Development Strategies in Medical Education

Spring 2026. Vol 13. Issue 1

Letter to the Editor

The importance of sleep in synaptic plasticity and its implications for preserving learning capacity in medical learners

* Hamid Mahdavifard[1]

1. Educational Development Center, Neyshabur University of Medical Sciences Neyshabur, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Mahdavifard H. The importance of sleep in synaptic plasticity and its implications for preserving learning capacity in medical learners. Development Strategies in Medical Education. 2026; 13(1):1-6. [In Persian]

10.48312/DSME.13.1.576.4

Article Info:
Received: 24 May 2026
Accepted: 4 Jun 2026
Available Online: 22 Jun 2026

Key Words:
Synaptic Plasticity, Sleep Deprivation, Medical Education.

Dear Editor

In medical education, time pressure, high information loads, and long work shifts have made insufficient sleep common among medical learners. Learners often sacrifice sleep for additional study time, although the ability to learn itself is strongly dependent on sleep quality.

Basic neuroscience findings indicate that sleep, contrary to common belief, is not a passive state but an active process involved in regulating synaptic balance. During wakefulness, learning experiences are accompanied by synaptic strengthening across different brain regions. One influential framework is the synaptic homeostasis hypothesis. According to this hypothesis, a relative and proportionate downscaling of synaptic strength during sleep, particularly slow-wave sleep, may prevent synaptic saturation, improve the signal-to-noise ratio of neural activity, reduce cerebral energy consumption, and preserve the capacity for subsequent learning [1]. This process is associated with sleep-specific changes in the neurochemical milieu, neuronal firing patterns, and reduced input from external stimuli.

The hippocampus is one of the brain structures with a high degree of synaptic plasticity and plays a vital role in episodic memory formation. It binds novel items (what happened) with the context of an event (where and when it happened) into a coherent memory trace [2]. Accordingly, impaired hippocampal function may

* **Corresponding Author:**
Dr Hamid Mahdavifard
Address: Neyshabur University of Medical Sciences, Neyshabur, Iran.
E-mail: mahdavifh1@mums.ac.ir

Copyright © 2024 The Author[s];
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Downloaded from dsme.hums.ac.ir at 15:15 +0330 on Saturday September 12th 2026

[DOI: 10.48312/DSME.13.1.576.4]

Downloaded from dsme.hums.ac.ir at 15:15 +0330 on Saturday September 12th 2026

reduce the capacity to learn and organize new information.

In a pivotal study, Kurinec and colleagues reported that one full night of sleep deprivation significantly impaired participants' ability to bind items with context on the following day. Participants who had remained awake for one night performed more poorly when remembering which speaker (context) had spoken which word (item). Importantly, item-context binding remained impaired even when the individual items were successfully learned. The authors' analyses suggested that this finding could not be explained solely by reduced vigilance and attention and that sleep deprivation may specifically affect the binding of information [3].

This finding may have at least two potential implications for curriculum planning and the organization of educational shifts in medical education:

1. Reduced daily learning capacity: Learners who are chronically sleep-deprived may experience difficulties not only in consolidating previous learning but also in forming new memories on the following day. During intensive clinical clerkships, in which large amounts of new information are presented daily, this may reduce learning efficiency.

2. Difficulty connecting knowledge to clinical context: Theoretically, impaired item-context binding may allow a learner to recall a clinical sign or paraclinical finding while experiencing difficulty linking it to the relevant disease, patient, or clinical situation. Such impairment may affect clinical reasoning and decision-making; however, direct evidence linking this mechanism to diagnostic errors among medical learners requires further study.

A substantial body of research on sleep and memory has focused on slow-wave sleep. During this stage, coordination among hippocampal sharp-wave ripples, cortical slow oscillations, and thalamocortical spindles is considered one of the proposed mechanisms supporting the replay and consolidation of previous memories [4,5]. This coordination may facilitate the transfer and organization of information between the hippocampus and cerebral cortex.

Research has also examined whether this natural process can be enhanced through external interventions. Some studies have shown that auditory stimulation synchronized with slow oscillations can improve memory consolidation [6]. Other findings have reported an association between sleep-spindle regulation and next-day hippocampal-dependent learning [7].

