

МЕТОД ЦІЛЬОВОЇ РЕАКТИВАЦІЇ ПАМ'ЯТІ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ

Харківський національний медичний університет

Анотація. Метод цільової реактивації пам'яті представляє собою вплив на гіпокамп під час фази повільного сну з метою стимулювання кортексно-гіпокампальних процесів консолідації пам'яті через відтворення зовнішніх подразників, що супроводжували процес запам'ятовування. Застосування цільової реактивації пам'яті в навчальному процесі має великі перспективи та може бути реалізоване під час дистанційного навчання.

Ключові слова: цільова реактивація пам'яті; консолідація пам'яті; нейрофізіологічні навчальні технології; навчання під час сну.

Targeted memory reactivation in the training process

Abstract. Method called targeted memory reactivation used to effect on hippocampus during non-rapid eye movement sleep phase to stimulate hippocampal-cortical processes to memory consolidation due to reproduction external stimuli accompanying remembering process. Targeted memory reactivation in educational process has great prospects and can be implemented during distance training.

Keywords: targeted memory reactivation; memory consolidation; neurophysiological training technologies; sleep learning.

У зв'язку з появою великої кількості нових наукових досліджень у різних сферах діяльності та процесами глобалізації освітні програми сьогодні включають значні масиви інформації, а зв'язок між окремими питаннями та компонентами, які розглядаються в рамках програм, в деякій мірі втрачається через необхідність звільнити час для нової інформації. Здобувачам освіти стає важче орієнтуватися в обсягах інформації, внаслідок чого знижується якість її запам'ятовування та якість освітнього процесу в цілому. На тлі цієї проблеми одним з ключових питань стає стимулювання процесів консолідації та формування довгострокової пам'яті у процесі оволодіння теоретичними знаннями та практичними навичками. Особливої важливості це питання набуває в умовах самостійного та дистанційного навчання, проблема якого наразі є актуальною для освітніх закладів всього світу через пандемію Covid-19.

Більше 10 років тому було розпочато розробку методу, який має назву «цільова реактивація пам'яті» (англ.: TMR – targeted memory reactivation), на основі теорії консолідації пам'яті під час сну. Ключовим процесом, що лежить в основі консолідації пам'яті, є реактивація (відтворення) пам'яті. Багаторічні дослідження продемонстрували, що в клітинах гіпокампу патерни збудження нейронів, які активувалися під час навчання, реактивувалися в періоди сну після навчання. Тобто під час сну гіпокампальні клітини «відтворювали» послідовність збудження нейронів, яка раніше відбувалася під час навчання, тим самим посилюючи (консолідуючи) пам'ять [1, 2].

Реактивація пам'яті відбувається під час короткострокових високочастотних коливань (140-200 Гц), які спостерігаються в періоди повільного сну у період реєстрації на електроенцефалограмі тета- та дельта-ритмів з утворенням так званих сонних веретен. Згідно з класичною теорією, у цей момент клітини гіпокампу, реактивуючи раніше отриману інформацію у 5-20 разів швидше, ніж вона була отримана, перерозподіляють її для запобігання інтерференції та виникнення викривлень та спотворень між відтворюваними спогадами. Після цього у неокортексі формуються довгострокові спогади. Відповідно до теорії Ротшильда, спочатку відбувається спонтанна активація неокортикальних зон, яка, у свою чергу, активує гіпокамп, і подальший перерозподіл інформації відбувається за рахунок кортексно-гіпокампальної петлі [2].

Цільова реактивація пам'яті (ЦРП) представляє собою процес стимуляції під час сну патернів збудження гіпокампальних нейронів, які були активовані під час навчання. Стимуляція відбувається за рахунок відтворення зовнішніх сенсорних подразників, які супроводжували отримання конкретного виду інформації [1–3].

У перших дослідженнях в якості сенсорного подразника використовувався запах, а учасники мали запам'ятати певні географічні локації. Результати показали краще запам'ятовування у групи, яка отримувала стимулююче подразнення асоційованим з локацією запахом під час фази повільного сну, в порівнянні з контрольною групою [3].

Подальші дослідження показали, що замість запаху може використовуватися звук та тактильні відчуття.

