

**REM UYQUNING NEYROFIZIOLOGIK MEXANIZMLARI: KLASSIK MODELLAR,
NEYROMEDIATORLAR DINAMIKASI VA ONTOGENEZ DAVOMIDA FUNKSIONAL
AHAMIYATI**

Mamadiyarova Dilshoda Umirzokovna

Samarqand davlat tibbiyot univesiteti dotsenti, PhD

Samandarov Umarbek Yunusovich

Uralova Bahora Samariddinovna

Egamberdiyeva Bahora Eldorovna

Samarqand Davlat Tibbiyot Universiteti Davolash ishi fakulteti 2-kurs talabasi

Annotatsiya: Tezkor ko'z harakatlari bilan kechuvchi uyqu (REM uyqu) yuqori kortikal faollik, yorqin tushlar va mushak atoniyasi bilan tavsiflanadigan o'ziga xos neyrofiziologik holat hisoblanadi. REM uyqu davridagi elektroensefalografik ko'rsatkichlar uyg'oqlik holatida kuzatiladigan naqshlarga o'xshash bo'lsa-da, po'stloq osti tuzilmalarining faollashuv mexanizmlari va ularning funksional oqibatlarini hali to'liq o'rganilmagan. Ushbu sharh maqola REM uyquning klassik neyrofiziologik modellarini neyrotasvirlash va neyrokimyoviy tadqiqotlarning so'nggi natijalari bilan integratsiya qilgan holda REM uyqu regulyatsiyasiga yangilangan va keng qamrovli qarashni taqdim etadi. Maqolada REM-on va REM-off neyron tizimlariga, shuningdek asetilxolin, glutamat va dofaminning REM uyquni hamda tushlar bilan bog'liq emotsional tajribalarni modulyatsiya qilishdagi roliga alohida e'tibor qaratilgan. Bundan tashqari, REM uyquning ontogenezi davomida tutgan o'rni tahlil qilinib, uning erta miya rivojlanishidagi hal qiluvchi ahamiyati, shuningdek kattalarda xotira mustahkamlanishi, emotsional regulyatsiya va moslashuvchan xulq-atvor jarayonlaridagi ishtiroki yoritib beriladi. REM uyqu regulyatsiyasining buzilishi bilan bog'liq nevrologik va psixiatrik kasalliklar nuqtayi nazaridan uning klinik ahamiyati ham muhokama qilinadi.

Kalit so'zlar: REM uyqu, uyqu fiziologiyasi, REM-on / REM-off mexanizmlari, neyromediatorlar, dofamin, tushlar, miya rivojlanishi, neyrotasvirlash.

**НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ REM-СНА: КЛАССИЧЕСКИЕ
МОДЕЛИ, ДИНАМИКА НЕЙРОМЕДИАТОРОВ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
В ПРОЦЕССЕ ОНТОГЕНЕЗА**

Мамадиярова Дилшода Умирзоковна

*Доцент Самаркандского государственного медицинского университета,
кандидат медицинских наук*

Самандаров Умарбек Юнусович

Уралова Бахора Самариддиновна

Эгамбердиева Бахора Элдоровна

*Студентка 2 курса лечебного факультета Самаркандского
государственного медицинского университета*

Аннотация: Быстрый сон (REM-сон) представляет собой уникальное нейрофизиологическое состояние, характеризующееся высокой корковой активностью, яркими сновидениями и мышечной атонией. Несмотря на сходство электроэнцефалографических показателей REM-сна с состоянием бодрствования, механизмы активации подкорковых структур и их функциональные последствия остаются изученными не в полной мере. В данной обзорной статье классические нейрофизиологические модели REM-сна интегрируются с современными данными нейровизуализационных и нейрохимических исследований, что позволяет представить обновлённый и комплексный взгляд на регуляцию REM-сна. Особое внимание уделяется нейронным системам REM-on и REM-off, а также роли ацетилхолина, глутамата и дофамина в модуляции REM-сна и эмоциональных переживаний, связанных со сновидениями. Кроме того, анализируется значение REM-сна в онтогенезе, подчёркивается его ключевая роль в раннем развитии мозга, а также участие в процессах консолидации памяти, эмоциональной регуляции и формирования адаптивного поведения у взрослых. Также обсуждается клиническая значимость нарушений регуляции REM-сна при неврологических и психиатрических заболеваниях.

