

Virtual patients for learning of clinical reasoning

Citation for published version (APA):

Huwendiek, S. E. (2016). *Virtual patients for learning of clinical reasoning*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20161125sh>

Document status and date:

Published: 01/01/2016

DOI:

[10.26481/dis.20161125sh](https://doi.org/10.26481/dis.20161125sh)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary

Chapter 1 forms the introductory chapter of this dissertation, in which we describe its scientific background, rationale, aim and overarching research questions.

Clinical reasoning enables doctors to establish the right diagnosis and make the right treatment decisions for a patient. Clinical reasoning is generally considered a decisive component of nearly everything doctors do in practice. The clinical reasoning skills of a physician have as such a great importance and relevance to patient outcomes and to patient safety. There are indications that clinical reasoning is not well taught at present. Literature shows that so-called Virtual Patients (VPs) are especially suited to foster learning of clinical reasoning. Virtual Patients are online cases in which the learner takes on the role of physician, has to make all decisions him/herself and receives feedback on these decisions. They have been defined as ‘interactive computer simulation[s] of real-life clinical scenarios for the purpose of medical training, education, or assessment’. When learning with electronic learning tools such as VPs, two aspects have shown to be of great importance: their design and implementation.

When we embarked on this research, there was a paucity of literature on how to design and implement Virtual Patients to foster clinical reasoning. That is why we began our research project aimed at providing evidence for how learning with Virtual Patients to foster clinical reasoning in medical students can be improved by addressing the following two main research questions:

I: How to improve the design of Virtual Patients to foster learning, especially of clinical reasoning?

II: How to improve the implementation of Virtual Patients to foster learning, especially of clinical reasoning?

In **Chapter 2** we explore what students perceive as the ideal features of Virtual Patient design to foster their learning with a special focus on clinical reasoning. After exposure to at least eight Virtual Patients varying in design, students discussed Virtual Patient design in focus groups. According to the students, learning is facilitated when Virtual Patients are relevant, of appropriate difficulty, interactive, provide specific feedback, make appropriate use of different media, help them focus on relevant learning points, foster recapitulation of key learning points, are authentic in terms of the web-based interface and student tasks and ask questions and offer explanations that enhance clinical reasoning. After working through well-designed Virtual Patients, students felt very well prepared for reasoning in real patients, better prepared than with any other existing method they experienced before. We conclude that students perceived the design principles identified as being conducive to their learning and that many of these principles are supported by the results of published studies outside of VP research and that further studies are needed.

In **Chapter 3** we describe the development of a Virtual Patient typology based on the literature, a review of existing VP systems and an international consensus process among Virtual Patient experts using a modified Delphi technique. In this empirically derived Virtual Patient design typology, we synthesised 19 factors around 4 categories deemed relevant to Virtual Patient design: general (title, description, language, identifier, provenance, typical study time); educational (educational level, educational modes, coverage, objectives); instructional design (path type, user modality, media use, narrative use, interactivity use, feedback use); technical (originating system, format, integration and dependence). We conclude that this empirically derived Virtual Patient design typology provides a common reference point for all those wishing to report on or study Virtual Patients.

In **Chapter 4** we report on the design and validation of a Virtual Patient design evaluation instrument taking the published evidence including the lessons learned from Chapters 2 and 3 on Virtual Patient design to foster learning of clinical reasoning into account. The established short instrument consists of six questions distributed between three factors (authenticity of patient encounter and the consultation, cognitive strategies in the consultation, coaching during consultation) and one global score. Content analysis was reasonably supported by the theoretical foundation and the Virtual Patient expert team. The think-aloud studies and analysis of free text comments supported the validity of the instrument. In the exploratory factor analysis, using 2547 student evaluations from three different countries of a total of 78 Virtual Patients, a three-factor model showed a reasonable fit with the data. At least 200 student responses are needed to obtain a reliable evaluation of a Virtual Patient on all three factors. We conclude that the instrument has the potential to provide valid information about Virtual Patient design, provided that many responses per Virtual Patient are available.