Було проведено близько 90 незалежних досліджень із застосуванням методу ЦРП, де використовувалися різні об'єкти запам'ятовування та сенсорні подразники [4]. Зокрема, учасникам одного з досліджень демонструвалися фотографії людей у однакових сірих футболках та паралельно відбувалося звукове подразнення, яке потім відтворювалося під час фази повільного сну [1]. У інших випадках у якості подразників використовувалися нейтральні та негативні звукові сигнали вербального (ключові слова) та невербального характеру (тони) з різним рівнем гучності, специфічні тактильні відчуття. Об'єктами запам'ятовування виступали нейтральні та емоційні зображення, іноземні слова та граматичні структури, географічні локації та маршрути, послідовності рухів пальцями правої, лівої або одночасно обох рук та ін.

За деякими даними, метод ЦРП менш ефективний для дітей та підлітків [5], але демонструє високу ефективність та точність запам'ятовування для молодих людей студентського віку та дорослих [4].

Отримані результати дають можливість зробити висновок, що метод ЦРП може успішно використовуватися в процесі навчання для поліпшення запам'ятовування як теоретичної, так і практичної інформації. Так, в одному з нещодавніх досліджень (2019) було показано його ефективність у процесі вивчення іноземних слів. Учасникам було запропоновано вивчити 120 незнайомих слів на іноземній мові, до яких додавався переклад на рідній мові. Під час подальшого сну іноземні слова були відтворені, але деякі з них навмисно були пропущені. Під час перевірки якості запам'ятовування виявилось, що учасники набагато краще запам'ятали слова, які були відтворені під час сну, порівняно з тими словами, які були пропущені [6]. Показано, що метод ЦРП може використовуватися також для асоціативного вивчення слів (у цих випадках подразником виступає не слово, а запах чи невербальний звук), вивчення граматики, для покращення візуальної, просторової та емоційної пам'яті, для оволодіння моторними навичками [4].

Таким чином, метод ЦРП може бути застосований для запам'ятовування візуальної інформації у вигляді зображень, схем або таблиць, вивчення іноземних мов, оволодіння фаховими практичними навичками.

Дана методика може використовуватися під час як очного, так і дистанційного навчання. У якості сенсорного подразника може виступати, наприклад, звук. Для вивчення іноземних мов, термінології, коротких тлумачень доцільне використання звуків вербального характеру, а для вивчення візуальної інформації – невербального характеру. Також можуть бути використані нюхові сенсорні подразники, які здобувач освіти спроможний відтворити у домашніх умовах під час сну.

При використанні методу ЦРП важливо враховувати наступне:

1. Сенсорний подразник не повинен бути занадто сильним в процесі повторного впливу під час фази повільного сну, щоб уникнути пробудження. Наприклад, високоефективним виявилось використання звукових подразників на тлі білого шуму під час сну [4].

Наразі немає точної відповіді на питання, яким за ступенем сили має бути подразник під час навчання. З одного боку, при надто сильній дії подразника знижується якість сприйняття супутньої інформації. З іншого боку, слабкий вплив виявляється не завжди ефективним, оскільки не формуються міцні асоціативні зв'язки між об'єктом запам'ятовування та подразником через те, що мозок «пропускає» подразник через його слабкість. Однак учасники досліджень, яким рекомендували приділяти мало уваги звуковим подразникам або не звертати на них уваги взагалі, продемонстрували значно вищі показники ефективності, ніж люди, які на них концентрувалися [1]. Це дає змогу припустити, що подразник повинен мати досить високу силу для того, щоб мозок його «помітив», але водночас – досить низьку для того, щоб від нього можна було легко відволіктися.

2. Подразник повинен бути нейтральним або слабо позитивним. Як сильний позитивний, так і сильний негативний вплив зміщують акценти сприйняття інформації, внаслідок чого порушується формування асоціативних зв'язків між об'єктом запам'ятовування та подразником. При негативному впливі ефект запам'ятовування у багатьох випадках знижувався. Вочевидь, це пов'язано з тим, що лімбічна система нейтралізувала негативні спогади, пов'язані з впливом негативного сенсорного фактора.

Таким чином, важливо враховувати індивідуальний поріг чутливості, а також суб'єктивне сприйняття подразника.