Ключевые слова: фаза быстрого сна (REM-сон), физиология сна, механизмы включения/выключения REM-сна, нейротрансмиттеры, дофамин, сновидения, развитие мозга, нейровизуализация.

NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF REM SLEEP: CLASSICAL MODELS, NEUROTRANSMITTER DYNAMICS, AND FUNCTIONAL SIGNIFICANCE ACROSS ONTOGENESIS

Mamadiyarova Dilshoda Umirzokovna

Associate Professor, Samarkand State Medical University, PhD

Samandarov Umarbek Yunusovich

Uralova Bahora Samariddinovna

Egamberdiyeva Bahora Eldorovna

*2nd year student of the Faculty of Therapeutic Work, Samarkand State Medical
University*

Abstract: Rapid eye movement (REM) sleep is a unique neurophysiological state characterized by high cortical activity, vivid dreaming, and muscle atonia. Although electroencephalographic patterns observed during REM sleep resemble those seen in wakefulness, the mechanisms underlying subcortical activation and their functional

consequences remain incompletely understood. This review integrates classical neurophysiological models of REM sleep with recent findings from neuroimaging and neurochemical research to provide an updated and comprehensive perspective on REM sleep regulation. Particular attention is given to REM-on and REM-off neuronal systems, as well as to the roles of acetylcholine, glutamate, and dopamine in modulating REM sleep and dream-related emotional experiences. In addition, the ontogenetic significance of REM sleep is analyzed, highlighting its critical role in early brain development as well as its involvement in memory consolidation, emotional regulation, and adaptive behavior in adulthood. The clinical relevance of REM sleep dysregulation in neurological and psychiatric disorders is also discussed.

Keywords: REM sleep, sleep physiology, REM-on / REM-off mechanisms, neurotransmitters, dopamine, dreams, brain development, neuroimaging.

KIRISH

Uyqu kognitiv, emotsional va fiziologik gomeostazni saqlash uchun zarur bo'lgan fundamental biologik jarayon hisoblanadi. Inson uyqusi tezkor bo'lmagan (NREM) va tezkor ko'z harakatlari bilan kechuvchi (REM) bosqichlardan iborat bo'lib, ushbu bosqichlar o'zining neyrofiziologik xususiyatlari va funksional vazifalari bilan sezilarli darajada farqlanadi. Ushbu bosqichlar orasida REM uyqu paradoksal holat sifatida ajralib turadi: bu paytda kortikal faollik uyg'oqlik holatiga o'xshash bo'lsa-da, sezgi axborotining kirib kelishi va motor chiqishlar keskin darajada bostiriladi.

REM uyqu desinxronlashgan elektroensefalografik (EEG) faollik, tezkor ko'z harakatlari, mushak atoniyasi va yorqin tushlar bilan tavsiflanadi. EEG ko'rsatkichlarining uyg'oqlik holatiga o'xshashligiga qaramay, REM uyqu po'stloq osti va po'stloq darajasidagi faollashuvning o'ziga xos naqshlari bilan kechadi. Bu holat an'anaviy elektrofiziologik ko'rsatkichlarning o'zi REM uyquning asosiy mexanizmlarini to'liq tushuntirib berish uchun yetarli emasligini ko'rsatadi. Mazkur paradoks REM uyquning paydo bo'lishi va boshqarilishini ta'minlovchi neyron zanjirlar hamda neyrokimyoviy tizimlarni aniqlashga qaratilgan ko'p yillik tadqiqotlarga turtki bo'lib kelmoqda.

