

Statusartikel

Ugeskr Læger 2023;185:V09220581

Simulationstræning i akut pædiatri

Amalie Middelboe Andersen^{1*}, Thomas Leth Jensen^{1*}, Jette Led Sørensen², Line Klingen Gjørde¹, Stine Lund³, Lone Paulsen⁴, Anja Poulsen¹ & Jesper Kjærgaard¹

1) Afdeling for Børn og Unge, Københavns Universitetshospital – Rigshospitalet, 2) Juliane Marie Centret, Københavns Universitetshospital – Rigshospitalet, 3) Afdeling for Intensiv behandling af nyfødte og mindre børn, Københavns Universitetshospital – Rigshospitalet, 4) H.C. Andersen Børne- og Ungehospital, Odense Universitetshospital

Ugeskr Læger 2023;185:V09220581

Når børn er akut og kritisk syge, er der store krav til den sundhedsprofessionelles faglige viden, kliniske beslutningstagen, praktiske færdigheder, kommunikative evner og samarbejde.

I et britisk studie findes, at manglende kompetencer i at genkende kliniske tegn på akut forværring, igangsætte korrekt behandling og tilkalde relevant hjælp i tide er medvirkende faktorer i ellers forebyggelige dødsfald hos børn [1].

HOVEDBUDSKABER

- Simulation giver mulighed for at opbygge kompetencer i et trygt og patientsikkert miljø.
- Virtual reality (VR)-simulation giver fleksibilitet i, hvornår og hvor længe der trænes.
- I Danmark anvendes VR endnu ikke til simulation i akut pædiatri, men internationale studier viser lovende resultater.

Simulation i akut pædiatri har vist signifikant effekt på sundhedsprofessionelles kliniske kompetencer i at varetage tidskritiske opgaver og følge behandlingsguidelines [2].

Immersive virtual reality (VR) er en teknologi i hastig udvikling, der muliggør en interaktiv, computerbaseret simulation. Med udviklingen af bærbare VR-briller, hvor computeren indeholdes i en bærbar hovedmonteret skærm (**Figur 1**), er der mulighed for, at simulationen kan foregå, hvor, hvornår og hvor længe det passer den enkelte sundhedsprofessionelle [3]. VR-simulation har vundet stort indpas i medicinsk uddannelse og har vist effekt til træning af færdigheder inden for bl.a. kirurgi [4] og ultralyd [5], men også til træning af genoplivningsalgoritmer [6] og kognitive færdigheder [7]. Formålet med denne artikel er at diskutere behovet og potentialet for immersive VR-simulation i akut pædiatri. Vi vil herunder beskrive fordele ved simulation som læringsmetode, effekten af simulation i akut pædiatri samt behov og status for simulation i akut pædiatri i Danmark. Herefter vil vi inddrage internationale forskningsbaserede erfaringer med VR-simulation i akut pædiatri og diskutere fordele og begrænsninger.

FIGUR 1 Immersive virtual reality (VR) med hovedmonteret skærm. Screenshots fra immersive VR i akut pædiatri-scenarie. Gennem VR-brillerne (hovedmonteret skærm) ser brugeren udelukkende den virtuelle verden, hvilket giver en oplevelse af at være til stede i det virtuelle miljø, som brugeren kan interagere med gennem håndholdte kontrollere.

Illustrationer: Khora Virtual Reality.



FORDELE VED SIMULATION

Simulation i medicinsk uddannelse repræsenterer en bred række modaliteter, fra proceduretræning på simple fantomer, til fuldskala scenarietræning i tværfaglige teams omkring en avanceret dukke [8]. I Tabel 1 forklares en række begreber, der anvendes i terminologien for simulation.

TABEL 1 Alfabetisk ordforklaring på begreber relateret til simulation og virtual reality.

