

## Short Article: Application of cognitive load theory in echocardiography training

**Ali Hosseinsabet:** Faculty member, Cardiology Department, Tehran Heart Center Hospital, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Abstract:** With the extension of cognitive load theory from classrooms to clinical education and professional medical skills, cardiologists who are involved in echocardiography education need to get familiar with this theory in order to provide better education. The cognitive load theory is based on the structural and functional model of human memory. It considers the learning process as coding and interrelating of working memory input data to knowledge that is previously stored in the long-term memory, and finally expansion and automation of cognitive schemata stored in the long-term memory. The cognitive load theory emphasizes the limited capacity of working memory, points to the presence of internal, external and germane load during learning process, and presents some strategies for optimization of the learning process. These strategies include external cognitive load reduction, optimization of internal and germane cognitive load, and consideration of expertise reversal effect. Here, we explained cognitive load theory and aforementioned strategies along with examples from echocardiography education.

**Keywords:** training, echocardiography, cognitive load theory.

**\*Corresponding author:** Faculty member, Cardiology Department, Tehran Heart Center Hospital, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Email:** ali\_hosseinsabet@yahoo.com

## مقدمه

دستیاران قلب و عروق در طی دوره آموزشی خود باید مهارت‌های متعددی را فراگیرند که شامل معاینه فیزیکی پیشرفته قلب و عروق، خواندن نوارقلب، تست ورزش، اکوکاردیوگرافی، آنژیوگرافی و غیره می‌باشد. همه این مهارتها نیاز به یادگیری موضوعات متعدد، یکپارچه‌سازی آنها با یکدیگر و با دانش قبلی دارد که فرایند آسانی نیست. انجام اکوکاردیوگرافی فرایندی پیچیده است که نیاز به آگاهی از آناتومی، فیزیولوژی، و پاتولوژی دارد که همراه با مهارت‌های حرکتی در به دست آوردن تصاویر مناسب و توانایی تفسیر و ادراک آنچه که دیده می‌شود، است. نظریه‌های متعددی در یادگیری وجود دارد که به اساتید بالینی کمک می‌کند تا فرایند آموزش این مهارت‌ها را ضمن ساماندهی، تسهیل نموده و از یادگیری دستیاران حمایت نمایند. یکی از این الگوهای یادگیری که بیش از سه دهه از مطرح شدن آن می‌گذرد، نظریه بار شناختی است. از این نظریه در آموزش پزشکی استقبال شده؛ به‌گونه‌ای که این نظریه از کاربرد در کلاس‌های درس به آموزش بر بالین و مهارت‌های تخصصی پزشکی گسترش یافته است (سزولسکی 2020). از این‌رو لازم است که متخصصان قلب و عروق نیز با این الگوی آموزشی آشنا شده تا آموزش مؤثرتری ارائه نمایند. این نظریه بر پایه مدل ساختاری و کارکردی حافظه انسان بنا نهاده شده است. حافظه انسان از سه بخش حافظه حسی، حافظه فعال و حافظه بلندمدت تشکیل شده، حافظه بلندمدت دارای ظرفیت نامحدودی برای ذخیره داده‌هاست و بازیابی آن به شرط آنکه نقشه دسترسی به آن توسط حافظه فعال به‌خوبی تهیه شده باشد، مقدور است. حافظه حسی داده‌های دریافتی از محیط را در اختیار حافظه فعال قرار می‌دهد، ظرفیت این حافظه نامحدود است اما داده‌ها را برای مدت بسیار کوتاهی نگهداری می‌کند. حافظه فعال دارای ظرفیتی محدود بوده و برای مدت کمی داده‌ها را نگهداری می‌کند. وظیفه حافظه فعال پردازش، دسته بندی و کدگذاری داده‌های دریافتی و

