

The medical pause in simulation training

Citation for published version (APA):

Lee, J. Y. (2022). *The medical pause in simulation training*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/dis.20220608jl>

Document status and date:

Published: 01/01/2022

DOI:

[10.26481/dis.20220608jl](https://doi.org/10.26481/dis.20220608jl)

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

This PhD thesis aims to foster the understanding of the medical pause as a professional skill that should be taught in educational programs, by investigating the effects of pausing both theoretically and empirically. In *Chapter 1, General Introduction*, I review previous studies on pausing skills in medical education and education in general. To explain cognitive mechanisms that constitute pausing skills, cognitive load theory is introduced. Relaxation and reflection are stressed as the two major cognitive processes that make pausing effective for increasing performance and learning. Computer-based simulation (CBS) is illustrated as a promising environment for pausing skills for both educational and research purposes. This introductory chapter presents an overview of the five studies that build up this thesis. Study 1 provides a theoretical framework of the medical pause. After Study 2 validates performance measures and the task environment of a CBS, namely, a serious game. Study 3 and 4 investigate the two processes during pauses, that is, relaxation and reflection. Finally, Study 5 tests the generalizability of the findings in another type of CBS environment, Virtual Reality (VR).

Chapter 2 establishes a systematic conceptualization of the medical pause, focusing on its importance, processes, and implementation in training programs. By employing insights from educational sciences and cognitive psychology, I first identify pausing as an important skill to interrupt negative momentum and bolster learning. Subsequently, I categorize constituent cognitive processes for pausing skills into two phases: the decision-making phase (determining when and how to take pauses) and the executive phase (applying relaxation or reflection during pauses). I present a new model that describes how relaxation and reflection during pauses can optimize cognitive load in performance. Several strategies to implement pause training in medical curricula are proposed: intertwining pause training with training of primary skills, providing second-order scaffolding through shared control, and employing auxiliary tools such as CBS with a pause function.

Chapter 3 aims to validate performance measures and the task environment of a serious game for emergency medicine (i.e., AbcdeSIM) by testing whether the measures

developed in this study can predict different levels of prior knowledge. Based on theories of complex-skill acquisition (e.g., 4C/ID), I derive four performance aspects that prior knowledge may affect: (1) systematicity in approach, (2) accuracy in visual attention and motor reactions, (3) speed in performance, and (4) cognitive load. The measures are developed to represent these aspects by using machine learning, game-log analysis, and eye-tracking.

Participants were 24 medical professionals (experts, with high prior knowledge) and 22 medical students (novices, with low prior knowledge). After pre-training, they all played one scenario, during which game logs and eye movements were collected. A cognitive-load questionnaire ensued. During game play, experts demonstrated a more systematic approach, higher accuracy in visual selection and motor reaction, and a higher performance speed than novices. Their reported levels of cognitive load were lower. These results indicate that prior knowledge has a substantial impact on performance in AbcdeSIM, opening up the possibility of using the measures for performance assessment.

Chapter 4 investigates how pausing affects performance and cognitive load in intense situations in AbcdeSIM. On the assumption that allowing pauses and actually taking pauses are two different kinds, the effects of these two constructs are tested respectively. Medical students ($N = 70$) were randomly assigned to one of two conditions: simulation with ($n = 40$) and without ($n = 30$) the option to take pauses. All participants played the same two scenarios, during which game logs and eye-tracking data were recorded.

Overall, both cognitive load and performance were higher in the condition with pauses than in the one without pauses. The act of pausing, however, temporarily lowered cognitive load, especially during intense moments. Two different manifestations of the pause effect were identified: (1) by stimulating additional cognitive and metacognitive processes, pauses increased overall cognitive load; and (2) through relaxation, the act of pausing temporarily decreased heightened cognitive load. Consequently, these results suggest that in order to enhance students' performance and learning it is important to encourage them to utilize the different effects of pausing depending on the given situation.

Chapter 5 examines the effects of reflective pauses on performance, given that instructional support for reflection is provided. By using concepts from complex learning, I propose how to design cognitive and metacognitive aids (CMAs) to support reflection processes during pauses. Assuming reflective pauses with CMAs help to optimize cognitive load and allow for restructuring of mental models, I examine their effects on four aspects of performance and learning: cognitive load, domain-specific performance, domain-general performance, and the structure of cognitive schemas.

Medical students ($N = 72$) performed tasks in the AbcdeSIM task environment, in two conditions: reflection condition ($n = 36$) where reflection was prompted during pauses, and control condition ($n = 36$) without such prompts. The effects of reflective pauses only emerged in the later stage of the learning process, while no significant effects were identified in the early stage. Cognitive load decreased and the domain-general aspects of performance improved. However, domain-specific performance aspects and schema structure did not improve, probably due to lacking feedback during reflection. These results suggest that theory-based support design can make in-action reflection more effective, demonstrating that reflective pauses can enhance performance, but an adaptation period is required.

