

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**LITERATURE REVIEW**

DOI: 10.38095/2181-466X-20251214-61-78

УДК 617-089.844, 616.831, 616.8-003.92

KRANIOSEREBRAL TRAVMALAR OQIBATLARI BO'LGAN BEMORLARDA NEYROREABILITATSIYA USULLARINING SAMARADORLIGI**M. A. Aliyev, A. M. Mamadaliyev, N. A. Yarmuhammedova**
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Samarqand, O'zbekiston**Tayanch so'zlar:** kranioserebral travma oqibatlari; KST; neyroreabilitatsiya; kognitiv reabilitatsiya; virtual reallik; VR; telemonitoring; invaziv bo'lmagan miya stimulyatsiyasi; robot qurilmalar.**Ключевые слова:** последствия черепно-мозговой травмы; ЧМТ; нейрореабилитация; когнитивная реабилитация; виртуальная реальность; VR; телемониторинг; неинвазивная стимуляция мозга; роботизированные устройства.**Key words:** outcomes of traumatic brain injury; TBI; neurorehabilitation; cognitive rehabilitation; virtual reality; VR; telemonitoring; non-invasive brain stimulation; robotic devices.

Kranioserebral travma (KST) - uzoq muddatli nogironlik va jiddiy ijtimoiy-iqtisodiy kamchiliklarni keltirib chiqaradigan sog'liqni saqlash sohasi muammosidir. Erta muddatda ko'rsatilgan tibbiy yordam omon qolish darajasini oshirgan bo'lsa-da, uning turli xil oqibatlarida samarali neyroreabilitatsiyaga talab ortib bormoqda. Ushbu maqolada KST va uning oqibatlari uchun mos neyroreabilitatsiya strategiyalari bo'yicha ma'lumotlarni o'rganib, kognitiv va psixologik tiklanishga qaratilgan aralashuvlarga e'tibor qaratildi.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ У БОЛЬНЫХ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ**М. А. Алиев, А. М. Мамадалиев, Н. А. Ярмухамедова**

Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Узбекистан

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) – проблема общественного здравоохранения, приводящая к длительной инвалидности и значительным социально-экономическим трудностям. Хотя раннее оказание медицинской помощи улучшило показатели выживаемости, её различные последствия привели к растущей потребности в эффективной нейрореабилитации. В данной статье рассматриваются данные о целесообразности применения стратегий нейрореабилитации при ЧМТ и её последствиях, с акцентом на мероприятиях, направленных на когнитивное и психологическое восстановление.

EFFECTIVENESS OF NEUROREHABILITATION METHODS IN PATIENTS WITH THE OUTCOMES OF TRAUMATIC BRAIN INJURY**M. A. Aliyev, A. M. Mamadaliyev, N. A. Yarmuhammedova**

Samarkand state medical university, Samarkand, Uzbekistan

Traumatic brain injury (TBI) is a public health problem resulting in long-term disability and significant socioeconomic hardship. Although early medical intervention has improved survival rates, its various sequelae have led to a growing need for effective neurorehabilitation. This article reviews the evidence on the feasibility of neurorehabilitation strategies for TBI and its sequelae, with an emphasis on interventions aimed at cognitive and psychological recovery.

Kranioserebral travmalar (KST) tashqi mexanik kuchlar ta'sirida miya faoliyatidagi shikastlanishlar sifatida tavsiflanadi [1]. KST qisqa muddatli ong buzilishi yoki uzoq davom etuvchi hushdan ketish, amneziya yoki uzoq muddatli nevrologik buzilishlarni o'z ichiga oladi. Bu o'lim yoki jiddiy jismoniy va ruhiy disfunktsiyaning asosiy sababi bo'lib, ijtimoiy va iqtisodiy xarajatlarga olib keladi [2]. Global miqyosda urbanizatsiya, motorizatsiya va aholining qarishi ko'rsatkichlari tufayli KST lar soni ortib bormoqda. Oxirgi tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, o'rta va og'ir darajali KST bilan kasalxonaga yotqizilgan insonlarning 40% dan ortig'i bosh og'rig'i, xotirani yo'qotish, asabiylashish va depressiya kabi uzoq muddatli ta'sirlarni va surunkali nogironlikni boshdan kechiradi. Bu har yili dunyo bo'ylab taxminan 69 million yangi holatga olib keladi va muhim ijtimoiy-iqtisodiy hamda sog'liqni saqlash muammolarini keltirib chiqaradi [3,4]. Bir nechta tadqiqotlarda aholining turli tuzilmalariga ega bo'lgan mamlakatlarni solishtirish uchun zarur bo'lgan, yoshga qarab standartlashtirilgan kasallanish ko'rsatkichlari qayd etilgan. Biroq, mavjud ma'lumotlar KST bilan kasallanishning sezilarli mintaqaviy o'zgarishlarini ko'rsatadi. Markaziy Yevropa, Sharqiy Yevropa va Markaziy Osiyoda boshqa mintaqalarga nisbatan KST bilan kasallanish sezilarli darajada yuqori. Suriya, Sloveniya va Chexiya Respublikasida eng yuqori ko'rsatkichlar kuzatilgan [5]. KST bilan kasalxonaga yotqizishning eng yuqori ko'rsatkichlari 65 yoshdan oshganlarda, undan keyin bolalar va o'smirlarda kuzatilgan. Bu holat

keksa odamlarda tez-tez yiqilish natijasida KST ko'pligini ko'rsatadi, bu esa reabilitatsiya samardorligining pasayishi ehtimolini oshiradi va shaxsiy yoki ijtimoiy hayotga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan yanada jiddiy kognitiv va funksional kamchiliklarni keltirib chiqaradi (yurish va ovqatlanish qiyinchiliklari, o'z-o'zini parvarish qila olmaslikka olib keladi) [6-8].

KST murakkab nevrologik holat bo'lib, uzoq muddatli jismoniy va kognitiv buzilishlarga olib keladi. So'nggi yillarda, kognitiv va jismoniy yetishmovchiliklar hamda reabilitatsiyaga qaratilgan tadqiqotlar ko'paymoqda [9-11]. Biroq, kognitiv reabilitatsiya bo'yicha ko'plab tadqiqotlarga qaramay [10], bu dalillarni muntazam klinik amaliyotga integratsiya qilish qiyin bo'lib qolmoqda [12]. Muvozanat va jismoniy mashqlar, funksional elektr stimulyatsiyasi kabi an'anaviy aralashuvlar bu holatlarda kamroq samarali bo'lishi mumkin, chunki bu yondashuvlar bemorning motivatsiyasini va faolligini oshirishda yetarlicha ahamiyatga ega bo'lmay qoldi. Biroq, robot yordamida terapiya (RT) va virtual reallikka (VR) asoslangan reabilitatsiya kabi innovatsion yondashuvlar bemorning motivatsiyasini, faolligini va terapiyaga rioya qilish hissini oshirish orqali reabilitatsiya natijalarini yaxshilaydi [13]. Hissiy buzilishlar, shu jumladan tashvish va kayfiyat o'zgarishi bemorning motivatsiyasiga va harakat yaxshilanishiga qaratilgan reabilitatsiya dasturlarida ishtirok etishga qarshilik qilishi mumkin [14]. Kognitiv va psixologik tiklanish KST bilan og'rigan bemorlarda juda katta farq qiladi. Ko'pgina bemorlarda jarohatlardan keyingi birinchi yil ichida sezilarli yaxshilanish kuzatilgan bo'lsa-da, qoldiq nuqsonlar, ayniqsa og'ir holatlarda davom etishi mumkin. KST ning klinik xilma-xilligi va keng spektri erta muddatda terapiya hamda reabilitatsiyani juda qiyinlashtiradi [15]. Biroq, og'ir KST bilan og'rigan shaxslarning umumiy omon qolish darajasi erta davrda davolash va sog'liqni saqlash texnologiyasidagi yutuqlar tufayli oshdi, shuning uchun uzoq muddatli davolanishga bo'lgan talab ham o'sdi [16].

