

The association between quality of connections and diagnostic accuracy in student-generated concept maps for clinical reasoning education with virtual patients

Abstract

Objectives: Concept maps are a learning tool that fosters clinical reasoning skills in healthcare education. They can be developed by students in combination with virtual patients to create a visual representation of the clinical reasoning process while solving a case. However, in order to optimize feedback, there is a need to better understand the role of connections between concepts in student-generated maps. Therefore, in this study we investigated whether the quality of these connections is indicative of diagnostic accuracy.

Methods: We analyzed 40 concept maps created by fifth-year medical students in the context of four virtual patients with commonly encountered diagnoses. Half of the maps were created by students who made a correct diagnosis on the first attempt; the other half were created by students who made an error in their first diagnosis. The connections in the maps were rated by two reviewers using a relational scoring system. Analysis of covariance was employed to examine the difference in mean connection scores among groups while controlling for the number of connections.

Results: There were no differences between the groups in the number of concepts or connections in the maps; however, maps made by students who made a correct first diagnosis had higher scores for the quality of connections than those created by students who made an incorrect first diagnosis (12.13 vs 9.09; $p=0.03$). We also observed students' general reluctance to use connections in their concept maps.

Conclusion: Our results suggest that the quality, not the quantity, of connections in concept maps is indicative of their diagnostic accuracy.

Keywords: computer-assisted instruction, virtual patients, concept maps, clinical reasoning

Andrzej A. Kononowicz¹
Dario Torre²
Stanisław Górski³
Michał Nowakowski⁴
Inga Hege⁵

1 Jagiellonian University
Medical College, Department
of Bioinformatics and
Telemedicine, Kraków,
Poland

2 University of Central Florida
College of Medicine,
Department of Medical
Education, Orlando (FL), USA

3 Jagiellonian University
Medical College, Department
of Medical Education, Center
for Innovative Medical
Education, Kraków, Poland

4 Jagiellonian University
Medical College, 2nd
Department of General
Surgery, Kraków, Poland

5 University of Augsburg,
Medical Education Sciences,
Augsburg, Germany

1. Introduction

Concept maps are a graphic representation of learners' knowledge organization that entails a series of concepts connected by linking words [1]. They can promote meaningful learning, enable educators to provide feedback to learners, and can be used for assessment purposes [2], [3]. Through the use of concept maps, students may foster their knowledge organization and facilitate problem representation, both of which are critical components of the clinical reasoning process [4]. Moreover, concept maps give students an opportunity to organize information related to complex clinical problems. They promote formation of illness scripts by enabling students to discern patterns of clinical features that are character-

istic of particular diseases [5]. Teachers can analyze concept maps to identify learners' misunderstandings, knowledge gaps and errors [6].

Virtual patients (VPs) provide a safe learning environment in which learners take the role of a healthcare professional to practice clinical reasoning [7], [8]. By following a patient story, students reveal new clinical findings and make decisions regarding the diagnostic and management process. This safe environment gives students the opportunity to learn from and receive automated feedback about their errors. Empirical studies have shown that VPs support acquisition of clinical reasoning abilities [8], [9]. To improve the training of clinical reasoning and to benefit from what concept maps offer, we integrated a concept-mapping approach in which learners are prompted to visualize their clinical reasoning process while solving VP

cases [10]. Concept maps provide teachers with an opportunity to evaluate each student's understanding, knowledge organization, and processing of clinical information.

A previous study showed no correlation between diagnostic accuracy and the number of connections made by medical students in their concept maps while working on VPs [11]. However, the impact of accurate and valid connections on diagnostic accuracy has not previously been evaluated. Therefore, the purpose of our study was to determine whether the quality of connections among concepts in clinical reasoning maps developed in a VP environment was associated with students' diagnostic accuracy.

Ausubel's assimilation theory provided the theoretical framework for this study [12]. Ausubel makes a distinction between rote and meaningful learning: rote learning is less related to prior knowledge because it does not require conscious effort to connect new information to existing concepts; meaningful learning involves the development of relationships among concepts in which the meaning of the relatedness of words is of great importance in the development of new knowledge structures, new meanings and new reasoning. Drawing connections between concepts is critical to fostering propositional knowledge, which contains the meanings of the relationships between concepts. Therefore, in our study, we hypothesized that students who developed high-quality connections in their concept maps would perform better than those who created low-quality connections.

2. Methods

2.1. Participants

We analyzed concept maps created by fifth-year medical students enrolled at the medical school of Jagiellonian University Medical College in Kraków, Poland who participated in the Laboratory Training of Clinical Skills (LTCS) course in the years 2017-2019.

2.2. Data collection

As part of the LTCS course, each student had to complete 16 VPs from a pool of open-access cases [https://crt.casus.net]. Students accessed the cases using an individual login code as a form of self-study in preparation for their classes in the course. The VPs included a variety of key presenting complaints and demographics. Part of the students' assignment was to create a concept map for each VP using the concept mapping tool developed by the authors [10] and integrated with the CASUS VP system (a sample is presented in figure 1). These maps linked symptoms, differential diagnoses, diagnostic workup and treatment. At a certain point in the VP scenario, students were asked to submit a final diagnosis. If their final diagnosis was incorrect, they received feedback and could either resubmit the final

diagnosis or receive the correct final diagnosis from the system. Prior to working on the VPs, students were introduced to the tool by watching a short video tutorial displayed upon the first use of the tool.

Out of the 16 VPs solved by the students, we selected four for in-depth analysis. We applied the following criteria for selecting the maps for our analysis: VPs included relevant content for senior medical students; the cases depicted commonly encountered diagnoses across different organ systems (gastrointestinal, cardiovascular and respiratory); the VPs had different difficulty levels and gender (2 males and 2 females). Based on these criteria, we selected maps that covered a range of topics: enterocolitis, pneumonia, ulcerative colitis, and aortic valve stenosis. Next, we divided the student-authored concept maps for these four VPs into two groups based on whether the student's first diagnosis was correct or incorrect. In order to evaluate the impact of the quality of connections, we stratified the groups according to the number of connections in the maps (low range: 1-10 connections; medium: 11-15; and high: 16-30). We selected 40 maps for analysis (20 in each group).