Begreb	Forklaring
<i>Relateret til simulation</i>	
Debriefing	Formaliseret deltagerinddragende refleksion efter endt simulation, typisk faciliteret af en underviser, med henblik på at facilitere læring [9]
Kompetence	Anvendelse af viden, tekniske og ikke-tekniske færdigheder og holdninger [9]
Kompetencebaseret medicinsk uddannelse	En tilgang til uddannelse og akkreditering, hvor der tilstræbes en individualiseret læringsproces med fokus på opnåelse af definerede kompetencer frem for gennemførelse af et forløb af en bestemt varighed [10]
Mastery learning	En tilgang til læring, der er blevet udbredt inden for bl.a. simulation, hvor der på forhånd defineres et læringsmål/mestringsniveau, og den enkelte gentager træningen, indtil dette mestringsniveau er opnået, før der progredieres til øget sværhedsgrad eller et nyt læringsmål [10]
Scenarietræning	Simulation omkring en avanceret dukke eller simuleret patient med en prædefineret behandlingscase, som styres af en uddannet underviser [11]
Simulation	At simulere betyder »at imitere med det formål at eksperimentere eller træne« [9]. Inden for medicinsk uddannelse kan det defineres bredt som en person, genstand eller en række forhold, der forsøger at skabe en autentisk uddannelses- eller evalueringssituation, hvor den trænende skal respondere, som vedkommende ville gøre det under ikke-simulerede omstændigheder [8]. Simulation dækker således over en bred række modaliteter, se nedenfor
Simulationsmodaliteter, eksempler	Simuleret patient: en skuespiller eller figurant, der er instrueret i at spille en specifik patientcase [9] Avanceret dukke: en dukke, der eksempelvis kan stetoskoperes, monitoreres og lave vejrtrækningslyde [9] Virtuel patient: se nedenfor Fantomer: simple eller avancerede, ikke-elektroniske modeller af kropsdele, der anvendes til at træne specifikke procedurer, eksempelvis et ben af plastik til at øve sig i at lægge intraossøs adgang [8, 11] Dyr, dyremodeller og menneskekadavere: anvendes til træning af kirurgiske færdigheder og andre procedurer [8]
Spaced learning	En læringsstrategi, hvor læringsindholdet distribueres over tid med intervaller mellem lærings-sessioner i modsætning til massed learning, hvor læringsindholdet samles på 1 eller få dage [12]
Teambaseret simulation	Scenarietræning i typisk tværfaglige team. Bruges særligt til at træne håndtering af den akutte syge patient, herunder ABCDE-stabilisering, genoplivning, samarbejde, kommunikation og ledelse [9]
Tekniske og ikke-tekniske færdigheder	Tekniske færdigheder: praktiske færdigheder som eksempelvis kirurgiske færdigheder, færdigheder i kliniske procedurer og objektiv undersøgelse [9] Ikke-tekniske færdigheder: kognitive og interpersonelle færdigheder som eksempelvis klinisk beslutningstagen, mønstergenkendelse, kompliance til guidelines, situationsbevidsthed, opgaveprioritering, ledelse, kommunikation og teamsamarbejde [9]
<i>Relateret til virtual reality</i>	
Cybersickness	Køresygesymptomer relateret til brug af extended reality, opstår særligt i forbindelse med bevægelses-illusioner
Extended reality	Samlebetegnelse for augmented reality, mixed reality og VR Augmented reality: tillæggelsen af et virtuelt/digitalt lag på den eksisterende virkelighed, som f.eks. ses på en smartphoneskærm eller gennem VR-briller [9] Mixed reality: en mere avanceret udgave af augmented reality, hvor der kan interageres med det virtuelle lag, der overlejrer den eksisterende virkelighed Virtual reality: se nedenfor
Hand tracking	Hand tracking i VR muliggør, at brugeren kan interagere med det virtuelle miljø uden brug af håndholdte kontrollere
Haptisk feedback	Taktile stimulation fra eksempelvis håndholdte kontrollere ^a [9]
Virtual reality	Et softwaregenereret miljø, som kan præsenteres på en HMD, hvor computerskærmen indeholdes i VR-briller eller på en almindelig computerskærm [9]. I denne artikel fokuseres på immersive VR-HMD ^a , hvor den virtuelle virkelighed dækker hele synsfeltet og giver en oplevelse af at være til stede i det virtuelle miljø, som man kan bevæge sig frit rundt i [9]
Virtuel	Kan defineres som noget, der ikke fysisk eksisterer, men vha. software forekommer at eksistere
Virtuel patient	Softwaregenereret patient, der kan præsenteres 2D på en computerskærm eller 3D gennem VR-briller [9]

HMD = hovedmonteret skærm; VR = virtual reality.

a) Se Figur 1.

