The number of oscillations.	Hand steadiness.
Reaction time ⁸	Participant presses a button and must try to press one of three other buttons as fast as possible after it has lit up.	Time delay in response.	Response speed.

1. Klove H. Clinical neuropsychology. *The medical Clinics of North America*. 1963;47:1647-1658.
2. Trites RL. Neuropsychological Test Manual. Ottawa: Royal Ottawa Hospital; 1977.
3. Tiffin J & Asher EJ. The Purdue pegboard: norms and studies of reliability and validity. *The Journal of Applied Psychology*. 1948; 32:234-247.
4. Tiffen J. Purdue Pegboard Examiner's. Manual. Rosemont: London House; 1968.
5. Crawford JE & Crawford DM. Crawford Small Parts Dexterity Test: manual. San Antonio: Psychological Corporation; 1956.
6. Gibson HD. The Gibson Spiral Maze test: retest data in relation to behavioural disturbance, personality and physical measures. *Br J Psychol*. 1964;55:219-225.
7. Halstead WC. Brain and intelligence: a quantitative study of the frontal lobes. Chicago: University of Chicago Press; 1947.
8. Stefanidis D, Korndorffer J, Black F, Dunne J, Sierra R, Touchard C, et al. Psychomotor testing predicts rate of skill acquisition for proficiency-based laparoscopic skills training. *Surgery*. 2006;140:252-62.

Appendix F

Cluster	Verbale correction	Repeats per procedure	Step 1	Step 2-3	Step 4	Step 5	Step 6	Cumulative number	Cumulative percentage
1	Tensioning the gallbladder with the appropriate direction and strength	6.89		+	+	+		441	27
2	Identifying the correct surgical plane	4.75		+		+		745	46
3	Use of the dissection hook	1.66		+		+		851	52
4	Choosing position and direction of trocar placement	1.58	+					952	58
5	Using the clamp	1.05		+		+		1019	62
6	Staying close to the gallbladder	0.95		+		+		1080	66
7	Staying superficial during dissection	0.77		+		+		1129	69
8	Using the clipping instrument	0.73			+			1176	72
9	Avoiding harm to surrounding structures other than the liver	0.70		+		+		1221	75
10	Avoiding liver damage	0.66		+		+		1263	77
11	Positioning of the clip	0.61			+			1302	80
12	Use of the endobag	0.42					+	1329	81
13	Dissection towards a direction away from the gallbladder	0.39		+		+		1354	83
14	Hemostasis	0.38		+		+		1378	84
15	Use of the scissors	0.31		+	+			1398	86
16	Depth and width of incision	0.31	+					1418	87
17	Position for the start of dissection of the peritoneum/adhesiolysis	0.27		+				1435	88
18	Use of the crocodile clamp	0.27					+	1452	89
19	Instrument change	0.23		+	+	+		1467	90
20	Anatomy during dissection*	0.22		+				1481	91
21	Positioning of the patient in anti-trendelenburg	0.22	+					1495	92
22	Use of the suction instrument	0.22		+		+		1509	92
23	Preventing intra-abdominal injury during trocar placement	0.20	+					1522	93
24	Removal of the gallbladder	0.20					+	1535	94
25	Use of the foot paddle	0.19		+	+	+		1547	95
26	Anatomy during diagnostic laparoscopy*	0.19	+					1559	95
27	Removing the gallbladder out of sight	0.17				+		1570	96
28	Safe usage of the cautery	0.17		+				1581	97
29	Adhesiolysis	0.16		+				1591	97
30	Positioning the gallbladder	0.14					+	1600	98
31	Searching for an alternative approach when there is a stagnation in the progression	0.13		+		+		1608	98
32	Tissue handling	0.11				+		1615	99
33	Coordination of the instruments	0.09		+		+	+	1621	99
34	Localizing the gallbladder	0.05	+					1624	99
35	Technical aspects of creating pneumoperitoneum *	0.03	+					1626	100

36	Removals of trocars under direct sight	0.03					+	1628	100
37	Removal of stones	0.03					+	1630	100
38	Communication about technical questions about instruments	0.02					+	1631	100
39	Preventing perforation of the gallbladder	0.02					+	1632	100
40	Irrigation	0.02					+	1633	100

+ = behaviour addressed in procedural step * = theme of questions of supervisor about procedural knowledge

Dankwoord

Dit proefschrift is mede te danken aan de volgende mensen:

Prof. J.P.E.N. Pierie, Bedankt voor de kans die je mij gaf na het sturen van mijn e-mail. Je hebt de deur voor mij geopend naar een promotietraject. Op goede momenten heb je mij bemoedigd om door te gaan en op minder goede momenten ben je in mij blijven geloven. Als dingen moesten worden geregeld stond je altijd klaar om de zaken in orde te brengen. Het is een voorrecht om onder jouw leiding onderzoek te mogen doen.