In **Chapter 5** we search for evidence to guide the implementation of Virtual Patients. We explore students' perceptions of different scenarios aimed at developing clinical reasoning skills in which Virtual Patients were integrated with other educational activities. The analysis of eight focus group interviews suggested six themes which students considered important for the optimal implementation of VPs: (i) continuous and stable online access, (ii) increasing complexity, adapted to students' knowledge, (iii) VP-related workload offset by elimination of other activities, (iv) optimal sequencing (e.g.: lecture – 1 to 2 VP(s) – tutor-led small group discussion – real patient), (v) optimal alignment of Virtual Patients and educational activities, and (vi) inclusion of VP topics in assessment. We conclude that the themes appear to offer starting points for the development of a framework to guide the curricular integration of Virtual Patients but that their impact needs to be confirmed by further studies.

In **Chapter 6** we explore the educational impact of two different types of assessment questions on the learning of clinical reasoning with Virtual Patients. After exposure to a clinical clerkship and its exam students discussed in focus groups the perception and impact of Key-Feature Problems with Long Menu and context-rich Single Best Answer questions. Further, the psychometric characteristics of both formats were compared. The analysis of the focus groups resulted in four themes: Key-Feature Problems with Long Menu were perceived as (i) more realistic, (ii) more difficult and (iii) more motivating for the intense study of clinical reasoning with Virtual Patients than the context-rich Single Best Answer format and (iv) showed an overall good acceptance when some preconditions were taken into account. The statistical analysis revealed that there was no difference in difficulty; however, Key-Feature Problems with Long Menu showed a higher reliability (G coefficient) even when corrected for testing time. The correlations with the OSCE results were higher in the Key-Feature Problems. We conclude that students perceived the Key-Feature Problems as more motivating for the study of clinical reasoning with Virtual Patients. Including Key-Feature Problems with Long Menu into summative clerkship exams seems to offer positive educational effects without psychometric drawbacks.

Chapter 7 discusses how the previous chapters have answered the two main research questions and which conclusions and implications this yields for educational practice and further research.

Based on Chapters 2-4 the following three main aspects seem to be especially relevant for optimising VP design to foster learning of clinical reasoning: (i) Using instructional design criteria such as ensuring an appropriate level of difficulty, authenticity, interactivity, feedback and focusing on relevant learning points, (ii) implementing virtual coaching on clinical reasoning into the VP such as asking for discriminating and confirming features and (iii) providing validated instruments for systematic further improvements such as the developed VP typology and VP design questionnaire. Based on the Chapters 5-6 the following three main aspects are especially relevant for VP implementation: (iv) Sequencing VPs and other educational activities including bedside teaching with real patients according to complexity, and (v) aligning instruction and (vi) assessment with the use of VPs.

Our results are in line with current theories and insights outside of VP research e.g. on instructional design, on how to foster learning of clinical reasoning and on instructional design theories regarding curriculum development.

The main implications of our research for educational practice are that when using Virtual Patients they should be well designed, systematically improved by using validated instruments and well implemented as evidenced in this dissertation to optimally foster clinical reasoning.

Research is needed to develop a greater understanding of Virtual Patient design and implementation multicentre and in other contexts, including their longitudinal implementation and measuring their impact on patient outcomes.

Samenvatting (summary in Dutch)

Hoofdstuk 1 vormt het inleidend hoofdstuk van dit proefschrift, waarin we de wetenschappelijke achtergrond, uitgangspunten, doel en overkoepelende onderzoeksvragen beschrijven.

Door klinisch te redeneren zijn artsen in staat de juiste diagnose te stellen en over te gaan tot het juiste behandelplan voor een patiënt. Klinisch redeneren wordt doorgaans beschouwd als een bepalend onderdeel van bijna al het handelen van artsen in de praktijk. De vaardigheid van een arts om klinisch te kunnen redeneren is als zodanig van groot belang en betekenis voor het herstel en de veiligheid van patiënten. Er zijn echter tekenen die erop wijzen dat het klinisch redeneren vandaag de dag niet goed wordt onderwezen. De literatuur laat zien dat met name zogenaamde Virtuele Patiënten (VP's) geschikt zijn om het leren van klinisch redeneren te bevorderen. Virtuele patiënten zijn online gepresenteerde casussen waarbij de student zich plaatst in de schoenen van de arts en zelf de beslissingen neemt, waarop hij/zij feedback ontvangt. Zij worden gedefinieerd als "interactieve computersimulatie[s] van echte klinische scenario's ten behoeve van de Geneeskundeopleiding, het medische onderwijs of toetsing". Twee aspecten bleken van groot belang bij het leren met behulp van elektronische leermiddelen zoals VP's, namelijk: hun ontwerp en uitvoering.