تحویل آن به حافظه بلندمدت است (یانگ 2014، مانسینتی 2019، وان مرینبوئر 2010). از دیدگاه این نظریه، یادگیری یعنی کدگذاری و مرتبط کردن داده‌های واردشده به حافظه فعال با دانشی که قبلاً در حافظه بلندمدت ذخیره شده است و انتقال آن به حافظه بلندمدت (لپنیک 2015، مانسینتی 2019) و در نهایت توسعه و خودکاری طرحواره‌های شناختی ذخیره‌شده در حافظه بلندمدت، می‌باشد (لپنیک 2017) و لذا نظریه بار شناختی بر ظرفیت محدود حافظه فعال تأکید می‌کند (مانسینتی 2019) حافظه فعال با سه نوع بار شناختی در زمان یادگیری روبروست: بار درونی که بیانگر پیچیدگی محتوای آموزشی، عناصر و تعامل این عناصر با یکدیگر می‌باشد و با توانایی ذهنی فراگیر (وجود طرحواره‌های مرتبط قبلی، خودکاری آنها) نیز در ارتباط است (لپنیک 2017)، بار بیرونی که با فرایند یادگیری محتوای آموزشی ارتباطی ندارد اما قسمتی از ظرفیت حافظه فعال را به خود مشغول می‌کند و با نحوه ارائه مطالب و محیط پیرامونی آن در ارتباط است (دبو 2014) و بار فراگیرنده که بیانگر ظرفیت حافظه فعال است که به پردازش و دسته‌بندی و معنی‌بخشی، سازمان‌بندی مجدد داده‌ها برای ساخت طرحواره‌ها و ذخیره‌سازی آنها اختصاص یافته است. (مانسینتی 2019) از این‌رو نظریه بار شناختی برای یادگیری بهتر چهار اصل را مطرح می‌کند: کاهش بار شناختی بیرونی (اجتناب از حواس‌پرتی‌ها)، مدیریت بار شناختی درونی (ارائه ساده مطالب)، بهبود بار فراگیرنده (تشویق به استفاده از راهکارهای شناختی که ساخت طرحواره‌ها را تسهیل می‌کند) و توجه به مهارت یافتن فراگیر می‌باشد (یانگ 2014، سیول 2019) و برای هر یک از این اصول، راهبردهایی را طراحی کرده است (یانگ 2014، مانسینتی 2019، وان مرینبوئر 2010). با توجه به اینکه این نظریه به حیطه مهارت‌های تخصصی پزشکی نیز بسط یافته است (سیول 2016) به صورت نظری می‌توان در زمینه آموزش اکوکاردیوگرافی به عنوان یک مهارت تخصصی پزشکی، این نظریه را به‌کار بست. در

- کم کردن یا قطع صدای دستگاه اکوکاردیوگرافی در زمان استفاده از روش داپلر.

راهبرد 6: ارائه تکالیف غیر اختصاصی: به فراگیر تکالیفی عرضه شود که نیاز به هدف ویژه نداشته باشند.

- به جای اینکه از فراگیر بخواهیم در این بیمار با توجه به داده‌های اکوکاردیوگرافی محتمل‌ترین علت را برای افزایش فشارخون ریوی بیان کند، از او بخواهیم تا فهرستی از علت‌هایی که می‌تواند منجر به افزایش فشارخون ریوی در این بیمار شوند را فراهم کند.

راهبرد 7: توجه به گذرا بودن داده‌ها: برای مطالبی که طولانی و پیچیده است و عناصر متعددی را در بردارد ارائه شفاهی مطالب که گذرا می‌باشد در مقایسه با ارائه آن به صورت نوشته، کارآمدی کمتری دارد زیرا نوشته توانایی مرور مکرر ایجاد می‌کند.

- برای اندازه گیری  $Qp/Qs$  که شامل اندازه‌گیری‌های متعدد است از فراگیر بخواهیم که مراحل متعدد را یادداشت نماید.

#### ب) راهبردهای مدیریت بار شناختی درونی

راهبرد 1: مجزا کردن عناصر محتوا: اگر محتوای آموزشی حاوی عناصر متعدد است که با یکدیگر در ارتباط هستند، به جای ارائه همه عناصر، ابتدا حیاتی‌ترین عنصر ارائه شود و سپس سایر عناصر و در نهایت ارتباط این عناصر با یکدیگر ارائه شود.

- فرایند انجام اکوکاردیوگرافی برای فراگیرنده تقسیم شود، ابتدا بدست آوردن نماهای مناسب از قلب تمرین شود، سپس اندازه‌گیری‌ها تمرین شود بعد شناخت پاتولوژی‌ها و در نهایت ارزیابی پاتولوژی‌ها.

راهبرد 2: آموزش از ساده به سخت: پیچیدگی تکالیف ارائه شده به تدریج زیاد شود.