Neyroreabilitatsiya - bu nevrologik kasalliklar yoki jarohatlar bo'lgan shaxslar uchun tiklanish, funksionallik va hayot sifatini yaxshilashga qaratilgan fanlararo yondashuvdir. Bundan tashqari, hozirda mavjud bo'lgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, reabilitatsiya jarohatlardan so'ng qisqa vaqt ichida boshlansa va uzoq muddat davom etsa, samaraliroq bo'ladi [17]. KST bilan og'rigan bemorlarning uchdan bir qismida kognitiv va psixologik yetishmovchiliklar borligi aniqlangan, biroq, bemorlarning faqat kichik bir qismi kognitiv va psixologik buzilishlarga qaratilgan reabilitatsiya muolajalarini qabul qiladi [18]. CENTER-TBI tadqiqot loyihasi travma hodisasidan 6 oy o'tgach, o'rtacha va og'ir darajadagi KST ni boshdan kechirgan 1206 ta bemorlarni o'z ichiga oldi. Bemorlarning taxminan 90% qismi reabilitatsiyaga muhtojligi aniqlangan. Biroq, atigi 30% bemor statsionar reabilitatsiyadan o'tgan va faqat 15% bemorlar ambulator reabilitatsiya muolajalarini olgan [19]. Ilg'or texnologiyalarning rivojlanishi KST bilan og'rigan bemorlarning harakatchanligini tiklashga va umumiy hayot sifatini yaxshilashga yordam berish uchun yangi imkoniyatlar yaratdi [20]. O'sib borayotgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, klinik amaliyotda yangi texnologiyalarni qo'llashni cheklashi mumkin bo'lgan ma'lum to'siqlarga qaramay nevrologik kasalliklarga chalingan bemorlar robototexnikadan, virtual reallikdan foydalanishlari mumkin [21,22]. Ushbu adabiyotlar sharhining maqsadi KST oqibatlarida kognitiv va psixologik natijalariga e'tibor qaratgan holda hozirgi neyroreabilitatsiya yondashuvlari haqida umumiy ma'lumot berishdir. Neyroreabilitatsiya sohasidagi innovatsion texnologiyalar davo kurslarini takrorlashni, uzoqroq terapiya seanslarini va motivatsiyani oshiradi. Bu omillar neyroplastiklikka yordam beradi, bu esa o'z navbatida funksional tiklanishga va natijada hayot sifatini yaxshilashga olib keladi. Invaziv bo'lmagan miya stimulyatsiyasi, virtual reallikka asoslangan terapiya, telereabilitatsiya, RT va kompyuter yordamida o'qitish kabi innovatsion aralashuvlarni o'rganish orqali ushbu sharh KST va uning turli oqibatlari uchun mavjud bo'lgan reabilitatsiya imkoniyatlari haqida tushuncha beradi.

Materiallar va usullar.

1. *O'quv dizayni va ko'lam.* Ushbu maqola kognitiv va psixologik tiklanishga e'tibor qaratib, KST va uning oqibatlari uchun neyroreabilitatsiya tadbirlari bo'yicha mavjud adabiyotlarni to'liq ko'rib chiqishga qaratilgan. Sharh birlamchi tadqiqot natijalari, klinik sinovlar va invaziv bo'lmagan miya stimulyatsiyasi, virtual reallik, kompyuterga asoslangan aralashuvlar, telereabilitatsiya, robot terapiyasi va aralash yondashuvlar bo'yicha amaliy hisobotlarni umumlashtiradi.

2. *Adabiyot izlash strategiyasi.* Mualliflar ilmiy jurnallarda mavjud bo'lgan maqolalarni qidirish orqali tegishli tadqiqotlarni aniqladilar. Manbalarda PubMed, Scopus, Google Scholar va Web of Science kabi bir nechta elektron ma'lumotlar bazalari, shuningdek, asosiy maqolalar va

sharhlardan olingan havolalar mavjud. Biz quyidagi qidiruv soʻzlaridan foydalandik: “miya shikastlanishi”, “KST”, “neyroreabilitatsiya”, “virtual reallik”, “VR”, “robot”, “innovatsion yondashuv”, “ekzoskelet”, “invaziv boʻlmagan miya stimulyatsiyasi”, “telemonitoring”, “telefon orqali qidiruv”. Bundan tashqari, qidiruv atamalarining sinonimlarini oʻz ichiga olgan maqola sarlavhalari va tezislari ham koʻzdan kechirildi. Dastlabki tanlov skrining sarlavhalari va talablarga muvofiqlik uchun tezislarni oʻz ichiga oldi. Keyin toʻliq matnli maqolalar qoʻshish va chiqarib tashlash mezonlari boʻyicha baholandi. Maqolalar, agar ular (1) KST tashxisi boʻlgan bemorlarning kamida bitta guruhini (nazorat guruhi boʻlgan yoki boʻlmagan holda) tekshirgan boʻlsa, (2) KST reabilitatsiyasi boʻyicha aralashuvlarni tavsiflagan boʻlsa, (3) kognitiv, vosita yoki psixologik tiklanish bilan bogʻliq hisobot yoki oʻlchangan natijalar, (4) ingliz tilida nashr etilgan va (5) koʻrib chiqilgan jurnalda nashr etilgan boʻlsa, kiritilgan. Agar ular (1) boshqa tashxis qoʻyilgan bemorlar guruhlarini baholagan boʻlsa, (2) tezislari, sharhlar, muharrirga xatlar boʻlsa yoki (3) boshqa tillarda nashr etilgan boʻlsa, tadqiqotlar olib tashlandi. Eksperimental tadqiqotlar, amaliy hisobotlar va eksperimental komponentga ega texnik-iqtisodiy asoslar koʻrib chiqildi. Yakuniy tanlov birlamchi tadqiqot tekshiruvlari, klinik sinovlar, texnik-iqtisodiy asoslar va neyroreabilitatsiya vositalari hamda ularning KST bemorlari uchun kognitiv va psixologik tiklanishdagi samaradorligiga qaratilgan amaliy hisobotlarni oʻz ichiga oldi.

3. Maʼlumotlarni chiqarish. Maʼlumotlar kiritilgan maqolalardan nusxalar olindi va muallif, nashr yili, tadqiqot dizayni, aralashuv turi, namuna hajmi, aralashuvning davomiyligi va intensivligi asosiy topilmalar asosida umumlashtirildi. Mavjud boʻlganda, kognitiv ball va hayot sifati koʻrsatkichlarini yaxshilash kabi aniq natijalar taʼkidlangan. Tadqiqot loyihalari, aralashuvlar va natijalar chora-tadbirlarining geterogenligini hisobga olgan holda, barcha neyroreabilitatsiya vositalarini meta-tahlil qilish orqali toʻgʻridan-toʻgʻri taqqoslash mumkin emas; shuning uchun tavsiflovchi uchun ruxsat etilgan bayoniy sintez yondashuvidan foydalanildi. Rasmiy meta-tahlil usullarini oʻtkazmasdan aralashuvlar va ularning hisobot samaradorligi taqqoslandi, umumiy mavzular, maʼlumotlardagi kamchiliklar va ular orasidagi davolash usullari farqi topildi hamda muhokama qilindi.

Neyroreabilitatsiya yondashuvlari.