Toen we aan dit onderzoek begonnen, was er maar weinig literatuur beschikbaar over het ontwerpen en uitvoeren van Virtuele Patiënten ter bevordering van het klinisch redeneren. Ons onderzoeksproject, waarmee we bewijs wilden vinden voor de verbetering van het leren met behulp van Virtuele Patiënten ter bevordering van het klinisch redeneren door Geneeskundestudenten, werd daarom ingeluid met de volgende twee onderzoeksvragen:

I: Hoe kunnen we het ontwerp van Virtuele Patiënten ter bevordering van het leren van met name klinisch redeneren verbeteren?

II: Hoe kunnen we de uitvoering van Virtuele Patiënten ter bevordering van het leren van met name klinisch redeneren verbeteren?

In **Hoofdstuk 2** gaan we na met welke aspecten er volgens studenten bij voorkeur rekening gehouden moet worden bij het ontwerpen van Virtuele Patiënten ter bevordering van hun leren, met bijzondere aandacht voor het klinisch redeneren. Nadat studenten ten minste acht in opzet variërende Virtuele Patiënten te zien hadden gekregen, bespraken zij in focusgroepen het ontwerp van Virtuele Patiënten. De studenten waren van mening dat het leren wordt bevorderd wanneer Virtuele Patiënten relevant, voldoende complex en interactief zijn, specifieke feedback geven, op de juiste manier van verschillende media gebruik maken, hen helpen focussen op relevante leerpunten, op samenvatting van de voornaamste leerpunten aansturen, echt zijn wat betreft de online interface en studenttaken en ten slotte vragen stellen en uitleg geven die het klinisch redeneren bevorderen. Nadat studenten met goed ontworpen Virtuele Patiënten hadden gewerkt, voelden zij zich terdege klaargestoomd om het klinisch redeneren op

echte patiënten toe te passen, beter dan zij met enig ander bestaande methode eerder hadden ervaren. Wij concluderen dat studenten vonden dat de beschreven basisregels voor het ontwerp hun leren bevorderden en dat vele van deze basisregels ook naar voren komen in resultaten van niet op VP's gerichte gepubliceerde studies en dat verder onderzoek nodig is.

In **Hoofdstuk 3** beschrijven we hoe wij op basis van de literatuur en een analyse van bestaande VP-systemen, en met behulp van een aangepaste Delphi-methode waarbij deskundigen op het gebied van Virtuele Patiënten tot een internationale consensus kwamen, een typologie van een Virtuele Patiënt ontwikkelden. Bij deze op empirische wijze verkregen typologie van het ontwerp van Virtuele Patiënten hingen we 19 factoren aan vier categorieën die relevant geacht werden voor het ontwerp van Virtuele Patiënten: algemeen (titel, beschrijving, taal, onderscheidende kenmerken, oorsprong, gemiddelde studietijd); onderwijskundig (onderwijsniveau, onderwijsmethodes, toepassingsgebied, doeleinden); onderwijsontwerp (type traject, gebruikersmodaliteit, gebruik van media, tekst en feedback, en mate van interactiviteit); technisch (moedersysteem, vormgeving, inbedding en afhankelijkheid). We concluderen dat deze op empirische wijze verkregen typologie van het ontwerp van Virtuele Patiënten als gemeenschappelijk referentiepunt kan dienen voor eenieder die over Virtuele Patiënten wenst te documenteren of deze wenst te onderzoeken.