However, findings from targeted sleep interventions in humans have not been consistent, and not all studies have produced sustained or clinically meaningful improvements in memory [8]. This heterogeneity suggests that enhancing a single component of sleep is not necessarily equivalent to reproducing the full functions of natural sleep.

One possible explanation is that natural sleep results from complex, endogenous coordination among neural networks. Evidence on hippocampal-cortical coupling indicates that memory consolidation depends on the temporally coordinated interaction of these structures [9]. Therefore, findings from the experimental enhancement of selected sleep features should be interpreted cautiously and should not be translated directly into educational or clinical interventions without supporting evidence.

Conclusion:

Learning Contemporary scientific evidence

supports the view that sleep, beyond being a passive period of rest, plays an important role in preserving synaptic plasticity and learning capacity. Sleep deprivation may impair the brain's ability to bind new information to its appropriate context. In medical education, this mechanism may be associated with reduced learning quality and difficulty organizing clinical knowledge; however, studies conducted specifically among medical learners are needed to determine its direct effects on clinical performance and diagnostic errors. Accordingly, educational planning should consider shift patterns, avoidance of chronic sleep deprivation, and adequate sleep as a biological requirement for learning.

[DOI: 10.48312/DSME.13.1.576.4]
Downloaded from dsme.hums.ac.ir at 15:15 +0330 on Saturday September 12th 2026

[DOI: 10.48312/DSME.13.1.576.4]
Downloaded from dsme.hums.ac.ir at 15:15 +0330 on Saturday September 12th 2026

نامه به سردبیر

اهمیت خواب در شکل‌پذیری سیناپسی و پیامدهای آن برای حفظ ظرفیت یادگیری در فراگیران پزشکی

* حمید مهدوی فرد[۱]

۱. مرکز مطالعات و توسعه آموزش پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی نیشابور، نیشابور، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Mahdavifard H. The importance of sleep in synaptic plasticity and its implications for preserving learning capacity in medical learners. 2026; 13(1):1-6. [In Persian]

10.48312/DSME.13.1.576.4

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۳ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ انتشار: ۳۱ خرداد ۱۴۰۵

سردبیر محترم

در نظام آموزش پزشکی، فشارهای زمانی، حجم بالای اطلاعات و شیفت‌های طولانی‌مدت، به‌گونه‌ای رقم خورده است که کم‌خوابی در میان فراگیران پزشکی به پدیده‌ای شایع تبدیل شده است. فراگیران پزشکی اغلب خواب را فدای مطالعه بیشتر می‌کنند، در حالی که توانایی یادگیری خود به کیفیت خواب وابسته است.

یافته‌های پایه‌ای در علوم اعصاب نشان می‌دهند که خواب، برخلاف تصور رایج، حالتی غیرفعال نیست، بلکه فرایندی فعال و مؤثر در تنظیم تعادل سیناپسی همراه است. در طول بیداری، تجربه‌های یادگیری با تقویت سیناپس‌ها در نواحی مختلف مغز همراه‌اند. یکی از چارچوب‌های مطرح برای تبیین نقش خواب، فرضیه «هموستاز سیناپسی» است. بر اساس این فرضیه، در طول خواب، به‌ویژه خواب موج آهسته، کاهش نسبی و متناسب قدرت سیناپس‌ها می‌تواند از اشباع سیناپسی جلوگیری کند، نسبت سیگنال به نویز فعالیت عصبی را بهبود بخشد، مصرف انرژی مغز را کاهش دهد و ظرفیت شکل‌گیری یادگیری‌های جدید را حفظ کند [۱]. این فرایند با ویژگی‌های خاص خواب، از جمله تغییر محیط عصبی‌شیمیایی، الگوهای شلیک عصبی و کاهش دریافت محرک‌های خارجی، ارتباط دارد.

هیپوکامپ یکی از ساختارهای مغزی با شکل‌پذیری سیناپسی بالاست و نقشی حیاتی در شکل‌گیری حافظه اپیزودیک ایفا می‌کند؛ به این معنا که آیتم‌های جدید (آنچه اتفاق افتاده است) را با زمینه رویداد (کجا و چه زمانی اتفاق افتاده است) در یک ردپای حافظه منسجم به هم پیوند می‌دهد [۲]. بنابراین، اختلال در عملکرد هیپوکامپ می‌تواند ظرفیت یادگیری و

کلیدواژه‌ها:

شکل‌پذیری سیناپسی، ممرومیت از خواب، آموزش پزشکی.