1. Tanlangan tadqiqotlarning qisqacha mazmuni. Ushbu sharhga jami 40 ta tadqiqotlar natijalari kiritildi. Natijalar sakkizta toifaga ajratildi: noinvaziv miya stimulyatsiyasiga qaratilgan oʻn ikkita tadqiqot (shundan ikkitasi amaliy tadqiqotlar), virtual reallik aralashuvi boʻyicha oltita (shundan ikkitasi amaliy tadqiqotlar), uchta kompyuterga asoslangan aralashuvlar, toʻrtta telereabilitatsiya, oltita robototexnika (shundan ikkitasi amaliy tadqiqotlar), oltita lazer terapiya (ikkita amaliy tadqiqotlar) ikkita sezgi stimulyatsiyasi va bitta aralash yondashuvlar tahlili oʻtkazildi. Koʻpgina tadqiqotlar, ishlatilgan vositadan qatʼi nazar, kamida bitta kognitiv natijani tasvirlab berdi. Biz ushbu 1-jadvaldan misollar va texnik-iqtisodiy asoslarni chiqarib tashladik, chunki ular statistik kuchga ega emas edi yoki ularning samaradorligini emas, balki aralashuvning amaliyligini baholadi. Biroq, bular maqola sharhiga kiritilgan boʻlib, 1-rasm ushbu sharhda tasvirlangan invaziv boʻlmagan yondashuvlarning umumiy koʻrinishini ifodalaydi.

2. Invaziv boʻlmagan miya stimulyatsiyasi. Invaziv boʻlmagan miya stimulyatsiyasi (NIBS) yondashuvlari neyroreabilitatsiya uchun yangi vositalar sifatida ishlab chiqilgan (1-jadval). Ushbu muolajalar miya faoliyatini va nevroplastiklikni yaxshilashga harakat qiladi, shuning uchun KST bilan ogʻrigan bemorlarda jismoniy, kognitiv va psixologik funksiyalarni tiklashga yordam beradi [23,24]. Korupolu va boshqalar tomonidan oʻtkazilgan tizimli tekshiruvlar hayvonlar modellari va odamlarda harakatni tiklash uchun adashgan nerv stimulyatsiyasi (vagus nerv stimulation - VNS) boʻyicha tadqiqotlarning hozirgi holatini taʼkidlaydi. Aniqlangan 19 ta tadqiqotning koʻpchiligi insult bilan kasallangan hayvonlar modellarida oʻtkazildi. Faqat bitta tadqiqot KST bilan kasallangan hayvonda oʻtkazildi. Biroq, hayvonlarda oʻtkazilgan KST tadqiqoti faqatgina harakat tiklanishini kuchaytirish uchun reabilitatsiya qilingan VNS potentsialini koʻrsatdi [25]. Chen va boshqalar, rTMS hamda kognitiv trening (KT) kombinatsiyasi istiqbolli ekanligini taʼkidlagan.

KST bemorlarida bilish va funksional natijalarni yaxshilash strategiyasi.

Ularning tizimli tekshiruvi va meta-tahlili shuni koʻrsatdiki, rTMS kognitiv trening bilan birgalikda travmadan keyingi miya shikastlanishi oqibatida kognitiv buzilishi boʻlgan bemorlarda kognitiv funksiyani sezilarli darajada yaxshilagan. Oʻn toʻrtta tadqiqotlar shuni koʻrsatdiki, rTMS + KT global kognitiv natijalarni, xotira va kundalik hayot qobiliyatlarini yaxshilagan. Bundan

1 jadval.

KST lar oqibatlari neyroeabilitatsiyasida invaziv bo'lmagan miya stimulyatsiyasi natijalari.

Izlanish	Nazorat hajmi Nzorat/eksperi mental guruh	Usul	Kognitiv natijalar	Davomiyligi	Motor natijalar	Boshqa
Flint va boshqalar., 2023 (28)	3/3	Yuqori $\gamma/\mu-\beta$ signallar	Eksperimental guruhda harakatni rejalashtirish, o'rganish va moslashuvchanlik yaxshilandi.	Tegishli emas	Harakat hosil bo'lishi (kuch hosil qilishi), bosh barmoq moslashuvchanligi va vazifalarni jismoniy bajarish yaxshilandi	Ishtirokchilar orasidagi muvozza'fiyat darajasi farqi (T1: 28% ga nisbatan T2: 99%)
Quinn va boshqalar., 2020 (30)	14/10	tDCS bilan birlashtirilg an kompyuterl ashtirilgan ijro funktsiyasi mashg'u lotlari	Ishtirokchilar depressiya, xavotir, bosh miya jarohatidan keyingi simptomlar, murakkab e'tibor va ijro funktsiyalarida muolajadan keyingi davrdan sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdilar ($p < 0.01$).	30 daqiqalik seanslar, 10 ish kuni davomida	Tegishli emas	Umumiy miya qon oqimi boshlang'ich holatdan muolajadan keyingi tashriflarga sezilarli darajada kamaydi ($p =$ 0.02), engil va o'rta darajadagi TBI ishtirokchilari o'rtasida esa sezilarli farq kuzatilmadi.
Lee va boshqalar., 2018 (36)	6/7	Neyro- rivojlanish terapiyasi va rTMS aralashuvi	Eksperimental guruhda aralashuvdan keyingi Montgomery-Asberg depressiya baholash shkalasi (MADRS), Trail Making testi (TMT) va Stroop rang-so'z testi natijalarida sezilarli yaxshilanish kuzatildi; nazorat guruhida esa bu ko'rsatkichlarda sezilarli o'zgarishlar qayd etilmadi.	Haftasiga 5 kun, 2 hafta davomida 30 daqiqalik seanslar	Tegishli emas	Tegishli emas
Li va boshqalar., 2019 (31)	24/31	tDCS seanslari	Anodal tDCS TBI (miya shikastlanishi) bo'lgan bemorlarda javobni to'xtatish (inhibitsiya)ni yaxshilamadi; nazorat guruhi esa anodal tDCS ta'sirida SSRTda sezilarli yaxshilanish ko'rsatdi. TBI ishtirokchilari esa hech bir stimulyatsiya sharoitida Stop Signal Delay ko'rsatkichida sezilarli yaxshilanish namoyon etmadilar.	Bitta seans, uchta stimulyatsiya sharoiti	Tegishli emas	Tegishli emas
Motes va boshqalar. 2019 (32)	6/8	HD-tDCS seanslari	Faol va soxta guruhlar o'rtasida Rey eshitish og'zaki o'rganish testi (RAVLT) umumiy ballidagi o'zgarishlar, Delis-Kaplan ijro funktsiyasi tizimi (DKEFS) ingibitsion testi va DKEFS ingibitsion/almashish testi uchun sarflangan vaqt bo'yicha sezilarli farqlar kuzatildi.	1 mA kuchlanishda gi anodal HD- tDCSning 20 daqiqalik o'nta seansi	Tegishli emas	Tegishli emas
Neville va boshqalar. 2019 (37)	13/17	rTMS magnit stimulyator yordamida qo'llanildi. (MagPro X100).	Tegishli emas	Har kuni 10 seans davomida 5 soniyalik ritmik yuqori chastotali stimulyatsiya	Nazorat guruhi va bemorlar o'rtasida ijro funksiyasida barqaror yaxshilanish kuzatilmadi	Tegishli emas
O'Neil va boshqalar. 2017 (34)	4/4	tDCS seanslari	TBI guruhi uchun so'zlarni eslab qolish anodal sharoitida barcha ishtirokchilarda (+3 dan +6 tagacha so'z) oshdi, soxta (sham) sharoitida esa ikki ishtirokchida yaxshilanish kuzatildi.	Uchtadan 90 daqiqalik seans, kamida 48 soatlik tanaffus bilan	Tegishli emas	TBI guruhida barcha sharoitlarda P300 kechikishi oshdi
Sacco va boshqalar. 2016 (29)	16/6	tDCS stimulyatsi yasi (HDCstim qurilmasi)	Eksperimental guruhda mashg'ulotdan oldin va keyin sezilarli yaxshilanishlar kuzatildi — reaksiya vaqti tezlashdi (p = 0.004) va kamroq xatolar qayd etildi. Nazorat guruhida esa sezilarli o'zgarishlar kuzatilmadi. Eksperimental guruhda diqqat ko'rsatkichida chegaraviy darajada yaxshilanish kuzatildi ($p = 0.057$), biroq vizual-fazoviy qobiliyatlar, semantik ravonlik, ishchi xotira yoki uzoq muddatli xotirada sezilarli o'zgarishlar aniqlanmadi	O'nta seans, har bir seansda 20 daqiqalik tDCS stimulyatsiya sidan so'ng 30 daqiqalik kognitiv mashg'ulot o'tkazilgan	Tegishli emas	Tegishli emas