Klassik neyrofiziologik modellar REM uyquni asosan miya ustuni va bazal oldingi miya hududlarida joylashgan REM-on va REM-off neyron populyatsiyalari o'rtasidagi dinamik o'zaro ta'sir natijasi sifatida tavsiflaydi. Ushbu tizimlar asetilxolin, glutamat va monoaminlar kabi asosiy neyromediatorlar orqali modulyatsiya qilinadi va REM uyqu epizodlarining boshlanishi, davom etishi hamda yakunlanishini birgalikda muvofiqlashtiradi. So'nggi yillarda neyrotasvirlash texnologiyalarining rivojlanishi REM uyqu davrida limbik tizimning keng miqyosda faollashuvi va prefrontal korteksning tormozlanishini aniqlab, tushlarning emotsional va kognitiv xususiyatlariga oid yangi ilmiy qarashlarni shakllantirdi.

Tushlar hosil bo'lishidagi roli bilan bir qatorda, REM uyqu miya rivojlanishi va neyroplastiklikning muhim tarkibiy qismi sifatida tobora ko'proq e'tirof etilmoqda.

Ontogenezning dastlabki bosqichlarida REM uyqu umumiy uyqu vaqtining katta qismini egallaydi va boy tashqi sensor stimullar mavjud bo'lmagan sharoitda ichki neyron stimulyatsiyani ta'minlaydi, deb hisoblanadi. Kattalik davrida esa REM uyqu xotiraning mustahkamlanishi, emotsional regulyatsiya va murakkab tajribaviy axborotni integratsiyalash jarayonlarida muhim rol o'ynaydi.

REM uyqu faoliyatining buzilishi narkolepsiya, parasomniyalar, depressiya va posttravmatik stress buzilishi kabi turli nevrologik va psixiatrik kasalliklar bilan bog'liqligini ko'rsatuvchi dalillar sonining ortib borishi uning neyrofiziologik mexanizmlarini har tomonlama va yangilangan tarzda umumlashtirish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Ushbu sharh maqola REM uyqu regulyatsiyasining klassik modellarini zamonaviy neyrokimyoviy va neyrotasvirlash tadqiqotlari bilan integratsiya qilishni, REM uyquning hayot davomiyligidagi funksional ahamiyatini yoritishni hamda kelajak tadqiqotlar uchun asosiy ilmiy bo'shliqlarni aniqlashni maqsad qiladi.

Tadqiqot materiallari va usullari. Mazkur tadqiqot REM uyquning neyrofiziologik mexanizmlariga bag'ishlangan ilmiy adabiyotlarning narrativ-integrativ sharhi sifatida olib borildi. Tegishli ilmiy manbalar PubMed, Scopus va Web of Science kabi yirik biotibbiy ma'lumotlar bazalarida tizimli qidiruvlar orqali aniqlandi.

Adabiyotlar qidiruvi asosan 2000–2025-yillar oralig'ida chop etilgan maqolalarni qamrab oldi, bunda ilmiy yutuqlarning eng so'nggi holatini aks ettirish maqsadida so'nggi besh yil ichida e'lon qilingan tadqiqotlarga alohida e'tibor qaratildi. Qidiruv jarayonida quyidagi kalit so'zlarning turli kombinatsiyalaridan foydalanildi: "REM sleep", "rapid eye movement sleep", "sleep neurophysiology", "REM-on and REM-off neurons", "neurotransmitters", "dopamine", "dreaming", "neuroimaging" va "ontogenesis".

Ekspertiza qilingan (peer-reviewed) jurnallarda chop etilgan original tadqiqot maqolalari, sharh ishlari, meta-tahlillar hamda nufuzli nazariy ishlar tahlilga kiritildi. Hayvon modellariga oid tadqiqotlar, insonlarda o'tkazilgan neyrotasvirlash va elektrofiziologik izlanishlar, shuningdek klinik uyqu buzilishlariga bag'ishlangan ishlar ko'p yo'nalishli yondashuvni ta'minlash maqsadida tanlab olindi. Ingliz tilida mavjud bo'lmagan yoki metodologik jihatdan yetarli tafsilotga ega bo'lmagan maqolalar tahlildan chiqarib tashlandi.