***نویسنده مسئول:**

دکتر حمید مهدوی فرد

نشانی: دانشگاه علوم پزشکی نیشابور نیشابور، ایران.

پست الکترونیک: mahdavifh1@mums.ac.ir

Copyright © 2024 The Author[s];
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

[DOI: 10.48312/DSME.13.1.576.4]
Downloaded from dsme.hums.ac.ir at 15:15 +0330 on Saturday September 12th 2026

سازمان‌دهی اطلاعات جدید را کاهش دهد.

در مطالعه‌ای محوری، کورینک و همکاران گزارش کردند که یک شب کامل محرومیت از خواب، توانایی شرکت‌کنندگان را برای پیوند دادن آیتم‌ها با زمینه در روز بعد به‌طور قابل‌توجهی مختل کرد. شرکت‌کنندگانی که یک شب نخوابیده بودند، در به‌خاطر سپردن اینکه کدام گوینده (زمینه) کدام کلمه (آیتم) را بیان کرده بود، عملکرد ضعیف‌تری داشتند. نکته مهم آن بود که حتی در مواردی که خودِ آیتم‌ها به‌درستی یاد گرفته شده بودند، پیوند آیتم و زمینه همچنان دچار اختلال بود. تحلیل‌های پژوهشگران نشان داد که این یافته را نمی‌توان صرفاً با کاهش هوشیاری و توجه توضیح داد و محرومیت از خواب ممکن است فرایند پیوندزنی اطلاعات را به‌طور اختصاصی تحت تأثیر قرار دهد [۳].

این یافته می‌تواند دست‌کم دو پیامد احتمالی برای برنامه‌ریزی درسی و ساماندهی شیفت‌های آموزشی در علوم پزشکی داشته باشد:

۱. کاهش ظرفیت یادگیری روزانه: فراگیرانی که به‌طور مزمن کم‌خواب هستند، ممکن است نه‌تنها در تثبیت آموخته‌های روز گذشته، بلکه در شکل‌دادن خاطرات جدید در روز بعد نیز با دشواری روبه‌رو شوند. در دوره‌های فشرده کارآموزی بالینی که هر روز حجم زیادی از اطلاعات جدید ارائه می‌شود، این وضعیت می‌تواند بازده یادگیری را کاهش دهد.

۲. دشواری در اتصال دانش به بستر بالینی: از دیدگاه نظری، اختلال در پیوند آیتم و زمینه ممکن است باعث شود فراگیر یک علامت بالینی یا یافته پاراکلینیک را به خاطر بیاورد، اما در اتصال آن به بیماری، بیمار یا موقعیت بالینی مربوط با دشواری مواجه شود. چنین اختلالی می‌تواند بر استدلال و تصمیم‌گیری بالینی اثر بگذارد؛ هرچند برای اثبات ارتباط مستقیم آن با خطاهای تشخیصی در فراگیران پزشکی، مطالعات اختصاصی بیشتری لازم است.

بخش مهمی از پژوهش‌های مربوط به خواب و حافظه بر خواب موج آهسته تمرکز داشته‌اند. در این مرحله، هماهنگی میان امواج تیز-ریپل هیپوکامپ، نوسانات آهسته قشر مغز و دوک‌های تالاموکورتیکال، یکی از سازوکارهای پیشنهادشده برای بازپخش و تثبیت خاطرات روز گذشته است [۴،۵]. این هماهنگی می‌تواند انتقال و سازمان‌دهی اطلاعات میان هیپوکامپ و قشر مغز را تسهیل کند.

پژوهشگران همچنین بررسی کرده اند که آیا می توان این فراین طبیعی را با مداخلات خارجی تقویت کرد. برخی مطالعات نشان داده‌اند که تحریک شنیداری هماهنگ با نوسانات آهسته خواب می‌تواند تثبیت حافظه را بهبود بخشد [۶]. یافته‌های دیگر نیز ارتباط تنظیم دوک‌های خواب با یادگیری وابسته به هیپوکامپ در روز بعد را گزارش کرده‌اند [۷].

با این حال، نتایج مداخلات هدفمند در ارتباط با خواب در انسان یکنواخت نیست و نتایج همه مطالعات به بهبود پایدار و معنادار حافظه منجر نشده اند [۸]. این ناهمگونی نشان می‌دهد که افزایش یک مؤلفه منفرد خواب لزوماً معادل بازآفرینی کامل کارکردهای خواب طبیعی نیست.