tashqari, rTMS + KT P300 kechikishini kamaytirdi, bu esa kognitiv ishlov berish tezligining yaxshilanganini aks ettiradi [26]. Barcha ishtirokchilar ijro etuvchi funksiyada sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdilar. Trail Making Test-B Part B bo'yicha ishlashda o'rtacha 31,7% yaxshilanish kuzatildi hamda e'tibor va hayot sifati yaxshilandi. Elektrofiziologik yozuvlar kortikal faollashuvni tasdiqladi, bu usul frontal-striatal tarmoqlarda tiklanishni osonlashtiradi [27]. Yana bir

2 jadval.

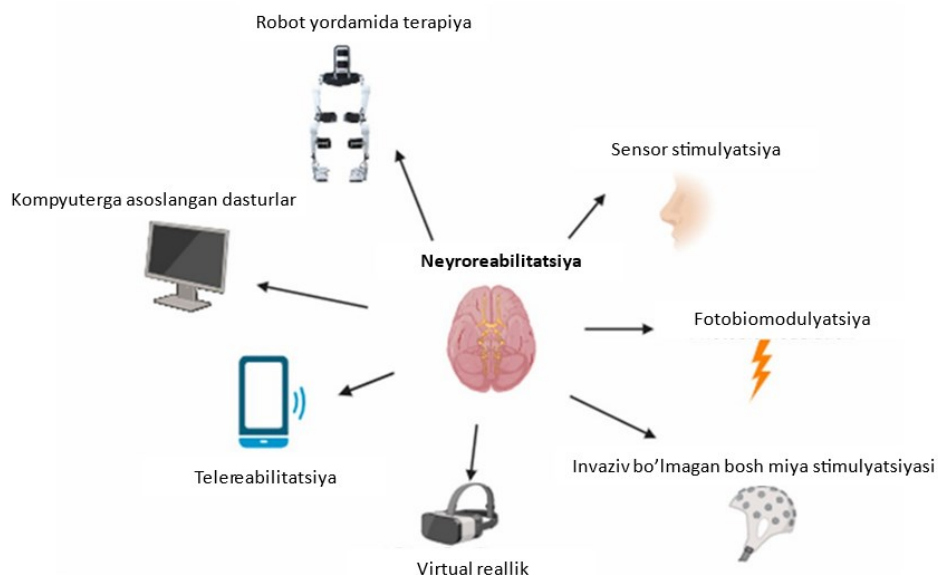
KST oqibatlari neyrorabilitatsiyasida virtual reallik ilovalari.

Izlanish	Nazorat hajmi Nazorat/eksp erimental guruh	Usul	Kognitiv natijalar	Davomiyligi	Motor natijalar	Boshqa
De Luca va boshqalar, 2023 (51)	10/10	Standart kognitiv reabilitatsiya / Virtual reallik reabilitatsiya tizimi	VR guruhi kognitiv funksiyalar, hissiy farovonlik va moslashuv strategiyalarida standart reabilitatsiya guruhiga nisbatan sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdi, ayniqsa diqqat, ijro funksiyalari va muammo yechish qobiliyatlarida.	3 oy davomida standart neyrorabilitatsiya (haftasiga 6 marotaba 60 daqiqalik seanslar), 3 oy davomida ilg'or reabilitatsiya (haftasiga 3 marotaba 60 daqiqalik seanslar).	Tegishli emas	Tegishli emas
De Luca va boshqalar, 2022 (46)	15/15	Standart kognitiv reabilitatsiya / Virtual reallikka asoslangan diqqat jarayonlari mashg'uloti (VB APT)	Eksperimental guruh umumiy kognitsiya, diqqat va depressiyada an'anaviy reabilitatsiyaga nisbatan sezilarli darajada katta yaxshilanishlar ko'rsatdi, shuningdek ijro, vizual-fazoviy va diqqat subtestlarida ham sezilarli ijobiy o'zgarishlar qayd etildi.	Birinchil bosqich: haftasiga 3 marta, 8 hafta davomida. Ikkinchi bosqich: har biri 60 daqiqalik 24 seans, haftasiga 3 marta, 8 hafta davomida.	Tegishli emas	Tegishli emas
Ettenhofer va boshqalar, 2019 (47)	6/11	VR haydash simulyatori. NEUROdrive	Interventsiya guruhi ishchi xotira ($p = 0.004$) hamda vizual qidiruv / selektiv diqqat ($p = 0.01$) ko'rsatkichlarida katta yaxshilanishlarga ega bo'ldi. Boshqa kognitiv o'lchovlarda guruhlar o'rtasida sezilarli farqlar kuzatilmadi.	To'rt hafta davomida oltita 90 daqiqalik seans.	VR taktik va operatsion ballarida guruhlar o'rtasida sezilarli o'zgarish kuzatilmadi ($p > 0.05$). Interventsiya guruhida natijalar har ikki vaqt nuqtasida ham "o'rtacha" darajada qolgan.	Jismoniy faoliyat bo'yicha intervensiya guruhida katta yaxshilanish kuzatildi ($p < 0.05$). Aqliy faoliyatda esa sezilarli farq aniqlanmadi ($p > 0.05$).
Lui va boshqalar, 2023 (45)	13/7	Ishtirokchilar dominant qo'lida sensorli qo'lqopdan foydalandilar va "ushlab-joylashtirish" harakatini bajardilar; shuningdek, ular VR muhitini boshdan kechirdilar.	Tegishli emas	Bitta seans, uchta sinov blokidan iborat.	Ko'pkanalli (multimodal) fikr-mulohaza TBI ishtirokchilarida nerv faoliyatini kuchaytirish va motor ishlashni yaxshilashda samarali bo'ldi; bu EEG quvvatining ortishi, harakat yo'l uzunligining yaxshilanishi va EMG-EEG uyg'unligining oshishi orqali namoyon bo'ldi. Neyrotipik ishtirokchilar esa birkannali (unimodal) fikr-mulohazaga yaxshiroq javob berishdi — vazifani tezroq bajarishdi va EMG uyg'unligi kamaydi.	Tegishli emas
Teterfiller va boshqalar, 2019 (48)	32/31	Xbox Kinect o'yinlari	Tegishli emas	Haftasiga 3–4 marta, 12 hafta davomida, har biri 30 daqiqa.	Ikki guruh o'rtasida statistik jihatdan sezilarli farq aniqlanmadi; har ikkala muolaja guruhi muvozanat reaksiyalarida yaxshilanish ko'rsatdi.	Tegishli emas

tadqiqotda miya mashina interfeysi (nrBMI) joriy etildi, u EEG yoki gemikraniektomiyaga moslashtirilgan hEEG orqali olingan yuqori gamma neyron signallaridan foydalanadi. Tadqiqot ishtirokchilarida yuqori gamma signallaridan foydalangan holda sinovlar davomida o'rtacha 62% muvaffaqiyat darajasiga erishildi. Vaqt o'tishi bilan samaradorlik ko'rsatgichi yanada yaxshilandi [28].