- ابتدا بیمارانی که اکوکاردیوگرافی نرمال دارند به فراگیر عرضه شود و سپس بیمارانی که مشکلات درجه‌ای دارند، عرضه شوند

راهبرد 3: آموزش از محیط ساده به سمت محیط پیچیده: آموزش ابتدا در محیطی شروع شود که دارای عناصر

ادامه ضمن ارائه راهبردهای کاربست این نظریه، نمونه‌های متناسب از آموزش اکوکاردیوگرافی ارائه می‌شود تا ایده امکان استفاده از این نظریه در آموزش اکوکاردیوگرافی بهتر نشان داده شود. منظور از آموزش اکوکاردیوگرافی در اینجا، بخش نظری آن نیست بلکه مهارت انجام اکوکاردیوگرافی، استنتاج تشخیص اکوکاردیوگرافی از داده‌های به دست آمده از اکوکاردیوگرافی و ارتباط آن با داده‌های بالینی بیمار است.

#### الف) راهبردهای کاهش بار شناختی بیرونی

راهبرد 1: مثال‌های حل شده: به فراگیر یک مشکل ارائه می‌شود و گام‌های حل این مشکل توسط آموزشگر ارائه می‌شود.

- تعیین سطح درجه میترال با استفاده از روش Pressure half time در بیمار مبتلا به تنگی درجه میترال

راهبرد 2: تکمیل راه حل ارائه شده: مشکلی که به طور کامل حل نشده است، ارائه می‌شود تا فراگیر آن را کامل حل نماید.

- به فراگیر اطلاع داده می‌شود که بطن چپ بیمار بزرگ است و او اندازه دقیق آن را به دست آورد.

راهبرد 3: اجتناب از تقسیم توجه: اجزای محتوای آموزشی در یک زمان و با استفاده از یک منبع، آموزش داده شود.

- نحوه کاربرد Continuous wave در زمانی که قرار است از آن استفاده شود، ارائه شود و نه در شروع اکوکاردیوگرافی

راهبرد 4: ارائه دیداری و شنیداری محتوای آموزشی: حافظه فعال داده‌های دیداری و شنیداری را به طور مجزا از یکدیگر پردازش می‌کند و ارائه محتوا به یک شیوه منجر به بار اضافه مسیر پردازشی مربوطه می‌شود.

- در زمان اندازه‌گیری بیشینه موج  $e'$  دیواره بین-بطنی علاوه بر نشان دادن، توضیح شفاهی ارائه شود.

راهبرد 5: اجتناب از داده‌های زائد: از ارائه داده‌های که نیاز به یادگیری ندارند، پرهیز شود.

راهبرد 1: عدم استفاده از مثال‌های حل‌شده یا مسائل نیمه‌حل‌شده: استفاده از این روش‌های با مهارت‌یافتن فراگیر باید کمتر شود. این روش‌ها بعد از اعمال اثر خود به تدریج بی‌اثر و بعد از مدتی منجر به اعمال بار شناختی بیرونی می‌شود.

- به فراگیر اجازه دهیم تا خودش از ابتدا تا انتها اندازه‌گیری‌های اکوکاردیوگرافی را انجام دهد و وسعت پاتولوژی موجود را ارزیابی کند بدون آنکه کمکی از سوی آموزشگر ارائه شود.

راهبرد 2: کم کردن راهنمایی: با افزایش مهارت به تدریج آموزشگر از راهنمای مرحله به مرحله به سمت ارائه پس-خوراند و بعد عدم راهنمایی حرکت کند.

- در زمان انجام اکوکاردیوگرافی توسط فراگیر مرحله به مرحله او را راهنمایی کنیم و با پیدا شدن مهارت بیشتر به او پس خوراند بدهیم و در نهایت به طور مستقل و بدون راهنمایی و پس‌خوراند، اکوکاردیوگرافی را انجام دهد.

راهبرد 3: ارائه مطالب یکپارچه به صورت از هم‌گسیخته: که برخلاف "اجتناب از تقسیم توجه" می‌باشد به نحوی که محتوای آموزشی در زمان‌های متفاوت و یا با استفاده از منابع متعدد یاد داده می‌شود.