Finally, two authors (DT, IH) rated the quality of these connections based on a rubric we developed that was derived from the relational scoring literature [2]. In contrast to structural scoring, relational scoring focuses on the quality and importance of each individual link and not on the overall organization, hierarchy and cross links of the map [13]. Raters assigned points to each connection depending on whether they were valid and helpful (2 points), partially valid (1 point) or invalid (0 points). Details of the rubric used in this study are presented in attachment 1. Cohen's Kappa was calculated as a measure of inter-rater reliability in judging connection quality. In the case of divergent judgments, a post-hoc consensus on the final score was achieved by discussion among the raters. Points for all connections were added together to obtain the overall score for a given map.

2.3. Statistical analysis

Statistical calculations were performed in Statistica 13.3 [https://www.tibco.com/] and R 4.1.2 [https://www.r-project.org/] with level of significance set to $\alpha=0.05$. We compared the mean number of concepts and connections across groups with the Student's t-test and verified the normal distribution requirement using the Shapiro-Wilk test. Analysis of covariance (ANCOVA) was employed to examine the difference in mean connection scores among groups while controlling for the number of connections. Cohen's Kappa was calculated as a measure of inter-rater reliability in judging the connection validity prior to reaching a consensus on the final rating.

2.4. Ethics

The study was approved by the ethics committee of Jagiellonian University (No. 122.6120.116.2016).

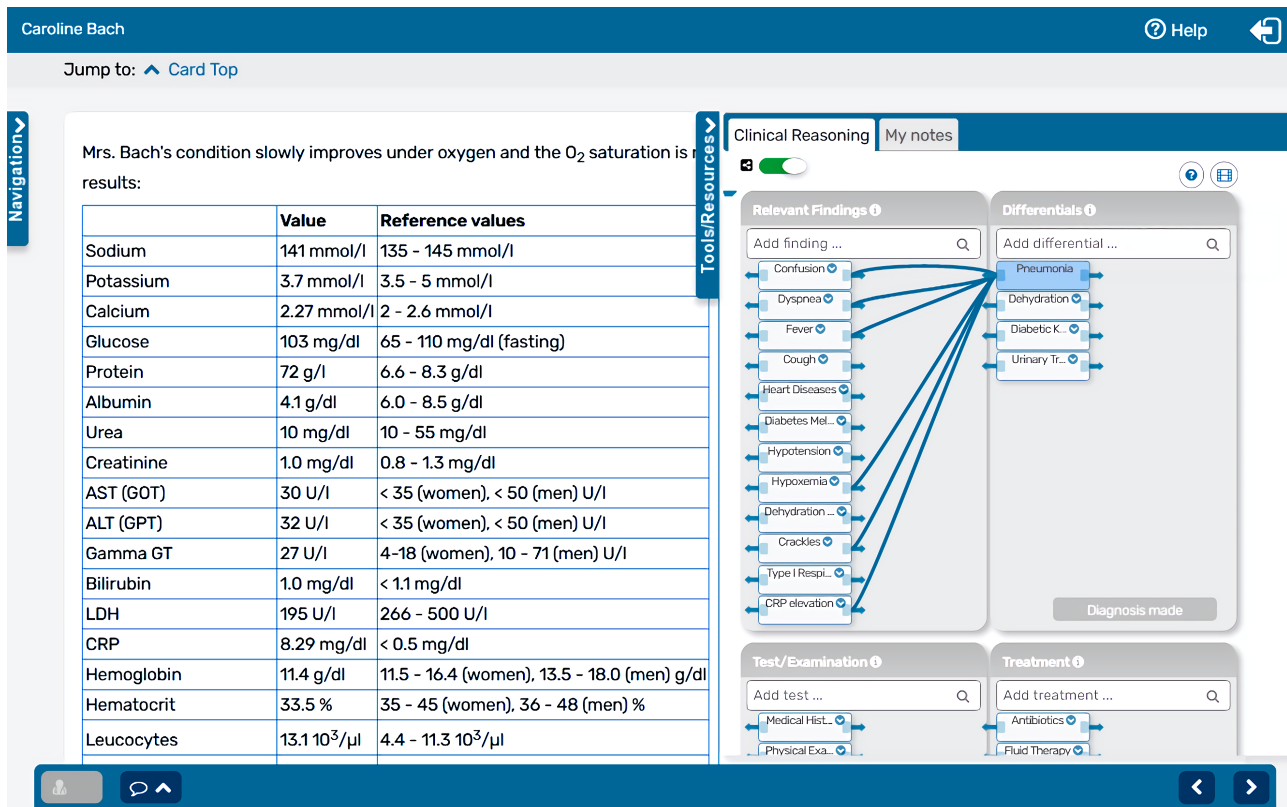


Figure 1: Screenshot of an exemplary VP with a concept map for clinical reasoning

3. Results

In total, 222 fifth-year medical students enrolled in the LTCS course. The students created 3382 maps that included a final diagnosis. Of this number, 623 maps (18%) also included connections. For the four VPs selected for analysis, there were 176 maps, of which $n=112$ led to a correct diagnosis on the first attempt (no error group), while $n=64$ led to an incorrect first diagnosis (error group). We selected for analysis a sample of 40 maps (20 with and 20 without errors). These maps were created by 32 different students: eight students contributed two maps each; 24 students contributed one map each. The two raters reached a good level of agreement regarding their connection ratings on the first attempt ($\text{Kappa}=0.85$ $\text{CI}=[0.79; 0.9]$).

The students' maps in the error group were not different in terms of the number of concepts and connections compared to the non-error group (see table 1) ($p>0.05$). However, the connection score of maps in the non-error group was significantly higher than that in the error group ($p=0.03$).