Secco tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda, eksperimental guruh dorsolateral prefrontal korteks

ustidan tDCS vositasida neyroeabilitatsiya qabul qildi. Guruh, bir oylik kuzatuvda sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdi. Eksperimental guruhda apatiya ko'rsatkichlari ham yaxshilandi, ammo depressiya ko'rsatkichlarida sezilarli o'zgarishlar kuzatilmadi [29]. Boshqa bir tadqiqotda tDCS guruhi depressiya, tashvish va postkontuziya belgilarida, shuningdek, diqqat va ijro etuvchi funksiyalarning murakkab vazifalarida sezilarli



1 rasm. KST oqibatlari bo'lgan bemorlar uchun neyroeabilitatsiya yondashuvlarining grafik tasviri.

yaxshilanishlarni ko'rsatdi [30]. Li va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar, tDCS o'rtacha va og'ir KST bemorlarida kognitiv va psixologik o'zgarishlarning yaxshilanmaganligini ko'rsatdi [31]. tDCS bo'yicha tadqiqotlar, shuningdek, nazorat guruhiga nisbatan eksperimental guruhda nutqning tiklanishi va epizodik xotiraning yaxshilanganligini ko'rsatdi [32, 33]. O'Neil-Pirozzi va boshqalar esa, nazorat va KST guruhlarida tDCSdan keyin so'zlarni eslab qolishda sezilarli yaxshilanishni ko'rsatdi. P300 amplitudasi KST guruhida faqat tDCSdan so'ng sezilarli darajada oshdi yoki EEG kuchiga sezilarli ta'sir ko'rsatmadi [34]. Ikkita qo'shimcha tadqiqot takroriy transkraniyal magnit stimulyatsiyani (rTMS) tasvirlab berdi, bu usul miyada neyroplastikni yaxshilash va insult, epilepsiya hamda harakat buzilishi kabi nevrologik kasalliklarni davolashda qo'llaniladi [35]. Li va boshqalar tadqiqotlarida esa, o'rta darajadagi KST bilan 13 nafar bemorlarda o'ng dorsolateral prefrontal korteks uchun past chastotali rTMS qo'llaniladi. Eksperimental guruh sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdi, jumladan depressiya ko'rsatkichlari (MADRS) 29,29% ga, Trail Making Test (TMT) vaqtida 6,25% ga va Stroop Color Word Test (SCWT) vaqtida 12,64% pasayish aniqlandi. Nazorat guruhida esa barcha ko'rsatkichlarda minimal o'zgarishlar qayd etildi [36]. Boshqa bir tadqiqotda, nazorat rTMS guruhi bemorlarida kognitiv funksiyalarda eksperimental guruhga nisbatan sezilarli yaxshilanishlar aniqlanmagan [37].

Yana bir tadqiqotda, yuqori aniqlikdagi tDCS orqali 39 yoshli ayolga 10 ta seans o'tkazilib, og'zaki ravonlik, ish xotirasi va ijro etuvchi funksiyalarning yaxshilanishi aniqlandi hamda yaxshilanishlar 14 haftagacha davom etdi [38]. Ikkinchi tadqiqot esa 29 yoshli erkakda o'tkazildi hamda e'tibor, semantik ravonlik va qayta ishlash tezligi kabi kengroq kognitiv sohalarga qaratilgan kognitiv trening bilan birgalikda masofadan turib boshqariladigan tDCS ning 20 ta seansini o'z ichiga oldi [39].

3. Virtual reallik

VR KST dan keyin neyroeabilitatsiya uchun istiqbolli yondashuv sifatida tanilmoqda [40]. VRga asoslangan aralashuvlar xavfsiz va rag'batlantiruvchi muhitda muvozanatni o'rnatish, xotirani yaxshilash va ijro etuvchi funksiyani yaxshilash kabi ko'nikmalarni rivojlantirishga yordam beradigan real hayotiy vaziyatlarni simulyatsiya qilishi mumkin [41]. Tadqiqotlarga ko'ra, VR sensorli fikr-mulohazalarni, topshiriqlarni takrorlashni va real vaqt rejimida ishlash monitoringini birlashtirib, nevroplastiklikni oshirishi mumkin. Bundan tashqari, VRning o'yin komponentlari bemorning motivatsiyasini va terapiyaga muvofiqligini oshirishi mumkin [41,42]. VR, muntazam reabilitatsiya muolajalari yoki tDCS kabi neyromodulyatsiya usullari bilan birgalikda davolash natijalarini yaxshilashi mumkin [43,44]. 2-jadval KST bilan og'ir bemorlarda VR bilan bog'liq tadqiqotlarni ta'kidlaydi [45]. Boshqa bir tadqiqot VRRS tizimidan foydalangan holda virtual reallikga asoslangan diqqatni, odatiy diqqatni o'rgatish bilan taqqosladi. Ikkala yondashuv ham kognitiv va kayfiyat natijalarini yaxshilagan bo'lsa-da, birinchi guruh diqqat bilan bog'liq tekshiruvlarda

sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdi, jumladan vizual e'tibor, vazifalarni almashtirish va ishlov berish tezligi, shuningdek, depressiya belgilarining kamayishi kuzatildi [46]. Biroq, boshqa kognitiv ko'rsatkichlar, xatti-harakat belgilari va hayot sifati ko'rsatkichlari guruhlar o'rtasida sezilarli farqlarni ko'rsatmadi [47]. Bundan tashqari, VR uy mashqlari dasturlari surunkali KST bilan og'rikan odamlarda muvozanat va ishtirok etish natijalariga ta'sirini solishtirganda, guruhlar o'rtasida sezilarli farqlar kuzatilmadi [48]. Ikkita amaliy tadqiqotlar KST bilan og'rikan bemorlarda muvozanat va tegishli funksiyalarni yaxshilash uchun VR-ga asoslangan aralashuvlarning samaradorligini baholadi. Ikkala aralashuv ham KST bilan og'rikan bemorlarda dinamik muvozanat va funksional harakatchanlikni sezilarli darajada yaxshiladi, CAREN tizimi vestibulyar funksiyani normallashtirdi va faol vazifaga qaytish imkonini berdi, Xbox Kinect aralashuvi esa yurak-qon tomir tizimi faoliyatini yaxshiladi [49,50].

4. Kompyuterga asoslangan dasturlar.

Kompyuterga asoslangan dasturlar KST neyroeabilitatsiyasida tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ular kognitiv, affektiv va jismoniy muammolarni hal qilish uchun noyob usullarni taqdim etadi. Ushbu dasturlar xotira, e'tibor, ijro etuvchi funksiyalar va ijtimoiy idrok kabi muayyan kamchiliklarni bartaraf etish uchun boshqariladigan va moslashtiriladigan tiklash usullarini taklif qiladi [52]. Kompyuterga asoslangan dasturlarning muhim afzalliklaridan biri terapiyani individuallashtirish qobiliyatidir. Moslashuvchan algoritmlar real vaqt rejimida vazifalarning intensivligini o'zgartirib, bemorlarga doimiy ravishda qiyinchilik tug'dirishni, lekin ortiqcha yuk bo'lmasligini ta'minlaydi. Ushbu tizimlar, shuningdek, o'rganish va jalb qilishni yaxshilash uchun eshitish, vizual va taktil signallar kabi multimodal kiritishdan foydalanishni qo'llab-quvvatlaydi. Bundan tashqari, ba'zi bir kompyuterga asoslangan terapiyani masofadan turib o'tkazish, reabilitatsiya seanslarida ishtirok eta olmaydigan bemorlarga kirish imkoniyatini yaxshilaydi [53]. 3-jadval KST bilan og'rikan bemorlarni reabilitatsiya qilishda kompyuterga asoslangan dasturlarga qaratilgan tadqiqot ishlarini ta'kidlaydi.

3 jadval.

KST neyroeabilitatsiyasi bo'yicha kompyuterga asoslangan trening.