Med øget fokus på patientsikkerhed og forebyggelige fejl i sundhedsvæsenet har simulation siden 1990'erne vundet tiltagende indpas i træning af både tekniske og ikke-tekniske færdigheder, og man har bevæget sig stadigt mere væk fra læringsstrategier som »see one, do one, teach one«, mod mastery learning og kompetencebaseret medicinsk uddannelse (se Tabel 1) [10, 13-14]. Mastery learning er en tilgang til læring, hvor en given kompetence trænes, indtil der opnås et på forhånd defineret mestringsniveau, før der fortsættes til øget sværhedsgrad [10, 13-14]. Simulation har den fordel, at en procedure eller et patientscenarie kan trænes og gentrænes i trygge rammer, hvor læringsprocessen er i fokus, samt at der kan sikres eksponering for sjældne og kritiske situationer. Simulationsbaseret mastery learning er vist at have større læringseffekt end tidsstyret simulation, men at kræve mere tid [10].

Til proceduretræning er foreslået den pædagogiske ramme »learn, see, practice, prove, do, maintain«, hvor en færdighed trænes og testes i en simuleret setting og efterfølgende vedligeholdes gennem både klinisk praksis og simulation [14]. Denne tilgang kan ligeledes tænkes at være med til at understøtte mastery learning og kompetencebaseret medicinsk uddannelse i akut pædiatri.

EFFEKT AF SIMULATION I AKUT PÆDIATRI

Simulation i akut pædiatri har vist signifikant effekt på sundhedsprofessionelles kompetencer, herunder proceduremæssige færdigheder, teamsamarbejde, kommunikation og beslutningstagen [15].

Effekten af teambaseret simulation i akut pædiatri er afdækket i et systematisk review af 79 studier [2]. Generelt sås signifikant effekt af simulationen på sundhedsprofessionelles kompetencer i akut pædiatri, med læringsretention i op til seks måneder [2]. Enkelte studier undersøgte kliniske outcomes som patientoverlevelse før og efter introduktion af simulation og fandt frem til signifikant øget overlevelse, hhv. samlet overlevelse på børneintensiv og overlevelse efter hjertestop, efter påbegyndelse af regelmæssig simulation [2]. Studierne undersøgte dog prospektivt uden kontrolgruppe den generelle trend i overlevelse, med høj risiko for bias, idet den kausale sammenhæng er usikker [2]. I et af studierne indførtes simulationen eksempelvis samtidig med etablering af pædiatriske akutteam [16].

STATUS OG BEHOV FOR SIMULATION I AKUT PÆDIATRI I DANMARK

En ny dansk behovsanalyse har identificeret akut luftvejshåndtering, intraossøs og intravenøs adgang samt avanceret genoplivning som de vigtigste tekniske procedurer at træne gennem simulation i pædiatrien i Danmark [17]. Nye europæiske guidelines understreger et fortsat behov for, at sundhedsprofessionelle træner ABCDE-stabilisering af det kritisk syge barn mhp. at forbedre opgaveprioriteringen samt skabe fælles forståelse og sprog i det akutte arbejde [18].

I målbeskrivelsen for den pædiatriske speciallægeuddannelse anbefales simulation til træning af praktiske færdigheder på fantomer samt til træning af ABCDE-stabilisering af det akut syge barn gennem scenarietræning, herunder træning af ikketekniske færdigheder som klinisk beslutningstagen, teamsamarbejde, kommunikation og ledelse [11].

I hoveduddannelsen i pædiatri indgår simulation på to obligatoriske kurser, i hhv. akut pædiatri og neonatologi. I tillæg hertil understøtter de enkelte afdelinger ofte ekstra simulationstræning, f.eks. gennem centrale kurser som European Pediatric Advanced Life Support. På mange afdelinger arrangeres også simulation i akut pædiatri, hvor indholdet fastlægges lokalt. Dette kræver dog ressourcer i form af simulationsudstyr og uddannet personale som undervisere.

På den baggrund kan det diskuteres, om der er et behov for flere obligatoriske simulationsbaserede kurser i akut pædiatri og for at sikre standardiserede simulationstilbud på tværs af de enkelte afdelinger.

Der findes ikke klare anbefalinger i litteraturen for, hvor hyppig simulationstræningen bør foregå, men flere studier indikerer et behov for, at der trænes med jævne mellemrum [12]. Eksempelvis ses det, at det er mere effektivt med træningssessioner, der er distribueret over tid, såkaldt spaced learning (se Tabel 1), frem for at læringsindholdet samles på én eller få dage uden efterfølgende repetition [12]. Ligeledes ses et behov for mastery learning, hvor simulationen ikke er tidsstyret, men kan gentages, til der opnås et på forhånd defineret mestringsniveau, som bør vurderes gennem en valideret test [10, 14].