4. Discussion

Our study showed that students who made errors in formulating the final diagnosis created less accurate connections in their maps compared to those who did not make errors. The results of this study are supported by the theoretical tenets of assimilation theory [12], which

argue that meaningful learning is created by propositional knowledge, and accurate connections between concepts indicate deep learning and understanding. We have demonstrated in our study that faulty or incorrect connections between concepts are related to diagnostic errors in a simulated environment.

The implication of this finding is that teachers should evaluate the quality of connections in concept maps as an indicator of knowledge organization and learners' understanding. A previous study showed that simple automatic metrics of students' performance based merely on network structure – for instance, on the number of concepts or connections in concept maps – are not helpful in generating feedback or for assessment [11]. Other studies recommend using network properties such as graph density as an indicator of concept map quality [14]. Our study suggests that teachers should focus their efforts on evaluating the validity of connections in order to assess learners' knowledge organization in clinical reasoning. This step should not be omitted in assessment of clinical reasoning based on students' concept maps. The addition of meaningful connections shows good knowledge organization and provides excellent opportunities for feedback [15]. The use of concept maps in clinical reasoning has been shown to have advantages over verbal-text descriptions [16]. However, we should also consider that high-density maps (i.e., a high number of connections in relation to the number of concepts) might be difficult to assess due to the multitude of connections, therefore the cognitive load is higher [17].

Table 1: Comparison of student map features across no-error and error groups

Map features in average [mean (SD)]	No errors	Errors	P-value
Connection score corrected for covariate	12.13 (8.33)	9.09 (12.87)	0.03 ^a
Number of concepts	17.80 (6.67)	22.00 (7.15)	0.62 ^b
Number of connections	7.35 (4.77)	9.90 (7.44)	0.20 ^b

^aANCOVA (difference between map connection quality corrected for the covariate number of connections)

^bStudent's t-test

Even though the students in our study were explicitly instructed to draw connections in their maps, most of them (82%) did not do so. The reasons for this are unclear to us, but it is possible that our guidance in the video tutorial was insufficient. This aligns with findings from former research that introductory sessions that include feedback are an important step in implementing concept maps in curricula [3]. Previous research has also shown that peer feedback improves learning outcomes, whereas using concept maps without feedback is ineffective [18]. More research is needed to explore these questions. The study has limitations. First, we included a group of senior medical students from just one institution, which may limit its generalizability to other medical schools. Second, we are aware of case specificity in clinical reasoning, therefore the results of this study may not be applicable to other cases, content, or contexts [19], [20]. However, we sampled common complaints across different organ systems. Third, our sample size of maps was relatively small, yet it had enough power to detect a statistically significant difference.

5. Conclusions

This study demonstrates that the quality of connections in student-generated clinical reasoning concept maps in the context of a VP environment is related to diagnostic accuracy. The implications for teachers is that they should consider connection quality in the assessment and feedback of these maps. More research is needed to guide students on how to use connections in these maps and to support teachers by suggesting effective methods of providing feedback to students about faulty connections.

Acknowledgements and funding

We would like to thank Mr. Andrzej Stanisław for guidance in statistical analyses. The study was approved by the ethics committee of Jagiellonian University (No. 122.6120.116.2016) and supported by internal university grants: K/ZDS/006367 and N41/DBS/000720.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from <https://doi.org/10.3205/zma001643>

- Attachment_1.pdf (110 KB)
Table A1: Rubric for assessing the quality of the connections

References

- Torre D, Durning SJ, Daley BJ. Concept Maps: Definition, Structure, and Scoring. *Acad Med.* 2017;92(12):1802. DOI: 10.1097/ACM.0000000000001969
- Daley BJ, Torre DM. Concept maps in medical education: an analytical literature review. *Med Educ.* 2010;44(5):440-448. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2010.03628.x
- Torre DM, Durning SJ, Daley BJ. Twelve tips for teaching with concept maps in medical education. *Med Teach.* 2013;35(3):201-208. DOI: 10.3109/0142159X.2013.759644
- Bordage G. Elaborated knowledge: a key to successful diagnostic thinking. *Acad Med.* 1994;69(11):883-885. DOI: 10.1097/00001888-199411000-00004
- McMillan WJ. Teaching for clinical reasoning - Helping students make the conceptual links. *Med Teach.* 2010;32(10):e436-e442. DOI: 10.3109/01421591003695303
- Daley BJ, Durning SJ, Torre DM. Using concept maps to create meaningful learning in medical education. *MedEdPublish.* 2016;5(19):19. DOI: 10.15694/mep.2016.000019
- Cook DA, Triola MM. Virtual patients: a critical literature review and proposed next steps. *Med Educ.* 2009;43(4):303-311. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03286.x
- Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, Stathakourou N, Davies D, Saxena N, Tudor Car L, Carlstedt-Duke J, Car J, Zary N. Virtual Patient Simulations in Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *J Med Internet Res.* 2019;21(7):e14676. DOI: 10.2196/14676
- Plackett R, Kassianos AP, Mylan S, Kambouri M, Raine R, Sheringham J. The effectiveness of using virtual patient educational tools to improve medical students' clinical reasoning skills: a systematic review. *BMC Med Educ.* 2022;22(1):365. DOI: 10.1186/s12909-022-03410-x