Chapter 6 explores whether the indicators found in the previous studies can be applied to VR environments. Although pupillometry is well-known as a reliable technique to measure cognitive load in 2D environments, its applicability to 3D VR environments had not been validated yet. Specifically, the VR display causes light reflexes that confound task-evoked pupillary responses (TEPRs). Through this pilot study, I validate whether task difficulty can predict cognitive load as measured by TEPRs corrected for the light reflex and if these TEPRs correlate with cognitive load self-ratings and performance.

Fourteen students in health sciences performed observation tasks in two conditions: difficult versus easy tasks, whilst watching a VR scenario in home health care. Then, a cognitive load self-rating ensued. I used a VR system with a built-in eye-tracker and a photosensor installed to assess pupil diameter and light intensity during the scenario. Employing a method from the human-computer interaction field, I determined TEPRs by modeling the pupil light reflexes using a baseline. As predicted, the difficult task caused significantly larger TEPRs than the easy task. Only in the difficult task condition did TEPRs positively correlate with the performance measures. These results suggest that TEPRs are valid measures of cognitive load in VR training when corrected for the light reflex. It opens up possibilities to use real-time cognitive load for assessment and instructional design for VR training.

Chapter 7 is the General Discussion which brings the findings from all studies together. By connecting these findings, it discusses how the studies in this thesis contributed to the investigation of the pause effects and deepened the understanding of the medical pause. Throughout the five studies, the medical pause is identified as a complex professional skill that should be understood through interplay between cognitive load, self-regulation, and learning processes. Among diverse aspects of performance that pausing can enhance, the biggest beneficiary of pausing appears to relate to patient safety.

Theoretical and methodological contributions of this project are identified in three fields: (1) healthcare training (2) educational psychology (i.e. cognitive load theory, 4C/ID), and (3) performance assessment in CBS. This project provides new approaches to

safety culture by introducing the medical pause, and facilitates the existing discussion on the interplay between cognitive load and self-regulation by establishing a new triarchic model of cognitive load with PL, SL, and EL. By using game logs and eye-tracking, it presents an advanced application of diverse data sets to measure cognitive processes in performance and learning.

Limitations of the studies are illustrated to guide future researchers to unfold the research on the medical pause. Also, practical implications for educators and CBS designers are discussed by suggesting instructional applications. For instance, the degree of support by supervisors should be negotiated based on learners' competency levels before the training. During the training, pauses are initiated through support of the CMAs, while additional pauses can be improvised guided by the supervisors. After the training, students can repeatedly practice the scenario and the pausing strategies at home by using online access to the CBS.

Samenvatting

Dit proefschrift beoogt het begrip voor medische pauzes te bevorderen als een professionele vaardigheid die in onderwijsprogramma's onderwezen zou moeten worden, door de effecten van pauzeren zowel theoretisch als empirisch te onderzoeken. In *hoofdstuk 1*, Algemene inleiding, geef ik een overzicht van eerdere studies over vaardigheden in het geven van pauzes in het medisch onderwijs en het onderwijs in het algemeen. Om de cognitieve mechanismen van pauzerende vaardigheden te verklaren, wordt de cognitieve belastingtheorie geïntroduceerd. Ontspanning en reflectie worden benadrukt als de twee belangrijkste cognitieve processen die pauzeren effectief maken voor het verbeteren van prestaties en leren. Computergebaseerde simulatie (CBS) wordt gegeven als een veelbelovende omgeving voor pauzerende vaardigheden voor zowel onderwijs- als onderzoeksdoeleinden. Dit inleidende hoofdstuk geeft een overzicht van de vijf studies waaruit dit proefschrift is opgebouwd. Studie 1 geeft een theoretisch kader over het medisch pauzeren. Hierna, in studie 2, worden prestatiemetingen en de taakomgeving van een CBS, namelijk een serious game, gevalideerd. Studie 3 en 4 onderzoeken de twee processen tijdens pauzes, namelijk ontspanning en reflectie. Tot slot test studie 5 de generaliseerbaarheid van de bevindingen in een ander type CBS-omgeving, namelijk Virtual Reality (VR).