INTERNATIONALE ERFARINGER MED VIRTUAL REALITY-SIMULATION

Litteraturen inden for VR-simulation i akut pædiatri er begrænset, men viser lovende resultater. I Tabel 2 gives et overblik over udvalgte centrale studier, der har undersøgt læringseffekt af VR-simulation til træning af sundhedsprofessionelle og -studerende i akut pædiatri [19-26]. Studier, der alene undersøger selvrapporтерet læringseffekt og tilfredshed med VR-simulationen er ikke medtaget.

TABEL 2 Udvalgte centrale studier om immersive virtual reality-simulation i akut pædiatri. Alfabetisk efter førsteforfatter.

Reference	Land	Studiedesign	Population (n)	Emne	Intervention	Kontrol	Outcome	Resultat
Abulfara et al., 2021 [19]	USA	RCT-pilotstudie	Yngre læger (42)	Status epilepticus	VR-scenarietræning	Scenarietræning med avanceret dukke	»Time to critical action«, vurderet 3 mdr. efter intervention ud fra scenarie med avanceret dukke	Ingen signifikant forskel på de 2 grupper ikke designet som non-inferiority-studie
Agasthya et al., 2020 [20]	USA	Prospektivt randomiseret studie	Læger med hhv. 2 års og 4-6 års erfaring (15)	Forberedelse af intubation	VR-simuleret procedure: læger med < 2 års erfaring	Ingen intervention: læger med 4-6 års erfaring	Memorere tjekliste til forberedelse af intubation, vurderet umiddelbart efter intervention	Ingen signifikant forskel på de to grupper ikke designet som non-inferiority-studie
Fara et al., 2020 [21]	USA	Kvasiekperimentelt mixed-method-studie RCT og kvalitativt	Sygeplejersker og læger (93)	Nødevakuering af nyfødte	VR-scenarietræning: 10 min. træning ved 0, 4, 8 og 12 mdr.	E-learning med samme indhold som VR-scenarierne: 10 min. ved 0, 4, 8 og 12 mdr.	Færdigheder vurderet 12 mdr. fra baseline i simuleret evakuerings-scenarie med avancerede dukker Videnstest om evakuering af nyfødte	Færdigheder: VR-gruppen klarede sig signifikant bedre i behandling og evakuering af nyfødte vurderet i et simuleret scenarie Viden: De 2 grupper klarede sig lige godt
Lerner et al., 2020 [22]	Tyskland	Feasibilitetsstudie, prætest-posttest-design	Erfarne akutlæger (18)	Anafylaktisk shock	VR-scenarietræning	-	Viden om anafylaksi, prætest-posttest	Ingen signifikant forskel i viden mellem prætest og posttest
Putnam et al., 2021 [23]	USA	Feasibilitetsstudie, prætest-posttest-design	Medicinstuderende, yngre læger og sygeplejersker (41)	Luftvejshåndtering: anafylaksi og fremmed-legeme	VR-scenarietræning + video	-	Viden om luftvejshåndtering, prætest-posttest	VR-gruppens viden om anafylaksi, fremmedlegemeaspiration, heimlich-manøvre og pædiatrisk luftvejanatomi var signifikant øget i posttest
Umoren et al., 2021 [24]	Nigeria og Kenya	RCT	Sygeplejersker og jordemødre (274)	Neonatal genoplivning	VR-scenarietræning + digital guide	Kontrol 1: video + digital guide Kontrol 2: digital guide	Viden og færdigheder vurderet 1, 2 og 6 mdr. efter intervention Tjeklister og OSCE i et simuleret scenarie	VR-gruppen viste signifikant bedre retention af maskeventilations-færdigheder efter 6 mdr. Ellers var der ikke signifikant forskel mellem grupperne
Wu et al., 2022 [25]	Taiwan	Kvasiekperimentelt design	Sygeplejerskestuderende (105)	Status epilepticus	VR-scenarietræning	Forelæsning	Viden om krampebehandling vurderet ud fra valideret MCQ	VR-gruppen scorede signifikant højere på efterfølgende videnstest sammenlignet med kontrolgruppen
Zackoff et al., 2020 [26]	USA	RCT	Medicinstuderende (168)	Vejtrækningsbesvær: respiratorisk distress og svigt	VR-scenarietræning + standardcurriculum	Standardcurriculum: klasseunder-visning og scenarietræning med avanceret dukke	Skriftlig »free response«-vurdering af video af vejtrækningspåvirkede børn 3 uger efter interventionen, hvor den studerende angiver diagnose og behov for yderligere assistance Svarene blev efterfølgende vurderet af eksperter på området	VR-gruppen var signifikant bedre til at vurdere videoer af børn med vejtrækningsbesvær i forhold til diagnostik og rettidigt tilkald af hjælp