10. Hege I, Kononowicz AA, Adler M. A Clinical Reasoning Tool for Virtual Patients: Design-Based Research Study. *JMIR Med Educ.* 2017;3(2):e21. DOI: 10.2196/mededu.8100
11. Hege I, Kononowicz AA, Kiesewetter J, Foster-Johnson L. Uncovering the relation between clinical reasoning and diagnostic accuracy - An analysis of learner's clinical reasoning processes in virtual patients. *PLoS One.* 2018;13(10):e0204900. DOI: 10.1371/journal.pone.0204900
12. Ausubel DP. *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View.* Boston, MA: Kluwer Academic Publishers; 2000.
13. West DC, Park JK, Pomeroy JR, Sandoval J. Concept mapping assessment in medical education: a comparison of two scoring systems. *Med Educ.* 2002;36(9):820-826. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2002.01292.x
14. Loizou S, Nicolaou N, Pincus BA, Papageorgiou A, McCrorie P. Concept maps as a novel assessment tool in medical education. *MedEdPublish.* 2022;12(21):21. DOI: 10.12688/mep.19036.3
15. Kinchin IM. Concept mapping as a learning tool in higher education: A critical analysis of recent reviews. *J Contin High Educ.* 2014;62(1):39-49. DOI: 10.1080/07377363.2014.872011
16. Wu B, Wang M, Grotzer TA, Liu J, Johnson JM. Visualizing complex processes using a cognitive-mapping tool to support the learning of clinical reasoning. *BMC Med Educ.* 2016;16(1):216. DOI: 10.1186/s12909-016-0734-x
17. Young JQ, Van Merriënboer J, Durning S, Ten Cate O. Cognitive Load Theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Med Teach.* 2014;36(5):371-384. DOI: 10.3109/0142159X.2014.889290
18. Morse D, Jutras F. Implementing concept-based learning in a large undergraduate classroom. *CBE Life Sci Educ.* 2008;7(2):243-253. DOI: 10.1187/cbe.07-09-0071
19. Elstein AS, Shulman LS, Sprafka SA. *Medical Problem Solving.* Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press; 1978. p.292-294.
20. Durning S, Artino AR Jr, Pangaro L, van der Vleuten CP, Schuwirth L. Context and clinical reasoning: understanding the perspective of the expert's voice. *Med Educ.* 2011;45(9):927-938. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.04053.x

Corresponding author:

Andrzej A. Kononowicz
Jagiellonian University Medical College, Department of
Bioinformatics and Telemedicine, Medyczna 7, PL-30-688
Kraków, Poland
andrzej.kononowicz@uj.edu.pl

Please cite as

Kononowicz AA, Torre D, Górski S, Nowakowski M, Hege I. The association between quality of connections and diagnostic accuracy in student-generated concept maps for clinical reasoning education with virtual patients. *GMS J Med Educ.* 2023;40(5):Doc61. DOI: 10.3205/zma001643, URN: urn:nbn:de:0183-zma0016434

This article is freely available from

<https://doi.org/10.3205/zma001643>

Received: 2022-12-14

Revised: 2023-04-25

Accepted: 2023-07-07

Published: 2023-09-15

Copyright

©2023 Kononowicz et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Der Zusammenhang zwischen Qualität von Verbindungen und Diagnosegenauigkeit in von Studierenden erstellten Concept Maps für virtuelle Patient*innen

Zusammenfassung

Zielsetzung: Concept Maps sind ein Werkzeug, das die Fähigkeiten zur klinischen Entscheidungsfindung in der Ausbildung in den Gesundheitsberufen fördert. Sie können von Studierenden in Kombination mit virtuellen Patient*innen erstellt werden, um so den klinischen Denkprozess bei der Lösung eines Falles zu visualisieren. Um das Feedback zu optimieren, ist es jedoch notwendig, die Bedeutung der Verbindungen zwischen den Konzepten in den von den Studierenden erstellten Maps besser zu verstehen. Daher haben wir in dieser Studie untersucht, ob die Qualität von Verbindungen ein Indikator für die Diagnosegenauigkeit ist.

Methoden: Wir analysierten 40 Concept Maps, die von Medizinstudierenden im fünften Studienjahr während der Bearbeitung von vier virtuellen Patient*innen mit häufigen Erkrankungen erstellt wurden. Die eine Hälfte der Concept Maps wurde von Studierenden erstellt, die beim ersten Versuch eine korrekte Diagnose stellten, die andere von Studierenden, die bei ihrer ersten Diagnose einen Fehler machten. Die Verbindungen in den Maps wurden von zwei Reviewer*innen auf Basis eines relationalen Punktesystems bewertet. Mithilfe einer Kovarianzanalyse untersuchten wir den Unterschied der Durchschnittsscores für die Verbindungen zwischen den Gruppen unter Kontrollierung der Anzahl der Verbindungen.

Ergebnisse: Es gab keine Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich Anzahl der Konzepte oder Verbindungen in den Maps. Allerdings hatten die Maps der Studierenden, mit korrekter Erstdiagnose, eine höhere Qualität der Verbindungen als die Maps mit falscher Erstdiagnose (12,13 vs. 9,09; $p=0,03$). Wir beobachteten auch, dass die Studierenden generell wenige Verbindungen in ihren Concept Maps zogen.

Schlussfolgerung: Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Qualität, nicht die Quantität, der Verbindungen in Concept Maps für die Diagnosegenauigkeit ausschlaggebend ist.

Schlüsselwörter: computergestützte Lehre, virtuelle Patient*innen, Concept Maps, klinische Entscheidungsfindung, clinical reasoning

Andrzej A. Kononowicz¹
Dario Torre²
Stanisław Górski³
Michał Nowakowski⁴
Inga Hege⁵

1 Jagiellonian University
Medical College, Department
of Bioinformatics and
Telemedicine, Kraków, Polen

2 University of Central Florida
College of Medicine,
Department of Medical
Education, Orlando (FL), USA

3 Jagiellonian University
Medical College, Department
of Medical Education, Center
for Innovative Medical
Education, Kraków, Polen