یکی از توضیح‌های احتمالی آن است که خواب طبیعی حاصل هماهنگی پیچیده و درون‌زای شبکه‌های مغزی است. شواهد مربوط به هم زمانی فعالیت هیپوکامپ و و قشر مغز نشان می دهد که تثبیت حافظه به تعامل زمان بندی شده این ساختارها وابسته است [۹]. بنابرین، نتایج حاصل از مداخلات آزمایشگاهی در ارتباط با خواب باید با احتیاط تفسیر شوند.

نتیجه‌گیری:

شواهد علمی مطالعات انجام شده در سالیان اخیر از این دیدگاه حمایت می کنند که خواب، فراتر از یک دوره استراحت غیرفعال، در حفظ شکل‌پذیری سیناپسی و ظرفیت یادگیری نقش مهمی دارد. محرومیت از خواب می‌تواند توانایی مغز را برای پیوند اطلاعات جدید با زمینه مناسب مختل کند. در آموزش پزشکی، این سازوکار ممکن است با کاهش کیفیت یادگیری و دشواری در سازمان‌دهی

[DOI: 10.48312/DSME.13.1.576.4]
Downloaded from dsme.hums.ac.ir at 15:15 +0330 on Saturday September 12th 2026

دانـش بالیـنی همـراه باشـد؛ بـا ایـن حـال، بـرای تعییـن تاثیر مسـتقیم خـواب بـر عملکـرد بالیـنی و خطاهـای تشـخیصی، انجـام مطالعات اختصاصی در فراگیران پزشـکی ضروری اسـت. بـر این اسـاس، توجه بـه الگـوی شیفت‌ها، پرهیـز از محرومیت مزمـن از خـواب و در نظـر گرفتـن خـواب کافی به‌عنـوان یکی از الزامـات زیسـتی یادگیـری، می‌توانـد در برنامه‌ریزی آموزشی مـورد توجـه قـرار گیرد.

References

1. Tononi G, Cirelli C. Sleep and the price of plasticity: From synaptic and cellular homeostasis to memory consolidation and integration. Neuron. 2014; 81(1):12-34. DOI: 10.1016/j.neuron.2013.12.025 PMID: 24411729
2. Squire LR, Wixted JT. The cognitive neuroscience of human memory since H.M. Annu Rev Neurosci. 2011; 34:259-88. DOI: 10.1146/annurev-neuro-061010-113720 PMID: 21456960
3. Kurinec CA, Whitney P, Hinson JM, Hansen DA, Van Dongen HPA. Sleep deprivation impairs binding of information with its context. Sleep. 2021; 44(8):zsab113. DOI: 10.1093/sleep/zsab113 PMID: 33940625
4. Diekelmann S, Born J. The memory function of sleep. Nat Rev Neurosci. 2010; 11(2):114-26. DOI: 10.1038/nrn2762 PMID: 20046194
5. Rasch B, Born J. About sleep's role in memory. Physiol Rev. 2013; 93(2):681-766. DOI: 10.1152/physrev.00032.2012 PMID: 23589831
6. Ngo HV, Martinetz T, Born J, Mölle M. Auditory closed-loop stimulation of the sleep slow oscillation enhances memory. Neuron. 2013; 78(3):545-53. DOI: 10.1016/j.neuron.2013.03.006 PMID: 23583623
7. Mander BA, Rao V, Lu B, Saletin JM, Ancoli-Israel S, Jagust WJ, et al. Impaired prefrontal sleep spindle regulation of hippocampal-dependent learning in older adults. Cereb Cortex. 2014; 24(12):3301-9. DOI: 10.1093/cercor/bht188 PMID: 23901074
8. Ackermann S, Rasch B. Differential effects of non-REM and REM sleep on memory consolidation? Curr Neurol Neurosci Rep. 2014; 14(2):430. DOI: 10.1007/s11910-013-0430-8 PMID: 24395522
9. Maingret N, Girardeau G, Todorova R, Goutierre M, Zugaro M. Hippocampo-cortical coupling mediates memory consolidation during sleep. Nat Neurosci. 2016; 19(7):959-64. DOI: 10.1038/nn.4304 PMID: 27182818