MCQ = multiple choice-spørgeskema; OSCE = Objective Structured Clinical Exam; VR = virtual reality.

Flere studier har undersøgt VR til individuel scenarietræning, hvor der trænes stabilisering af et akut påvirket virtuelt barn [19, 21-26]. VR-scenarietræningen ses at have signifikant effekt på bl.a. færdigheder i klinisk vurdering af børn med vejtrækningsbesvær, beslutningstagen og opgaveprioritering, målt ud fra efterfølgende test i en simuleret setting [21, 26]. Et mindre pilotstudie har sammenlignet VR-scenarietræning med scenarietræning med en avanceret dukke [20]. Her fandt man ingen signifikant forskel på de to grupper [19]. Studiet var dog ikke designet som et non-inferiority-studie, og kompetencevurderingen var baseret på »time to critical action«, som giver et begrænset indblik i deltagernes kompetencer [19].

Retentionen af akutpædiatriske kompetencer trænet i VR er yderst begrænset undersøgt. Et enkelt studie af VR-simulation til træning af neonatal genoplivning har undersøgt retention og fandt frem til retention af maskeventilationsfærdigheder i op til seks måneder efter VR-simulationen [24]. Effekten af VR-simulation på akutpædiatrisk viden har vist blandede resultater, se Tabel 2 [20-25].

Inden for akutmedicin med voksne patienter tyder flere studier ligeledes på, at VR-scenarietræning har effekt på bl.a. færdigheder i triagering af patienter [27], systematik i ABCDE-gennemgang [28] og genoplivning [6].

FORDELE OG BEGRÆNSNINGER VED VIRTUAL REALITY-SIMULATION

En stor fordel ved VR er, at simulationen potentielt kan foregå uden tilstedeværelse af en underviser. Et dansk studie af VR til ultralydstræning har eksempelvis fundet, at VR med automatiseret feedback kan have læringseffekt tilsvarende ultralydstræning med instruktør [5]. Dette kan give fleksibilitet både i tid, sted og varighed af træningen og potentielt gøre det lettere at etablere spaced learning. Der mangler dog studier, der undersøger, om det samme gør sig gældende inden for VR i akut pædiatri.

Udvikling og programmering af VR-scenarier er omkostningstungt, men efterfølgende kan simulationen etableres og skaleres for relativt få midler, og VR er i flere studier vurderet over tid til at være mere omkostningseffektivt end traditionel simulation med avanceret dukke [3, 19].

Hertil kommer, at patienten i VR kan animeres til eksempelvis at ændre farve og vejtrækningsarbejde, hvilket stadig er en begrænsning ved avancerede simulationsdukker [3]. Ligeledes giver immersive VR en oplevelse af at være til stede i det virtuelle miljø, og VR er således foreslået som eksponeringsterapi for akutte pædiatriske tilstande, med mulighed for at skabe træning i at tage beslutninger under pres [29].

Begrænsninger i VR er eksempelvis, at den tekniske del af VR-simulationen i sig selv kan være krævende og blive et forstyrrende element for læringen. Hertil kommer risiko for cybersickness, der dog ser ud til at være relativt sjældent i animerede VR-scenarier uden bevægelsesillusion [19]. De håndholdte controllere og den sparsomme haptiske feedback i VR (se Tabel 1) sætter aktuelt begrænsninger for træning af procedurer som luftvejshåndtering, intravenøs og intraossøs adgang, men med videreudviklingen af VR-handsker og hand tracking kommer tiltagende muligheder for immersive VR til finmotorisk træning. Hertil kommer muligheden for overlejring af en fysisk simulationsdukke med en virtuel virkelighed gennem augmented og mixed reality (se Tabel 1) [3]. Med videreudvikling af multiplayer-scenarier og talegenkendelse kommer ligeledes større potentiale for VR til teambaseret scenarietræning, men der mangler studier, der undersøger, om kommunikation og samarbejde i det tværprofessionelle team trænes relevant i en animeret, virtuel simulation [3].