4 Jagiellonian University
Medical College, 2nd
Department of General
Surgery, Kraków, Polen

5 Universität Augsburg,
Lehrstuhl für Medical
Education Sciences,
Augsburg, Deutschland

1. Einführung

Concept Maps sind grafische Darstellungen der Wissensorganisation von Lernenden und bestehen aus Konzepten, die mit verbindenden Worten in Beziehung zueinander gebracht werden [1]. Solche Maps können verstehen des Lernen fördern, Lehrende unterstützen, den Lernenden Feedback zu geben, und können auch als Prüfungsinstrumente eingesetzt werden [2], [3]. Durch die Erstellung von Concept Maps können Studierende ihre Wissensorganisation und Problemlösekompetenz verbessern, beides entscheidende Komponenten der klinischen Entscheidungsfindung (clinical reasoning) [4]. Darüber hinaus

bieten Concept Maps Studierenden die Möglichkeit, Informationen zu komplexen klinischen Problemen zu organisieren. Sie fördern die Bildung von sogenannten Illness Scripts, indem sie die Studierenden in die Lage versetzen, klinische Muster, die für bestimmte Krankheiten charakteristisch sind, zu erkennen [5]. Lehrende können Concept Maps ihrer Studierenden analysieren, um Missverständnisse, Wissenslücken und Fehler der Lernenden zu erkennen [6].

Virtuelle Patient*innen (VPs) bieten eine sichere Lernumgebung, in der die Lernenden die Rolle von Ärzt*innen übernehmen, um klinische Entscheidungsfindung zu üben [7], [8]. Beim Bearbeiten von solchen Patient*innen Fällen, erheben die Studierenden klinische Befunde und treffen Entscheidungen im Hinblick auf den Diagnose-

und Behandlungsprozess. In einer solchen sicheren VP Umgebung können Studierenden aus ihren Fehlern lernen und erhalten automatisches Feedback. Empirische Studien haben außerdem gezeigt, dass VPs den Erwerb von klinischer Entscheidungskompetenz unterstützen [8], [9]. Um das Training des klinischen Entscheidens zu verbessern und von Concept Maps zu profitieren, haben wir einen Concept-Mapping-Ansatz umgesetzt, bei dem die Lernenden dazu aufgefordert werden, ihren klinischen Denk- und Entscheidungsprozess zu visualisieren, während sie VPs lösen [10]. Lehrende haben hier die Möglichkeit, das Verständnis, die Wissensorganisation und die Verarbeitung klinischer Informationen bei jedem einzelnen Studierenden zu bewerten.

Eine frühere Studie zeigte keine Korrelation zwischen der Diagnosegenauigkeit und der Anzahl der Verbindungen, die Medizinstudierende bei der Arbeit an VPs in ihren Concept Maps zogen [11]. Der Einfluss valider Verbindungen auf die Diagnosegenauigkeit wurden jedoch bisher nicht untersucht. Ziel unserer Studie war es daher, festzustellen, ob die Qualität der Verbindungen zwischen den Konzepten in den Maps, die in einer VP-Umgebung entwickelt wurden, mit der Diagnosegenauigkeit der Studierenden assoziiert ist.

Die Assimilationstheorie von Ausubel bildete den theoretischen Rahmen für diese Studie [12]. Ausubel unterscheidet zwischen Auswendiglernen und verstehendem Lernen („meaningful learning“): Auswendiglernen hat weniger mit Vorwissen zu tun, weil es keine bewusste Anstrengung erfordert, um neue Informationen mit bestehenden Konzepten zu verbinden. Verstehendes Lernen beinhaltet die Entwicklung von Beziehungen zwischen Konzepten, bei denen die Bedeutung der Verwandtschaft von Wörtern von großer Bedeutung für die Entwicklung neuer Wissensstrukturen, neuer Bedeutungen und neuer Schlussfolgerungen ist. Das Ziehen von Verbindungen zwischen Konzepten ist entscheidend für die Förderung von propositionalem Wissen, das die Bedeutungen der Beziehungen zwischen Konzepten enthält. Daher stellten wir in unserer Studie die Hypothese auf, dass Studierende, die in ihren Concept Maps qualitativ hochwertige Verbindungen erstellen, besser abschneiden würden als diejenigen, die Verbindungen von geringer Qualität ziehen.

2. Methoden

2.1. Teilnehmende

Wir haben Concept Maps analysiert, die von Medizinstudierenden im fünften Studienjahr an der medizinischen Fakultät der Jagiellonen-Universität in Krakau, Polen, erstellt wurden, die in den Jahren 2017-2019 am Kurs „Laboratory Training of Clinical Skills“ (LTCS) teilnahmen.

2.2. Datenerhebung

Im Rahmen des LTCS-Kurses mussten die Studierenden 16 VPs aus einem Pool von frei zugänglichen Fällen bear-

beiten [<https://crt.casus.net>]. Der Zugriff auf die Fälle erfolgte über einen individuellen Zugang, um sich im Selbststudium auf den Unterricht vorzubereiten. Die VPs umfassten verschiedene Leitsymptomen und demografischen Variationen. Ein Teil der Aufgabe der Studierenden bestand darin, mit dem von den Autor*innen [10] entwickelten und in das CASUS VP-System integrierten Concept Mapping Werkzeug eine Concept Map für jede(n) VP zu erstellen (ein Beispiel ist in Abbildung 1 dargestellt). Diese Maps beinhalten Symptome, Differentialdiagnosen, Untersuchungen und Therapiemaßnahmen. An einem bestimmten Punkt des VP-Szenarios wurden die Studierenden aufgefordert, eine Diagnose zu stellen. Wenn diese falsch war, erhielten sie eine entsprechende Rückmeldung und konnten entweder erneut eine Diagnose stellen oder die richtige Diagnose vom System erhalten. Vor der Arbeit an den VPs wurden die Studierenden mit dem Concept Mapping Werkzeug in einem kurzen Videotutorial vertraut gemacht.

Von den 16 VPs, die von den Studierenden bearbeitet wurden, haben wir vier für eine eingehende Analyse ausgewählt. Bei der Auswahl der Maps haben wir die folgenden Kriterien angewandt: Die VPs enthielten relevante Inhalte für Medizinstudierende im 5. Jahr; die VPs deckten Diagnosen verschiedener Organsystemen (Magen-Darm, Herz-Kreislauf und Atemwege) ab; die VPs hatten unterschiedliche Schwierigkeitsgrade und Geschlechter (2 Männer und 2 Frauen). Anhand dieser Kriterien haben wir Maps zu folgenden Themen ausgewählt: Enterokolitis, Pneumonie, Colitis ulcerosa und Aortenklappenstenose.