Beste **Marc**, de inzet tijdens jouw promotieonderzoek was de basis voor mijn promotieonderzoek. Zonder jouw dataverzameling en begeleiding was het nooit gelukt. In principe ben je meer dan één keer gepromoveerd door mij jouw data te laten analyseren en zo grey literature tot white literature te maken.

Beste **Martijn Bethlehem, Kevin Wevers, Ilona Pereboom, Frederieke Dijkstra** en **Mirjam Keijzer**. Jullie inbreng voor het onderzoek waardeer ik zeer. Door jullie feedback is er een beoordelingsmethode tot stand gebracht waar ik trots op ben.

Mede-auteurs, **Christiaan Hoff, Erik Totte, Henk ten-Cate Hoedemaker**, dank voor jullie bijdrage aan dit proefschrift.

OK-assistenten **Ingeborg Riedstra, Wiep Rienks, Linda van de Meulen, Jeroen Kindt, Hindrik Boonstra, Fronnie Kramer, Gerda Kootstra, Lotte van der Werff**, jullie hebben aangetoond dat ervaring als OK-assistent ook nuttig kan zijn voor de beoordeling van aiosen. Vooral jullie hoge betrouwbaarheid in de items 'gebruik van instrumenten' en 'gebruik van assistentie' van de OSATS vond ik opvallend. Jullie zijn onmisbaar op de operatiekamer, maar misschien zouden jullie ook een essentieel onderdeel moeten worden van de feedback naar aiosen.

Beste **Nic Veeger**, ik heb veel met je gelachen over de waanzin van het berekenen van een Pearson correlatie voor het vaststellen van de inter-beoordelaars betrouwbaarheid. Voor de meta-analyse was jij de enige met wie ik een feedback gesprek kon voeren over mijn werkvaardigheden. Je kritische blik op de statistische analyse heeft me er meerdere keren toe gedwongen weer de boeken in te duiken en heeft de kwaliteit van de analyses daardoor verhoogd.

Beste **Marcel Dunand**, tijdens mijn promotietraject overkwam jou een vervelende aandoening. Ik wil je hier nogmaals bedanken voor jouw woorden van licht in tijden van duisternis.

Beste **Jerry Mendeszoon**, jarenlang ben je mijn geestelijke vader geweest. Jouw wijsheid en enthousiasme zijn mij altijd bijgebleven. Ik heb door jou 'mijn huis leren bouwen op de rots'.

Beste **Stephan Jonker**, door jouw inzet heb ik mijn chemie practica uiteindelijk goed kunnen afsluiten. Je hebt me bemoedigd met je positieve feedback op mijn proton NMR spectroscopie analyse, maar vooral je gevoel voor morele rechtvaardigheid heeft mijn carrière beïnvloed.

Beste **Atiev**, je bent voor een bijzondere leraar voor mij geweest in het KTC. Je hebt me bemoedigd met je warmte, enthousiasme, humor en vrijgevigheid. Ik heb het boek wat je me gaf met grote interesse gelezen.

Beste **Michline**, je bent een heldin! Bedankt voor je bemoediging!

Beste **Sina** en **Jeremie**, we waren de 3 musketiers tijdens onze studieperiode. Jammer genoeg kozen we andere wegen na onze studie. Jullie hebben gezorgd voor een aantal van de mooiste momenten van mijn leven. Bedankt voor jullie kritische blik op mijn onderzoek en voor de illustraties in het promotieboekje!

Beste **Arman** en **Yaser**, na 3 keer te zijn uitgeloofd met een propvolle auto door een stormachtige regenbui verhuizen naar Leuven, door de sneeuw in -10°C gasthuisberg op fietsen om in de stilte van de bibliotheek te kunnen voorbereiden op het toelatingsexamen, 12 uur per dag tussen de nonnen zitten in de faculteit theologie om maar niet afgeleid te worden door andere medische studenten tijdens het voorbereiden op een tentamen celfysiologie... Enkele voorbeelden van onze inspanningen. Gelukkig kunnen we er nu de vruchten van plukken.