In **Hoofdstuk 4** beschrijven we hoe we, met inachtneming van gepubliceerd bewijsmateriaal waaronder de lessen uit hoofdstuk 2 en 3 m.b.t. het ontwerp van Virtuele Patiënten ter bevordering van het leren van klinisch redeneren, een instrument waarmee het ontwerp van Virtuele Patiënten beoordeeld kan worden ontwikkelden en valideerden. Het korte instrument dat we verkregen bestaat uit zes vragen verdeeld over drie subschalen (echtheid van het patiëntcontact en consult, cognitieve strategieën tijdens het consult en begeleiding tijdens het consult) en een totaalscore. De inhoudsanalyse werd redelijk ondersteund door de theoretische onderbouwing en het team van deskundigen op het gebied van Virtuele Patiënten. De validiteit van het instrument werd onderschaagd door de hardop-denkstudies en analyse van het in het vrije tekstveld ingevulde commentaar. Uit de exploratieve factoranalyse waarbij 2547 studenten uit drie verschillende landen in totaal 78 Virtuele Patiënten beoordeelden kwam naar voren dat een driefactorenmodel redelijk paste bij de data.

Er zijn ten minste 200 studentbeoordelingen nodig om tot een betrouwbare evaluatie van een Virtuele Patiënt te komen; dit geldt voor alle drie de factoren. We kunnen stellen dat met het instrument valide informatie verkregen kan worden over het ontwerp van Virtuele Patiënten, mits er per Virtuele Patiënt veel beoordelingen beschikbaar zijn.

In **Hoofdstuk 5** gaan we op zoek naar bewijsmateriaal dat als leidraad kan dienen voor de uitvoering van Virtuele Patiënten. Hiertoe peilen we studentwaarderingen van verschillende op de ontwikkeling van klinisch-redeneervaardigheden gerichte scenario's waarbij Virtuele Patiënten werden geïntegreerd met andere onderwijsactiviteiten. Bij de analyse van acht focusgroepinterviews kwamen zes thema's bovendien die studenten van belang achtten voor een optimale uitvoering van VP's: (i) een ononderbroken en stabiele online toegang, (ii) een oplopende moeilijkheidsgraad, toegesneden op de kennis van de studenten, (iii) schrappen van andere activiteiten ter compensatie van VP-gerelateerde werkbelasting, (iv) een optimale volgorde (bijv. lezing – 1 tot 2 VP[s] – discussie in kleine tutorgroepen – echte patiënt), (v) een zo goed mogelijke afstemming tussen Virtuele Patiënten en onderwijsactiviteiten, en (vi) het opnemen van VP-onderwerpen bij toetsing. We concluderen dat de thema's uitgangspunten lijken te bieden voor de ontwikkeling van een kader dat de inbedding van Virtuele Patiënten in het curriculum kan sturen, maar dat de gevolgen ervan nog door nadere studies bevestigd dienen te worden.

In **Hoofdstuk 6** onderzoeken we het leereffect van twee verschillende soorten toetsvragen op het leren klinisch redeneren met Virtuele Patiënten. Na het doen van een co-schap en bijbehorende toets bespraken studenten in focusgroepen hun ervaringen met en effecten van casusscenario's met de nadruk op essentiële beslissingen (KFP's) en uitgebreid keuzemenu (LM) enerzijds (Key-Feature Problems (KFP's) with Long Menu (LM) en contextrijke meerkeuzevragen waarbij slechts één antwoord de beste was (Single Best Answer questions) anderzijds. Verder werden de psychometrische kenmerken van beide toetsvormen met elkaar vergeleken. De analyse van de focusgroepen leidde tot vier thema's: casusscenario's met een *key-feature approach* werden beschouwd als (i) realistischer, (ii) moeilijker en als (iii) een grotere stimulans voor het intensief leren van klinisch redeneren met behulp van Virtuele Patiënten dan de contextrijke *Single Best Answer* meerkeuzevragen, en zij (iv) werden onder bepaalde voorwaarden over het algemeen goed geaccepteerd. De statistische analyse liet geen verschillen zien in moeilijkheidsgraad. Daar stond echter tegenover dat KFP's met LM een betere betrouwbaarheid (betrouwbaarheidscoëfficiënt) vertoonden, zelfs nadat gecorrigeerd was voor toetstijd. De resultaten van het stationsexamen (ook wel bekend als *Objective Structured Clinical Examinations* (OSCE's)) correleerden sterker met de KFP's. Onze conclusie is dat studenten KFP's als een grotere stimulans voor het leren van klinisch redeneren met Virtuele Patiënten beschouwden. Het opnemen van casusscenario's met de nadruk op essentiële beslissingen en uitgebreid keuzemenu in summatieve co-schapexamens lijkt te leiden tot positieve leereffecten zonder psychometrische beperkingen.