Als nächstes teilten wir die von den Studierenden erstellten Concept Maps für diese vier VPs in zwei Gruppen ein, je nachdem, ob die erste gestellte Diagnose richtig oder falsch war. Um den Einfluss der Qualität der Verbindungen zu bewerten, haben wir die Gruppen nach der Anzahl der Verbindungen in den Maps stratifiziert (niedriger Bereich: 1-10 Verbindungen; mittel: 11-15; und hoch: 16-30). Insgesamt haben wir 40 Maps für die Analyse ausgewählt (20 in jeder Gruppe).

Schließlich bewerteten zwei Autor*innen (DT, IH) die Qualität dieser Verbindungen anhand einer von uns entwickelten Rubrik, die aus der Literatur zum relationalen Scoring abgeleitet wurde [2]. Im Gegensatz zum strukturellen Scoring konzentriert sich das relationale Scoring auf die Qualität und Bedeutung jeder einzelnen Verbindung und nicht auf die Gesamtorganisation, Hierarchie und Querverbindungen der Maps [13]. Die Bewerter*innen vergaben Punkte für jede Verbindung, je nachdem, ob sie korrekt und hilfreich (2 Punkte), teilweise korrekt (1 Punkt) oder inkorrekt (0 Punkte) war. Einzelheiten zu der in dieser Studie verwendeten Rubrik finden Sie im Anhang 1. Cohens Kappa wurde als Maß für die Interrater-Reliabilität bei der Bewertung der Verbindungsqualität berechnet. Bei abweichenden Bewertungen wurde durch eine Diskussion zwischen den Bewerter*innen ein post-hoc-Konsens über die endgültige Punktzahl erzielt. Die Punkte für alle Verbindungen wurden addiert, um die Gesamtbewertung für jede Map zu erhalten.

Caroline Bach

Jump to: [Card Top](#)

Mrs. Bach's condition slowly improves under oxygen and the O₂ saturation is results:

	Value	Reference values
Sodium	141 mmol/l	135 - 145 mmol/l
Potassium	3.7 mmol/l	3.5 - 5 mmol/l
Calcium	2.27 mmol/l	2 - 2.6 mmol/l
Glucose	103 mg/dl	65 - 110 mg/dl (fasting)
Protein	72 g/l	6.6 - 8.3 g/dl
Albumin	4.1 g/dl	6.0 - 8.5 g/dl
Urea	10 mg/dl	10 - 55 mg/dl
Creatinine	1.0 mg/dl	0.8 - 1.3 mg/dl
AST (GOT)	30 U/l	< 35 (women), < 50 (men) U/l
ALT (GPT)	32 U/l	< 35 (women), < 50 (men) U/l
Gamma GT	27 U/l	4-18 (women), 10 - 71 (men) U/l
Bilirubin	1.0 mg/dl	< 1.1 mg/dl
LDH	195 U/l	266 - 500 U/l
CRP	8.29 mg/dl	< 0.5 mg/dl
Hemoglobin	11.4 g/dl	11.5 - 16.4 (women), 13.5 - 18.0 (men) g/dl
Hematocrit	33.5 %	35 - 45 (women), 36 - 48 (men) %
Leucocytes	13.1 10 ³ /μl	4.4 - 11.3 10 ³ /μl

Clinical Reasoning My notes

Relevant Findings

- Confusion
- Dyspnea
- Fever
- Cough
- Heart Diseases
- Diabetes Mel...
- Hypotension
- Hypoxemia
- Dehydration ...
- Crackles
- Type I Respl...
- CRP elevation

Differentials

- Pneumonia
- Dehydration
- Diabetic K...
- Urinary Tr...

Test/Examination

- Medical Hist...
- Physical Exa...

Treatment

- Antibiotics
- Fluid Therapy

Diagnosis made

Abbildung 1: Screenshot einer beispielhaften virtuellen Patientin mit einer Concept Map, nur in englischer Sprache verfügbar

2.3. Statistische Analyse

Statistische Berechnungen wurden in Statistica 13.3 [<https://www.tibco.com/>] und R 4.1.2 [<https://www.r-project.org/>] durchgeführt, wobei das Signifikanzniveau auf $\alpha=0,05$ gesetzt wurde. Wir verglichen die durchschnittliche Anzahl der Konzepte und Verbindungen zwischen den Gruppen mit dem t-Test und überprüften die Voraussetzung der Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test. Die Kovarianzanalyse (ANCOVA) wurde eingesetzt, um den Unterschied in den mittleren Verbindungswerten zwischen den Gruppen zu untersuchen, wobei für die Anzahl der Verbindungen kontrolliert wurde. Cohens Kappa wurde als Maß für die Interrater-Reliabilität bei der Bewertung der Verbindungsvalidität berechnet, bevor ein Konsens über die endgültige Bewertung erzielt wurde.

2.4. Ethik

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Jagiellonen-Universität genehmigt (Nr. 122.6120.116.2016).

3. Ergebnisse

Insgesamt nahmen 222 Medizinstudierende im fünften Jahr an dem LTCS-Kurs teil. Die Studierenden erstellten 3382 Concept Maps, die eine finale Diagnose enthielten. Davon wurden in 623 Maps (18%) auch Verbindungen gezogen. Für die vier für die Analyse ausgewählten VPs gab es 176 Maps, von denen n=112 beim ersten Versuch

zu einer korrekten Diagnose führten (Nicht-Fehler-Gruppe), während n=64 zu einer falschen ersten Diagnose führten (Fehlergruppe).