Tanlab olingan adabiyotlar sifat jihatidan tahlil qilindi, bunda REM uyquga aloqador neyron zanjirlari, neyromediatorlar dinamikasi, funksional neyrotasvirlash natijalari hamda rivojlanish (ontogenetik) jihatlariga alohida e'tibor qaratildi. Klassik nazariy modellar zamonaviy eksperimental ma'lumotlar bilan integratsiya qilinib, REM uyqu mexanizmlariga oid izchil va yangilangan umumiy tasavvur shakllantirildi. Ushbu ishda statistik meta-tahlil o'tkazilmadi, chunki sharhning asosiy maqsadi miqdoriy sintez emas, balki kontseptual integratsiya hisoblanadi.

Olingan natijalar. Tanlab olingan adabiyotlarni tahlil qilish REM uyquning neyrofiziologik mexanizmlari va funksional ahamiyati bo'yicha o'zaro uyg'un va bir-

birini to'ldiruvchi bir qator natijalarni aniqlash imkonini berdi. Natijalar neyron zanjirlari, neyromediatorlar dinamikasi, miya faollashuv naqshlari, shuningdek rivojlanish va klinik jihatlarni aks ettiruvchi mavzular bo'yicha tizimlashtirildi.

REM uyqu hosil bo'lishida ishtirok etuvchi neyron zanjirlari

Hayvonlar va insonlarda o'tkazilgan tadqiqotlar REM uyquni miya ustuni va bazal oldingi miya tuzilmalarining faollashuvi bilan barqaror ravishda bog'liqligini ko'rsatdi. Varoliy ko'prigi qoplamasi va unga tutash retikulyar formatsiyada joylashgan REM-on neyron populyatsiyalari REM uyquning boshlanishi va davom etishini ta'minlovchi asosiy mexanizmlar sifatida aniqlangan. Aksincha, aminergik REM-off neyronlar, xususan serotoninergik va noradrenergik signal uzatishdan foydalanuvchi hujayralar REM uyqu epizodlari davomida sezilarli darajada tormozlangan holatda bo'lgan. REM-on va REM-off tizimlari o'rtasidagi ushbu o'zaro teskari ta'sir REM uyqu regulatsiyasining asosiy tashkiliy tamoyili sifatida namoyon bo'ldi.

REM uyqu davrida neyromediatorlar faolligi. Ko'rib chiqilgan tadqiqotlar REM uyqu davrida xolinergik va glutamatergik neurotransmissiyaning yetakchi rolini namoyon etdi. Varoliy ko'prigi va bazal oldingi miya hududlarida asetilxolin ajralishining oshishi kortikal faollik va EEG desinxronizatsiyasi bilan izchil bog'liq bo'lgan. Glutamatergik signal uzatish REM-on neyron zanjirlarining qo'zg'alishini hamda REM uyquga xos faollikning po'stloq va po'stloq osti hududlariga tarqalishini ta'minlagan. Bundan tashqari, so'nggi dalillar REM uyqu davrida dofaminergik faollikning qisqa muddatli oshishini ko'rsatib, bu holat tush mazmunining emotsional intensivligi va motivatsion ahamiyati bilan bog'liqligini aniqladi.

Po'stloq va po'stloq osti faollashuv naqshlari

Neyrotasvirlash tadqiqotlari REM uyqu paytida miya faolligining o'ziga xos naqshini aniqladi. Amigdala, gipokamp va gipotalamusni o'z ichiga olgan limbik tuzilmalar uyg'oqlik va NREM uyqu bilan solishtirganda sezilarli darajada yuqori faollikni namoyon etdi. Aksincha, dorsolateral prefrontal korteksda doimiy faollik pasayishi kuzatilib, bu ijro nazoratining susayishi, real vaziyatni baholash qobiliyatining buzilishi hamda tush ko'rish jarayonida ixtiyoriy boshqaruvning kamayishi bilan mos keldi. Ko'rish va eshitish axborotini qayta ishlashda ishtirok etuvchi orqa po'stloq hududlarining yuqori faolligi esa REM uyquga xos ichki hosil qilinadigan sensor tajribalarni qo'llab-quvvatladi.