Izlanish	Nazorat hajmi Nazorat/eksperimental guruh	Usul	Kognitiv natijalar	Davomiyligi	Motor natijalar	Boshqa
Lui va boshqalar., 2021(55)	30/30	Kompyuter yordamida kognitiv reabilitatsiya (CACR tizimi)	Nazorat guruhiga nisbatan ijtimoiy kognitiv qobiliyat, o'z-o'ziga xizmat qilish, sfinkter nazorati va umumiy qobiliyat bo'yicha kognitiv ko'rsatkichlar sezilarli darajada yuqori bo'lgan ($p < 0.05$).	Tegishli emas	Tegishli emas	Tegishli emas
Rdriguez-Rajo va boshqalar	26/28	Ijtimoiy kognitsiyani reabilitatsiya qilish uchun mo'ljallangan kompyuterlashtirilgan topshiriqlar moduli	Eksperimental guruh deyarli barcha ko'rsatkichlar bo'yicha yaxshiroq natijalar ko'rsatgan. Nazorat guruhida yuz ifodalaridagi hissiyotlarni taniy olish qobiliyati yaxshilangan. Eksperimental guruh esa muolajadan keyin ko'z orqali hissiyot yoki ruhiy holatni aniqlashda nazorat guruhiga nisbatan yaxshiroq natijalarga erishgan.	Haftalik seanslar	Tegishli emas	Tegishli emas

Rodriges-Rajo va boshqalar o'tkazgan tadqiqotlar, kompyuterlashtirilgan ijtimoiy idrok (SC) moduli o'rtacha va og'ir KST bilan og'rikan bemorlarda SC o'lchovlarini sezilarli darajada yaxshilaganligini ko'rsatdi. Kombinatsiyalangan davolash (SC + SC bo'lmagan) SC bo'lmagan davolash usuli bilan solishtirganda samaraliroq ekanligini isbotladi [54]. Boshqa bir tadqiqot KST dan keyin kognitiv buzilishlari bo'lgan bemorlarda kognitiv funksiyani yaxshilashda kompyuter yordamida kognitiv reabilitatsiya (CACR) samaradorligini baholadi. Natijalar nazorat guruhiga nisbatan eksperimental guruh uchun kognitiv va funksional natijalarda sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdi. Bundan tashqari, eksperimental guruh ijtimoiy kognitiv qobiliyat, o'z o'zini parvarish qilish ko'nikmalari va umumiy funksional hamda mustaqillik bo'yicha sezilarli yutuqlarni ko'rsatdi. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, CACR KST bilan og'rikan bemorlarda kognitiv reabilitatsiya qilish, tiklanishni rag'batlantirish, hayot sifatini yaxshilash va an'anaviy usullarga nisbatan yaxshiroq reabilitatsiya natijalariga erishish uchun samarali vositadir [55]. Yana bir tadqiqot o'rtacha va og'ir KST bilan og'rikan shaxslarda kognitiv reabilitatsiya uchun Bosh miya-kompyuter interfeysini (BCI) ishlab chiqish va sinab ko'rish uchun foydalanuvchiga yo'naltirilgan

dizayn yondashuvidan foydalangan. Ishtirokchilar BCI tizimi orqali ikkita kognitiv topshiriqni (“Kategoriyaning top” va “Xotira kartasi o‘yini”) bajardilar. Texnik-iqtisodiy sinovlar nazorat guruhi uchun 91,87% va KST oqibatlariga uchun 78,13% aniqlikni ko‘rsatdi, ularning barchasi foydalanish imkoniyati chegarasidan 70% oshib ketdi. Texnik qiyinchiliklarga qaramay, tizim KST bilan og‘rigan bemorlar uchun kognitiv faollikni va reabilitatsiya imkoniyatlarini yaxshilash potentsialini namoyish etdi [56].

5. Telereabilitatsiya.

KST da telereabilitatsiya tez rivojlanayotgan strategiya bo‘lib, reabilitatsiya muolajalarini masofadan turib amalga oshirish uchun texnologiyadan foydalanadi hamda parvarish qilish uchun geografik va logistika cheklovlarini yo‘q qiladi. U kognitiv, jismoniy, nutq va mehnat terapiyasini o‘z ichiga olgan keng ko‘lamli tadbirlarni o‘z ichiga oladi, ular videokonferensiya, smartfon ilovalari yoki veb-ga asoslangan dasturlar kabi telekommunikatsiya platformalari orqali taqdim etiladi [57]. Telereabilitatsiya KST bilan og‘rigan bemorlarga, xususan, uzoq yoki kam ta‘minlangan hududlarda doimiy yordam ko‘rsatish va monitoring qilish imkonini beradi. U kognitiv trening rejimlari orqali xotira, e‘tibor va ijro etuvchi funktsiya kabi kognitiv natijalarni yaxshilash salohiyatini namoyish etdi. Jismoniy terapiya, shu jumladan muvozanat va vosita mahoratini o‘rgatish, virtual muhitlar va harakatni sezish qurilmalari yordamida ham muvaffaqiyatli qo‘llanilgan [58]. Bundan tashqari, aloqa muammolari uchun nutqni davolash terapevtlar bilan real vaqtda amalga oshirilishi mumkin [59]. 4-jadval KST bilan og‘rigan bemorlar uchun telereabilitatsiyaga qaratilgan tadqiqotlarni ta‘kidlaydi. De Luka va boshqalar, og‘ir darajali KST bilan og‘rigan bemorlar va ularning qarovchilari uchun trening bosqichida telereabilitatsiya tizimining, Virtual Reality Reabilitatsiya Tizimining (VRRS) maqsadga muvofiqligi va foydalanish imkoniyatini baholadi. Tadqiqot istiqbolli natijalarni ko‘rsatdi: bemorlar ham, parvarish qiluvchilar ham ijobiy motivatsiyani namoyish etdilar. Yosh bemorlar yoshi kattaroq bo‘lganlarga qaraganda bir oz yuqori foydalanish imkoniyatlarini ko‘rsatdilar. Bemorlar bilan bir qatorda parvarish qiluvchilarni o‘qitish tizimidan foydalanish qulayligini oshirdi va uyda mustaqil telereabilitatsiyaga osonroq o‘tishni osonlashtirdi [60]. Raso va boshqalar o‘z tadqiqotlarida, uzoq muddatli yordamga muhtoj bo‘lgan og‘ir KST bilan og‘rigan bemorlar uchun telemonitoring tizimining samaradorligini an‘anaviy uzoq muddatli kasalxonada qolish bilan solishtirgan holda baholadi. Telemonitoring tizimi videokonferensaloqa, taqiladigan qurilmalar va kundalik parvarishlash vazifalarida yordam berish uchun o‘qitilgan parvarishchilar bilan masofaviy maslahatlashuvlardan foydalangan. 4 yillik kuzatuv davomida ikkala guruh ham kognitiv funktsiya, sezgirlik va tibbiy asoratlarda o‘xshash

4 jadval.

KST oqibatlarida telereabilitatsiya natijalari.