Wir haben für die Analyse eine Stichprobe von 40 Maps (20 mit und 20 ohne Fehler) ausgewählt. Diese Maps wurden von 32 verschiedenen Studierenden erstellt: Acht Studierende erstellten jeweils zwei Maps, 24 Studierenden jeweils eine. Die beiden Bewerter*innen erreichten bereits in der ersten Runde eine gute Übereinstimmung bei der Bewertung der Verbindungen ($\text{Kappa}=0,85$ $\text{CI}=[0,79; 0,9]$).

Die Maps der Studierenden in der Fehlergruppe unterschieden sich hinsichtlich der Anzahl der Konzepte und Verbindungen nicht von denen der Nicht-Fehler-Gruppe (siehe Tabelle 1) ($p>0,05$). Allerdings war die Punktzahl für Verbindungen der Maps in der Nicht-Fehler-Gruppe signifikant höher als in der Fehler-Gruppe ($p=0,03$).

4. Diskussion

Unsere Studie zeigte, dass Studierende, die bei der Diagnosestellung Fehler machten, weniger korrekte Verbindungen in ihren Maps zogen als Studierende, die keine Fehler machten. Die Ergebnisse dieser Studie werden durch die theoretischen Grundlagen der Assimilationstheorie [12] gestützt, die besagt, dass verstehendes Lernen durch propositionales Wissen entsteht und korrekte Verbindungen zwischen Konzepten auf tiefes Lernen und Verständnis hinweisen. Wir haben in unserer Studie auch gezeigt, dass fehlerhafte oder falsche Verbindungen

Tabelle 1: Vergleich der Merkmale der Maps von Studierenden in den Gruppen ohne und mit Fehlern

Merkmale der Maps im Durchschnitt [Mittelwert (SD)]	Keine Fehler	Fehler	P-Wert
Punktzahl für Verbindungen korrigiert für Kovariate	12,13 (8,33)	9,09 (12,87)	0,03 ^a
Anzahl der Konzepte	17,80 (6,67)	22,00 (7,15)	0,62 ^b
Anzahl der Verbindungen	7,35 (4,77)	9,90 (7,44)	0,20 ^b

^aANCOVA (Unterschied zwischen Qualität von Verbindungen in Maps korrigiert für die Kovariate Anzahl der Verbindungen); ^b t-Test

zwischen Konzepten mit Diagnosefehlern in einer simulierten Umgebung zusammenhängen.

Eine Konsequenz daraus ist, dass Lehrende die Qualität der Verbindungen in Concept Maps als Indikator für die Wissensorganisation und das Verständnis der Lernenden bewerten sollten. Eine frühere Studie hat gezeigt, dass einfache automatische Metriken für die Leistung von Studierenden, die lediglich auf der Netzwerkstruktur basieren (z.B. auf der Anzahl von Konzepten oder Verbindungen in Concept Maps), für die Gabe von Feedback oder in Prüfungen nicht hilfreich sind [11]. Andere Studien empfehlen die Verwendung von Netzwerkeigenschaften wie der Graphendichte als Indikator für die Qualität von Concept Maps [14]. Unsere Studie legt nahe, dass Lehrende ihre Bemühungen auf die Bewertung der Validität von Verbindungen konzentrieren sollten, um die Wissensorganisation der Lernenden bei der klinischen Entscheidungsfindung zu beurteilen. Dieser Schritt sollte bei der Bewertung der Concept Maps der Studierenden nicht ausgelassen werden.

Das Hinzufügen sinnvoller Verbindungen zeigt eine gute Wissensorganisation und bietet einen guten Ansatz für Feedback [15]. Es hat sich gezeigt, dass die Verwendung von Concept Maps für die klinische Entscheidungsfindung Vorteile gegenüber Textbeschreibungen hat [16]. Allerdings können Maps mit hoher Dichte (d.h. einer hohen Anzahl von Verbindungen im Verhältnis zur Anzahl der Konzepte) aufgrund der Vielzahl von Verbindungen schwer zu beurteilen sein und daher eine höhere kognitive Belastung darstellen [17].

Obwohl die Studierenden in unserer Studie ausdrücklich angewiesen wurden, Verbindungen in ihren Maps zu ziehen, taten die meisten von ihnen (82%) dies nicht. Die Gründe dafür sind unklar, aber es ist möglich, dass die Anleitung im Videotutorial unzureichend war. Dies deckt sich mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen, wonach Einführungsveranstaltungen mit Feedback ein wichtiger Schritt bei der Implementierung von Concept Maps in Curricula sind [3]. Frühere Forschungen haben auch gezeigt, dass das Feedback von Peers die Lernergebnisse verbessert, während die Verwendung von Concept Maps ohne Feedback ineffektiv ist [18]. Weitere Forschung ist jedoch erforderlich, um diese Fragen zu untersuchen.

Die Studie hat Limitationen. Erstens haben wir eine Gruppe von fortgeschrittenen Medizinstudierenden aus nur einer Universität einbezogen, was die Verallgemeiner-

barkeit auf andere medizinische Fakultäten einschränken könnte. Zweitens sind wir uns der Fallbezogenheit des klinischen Entscheidungsprozesses bewusst, weshalb die Ergebnisse dieser Studie möglicherweise nicht auf andere Fälle, Inhalte oder Kontexte übertragbar sind [19], [20]. Wir haben jedoch häufige Leitsymptome aus verschiedenen Organsystemen in die Stichprobe aufgenommen. Drittens war unsere Stichprobengröße von Maps relativ klein, hatte aber dennoch genug Trennschärfe, um einen statistisch signifikanten Unterschied zu entdecken.

5. Schlussfolgerungen

Diese Studie zeigt, dass die Qualität der Verbindungen in von Studierenden erstellten Concept Maps zum klinischen Entscheiden in einer VP-Umgebung mit der Diagnosegenauigkeit zusammenhängt. Für die Lehrenden bedeutet dies, dass sie die Qualität der Verbindungen bei der Bewertung und dem Feedback zu diesen Maps berücksichtigen sollten. Es bedarf weiterer Forschung, um Studierenden anzuleiten, wie sie die Verbindungen in diesen Maps nutzen können, und um Lehrenden dabei zu unterstützen ihren Studierenden Feedback zu fehlerhaften Verbindungen zu geben.