- آموزشگر کارکرد دیاستولی بیمار را به‌نحوی توصیف می‌کند و دلیل آن را بعد از تمام شدن درمانگاه برای فراگیر توضیح می‌دهد.

راهبرد 4: به جای ارائه همزمان مطالب به صورت دیداری و شنیداری مطالب به صورت دیداری یا شنیداری ارائه شود.

- فراگیر نحوه ارزیابی کارکرد دریچه میترال صناعی را مشاهده می‌کند بدون آنکه توضیحی از سوی آموزشگر ارائه شود.

### نتیجه‌گیری

آموزشگر اکوکاردیوگرافی لازم است با مدل‌های مختلف آموزشی آشنا باشد و برای هر فراگیر و یا هر زمینه آموزشی مدل متناسب را به کار ببرد. در این نوشتار ایده کاربست نظریه بار شناختی در آموزش

کمتری می‌باشند و به تدریج آموزش در محیط‌هایی انجام شود که به واقعیت نزدیک‌ترند و در نهایت آموزش در محیط واقعی انجام شود.

- آموزش به دست آوردن نماهای اکوکاردیوگرافی ابتدا با استفاده از شبیه‌سازهای رایانه‌ای و سپس بر روی مانکن و بعد بر روی هم‌تایان و سپس بر روی بیماران و در نهایت بر روی بیمار واقعی انجام شود.

### ج) راهبردهای بهینه سازی بار شناختی فراگیر

راهبرد 1: تنوع: به فراگیر انواع مختلفی از تکالیف ارائه شود.

- برای فراگیر انواع متنوعی از بیماران بالینی شامل بیماری‌های عروق کرونری، نارسایی قلب، دریچه‌ای و تعویض دریچه و بیمارهای مادرزادی فراهم شود.

راهبرد 2: درهم‌آمیختن مطالب: نوعی از تنوع در ارائه تکالیف یا مطالب است به طوری که ترتیبی که قبلاً تمرین شده یا ارائه شده است به‌نحوه دیگری تمرین شود.

- به جای اینکه ابتدا اندازه‌گیری‌ها انجام شود و سپس کارکرد سیستولی و دیاستولی بطن چپ و راست و بعد کارکرد دریچه‌های قلب ارزیابی شود (که به طور معمول در اکوکاردیوگرافی انجام می‌شود)، از فراگیر بخواهیم ابتدا کارکرد دیاستولی بطن چپ، سپس کارکرد دریچه‌ها و بعد کارکرد سیستولی بطن چپ و راست، سپس اندازه‌گیری‌های اکوکاردیوگرافی را انجام دهد که ترتیبی غیرمعمول در انجام اکوکاردیوگرافی است.

راهبرد 3: توضیح دادن فراگیر: باید از فراگیر خواسته شود که در مورد تصمیم‌ها و اقدامات خود توضیح دهد تا باز-اندیشی رشد یابد.

- از فراگیر پرسیده شود که چرا شدت نارسایی دریچه میترال را شدید ارزیابی کرده‌است.

راهبرد 4: تصور کردن: از فراگیر خواسته شود که کاری را که قرار است انجام دهد، تصور کند.

- از فراگیر خواسته شود تا مراحل ارزیابی دریچه آئورت صناعی را تصور نماید.

### د) راهبردهای توجه به مهارت‌یافتن فراگیر

*European journal of internal medicine.* Vol.60, Pp.4-8.

Rana J, Burgin S. 2017. Teaching & Learning Tips 2: Cognitive load theory. *International Journal of Dermatology.* Vol.56, No.12, Pp.1438-1441.

Sewell JL, Boscardin CK, Young JQ, et al. 2016. Measuring cognitive load during procedural skills training with colonoscopy as an exemplar. *Medical Education.* Vol.50, No.6. Pp.682-92.

Sewell JL, Maggio LA, Ten Cate O, et al. 2019. Cognitive load theory for training health professionals in the workplace: A BEME review of studies among diverse professions: BEME Guide No. 53. *Medical Teacher.* Vol.41, No.3, Pp.256-270.

Szulewski A, Howes D, van Merriënboer JGG, et al. 2020. From theory to practice: the application of cognitive load theory to the practice of medicine. *Academic Medicine.* doi: 10.1097/ACM.0000000000003524. Epub ahead of print.