KONKLUSION OG FREMTIDIGE PERSPEKTIVER

Håndtering af akut og kritisk syge børn kræver kompetencer, der kontinuerligt bør trænes og gentrænes gennem simulation for at sikre høj faglighed og kvalitet i behandlingen trods den sjældne forekomst. VR-simulation kan foregå uden en underviser, hvilket giver potentiale for en hyppigere træning, samt skalering, herunder til lav- og mellemindsatsstadiet, hvor der er et udtalt behov for skalerbar uddannelse af sundhedsprofessionelle [30].

Internationale studier viser lovende resultater for immersive VR-simulation i akut pædiatri, til træning af bl.a. klinisk vurdering, opgaveprioritering og beslutningstagen [20, 23, 26]. VR-simulation har inden for andre specialer vist effekt til træning af en række tekniske og ikke-tekniske færdigheder, herunder ABCDE-systematik [28], genoplivning [6] og ultralyd [5], som også kunne være relevant i en akut pædiatrisk kontekst.

Med videreudvikling af teknologien inden for VR forventes et stadigt tiltagende potentiale for VR til træning i kliniske procedurer, teambaseret scenarietræning og kommunikation [3, 4, 6].

Videre forskning må afdække, om implementering af VR kan supplere den nuværende simulation relevant med en hyppigere træning og være med til fortsat at skubbe »see one, do one, teach one« hen mod »learn, see, practice, prove, do, maintain« [14].

Korrespondance *Amalie Middelboe Andersen*. E-mail: amalie.middelboe.andersen@regionh.dk

*) Disse forfattere har bidraget ligeligt til artiklen.

Antaget 13. december 2022

Publiceret på ugeskriftet.dk 13. februar 2023

Interessekonflikter ingen. Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på ugeskriftet.dk

Artikelreference Ugeskr Læger 2023;185:V09220581

SUMMARY

Simulation-based training in paediatric emergency medicine

Amalie Middelboe Andersen, Thomas Leth Jensen, Jette Led Sørensen, Line Klinge Gjørde, Stine Lund, Lone Paulsen, Anja Poulsen & Jesper Kjærgaard

Ugeskr Læger 2023;185:V09220581

Managing critically ill children is a rare and challenging event requiring training to ensure adequate and timely quality of care. Thus, health professionals train for pediatric emergencies in a simulated setting. Virtual reality (VR) is a promising modality for simulation, and current evidence highlights the potential of VR for simulating pediatric emergencies. However, more studies are needed to determine the aspects of VR design and implementation that support transfer of learning.