Beste **Piem** en **Nele**, jullie waren nooit beroerd om verre afstanden te reizen voor ontspanning in de wat minder drukke momenten op onze agenda. Bedankt daarvoor!

Beste **Joel**, we hebben samen risico's genomen, jij voor je dochter en ik voor mijn studie. Voor mij was dat niet zonder negatieve gevolgen, maar ik ben blij dat ik er een goede vriend aan heb overgehouden.

Beste **Jean Paul, Jacquinot, Paul** en **Malcolm**, ik heb veel met jullie gelachen. Als broeders hebben jullie vooral Leeuwarden tot de leukste tijd van mijn promotieonderzoek gemaakt.

Beste **Maarten Jalink**, jouw proefschrift was het voorbeeld voor mijn proefschrift. Het was erg bijzonder om na het lezen van jouw proefschrift samen met jou als zaalarts te mogen werken. Ik heb daardoor academische, maar ook klinische vaardigheden van je geleerd! Bedankt voor je feedback op een aantal artikelen in dit proefschrift!

Beste **Armand van Kanten, Soeradj Harkisoen, Anuska Jewbali, Ted Nannan Panday, Rohiet Girjasing** en **arts-assistenten chirurgie**. Ik wens jullie veel succes met de medische zorg in Suriname en hoop in de toekomst nog wat voor het AZP te kunnen betekenen. Tang bun!

Beste **Ebi** en **Roos**, bedankt voor het nakijken van mijn resp. Engelse en Nederlandse taalfouten.

Beste **Fimke Heslinga, Anniek Boer, Maaïke Hetteema, Kor Hutting** en **Thijs Wind** jullie hebben hard gewerkt op de computers naast mij. Door mij als vogel in een vogelzwerm te conformeren aan jullie gedrag heb ik meer uit mijn promotieproject gehaald.

Beste **mam**, ik hou van je.

Curriculum Vitae

Kelvin Kramp was born in Rotterdam, the Netherlands, on October 31th 1984.

After graduating high school (Atheneum, Capelle aan den IJssel), he completed a bachelor chemistry at the University of Utrecht with a minor in psychology. After not getting into medicine by lottery three times in a row, he moved to Leuven in Belgium to keep pursuing a career in medicine. During the first and second year of studying abroad he participated in the admission test for the fast-track medicine at the University of Groningen. In the second year he succeeded in becoming one of the few selected for this trajectory and moved to Groningen. He completed his internships at the Medical Centre Leeuwarden and for his final internship he travelled back to the University Hospital Leuven to work there in the department of surgery and emergency medicine.

During his 2nd master he started doing research headed by MD/PhD M.J. van Det and prof. J.P.E.N. Pierie. This led to his first publication, which formed the start of a PhD trajectory at the Medical Centre Leeuwarden after completion of his study.

After his PhD trajectory he worked one year in the Academic Hospital of Paramaribo in Suriname at the department of surgery as a resident. He is currently working in the emergency department in the St. Antonius Hospital in Sneek.

List of publications

This thesis

- 2016 Kramp KH, van Det MJ, Veeger NJGM, Pierie JP
The Pareto-analysis for establishing content criteria in surgical training
J Surg Educ. 2016;73:892-901
- 2016 Kramp KH, van Det MJ, Veeger NJGM, Hoff C, ten Cate Hoedemaker HO, Pierie JP
The predictive value of aptitude assessment in laparoscopic surgery: a meta-analysis
Med Educ. 2016;50:409-427
- 2015 Kramp KH, van Det MJ, Veeger NJGM, Pierie JP
Validity, reliability and support for implementation of independence-scaled procedural assessment in laparoscopic surgery
Surg Endosc. 2016;30:2288-2300
- 2015 Kramp KH, van Det MJ, Hoff C, Lamme B, Veeger NJ, Pierie JP
Validity and Reliability of Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) in Novice Trainees Performing a Laparoscopic Cholecystectomy
J Surg Educ. 2015;72:351-358
- 2014 Kramp KH, van Det MJ, Totte ER, Hoff C, Pierie JP
Ergonomic assessment of the French and American position for laparoscopic cholecystectomy in the MIS Suite
Surg Endosc. 2014;28:1571-1578
- 2014 Bethlehem MS, Kramp KH, van Det MJ, ten Cate Hoedemaker HO, Veeger NJ, Pierie JP
Development of a standardized training course for laparoscopic procedures using Delphi methodology
J Surg Educ. 2014;71:810-816