Izlanish	Nazorat hajmi Nazorat/eksperimental guruh	Usul	Kognitiv natijalar	Davomiyligi	Motor natijalar	Boshqa
Bell va boshqalar., 2017 (62)	178/178	Telefon orqali muammo yechish terapiyasi	Eksperimental guruhda qisqa muddatda psixologik bosim, uyqu sifati, depressiya, PTSD simptomlari va jismoniy salomatlikda yaxshilanish kuzatildi ($p < 0.05$). Ammo bu yaxshilanishlar 12 oydan keyin saqlanib qolmadi.	Boshlang‘ich, 6 oylik va 12 oylik baholashlar o‘tkazilgan.	Tegishli emas	Eksperimental guruh ishtirokchilari aralashuvdan ko‘proq mamnunlik bildirgan va uni muammolarni hal etishda foydaliroq deb hisoblagan.
Raso va boshqalar., 2021 (61)	11/11	Bemor va klinik bo‘lim o‘rtasida rejalashtirilgan videokonferensiya lar; kiyiladigan monitoring qurilmalari	LSH dasturida o‘lim darajasi telemonitoring guruhiga qaraganda yuqoriroq bo‘lgan (36% ga nisbatan 18%). Yotoq yaralari (18% ga nisbatan 0%) va infeksiyalar (36% ga nisbatan 18%) LSH guruhida ko‘proq uchragan, biroq farqlar statistik ahamiyatli emas. Nevropsixologik ko‘rsatkichlarda guruhlar o‘rtasida sezilarli farq kuzatilmadi.	Tegishli emas	Telemonitoring guruhi uchun 4 yil davomida oylik maslahatlar o‘tkazilgan.	Kundalik sog‘liqni saqlash xarajatlari pastroq bo‘lgan.
Vuletik va boshqalar., 2016 (63)	178/178	Nazorat guruhi: ta‘limiy broshyuralar yuborilgan Eksperimental guruh: telefon qo‘ng‘iroqlari orqali aloqa	-	6 oy davomida har ikki haftada bir marotaba seanslar o‘tkazilgan.	Tegishli emas	Eksperimental guruhda 6 oydan keyin umumiy uyqu sifati, uyqu davomiyligi, uxlab qolish va odatiy uyqu samaradorligida sezilarli yaxshilanish kuzatildi. Biroq bu yaxshilanishlar 12 oydan keyin saqlanib qolmadi.

klinik natijalarni ko'rsatdi. Biroq, telemonitoring guruhi to'shak yaralar va infeksiyalar kabi kamroq uchrovchi asoratlarni tendentsiyasini ko'rsatdi va parvarish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytirdi [61]. Ikkita tadqiqotda, shaxsiy muammolarni hal qilish uchun ikki haftada bir marta telefon qo'ng'iroqlarini o'z ichiga olgan, tizimli aralashuv bo'lgan, "Muammoni hal qilishda davolash (PST)" ta'siri o'rganildi. Birinchi tadqiqot psixologik buzilishlar va miya lat yeyishidan keyingi simptomlarni (PCS) o'rganib chiqdi. PST 6 oyda psixologik buzilishlarni yaxshilagan, ammo PCSga sezilarli ta'sir ko'rsatmagan. Ikkinchi tadqiqot uyqu sifatiga qaratilgan bo'lib, PST 6 oyda uyqu davomiyligi va samaradorligini sezilarli darajada yaxshilaganligini ko'rsatdi, ammo bu yutuqlar 12 oydan keyingi muddatda ham saqlanib qolmagan [62,63].

6. Robot yordamida terapiya

6.1. Robot yordamida motor terapiyasi.

KST dan tuzalgan bemorlar uchun neyroeabilitatsiya dasturlari tobora ko'proq robotli qurilmalarni o'z ichiga olib bormoqda. Yuqori intensivlikdagi, takroriy va topshiriqlarga yo'naltirilgan mashqlar orqali ushbu zamonaviy qurilmalar nevroplastiklikni, erta mobilizatsiya va yurish mashqlarini qo'llab-quvvatlaydi [64]. KST bilan og'rigan bemorlar uchun robotli neyroeabilitatsiyaga aniq e'tibor qaratilayotgan tadqiqotlar, istiqbolli dasturlarga qaramay, juda kam uchraydi. Barcha bemorlarga qo'llanilishi mumkin bo'lgan standartlashtirilgan robot terapiyasi sxemalarini ishlab chiqish qiyin, chunki KST jarohatlarning keng doirasini o'z ichiga oladi. Nogironlikning yanada izchil va bashorat qilinadigan shakllari tufayli, insult kabi kasalliklar tarixan robotli reabilitatsiya tadqiqotlarining asosiy yo'nalishi bo'lib kelgan [65]. 5-jadval KST bilan og'rigan bemorlar uchun robot yordamida motor terapiyasiga qaratilgan tadqiqotlarni ta'kidlaydi. Ko'rib chiqish uchun uchta tadqiqotda Lokomatdan reabilitatsiya vositasi sifatida foydalanilgan. Esquenazi va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda, Lokomat RAT, qisman tana vaznini qo'llab-quvvatlovchi treadmill treningi (PBWSTT) yoki G-EO end-effector robot ta'limi: uchta tayanch-harakat mashg'ulotlaridan biriga asoslangan sistema orqali surunkali KST bilan og'rigan 22 kishi tekshirildi. Tadqiqot davomida barcha guruhlarda o'z-o'zidan tanlangan yurish tezligida (SSV) sezilarli yutuqlar qayd etildi. Bundan tashqari, Lokomat va PBWSTT guruhlarining maksimal yurish tezligi (MV) sezilarli darajada oshdi, G-EO guruhi esa MVda statistik jihatdan muhim o'zgarishlarni ko'rsatmadi. Guruhlar yurish simmetriyasidagi o'zgarishlar bo'yicha sezilarli darajada farq qilmadi. Qizig'i shundaki, Lokomat uchun boshqa yondashuvlarga qaraganda kamroq xodimlar kerak edi, bu klinik sharoitlarda mumkin bo'lgan imtiyozlarni ko'rsatadi [66].

5 jadval.

KST neyroeabilitatsiyasida robot yordamida motor terapiyasi.

Izlanish	Nazorat hajmi Nazorat/eksperimental guruh	Usul	Kognitiv natijalar	Davomiyligi	Motor natijalar	Boshqa
Esquenazi va boshqalar., 2017 (66)	7/8/7	G-EO, Lokomat va qo'lda yordam beriladigan BWSTT (tayoq bilan yurishni o'rganish tizimi).	Tegishli emas	Yurish mashg'ulotlari 6-8 hafta davomida, haftasiga 3 marta, jami 18 marotaba o'tkazilgan. Har bir mashg'ulot 75 daqiqagacha davom etgan.	G-EO va PBWSTT guruhlarida funksional harakatlanish sezilarli yaxshilangan.	Uchala aralashuv (G-EO, Lokomat va PBWSTT) o'z tanlangan yurish tezligini sezilarli oshirgan, ammo maksimal tezlik faqat Lokomat va PBWSTT guruhlarida oshgan; insult ta'sirini o'ldiruvchi harakatlilik shkalasidagi yaxshilanish faqat Lokomat va PBWSTT guruhlarida kuzatilgan.
Maggio va boshqalar., 2019 (67)	28/28	VR ekrani bilan jihozlangan Lokomat Pro yoki VRsiz Lokomat Nanos.	Tajriba guruhida umumiy kognitiv funksiyalar, kognitiv moslashuvchanlik va almashtirish ko'nikmalari, selektiv diqqat hamda vizual qidiruvda sezilarli yaxshilanish kuzatilgan. Har ikkala guruhda ham kayfiyat va ruhiy holatda ijobiy o'zgarishlar bo'lgan.	40 soatlik mashg'ulot (8 hafta davomida, haftasiga 5 marta).	Tajriba guruhi bajarilgan mashg'ulotlarda n so'ng ijro funksiyalarida sezilarli o'sishni ko'rsatgan. Har ikkala guruhda ham jismoniy farovonlik yaxshilangan.	Tajriba guruhi umumiy hayot sifatida sezilarli yaxshilanishni ko'rsatgan.