REFERENCER

1. Pearson GA, Ward-Platt M, Harnden A, Kelly D. Why children die: avoidable factors associated with child deaths. *Arch Dis Child*. 2011;96(10):927-31.
2. Thim S, Henriksen TB, Laursen H et al. Simulation-based emergency team training in pediatrics: a systematic review. *Pediatrics*. 2022;149(4):e2021054305.
3. McGrath JL, Taekman JM, Dev P et al. Using virtual reality simulation environments to assess competence for emergency medicine learners. *Acad Emerg Med*. 2018;25(2):186-195.
4. Barteit S, Lanfermann L, Bärnighausen T et al. Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: systematic review. *JMIR Serious Games*. 2021;9(3):e29080.
5. Andersen NL, Jensen RO, Konge L et al. Immersive virtual reality in basic point-of-care ultrasound training: a randomized controlled trial. *Ultrasound Med Biol*. 2023;49(1):178-185.
6. Kuyt K, Park SH, Chang TP et al. The use of virtual reality and augmented reality to enhance cardio-pulmonary resuscitation: a scoping review. *Adv Simul (Lond)*. 2021;6(1):11.
7. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P et al. Virtual reality for health professions education: Systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. *J Med Internet Res*. 2019;21(1):e12959.
8. Sørensen JL, Østergaard D, LeBlanc V et al. Design of simulation-based medical education and advantages and disadvantages of in situ simulation versus off-site simulation. *BMC Med Educ*. 2017;17(1):20.
9. Lopreiato JO, red. *Healthcare simulation dictionary*. 1st ed. Society for Simulation in Healthcare, 2016.
10. Cook DA, Brydges R, Zendejas B et al. Mastery learning for health professionals using technology-enhanced simulation: a systematic review and meta-analysis. *Acad Med*. 2013;88(8):1178-86.
11. Dansk Pædiatrisk Selskab. Målbeskrivelse for speciallægeuddannelsen i pædiatri. Sundhedsstyrelsen, 2021. https://www.sst.dk/-/media/Viden/Uddannelse/Uddannelse-af-speciallaeger/Maalbeskrivelser/P,-q-,diatri/Maalbeskrivelse_speciallaegeuddannelsen_paediatri-maj-2021 (5. sep 2022).
12. Yeung J, Djarv T, Hsieh MJ et al. Spaced learning versus massed learning in resuscitation – a systematic review. *Resuscitation*. 2020;156:61-71.
13. Motola I, Devine LA, Chung HS et al. Simulation in healthcare education: a best evidence practical guide. AMEE Guide no. 82. *Med Teach*. 2013;35(10):1511-30.
14. Sawyer T, White M, Zaveri P et al. Learn, see, practice, prove, do, maintain: an evidence-based pedagogical framework for procedural skill training in medicine. *Acad Med*. 2015;90(8):1025-33.
15. Clerihew L, Rowney D, Ker J. Simulation in paediatric training. *Arch Dis Child Educ Pract Ed*. 2016;101(1):8-14.
16. Theilen U, Leonard P, Jones P et al. Regular in situ simulation training of paediatric medical emergency team improves hospital response to deteriorating patients. *Resuscitation*. 2013;84(2):218-22.
17. Thim S, Nayahangan LJ, Paltved C et al. Identifying and prioritising technical procedures for simulation-based curriculum in paediatrics: A Delphi-based general needs assessment. *BMJ Paediatr Open*. 2020;4(1):e000697.
18. Van de Voorde P, Turner NM, Djakow J et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Paediatric Life Support. *Resuscitation*. 2021;161:327-387.
19. Abulfaraj MM, Jeffers JM, Tackett S, Chang T. Virtual reality vs. high-fidelity mannequin-based simulation: a pilot randomized

- trial evaluating learner performance. *Cureus*. 2021;13(8):e17091.
20. Agasthya N, Penfil S, Slamon N. Virtual reality simulation for pediatric airway intubation readiness education. *Cureus*. 2020;12(12):e12059.
 21. Farra S, Hodgson E, Miller ET et al. Effect of virtual reality simulation on worker emergency evacuation of neonates. *Disaster Med Public Heal Prep*. 2020;13(2):301-308.
 22. Lerner D, Mohr S, Schild J et al. An immersive multi-user virtual reality for emergency simulation training: usability study. *JMIR Serious Games*. 2020;8(3):e18822.
 23. Putnam EM, Rochlen LR, Alderink E et al. Virtual reality simulation for critical pediatric airway management training. *J Clin Transl Res*. 2021;7(1):93-99.
 24. Umoren R, Bucher S, Hippe DS et al. EHBB: a randomised controlled trial of virtual reality or video for neonatal resuscitation refresher training in healthcare workers in resource-scarce settings. *BMJ Open*. 2021;11(8):e048506.
 25. Wu ML, Chao LF, Xiao X. A pediatric seizure management virtual reality simulator for nursing students: a quasi-experimental design. *Nurse Educ Today*. 2022;199:105550.
 26. Zackoff MW, Real FJ, Sahay RD et al. Impact of an Immersive Virtual Reality Curriculum on Medical Students' Clinical Assessment of Infants with Respiratory Distress. *Pediatr Crit Care Med*. 2020;21(5):477-485.
 27. Price FM, Tortosa ED, Fernandez-Pacheo AN et al. Comparative study of a simulated incident with multiple victims and immersive virtual reality. *Nurse Educ Today*. 2018;71:48-53.
 28. Berg H, Steinsbekk A. The effect of self-practicing systematic clinical observations in a multiplayer, immersive, interactive virtual reality application versus physical equipment: a randomized controlled trial. *Adv Heal Sci Educ Theory Pract*. 2021;26(2):667-682.
 29. Chang TP, Hollinger T, Dolby T, Sherman JM. Development and considerations for virtual reality simulations for resuscitation training and stress inoculation. *Simul Healthc*. 2021;16(6):e219-e226.
 30. Frenk J, Chen L, Bhutta ZA et al. Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *Lancet*. 2010;376(9756):1923-58.