REM uyquning ontogenetik ahamiyatiga kelsak, adabiyotlar tahlili REM uyquning miya rivojlanishining dastlabki bosqichlarida muhim rol o'ynashini ko'rsatdi. Homila davrida va erta postnatal davrda REM uyqu umumiy uyqu vaqtining katta qismini egallab, ichki neyron stimulyatsiyaning muhim manbai sifatida xizmat qilishi ehtimolini ko'rsatadi. Ushbu ichki faollik tashqi sensor axborot cheklangan sharoitda sinaptik o'sish, neyron tarmoqlarning yetilishi va funksional neyron aloqalarning shakllanishini qo'llab-quvvatlashi mumkin. Kattalarda esa REM uyqu xotira integratsiyasi, emotsional axborotni qayta ishlash va murakkab tajribaviy ma'lumotlarning mustahkamlanishi bilan izchil bog'liq bo'lgan.

Klinik bog'liqliklar va funksional oqibatlar

REM uyqu regulyatsiyasining buzilishi ko'plab nevrologik va psixiatrik holatlar bilan qayta-qayta bog'liq holda qayd etilgan. Narkolepsiya, parasomniyalari, kayfiyat buzilishlari va posttravmatik stress buzilishida REM uyqu arxitekturasini o'zgarishlari aniqlangan. REM uyquga xos mexanizmlarning uyg'oqlik holatiga noo'rin saqlanib qolishi yoki kirib kelishi gallyutsinatsiyalar, emotsional regulyatsiyaning buzilishi va motor tormozlanishning pasayishi kabi simptomlarning yuzaga kelishiga hissa qo'shishi mumkinligi ko'rsatildi. Ushbu natijalar REM uyqu mexanizmlarining qat'iy va aniq boshqarilishi ruhiy salomatlik va moslashuvchan xulq-atvor uchun muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Xulosa. Tezkor ko'z harakatlari bilan kechuvchi uyqu (REM uyqu) butun hayot davomida miya faoliyati uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan murakkab va paradoksal neyrofiziologik holat hisoblanadi. Ushbu sharhda umumlashtirilgan natijalar REM uyqu asosan miya ustuni va bazal oldingi miya hududlarida joylashgan REM-on va REM-off neyron tizimlarining muvofiqlashtirilgan o'zaro ta'siri orqali hosil bo'lishini ko'rsatadi. Ushbu neyron zanjirlari asetilxolin, glutamat va dofamin kabi neyromediatorlar faolligidagi dinamik o'zgarishlar bilan modulyatsiya qilinadi va aynan shu jarayonlar REM uyquga xos elektrofiziologik hamda xulq-atvor belgilarini shakllantiradi.

Neyrotasvirlash ma'lumotlari REM uyqu davrida miya faolligining o'ziga xos naqshini namoyon etadi: limbik tizim va orqa po'stloq hududlarida faollikning oshishi dorsolateral prefrontal korteks faolligining pasayishi bilan birga kuzatiladi. Ushbu konfiguratsiya tush ko'rish jarayonida kuzatiladigan emotsional intensivlik, yorqin obrazlar va ijro nazoratining susayishi uchun neyrobiologik asos bo'lib xizmat qiladi. Sezgi axborotining kirib kelishi va motor chiqishning bostirilishi ichki neyron faollikning kuchayishi bilan birgalikda REM uyquning ichki hosil qilinadigan ong holati sifatidagi paradoksal tabiatini yanada yaqqol namoyon etadi. Ontogenez davomida REM uyqu muhim rivojlanish va moslashuvchan funksiyalarni bajaradi. Hayotning dastlabki bosqichlarida u tashqi sensor stimullar yetarli bo'lmagan sharoitda sinaptik o'sish va neyron tarmoqlarning yetilishi uchun zarur bo'lgan ichki neyron stimulyatsiyani ta'minlashi ehtimol qilinadi. Kattalik davrida esa REM uyqu xotirani integratsiyalash, emotsional regulyatsiya va murakkab xulq-atvor hamda kognitiv tasavvurlarni tashkil etishda ishtirok etadi. REM uyqu mexanizmlarining buzilishi turli nevrologik va psixiatrik kasalliklar bilan bog'liqligi uning ruhiy salomatlik va kognitiv barqarorlik uchun muhimligini yana bir bor ta'kidlaydi.