3. Об'єкти запам'ятовування не повинні бути дуже схожими. Тобто краще вивчати максимально різні рухові послідовності або незнайомі слова з різних сфер, ніж схожі рухи та синонімічні слова. Так, чим більш унікальними були послідовності одиниць інформації в гіпокампі, тим точніше учасники їх запам'ятовували [1].

4. Один сенсорний подразник не може бути пов'язаний з великим обсягом інформації або з інформацією різного спрямування. Інакше відзначаються такі ефекти, як накладання та спотворення спогадів.

Метод ЦРП є перспективним в контексті цілеспрямованого впливу на пам'ять та, зокрема, на процеси навчання. Також ЦРП може зіграти велику роль у вивченні нейрофізіологічних процесів навчання та, відповідно, підвищення якості освітнього процесу.

Позитивними сторонами даної методики є те, що вона не вимагає спеціального устаткування, істотних витрат та, вочевидь, є природною для процесів запам'ятовування, що знижує ймовірність негативного впливу на мозкову активність як у короткотривалій, так і в довготривалій перспективі.

Негативна сторона полягає в тому, що метод ЦРП може бути важко використовувати у великих групах. Ця негативна сторона може бути нейтралізована при складанні груп учнів зі схожим порогом сприйняття та схожим суб'єктивним сприйняттям певного виду подразників.

На даному етапі ЦРП може використовуватися на практиці як експериментальний допоміжний метод. Активні дослідження останніх років в цьому напрямку повинні дати більш точні дані, які дозволять розробити стратегії навчання з використанням ЦРП та застосовувати цей метод нарівні з іншими визнаними методиками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Alm KH, Ngo CT, Olson IR. Hippocampal signatures of awake targeted memory reactivation. *Brain Struct Funct.* 2019 Mar;224(2):713-726. doi: 10.1007/s00429-018-1790-2. Epub 2018 Nov 26. PMID: 30478610; PMCID: PMC6420837.

2. Lewis PA, Bendor D. How Targeted Memory Reactivation Promotes the Selective Strengthening of Memories in Sleep. *Curr Biol.* 2019 Sep 23;29(18):R906-R912. doi: 10.1016/j.cub.2019.08.019. PMID: 31550479.

3. Rasch B, Büchel C, Gais S, Born J. Odor cues during slow-wave sleep prompt declarative memory consolidation. *Science.* 2007 Mar 9;315(5817):1426-9. doi: 10.1126/science.1138581. PMID: 17347444.

4. Hu X, Cheng LY, Chiu MH, Paller KA. Promoting memory consolidation during sleep: A meta-analysis of targeted memory reactivation. *Psychol Bull.* 2020 Mar;146(3):218-244. doi: 10.1037/bul0000223. PMID: 32027149; PMCID: PMC7144680.

5. Wilhelm I, Schreiner T, Beck J, Rasch B. No effect of targeted memory reactivation during sleep on retention of vocabulary in adolescents. *Sci Rep.* 2020 Mar 6;10(1):4255. doi: 10.1038/s41598-020-61183-z. PMID: 32144326; PMCID: PMC7060261.

6. Göldi M, van Poppel EAM, Rasch B, Schreiner T. Increased neuronal signatures of targeted memory reactivation during slow-wave up states. *Sci Rep.* 2019 Feb 25;9(1):2715. doi: 10.1038/s41598-019-39178-2. PMID: 30804371; PMCID: PMC6389952.

Даскал Марія Валеріївна, студентка групи 2м-19-18, II медичний факультет, Харківський національний медичний університет, Харків, e-mail: maria.daskal@protonmail.com.

Науковий керівник: *Мещерякова Оксана Петрівна*, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри медичної та біологічної фізики і медичної інформатики, Харківський національний медичний університет, Харків, e-mail: op.meshcheriakova@knmu.edu.ua.

Maria Daskal, student of 2m-19-18 group, II Medical Faculty, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, e-mail: maria.daskal@protonmail.com.

Scientific supervisor: *Oksana Meshcheriakova*, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Physics and Medical Information Science, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, e-mail: op.meshcheriakova@knmu.edu.ua.