Other publications

- 2016 Kramp KH, Spruit E, van Zwieten T, van Det MJ, Pierie JP
A systematic review of operating room teaching behavior
In progress
- 2016 Van Zwieten T, Kramp KH, van Det MJ, Pierie JP
The OSATS, GOALS and independence-scaled procedural assessment in teaching laparoscopic surgery
In progress
- 2016 Jalink M, Kramp KH, Baktawar S, Jewbali A
Skin necrosis after self-removal of a artificial penile nodule in a Surinamese man
BMJ Case Rep. 2016 Jun 28
- 2015 Kramp KH, Omer MG, Schoffski P, d'Hoore A

Sphincter sparing resection of a large obstructive distal rectal gastrointestinal stromal tumour after neoadjuvant therapy with imatinib (Glivec)
BMJ Case Rep. 2015 Jan 8

- 2015 Verbeek HH, Meijer JA, Zandee WT, Kramp KH, Sluiter WJ, Smit JW, Kievit J, Links TP, Plukker JT
Fewer Cancer Reoperations for Medullary Thyroid Cancer After Initial Surgery According to ATA Guidelines
Ann Surg Oncol. 2015;22:1207-1213

List of congress presentations

- 2016 Kramp KH, van Det MJ, Veeger NJGM, Pierie JP
The Pareto-analysis for establishing content criteria in surgical training.
16th World Congress of Endoscopic Surgery in Amsterdam, June 2016
Poster presentation
- 2016 Kramp KH, van Det MJ, Veeger NJGM, Pierie JP
The Pareto-analysis for establishing content criteria in surgical training.
2016 SAGES Congress in Boston, March 2016
Oral presentation
- 2015 Kramp KH, van Det MJ, Hoff C, Veeger NJGM, Ten Cate Hoedemaker HO, Pierie JP
A meta-analysis of aptitude measurement in laparoscopic surgery
15th World Congress of Endoscopic Surgery in Bucharest, June 2015
Oral presentation
- 2015 Kramp KH, van Det MJ, Veeger NJGM, Pierie JP
Validity, reliability and feasibility of the OSATS, GOALS and independency procedure-based
assessment in laparoscopic surgery
12de NVEC congress 'New Age Surgery', March 2015
Poster presentation
- 2015 Kramp KH, van Det MJ, Hoff C, Veeger NJGM, Ten Cate Hoedemaker HO, Pierie JP
A meta-analysis of aptitude measurement in laparoscopic surgery
12de NVEC congress 'New Age Surgery', March 2015
Poster presentation
- 2015 Kramp KH, van Det MJ, Hoff C, Veeger NJGM, Ten Cate Hoedemaker HO, Pierie JP
A meta-analysis of aptitude measurement in laparoscopic surgery
Medical Centre Leeuwarden scientific symposium, February 2015
Poster presentation
- 2015 Kramp KH, van Det MJ, Hoff C, Veeger NJGM, Ten Cate Hoedemaker HO, Pierie JP
A meta-analysis of aptitude measurement in laparoscopic surgery
Medical Centre Leeuwarden scientific symposium, February 2015
Poster presentation
- 2015 Kramp KH, van Det MJ, Veeger NJGM, Pierie JP
Validity, reliability and feasibility of the OSATS, GOALS and independency procedure-based
assessment in laparoscopic surgery
Medical Centre Leeuwarden scientific symposium, February 2015
Oral presentation
- 2014 Kramp KH, van Det MJ, Totte ER, Hoff C, Pierie JP
Ergonomic assessment of the French and American position for laparoscopic
cholecystectomy in the MIS Suite
Medical Centre Leeuwarden scientific symposium, February 2014
Poster presentation
- 2014 Kramp KH, van Det MJ, Hoff C, Lamme B, Veeger NJGM, Pierie JP

Validity and reliability of Global Assessment of Laparoscopic Surgery (GOALS) in novice trainees performing a laparoscopic cholecystectomy
11de NVEC congres 'Hollandsche Meesters', March 2014
Poster presentation

2014 Kramp KH, van Det MJ, Hoff C, Lamme B, Veeger NJGM, Pierie JP
Validity and reliability of Global Assessment of Laparoscopic Surgery (GOALS) in novice trainees performing a laparoscopic cholecystectomy
14th World Congress of Endoscopic Surgery in Paris, June 2014
Poster presentation

2014 Kramp KH, van Det MJ, Totte ER, Hoff C, Pierie JP
Ergonomic assessment of the French and American position for laparoscopic cholecystectomy in the MIS Suite
2014 SAGES Congress in Salt Lake City, april 2014
Poster presentation