In **Hoofdstuk 7** wordt besproken hoe de voorgaande hoofdstukken een antwoord gaven op de twee onderzoeksvragen die in dit proefschrift centraal stonden, welke conclusies

we hieruit kunnen trekken en welke gevolgen dit heeft voor de onderwijspraktijk en verder onderzoek.

Op basis van hoofdstuk 2 t/m 4 lijken met name de volgende drie aspecten van belang te zijn bij het optimaliseren van het VP-ontwerp ter bevordering van het leren van klinisch redeneren: (i) toepassing van onderwijsontwerpcriteria, zoals zorgen voor de juiste moeilijkheidsgraad, mate van echtheid, interactiviteit, feedback en een focus op relevante leerpunten, (ii) zodanige programmering van de VP dat deze virtuele begeleiding biedt bij het klinisch redeneren, zoals vragen naar onderscheidende en bevestigende kenmerken, en (iii) ontwikkeling van gevalideerde instrumenten om het ontwerp stelselmatig te kunnen blijven verbeteren, zoals de ontwikkelde VP-typologie en de VP-ontwerpvragenlijst. Op basis van hoofdstuk 5 en 6 kunnen we stellen dat met name de volgende drie aspecten van belang zijn bij de uitvoering van VP's: (iv) geleidelijke opvoering van de moeilijkheidsgraad door studenten in de juiste volgorde bloot te stellen aan VP's en andere onderwijsactiviteiten waaronder praktijkonderwijs met echte patiënten (het zgn. *bedside teaching*), en (v) afstemming van het onderwijs en (vi) toetsing op het gebruik van VP's.

Onze resultaten sluiten aan bij actuele theorieën en inzichten van buiten het VP-onderzoeksgebied, bijv. vanuit de onderwijsontwerphoek, van onderzoek naar hoe het leren klinisch redeneren bevorderd kan worden en naar onderwijsontwerptheorieën ten behoeve van curriculumontwikkeling. De belangrijkste gevolgen van ons onderzoek voor de onderwijspraktijk zijn dat wanneer men Virtuele Patiënten wil inzetten, men deze goed moet ontwerpen, stelselmatig moet verbeteren met behulp van gevalideerde instrumenten en moet zorgdragen voor een goede invoering zoals beschreven in dit proefschrift om het klinisch redeneren zo goed mogelijk te bevorderen. Er is onderzoek nodig om ons inzicht in het ontwerp van Virtuele Patiënten te verruimen, alsook invoering in verschillende instanties en in andere contexten, onder andere over een langere tijd genomen, zodat de uitwerking ervan op de patiëntenzorg gemeten kan worden.