Hoofdstuk 2 geeft een systematische conceptualisering van de medische pauze, met aandacht voor het belang, de processen en de implementatie ervan in opleidingsprogramma's. Door gebruik te maken van inzichten uit de onderwijswetenschappen en de cognitieve psychologie, identificeer ik eerst het nemen van pauzes als een belangrijke vaardigheid om negatief momentum te onderbreken en het leren te versterken. Vervolgens categoriseer ik de cognitieve processen die nodig zijn om te kunnen pauzeren in twee fasen: de besluitvormingsfase (bepalen wanneer en hoe te pauzeren) en de uitvoerende fase (ontspanning of reflectie toepassen tijdens pauzes). Ik presenteer een nieuw model dat beschrijft hoe ontspanning en reflectie tijdens pauzes de cognitieve belasting in de uitvoering kunnen optimaliseren. Verschillende strategieën om pauzet-

raining te implementeren in medische curricula worden voorgesteld: het verweven van pauzetraining met training van primaire vaardigheden, het bieden van second-order scaffolding door middel van gedeelde controle, en het inzetten van hulpmiddelen zoals CBS met een pauzefunctie.

Hoofdstuk 3 heeft tot doel de prestatie maatstaven en de taakomgeving van een serieuze game voor spoedeisende geneeskunde (i.e., AbcdeSIM) te valideren door te testen of de in deze studie ontwikkelde maatstaven verschillende niveaus van voorkennis kunnen voorspellen. Gebaseerd op theorieën over het verwerven van complexe vaardigheden (bv. 4C/ID), leid ik vier prestatieaspecten af die door voorkennis beïnvloed kunnen worden: (1) systematiek in aanpak, (2) nauwkeurigheid in visuele aandacht en motorische reacties, (3) snelheid in uitvoering, en (4) cognitieve belasting. De maatstaven worden ontwikkeld om deze aspecten weer te geven door middel van machine learning, game-log analyse, en eye-tracking.

De deelnemers waren 24 medische professionals (experts, met hoge voorkennis) en 22 medische studenten (nieuwelingen, met lage voorkennis). Na de pre-training speelden ze allemaal één scenario, waarbij game-logs en oogbewegingen werden verzameld. Daarna werd een vragenlijst over cognitieve belasting afgenomen. Tijdens het spel vertoonden experts een meer systematische aanpak, een hogere nauwkeurigheid in visuele selectie en motorische reactie, en een hogere uitvoeringssnelheid dan nieuwelingen. De door hen vermelde niveaus van cognitieve belasting waren lager. Deze resultaten geven aan dat voorkennis een substantiële invloed heeft op prestaties in AbcdeSIM, wat de mogelijkheid opent tot het gebruiken van de maatstaven voor prestatiebeoordeling.

Hoofdstuk 4 onderzoekt hoe pauzeren prestaties en cognitieve belasting beïnvloedt in intense situaties in AbcdeSIM. Uitgaande van de veronderstelling dat het toestaan van pauzes en het daadwerkelijk nemen van pauzes twee verschillende soorten zijn, worden de effecten van deze twee opstellingen getest. Medisch studenten ($N = 70$) werden willekeurig toegewezen aan een van de twee condities: simulatie met- ($n = 40$) en zonder ($n = 30$) de mogelijkheid om pauzes te nemen. Alle deelnemers speelden dezelfde twee scenario's, waarbij game logs en eye-tracking data werden geregistreerd.

Over het geheel genomen waren zowel de cognitieve belasting als de prestaties hoger in de conditie met pauzes dan in de conditie zonder pauzes. De handeling van het pauzeren verlaagde echter tijdelijk de cognitieve belasting, vooral tijdens intense momenten. Twee verschillende manifestaties van het pauze-effect werden geïdentificeerd: (1) door extra cognitieve en metacognitieve processen te stimuleren, verhoogden pauzes de totale cognitieve belasting; en (2) door ontspanning, verminderde de handeling van het pauzeren tijdelijk de verhoogde cognitieve belasting. Deze resultaten suggereren dat, om de prestaties en het leren van studenten te verbeteren, het belangrijk is hen aan

te moedigen de verschillende effecten van pauzeren te gebruiken, afhankelijk van de gegeven situatie.

Hoofdstuk 5 onderzoekt de effecten van reflectieve pauzes op de prestaties, gegeven dat instructieve ondersteuning voor reflectie wordt geboden. Door gebruik te maken van concepten uit complex learning, stel ik voor hoe cognitieve en metacognitieve hulpmiddelen (CMAs) ontworpen kunnen worden om reflectieprocessen tijdens pauzes te ondersteunen. Ervan uitgaande dat reflectieve pauzes met CMA's helpen om cognitieve belasting te optimaliseren en herstructurering van mentale modellen mogelijk te maken, onderzoek ik hun effecten op vier aspecten van prestatie en leren: cognitieve belasting, domeinspecifieke prestatie, domein-generalere prestatie, en de structuur van cognitieve schema's.