Danksagung und Förderung

Wir möchten Herrn Andrzej Stanisławski für die Unterstützung bei den statistischen Analysen danken. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Jagiellonen-Universität genehmigt (Nr. 122.6120.116.2016) und durch interne Universitätsstipendien unterstützt: K/ZDS/006367 und N41/DBS/000720.

Interessenkonflikt

Die Autor*innen erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt im Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Anhänge

Verfügbar unter <https://doi.org/10.3205/zma001643>

1. Anhang_1.pdf (134 KB)
Tabelle A1: Rubriken zur Bewertung der Qualität der Verbindungen

Literatur

1. Torre D, Durning SJ, Daley BJ. Concept Maps: Definition, Structure, and Scoring. *Acad Med.* 2017;92(12):1802. DOI: 10.1097/ACM.0000000000001969
2. Daley BJ, Torre DM. Concept maps in medical education: an analytical literature review. *Med Educ.* 2010;44(5):440-448. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2010.03628.x
3. Torre DM, Durning SJ, Daley BJ. Twelve tips for teaching with concept maps in medical education. *Med Teach.* 2013;35(3):201-208. DOI: 10.3109/0142159X.2013.759644
4. Bordage G. Elaborated knowledge: a key to successful diagnostic thinking. *Acad Med.* 1994;69(11):883-885. DOI: 10.1097/00001888-199411000-00004
5. McMillan WJ. Teaching for clinical reasoning - Helping students make the conceptual links. *Med Teach.* 2010;32(10):e436-e442. DOI: 10.3109/01421591003695303
6. Daley BJ, Durning SJ, Torre DM. Using concept maps to create meaningful learning in medical education. *MedEdPublish.* 2016;5(19):19. DOI: 10.15694/mep.2016.000019
7. Cook DA, Triola MM. Virtual patients: a critical literature review and proposed next steps. *Med Educ.* 2009;43(4):303-311. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03286.x
8. Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, Stathakou N, Davies D, Saxena N, Tudor Car L, Carlstedt-Duke J, Car J, Zary N. Virtual Patient Simulations in Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *J Med Internet Res.* 2019;21(7):e14676. DOI: 10.2196/14676
9. Plackett R, Kassianos AP, Mylan S, Kambouri M, Raine R, Sheringham J. The effectiveness of using virtual patient educational tools to improve medical students' clinical reasoning skills: a systematic review. *BMC Med Educ.* 2022;22(1):365. DOI: 10.1186/s12909-022-03410-x
10. Hege I, Kononowicz AA, Adler M. A Clinical Reasoning Tool for Virtual Patients: Design-Based Research Study. *JMIR Med Educ.* 2017;3(2):e21. DOI: 10.2196/mededu.8100
11. Hege I, Kononowicz AA, Kiesewetter J, Foster-Johnson L. Uncovering the relation between clinical reasoning and diagnostic accuracy - An analysis of learner's clinical reasoning processes in virtual patients. *PLoS One.* 2018;13(10):e0204900. DOI: 10.1371/journal.pone.0204900
12. Ausubel DP. The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers; 2000.
13. West DC, Park JK, Pomeroy JR, Sandoval J. Concept mapping assessment in medical education: a comparison of two scoring systems. *Med Educ.* 2002;36(9):820-826. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2002.01292.x
14. Loizou S, Nicolaou N, Pincus BA, Papageorgiou A, McCrorie P. Concept maps as a novel assessment tool in medical education. *MedEdPublish.* 2022;12(21):21. DOI: 10.12688/mep.19036.3
15. Kinchin IM. Concept mapping as a learning tool in higher education: A critical analysis of recent reviews. *J Contin High Educ.* 2014;62(1):39-49. DOI: 10.1080/07377363.2014.872011
16. Wu B, Wang M, Grotzer TA, Liu J, Johnson JM. Visualizing complex processes using a cognitive-mapping tool to support the learning of clinical reasoning. *BMC Med Educ.* 2016;16(1):216. DOI: 10.1186/s12909-016-0734-x
17. Young JQ, Van Merriënboer J, Durning S, Ten Cate O. Cognitive Load Theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Med Teach.* 2014;36(5):371-384. DOI: 10.3109/0142159X.2014.889290
18. Morse D, Jutras F. Implementing concept-based learning in a large undergraduate classroom. *CBE Life Sci Educ.* 2008;7(2):243-253. DOI: 10.1187/cbe.07-09-0071
19. Elstein AS, Shulman LS, Sprafka SA. Medical Problem Solving. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press; 1978. p.292-294.
20. Durning S, Artino AR Jr, Pangaro L, van der Vleuten CP, Schuwirth L. Context and clinical reasoning: understanding the perspective of the expert's voice. *Med Educ.* 2011;45(9):927-938. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.04053.x

Korrespondenzadresse:

Andrzej A. Kononowicz
Jagiellonian University Medical College, Department of Bioinformatics and Telemedicine, Medyczna 7, PL-30-688 Kraków, Polen
andrzej.kononowicz@uj.edu.pl

Bitte zitieren als

Kononowicz AA, Torre D, Górski S, Nowakowski M, Hege I. The association between quality of connections and diagnostic accuracy in student-generated concept maps for clinical reasoning education with virtual patients. *GMS J Med Educ.* 2023;40(5):Doc61. DOI: 10.3205/zma001643, URN: urn:nbn:de:0183-zma0016434

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/zma001643>

Eingereicht: 14.12.2022

Überarbeitet: 25.04.2023

Angenommen: 07.07.2023

Veröffentlicht: 15.09.2023

Copyright

©2023 Kononowicz et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.