REFERENCES

- Aagaard EM, Teherani A, Irby DM. Effectiveness of the one-minute preceptor model for diagnosing the patient and the learner: Proof of concept. *Academic Medicine*, 2004; 79: 42-8.
- Anderson T & Shattuck J (2012): Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher* January/February 2012 vol. 41 no. 1 16-25
- Bateman J, Allen M, Samani D, Kidd J, Davies D: Virtual patient design: exploring what works and why. A grounded theory study. *Med Educ*. 2013 Jun;47(6):595-606.
- Berman N, Fall LH, Smith S, Levine DA, Maloney CG, Potts M, Siegel B, Foster-Johnson L (2009): Integration strategies for using virtual patients in clinical clerkships. *Acad Med* 84:942–949.
- Berman NB, Fall LH, Chessman AW, Dell MR, Lang VJ, Leong SL, Nixon LJ, Smith S: A collaborative model for developing and maintaining virtual patients for medical education. *Med Teach*. 2011;33:319-24.
- Cilliers FJ, Schuwirth LW, van der Vleuten CP (2012): A model of the preassessment learning effects of assessment is operational in an undergraduate clinical context. *BMC Med Educ* 12:9.
- Cook DA, Levinson AJ, Garside S (2011): Method and reporting quality in health professions education research: a systematic review. *Med Educ*. 2011 45:227-38. Review.
- Durning SJ, Dong T, Artino AR Jr, LaRochelle J, Pangaro LN, van der Vleuten C, Schuwirth L (2012): Instructional authenticity and clinical reasoning in undergraduate medical education: a 2-year, prospective, randomized trial. *Mil Med*. 2012 Sep;177(9 Suppl):38-43.
- Desjardins I, Touchie C, Pugh D, Wood TJ, Humphrey-Murto S (2014): The impact of cueing on written examinations of clinical decision making: a case study. *Med Educ*. 2014;48:255-61.
- Eva KW (2005): What every teacher needs to know about clinical reasoning. *Med Educ* 2005;39:98–106.
- Frank JR, Snell LS, Ten Cate O, Holmboe ES, Carraccio C, Swing, Harris P, Glasgow NJ, Campbell C, Dath D, Harden RM, Iobst W, Long DM, Mungroo R, Richardson DL, Sherbino J, Silver J, Taber S, Talbot M & Harris KA (2010): Competency-based medical education: theory to practice, *Medical Teacher*, 32:8, 638-645
- Frederiksen N (1984): The real test bias: Influences of testing on teaching and learning. *Am Psychol* 39:193–202.
- Higgs, J, Jones M, Loftus S, Christensen N: Clinical reasoning in the health professions. 2008: Elsevier Health Sciences.
- Huwendiek S, Hanebeck B, Bosse HM, Haag M, Hoffmann GF, Tönshoff B (2009b): Lernen und Prüfen mit virtuellen Patienten am Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin des Universitätsklinikums Heidelberg: Ergebnisse der Evaluation im Rahmen des E-Learning-Preises Baden-Württemberg 2007. *GMS Med Inform Biom Epidemiol*. 2009;5(1):Doc10.
- Huwendiek S, Haider HR, Fischer MR, Hoffmann GF, Tönshoff B (2011): Kernausbildungsinhalte Pädiatrie für Medizinstudierende: Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage unter Lehrbeauftragten der Universitätskinderkliniken und Obmännern des Berufsverbands der Kinder- und Jugendärzte e.V. *Monatsschr Kinderheilkd* 2011; 159:655–661
- Huwendiek S, Klinke M, Lehmann R, Simon A, Tönshoff B, Meyburg J (2012): Ideal design of a postgraduate interprofessional blended learning concept to improve paediatric emergency care: results of a focus group study among participants and tutors. *Kongress der Association for Medical Education in Europe*, 2012, Lyon, France, abstract 3Y/14, p. 106
- Kern DE, Thomas PA, Hughes MT (Eds) 2010: *Curriculum Development for Medical Education: A Six-Step Approach*. Johns Hopkins University Press
- Kogan, J. R., Holmboe, E. S., & Hauer, K. E. (2009). Tools for direct observation and assessment of clinical skills of medical trainees: a systematic review. *Jama*, 302(12), 1316-1326.
- Lehmann R, Thiessen C, Frick B, Bosse HM, Nikendei C, Hoffmann GF, Tönshoff B, Huwendiek S: Improving Pediatric Basic Life Support Performance Through Blended Learning With Web-Based Virtual Patients: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res*. 2015 Jul 2;17(7):e162.
- Mamede S, van Gog T, Sampaio AM, de Faria RMD, Maria JP, Schmidt HG (2014): How can students' diagnostic competence benefit most from practice with clinical cases? The effects of structured reflection on future diagnosis of the same and novel diseases. *Acad Med* 2014;89 (1):121–7.