Ilm-fan sohasida erishilgan sezilarli yutuqlarga qaramay, neyromediatorlar dinamikasi, neyron zanjirlari faolligi va REM uyquning funksional natijalari o'rtasidagi aniq bog'liqlikni tushuntiruvchi mexanizmlar hanuzgacha to'liq aniqlanmagan. Kelajakdagi tadqiqotlar yuqori aniqlikdagi neyrotasvirlash, elektrofiziologiya va molekulyar yondashuvlarni integratsiya qilish orqali REM uyquning miya plastikligi, emotsional qayta ishlash jarayonlari va neyropsixiatrik kasalliklardagi rolini yanada

chuqurroq yoritishga xizmat qilishi lozim. Ushbu mexanizmlarni chuqur anglash uyqu bilan bog'liq buzilishlarni davolashga qaratilgan yangi terapevtik strategiyalarni ishlab chiqish imkonini berishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Hobson, J. A., Pace-Schott, E. F., & Stickgold, R. (2000). Dreaming and the brain: Toward a cognitive neuroscience of conscious states. *Behavioral and Brain Sciences*, 23(6), 793–842.
2. Pace-Schott, E. F., & Hobson, J. A. (2002). The neurobiology of sleep: Genetics, cellular physiology and subcortical networks. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(8), 591–605.
3. Brown, R. E., Basheer, R., McKenna, J. T., Strecker, R. E., & McCarley, R. W. (2012). Control of sleep and wakefulness. *Physiological Reviews*, 92(3), 1087–1187.
4. Luppi, P. H., Peyron, C., & Fort, P. (2017). Not a single but multiple populations of GABAergic neurons control sleep. *Sleep Medicine Reviews*, 32, 85–94.
5. Dang-Vu, T. T., Schabus, M., Desseilles, M., Albouy, G., Boly, M., Darsaud, A., et al. (2008). Spontaneous neural activity during human slow wave sleep. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(39), 15160–15165.
6. Fox, K. C. R., Nijeboer, S., Solomonova, E., Domhoff, G. W., & Christoff, K. (2013). Dreaming as mind wandering: Evidence from functional neuroimaging and first-person content reports. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 412.
7. Solms, M. (2000). Dreaming and REM sleep are controlled by different brain mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 23(6), 843–850.
8. Siclari, F., Baird, B., Perogamvros, L., Bernardi, G., LaRocque, J. J., Riedner, B., et al. (2017). The neural correlates of dreaming. *Nature Neuroscience*, 20(6), 872–878.
9. Stickgold, R., & Walker, M. P. (2013). Sleep-dependent memory triage: Evolving generalization through selective processing. *Nature Neuroscience*, 16(2), 139–145.
10. Hobson, J. A., & Friston, K. J. (2014). Waking and dreaming consciousness: Neurobiological and functional considerations. *Progress in Neurobiology*, 98(1), 82–98.
11. Scammell, T. E., Arrigoni, E., & Lipton, J. O. (2017). Neural circuitry of wakefulness and sleep. *Neuron*, 93(4), 747–765.
12. Luppi, P. H., Clément, O., & Sapin, E. (2013). GABAergic mechanisms of paradoxical (REM) sleep generation. *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*, 465(9), 1315–1329.