Van Merriënboer JJ, Sweller J. 2010. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Medical education.* Vol.44, No.1, Pp.85-93.

Young JQ, Van Merriënboer J, Durning S, et al. 2014. Cognitive Load Theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Medical Teacher.* Vol.36, No.5, Pp.371-84.

اکوکاردیوگرافی مطرح شد و به ذکر نمونه‌هایی، امکان کاربست آن نشان داده شد. اکوکاردیوگرافی از جمله مهارتهایی است که نیاز به هماهنگی شناختی، حرکتی و دیداری زیادی دارد و به نظر می‌رسد اصول و راهبردهای ارائه شده به وسیله نظریه بار شناختی چهارچوب مناسبی برای آموزش اینگونه از مهارتها فراهم نماید. اما شایان ذکر است نتیجه کاربست این نظریه در آموزش اکوکاردیوگرافی تا کنون مورد مطالعه قرار نگرفته است و کاربست آن در زمینه مهارتهای تخصصی پزشکی در ابتدای راه خود می‌باشد و مطالعات اندکی در این زمینه وجود دارد. از سوی دیگر این نظریه تنها پاره‌های (و نه همه آن) از جنبه‌های یادگیری را بیان می‌کند (رانا، 2017).

#### References:

Debut N, Van De Leemput C. 2014. What does germane load mean? An empirical contribution to the cognitive load theory. *Frontiers in psychology.* Vol.5, Pp.1099.

Leppink J, van den Heuvel A. 2015. The evolution of cognitive load theory and its application to medical education. *Perspectives on medical education.* Vol.4, No.3, Pp.119-27.

Leppink J. 2017. Cognitive load theory: Practical implications and an important challenge. *Journal of Taibah University Medical Sciences.* Vol.12, No.5, Pp.385-91.

Mancinetti M, Guttormsen S, Berendonk C. 2019. Cognitive load in internal medicine: What every clinical teacher should know about cognitive load theory.

مجله‌ی توسعه‌ی آموزش جندی‌شاپور  
فصلنامه‌ی مرکز مطالعات و توسعه‌ی آموزش علوم پزشکی  
سال دوازدهم، شماره 1، بهار 1400

## مقاله کوتاه: کاربری نظریه بار شناختی در آموزش اکوکاردیوگرافی

علی حسین ثابت: عضو هیئت علمی، گروه قلب و عروق، بیمارستان مرکز قلب تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

**چکیده:** با گسترش نظریه بار شناختی از کلاس‌های درس به آموزش بر بالین بیماری و مهارت‌های تخصصی پزشکی، لازم است متخصصان قلب و عروق که درگیر آموزش اکوکاردیوگرافی هستند با الگوهای نوین آموزش آشنا شوند تا آموزش بهتری را ارائه نمایند. نظریه بار شناختی بر اساس مدل ساختاری و کارکردی حافظه انسان ارائه شده و بر ظرفیت محدود حافظه فعال تأکید می‌کند. فرایند یادگیری بر اساس این نظریه، کدگذاری و مرتبط کردن داده‌های وارد شده به حافظه فعال با دانش از قبل ذخیره شده در حافظه بلندمدت و انتقال آن به حافظه بلندمدت و در نهایت توسعه و خودکاری طرحواره‌های شناختی ذخیره شده در حافظه بلندمدت است. این نظریه، سه بار شناختی درونی، بیرونی و فراگیرنده را در زمان یادگیری مطرح کرده و اصولی را برای بهینه‌سازی فرایند یادگیری، ارائه می‌کند که شامل کاهش بار شناختی بیرونی و بهینه‌سازی بار شناختی درونی، بهینه‌سازی بار شناختی فراگیرنده و توجه به مهارت‌یافتن فراگیرنده است. این نظریه برای هر یک از این اصول، راهبردهایی را نیز مطرح می‌کند که با ذکر نمونه‌هایی در زمینه آموزش اکوکاردیوگرافی، به توضیح آنها پرداخته شد.

**واژگان کلیدی:** آموزش پزشکی، اکوکاردیوگرافی، نظریه بار شناختی، آموزش بالینی.

\***نویسنده مسؤول:** عضو هیئت علمی، گروه قلب و عروق، بیمارستان مرکز قلب تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

Email: ali\_hosseinsabet@yahoo.com