- McGaghie WC, Issenberg SB, Cohen ER, Barsuk JH, Wayne DB (2011): Does Simulation-based Medical Education with Deliberate Practice Yield Better Results than Traditional Clinical Education? A Meta-Analytic Comparative Review of the Evidence. *Acad Med.* 2011 Jun; 86(6): 706–711.
- Molenda M (2003): In Search of the Elusive ADDIE Model. *Performance Improvement*, 42(5), 34-36.
- Norcini JJ, Boulet JR, Opalek A, Dauphinee WD (2014): The relationship between licensing examination performance and the outcomes of care by international medical school graduates. *Acad Med.* 2014 Aug;89(8):1157-62. Do
- Norman G: Teaching basic science to optimize transfer. *Medical teacher* 2009, 31(9):807-811.
- Norman G. Research in clinical reasoning: past history and current trends. *Med Educ* 2005;39:418–27.
- O'Brien BC, Harris IB, Beckman TJ, Reed DA, Cook DA (2014): Standards for reporting qualitative research: a synthesis of recommendations. *Acad Med.* 2014 Sep;89(9):1245-51.
- Posel N, Mcgee JB, Fleiszer DM (2015): Twelve tips to support the development of clinical reasoning skills using virtual patient cases. *Med Teach.* 2015 Sep;37(9):813-8.
- Prober CG & Heath C (2012): Lecture halls without lectures—a proposal for medical education. *N Engl J Med.* 2012 May 3;366(18):1657-9
- Prober CG & Khan S (2013): Medical education reimagined: a call to action. *Acad Med.* 2013 Oct;88(10):1407-10.
- Rattner SL, Louis DZ, Rabinowitz C, Gottlieb JE, Nasca TJ, Markham FW, Gottlieb RP, Caruso JW, Lane JL, Veloski J, Hojat M, Gonnella JS. Documenting and medical students' comparing clinical experiences. *JAMA* 2001;286 (9):1035–40
- Schmidt HG & Mamede S (2015): How to improve the teaching of clinical reasoning: a narrative review and a proposal. *Med Educ.* 2015 Oct;49(10):961-73. van de Ridder JM, McGaghie WC, Stokking KM, ten Cate OT (2015): Variables that affect the process and outcome of feedback, relevant for medical training: a meta-review. *Med Educ.* 2015 Jul;49(7):658-73. doi: 10.1111/medu.12744.
- Schiffedercker KE, Berman NB, Fall LH, Fischer MR. Adoption of computer-assisted learning in medical education: the educators' perspective. *Med Educ.* 2012 Nov;46:1063-73.
- SNAPPS (Wolpaw T, Papp KK and Bordage G. Using SNAPPS to facilitate the expression of clinical reasoning and uncertainties: a randomized comparison group trial. *Academic Medicine* 2009;84(4):517-24.
- Swanson DB, Holtzman KZ, Clauser BE, Sawhill AJ: Psychometric characteristics and response times for one-best-answer questions in relation to number and source of options. *Acad Med.* 2005 Oct;80(10 Suppl):S93-6.
- Thompson L, Gentner D, Loewenstein J (2000): Avoiding missed opportunities in managerial life: analogical learning improves case-based transfer. *Organ Behav Human Decis Process* 2000;47:98–123.
- Wayne DB, Butter J, Siddall VJ, Fudala MJ, Wade LD, Feinglass J, McGaghie WC. Mastery learning of advanced cardiac life support skills by internal medicine residents using simulation technology and deliberate practice. *J Gen Intern Med.* 2006;21:251-6.
- Williams RG, Klamen DL, White CB, Petrusa E, Rincher RME, Whitfield CF, Shatzer JH, McCarty T, Miller BM (2011): Tracking development of clinical reasoning ability across five medical schools using a progress test. *Academic Medicine.* 2011; 86(9): 1148-1154.
- Wimmers PF, Schmidt HG, Splinter TAW. Influence of clerkship experiences on clinical competence. *Med Educ* 2006;40:450–8.
- Yudkowsky R, Otaki J, Lowenstein T, Riddle J, Nishigori H, Bordage G: A hypothesis-driven physical examination learning and assessment procedure for medical student: initial validity evidence. *Med Educ* 2009;43:729-40.