Studenten geneeskunde ($N = 72$) voerden taken uit in de AbcdeSIM taakomgeving, in twee condities: reflectieconditie ($n = 36$), waar reflectie werd gevraagd tijdens pauzes, en controleconditie ($n = 36$) zonder dergelijke prompts. De effecten van reflectiepauzes kwamen pas naar voren in de latere fase van het leerproces, terwijl er geen significante effecten werden gevonden in de vroege fase. De cognitieve belasting nam af en de domeinspecifieke aspecten van de prestatie verbeterden. Domeinspecifieke prestatieaspecten en schemastructuur verbeterden echter niet, waarschijnlijk als gevolg van het ontbreken van feedback tijdens de reflectie. Deze resultaten suggereren dat een op theorie gebaseerd ondersteuningsontwerp in-actie reflectie effectiever kan maken, en tonen aan dat reflectieve pauzes de prestaties kunnen verbeteren, maar dat een aanpassingsperiode nodig is.

In *hoofdstuk 6* wordt onderzocht of de indicatoren die in de eerdere studies zijn gevonden, kunnen worden toegepast op VR omgevingen. Hoewel pupillometrie bekend staat als een betrouwbare techniek om cognitieve belasting te meten in 2D omgevingen, was de toepasbaarheid op 3D VR omgevingen nog niet gevalideerd. Het VR beeldscherm veroorzaakt lichtreflexen die taak-geëvokeerde pupilresponsen (TEPRs) verstoren. Met deze pilootstudie wil ik nagaan of de moeilijkheidsgraad van de taak cognitieve belasting kan voorspellen aan de hand van TEPRs gecorrigeerd voor de lichtreflex en of deze TEPRs correleren met cognitieve belasting en prestatie.

Veertien studenten gezondheidswetenschappen voerden observatietaken uit in twee condities: moeilijke versus makkelijke taken, terwijl ze naar een VR-scenario in de thuisgezondheidszorg keken. Daarna volgde een zelfbeoordeling van de cognitieve belasting. Ik gebruikte een VR-systeem met een ingebouwde eye-tracker en een fotosensor om de pupildiameter en de lichtintensiteit tijdens het scenario te beoordelen. Gebruikmakend van een methode uit het human-computer interaction veld, bepaalde ik TEPRs door de pupil licht reflexen te modelleren met behulp van een baseline. Zoals voorspeld, veroorzaakte de moeilijke taak aanzienlijk grotere TEPRs dan de gemakkelijke taak. Alleen in

de moeilijke taakconditie correleerden TEPRs positief met de prestatiemetingen. Deze resultaten suggereren dat TEPRs geldige maatstaven zijn voor cognitieve belasting in VR training wanneer gecorrigeerd wordt voor de lichtreflex. Het opent mogelijkheden om real-time cognitieve belasting te gebruiken voor beoordeling en instructieontwerp voor VR training.

Hoofdstuk 7 is de Algemene Discussie waarin de bevindingen uit alle studies worden samengebracht. Door deze bevindingen met elkaar te verbinden, wordt besproken hoe de studies in dit proefschrift hebben bijgedragen aan het onderzoek naar de pauze-effecten en het begrip van de medische pauze hebben verdiept. Doorheen de vijf studies wordt de medische pauze geïdentificeerd als een complexe professionele vaardigheid die begrepen moet worden door de wisselwerking tussen cognitieve belasting, zelfregulatie, en leerprocessen. Onder de verschillende aspecten van de prestaties die pauzeren kan verbeteren, lijkt de grootste begunstiging van pauzeren betrekking te hebben op de veiligheid van de patiënt.

Theoretische en methodologische bijdragen van dit project worden geïdentificeerd op drie gebieden: (1) opleiding in de gezondheidszorg (2) onderwijspsychologie (d.w.z. cognitieve belastingstheorie, 4C/ID), en (3) prestatiebeoordeling in het CBS. Dit project biedt nieuwe benaderingen voor veiligheidscultuur door de medische pauze te introduceren, en vergemakkelijkt de bestaande discussie over de wisselwerking tussen cognitieve belasting en zelfregulatie door een nieuw triarchisch model van cognitieve belasting met PL, SL, en EL op te stellen. Door gebruik te maken van game logs en eye-tracking, wordt een geavanceerde toepassing van diverse datasets gepresenteerd om cognitieve processen in prestaties en leren te meten.

Beperkingen van de studies worden geïllustreerd om toekomstige onderzoekers een leidraad te geven bij het uitbouwen van het onderzoek naar de medische pauze. Ook worden praktische implicaties voor opleiders en CBS-ontwerpers besproken door instructieve toepassingen voor te stellen. Bijvoorbeeld, de mate van ondersteuning door supervisors zou moeten worden onderhandeld op basis van het competentieniveau van de lerenden vóór de opleiding. Tijdens de training worden pauzes geïnitieerd door ondersteuning van de CMA's, terwijl extra pauzes kunnen worden geïmproviseerd onder leiding van de supervisors. Na de training kunnen de cursisten het scenario en de pauzestrategieën thuis herhaaldelijk oefenen door gebruik te maken van de online toegang tot het CBS.