Maggio va boshqalar, VR bilan jihozlangan Lokomat Pro-ni VR-siz Lokomat Nanos bilan solishtirdi. Ikkala guruh ham kayfiyat va jismoniy tiklanish darajasi oshishini ko'rsatgan bo'lsa-da, faqat VR guruhiga ega Lokomat Pro global kognitiv funksiyalar, ijro etuvchi funksiyalar, diqqat jarayonlari va hayotning umumiy sifati sezilarli darajada yaxshilanganligini ko'rsatdi [67]. KST sababli ong buzilishi bo'lgan to'rtta erkak bemorni o'rganish Lokomat tizimi bilan robotlar yordamida yurish mashqlarini baholadi. Barcha odamlarning sezgirligi oshgan, ulardan uchasi reabilitatsiya tugallanishidan oldin yer ustida yurishga o'tgan [68]. Ushbu natijalar Lokomatning KST bilan og'rikan odamlarda motor va kognitiv reabilitatsiya maqsadlariga mos kelishini ko'rsatadi. Ikkita amaliy tadqiqotlar KST bilan og'rikan yosh erkaklarda yurishni reabilitatsiya qilish uchun robotik ekzoskeletlardan foydalanishni ta'kidlaydi, bu yurish simmetriyasi va harakat nazorati yaxshilanganligini ko'rsatadi. Birinchi holat funksional mustaqillik va qo'shma nazoratda sezilarli yutuqlarni ko'rsatdi, ammo yurish tezligi va qadam uzunligi ekzoskeletsiz kamaydi. Xuddi shunday, ikkinchi holatda simmetriya kuchayganligi va harakat shakllarining o'zgaruvchanligi kamaygan, ammo yurish tezligi va masofasi qisqargan [69,70].

6.2. Robot yordamida kognitiv terapiya.

Pepper roboti KST bilan og'rikan bemorlar uchun neyroeabilitatsiya kontekstida bemorlarning yuz ifodalarini aniqlash va ularga munosabat bildirish uchun qo'llanildi. Bu ijtimoiy o'zaro munosabatlarni yaxshilaydi va terapevtik muolajalarda yordam beradi. Ilyas va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqotda KST -FER deb nomlangan maxsus chuqur o'qitilgan model taqdim etildi. Uning maqsadi KST bemorlarining his-tuyg'ularini to'g'ri aniqlash uchun yuz ifodasini aniqlash (FER) dan foydalanish edi. Ushbu konsepsiya Pepper robotiga kiritilgan bo'lib, u reabilitatsiya mashqlarida yordam berish uchun bemorlarning hissiy signallarini idrok etish va ularga munosabat bildirish imkonini beradi. KST -FER modelining samaradorligini baholash uchun Pepperning integratsiyalashgan FER imkoniyatlari bilan solishtirildi. Topilmalarga ko'ra, KST -FER modeli oltita asosiy his-tuyg'ularni - neytral, baxtli, g'azablangan, qayg'uli, charchagan va hayratni - ayniqsa, KST bilan og'rikan bemorlarning murakkab va ba'zan nozik yuz ifodalarini ochishda yaxshiroq natija berdi. Misol uchun, Pepperning o'rnatilgan tizimi neytral ifodalarni 42% aniqlik bilan ko'rsatgan bo'lsa, KST -FER modeli ularni 88% aniqlik bilan tasvirladi [71].

7. Fotobiomodulyatsiya.

Fotobiomodulyatsiya (FBM) - bu hujayra tiklanishini rag'batlantirish, neyroinflamatsiyani kamaytirish va mitoxondrial funksiyani yaxshilash uchun qizil va yaqin infraqizil nurlardan foydalanadigan KST uchun foydali bo'lgan rivojlanayotgan terapiya usuli hisoblanadi. Lazerlar, yorug'lik chiqaradigan diodlar (LED) va boshqa yorug'lik manbalari, odatda 400 dan 1100 nm gacha bo'lgan to'lqin uzunligi, neyroteksiya va neyrogenezni rag'batlantiradigan FBMni amalga oshirish uchun ishlatilishi mumkin [72]. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, FBM kognitiv funksiyani yaxshilashi, KST dan keyingi depressiyani kamaytirishi va tiklanishni yaxshilashi mumkin. Uning invaziv bo'lmagan tabiati va minimal yon ta'siri, uni KST bilan og'rikan bemorlar uchun neyroeabilitatsiyada istiqbolli yordamchiga aylantiradi. 6-jadval KST bilan og'rikan bemorlar uchun fotobiomodulyatsiyaga qaratilgan tadqiqotlarni ta'kidlaydi. Lin va boshqalar, FBM miyacha perfuziyasini yaxshilash orqali KST bilan og'rikan bemorlarda niyacha zararlanishi belgilari kamayganligini aniqladi. Standart fizika terapiyasi bilan solishtirganda kognitiv funksiyada sezilarli yaxshilanish bo'lmasa-da, FBM miya perfuziyasini rag'batlantirish, oksidlovchi stress va mitoxondrial disfunktsiya bilan bog'liq ikkilamchi shikastlanishni kamaytirishda o'z potentsialini ko'rsatdi [73]. Carneiro va boshqalarning tadqiqoti, surunkali KST bilan og'rikan bemorlarda FBM sababli kuzatilgan o'zgarishlar uchun qo'shimcha dalillarni taqdim etadi. Neyropsixologik baholash bir nechta testlarda ijro etuvchi funksiya, xotira va javob vaqtining yaxshilanishini ko'rsatdi. FBM dan keyin depressiya ko'rsatkichlari biroz pasaydi va tashvish ballari minimal o'zgarishlarni ko'rsatdi [74].

Henderson va boshqalar, tadqiqotga kiritilgan bemorlarning 92 foizida depressiv simptomlarning sezilarli yaxshilanishlarini qayd etdi [75]. Boshqa tadqiqotlar, shuningdek, xotira, konsentratsiya, ishlov berish tezligi va uyqu sifatini oshirish kabi kognitiv faoliyatda sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdi [76]. Vaziyatni o'rganishda, 8 haftalik FBM terapiyasidan so'ng, mavzuni og'zaki o'rganish, ijro etuvchi funksiya, e'tibor va ishlov berish tezligida yaxshilanishlar kuzatildi. Bemorlarning bosh og'rig'i yaxshilandi, "Bosh og'rig'iga ta'sir qilish testi (HIT-6)" bali 76 dan 70 ga kamaydi. 14 oylik kuzatuvda sub'ektlar bosh og'rig'ining barqaror yaxshilanishini xabar qildi

6 jadval.

KST neyroeabilitatsiyasida fotobiomodulyatsiya terapiyasi.

Izlanish	Nazorat hajmi Nazorat/eksperimental guruh	Usul	Kognitiv natijalar	Davomiyligi	Motor natijalar	Boshqa
Carneiro va boshqalar., 2019 (74)	10 (Faqat tajriba guruhida)	Transkraniyal PBM	Vizual-makonsal qobiliyat va rejalashtirish yaxshilandi, ish tezligi va bo'linadigan diqqat oshdi, ingibitsiya va selektiv diqqat biroz yaxshilandi.	18 sessiya, haftasiga 3 marta, 6 hafta davomida.	Tegishli emas	Miya qon aylanishi yaxshilandi.
Henderson va boshqalar., 2017 (75)	39 (Faqat tajriba guruhida)	Multi-Watt Near-Infrared Phototherapy (Ko'p quvvatli yaqin infraqizil fototerapiya) qo'llanilgan.	Tegishli emas	Har sessiya 30 daqiqa, har bir maqsadli hududga 9–12 daqiqa qo'llanildi (har bir ishtirokchi uchun 8–34 sessiya).	Tegishli emas	Kayfiyat yaxshilandi, depressiya alomatlari kamaydi, charchoq kamaydi va umumiy farovonlik oshdi.
Hipskind va boshqalar., 2018 (76)	12 (Faqat tajriba guruhida)	Pulsed Transcranial Red/Near-Infrared Light Therapy using LED (LED orqali impulsli transkraniyal qizil/yaqin infraqizil nur terapiyasi) ishlatilgan.	Belgilarni qidirish, kodlash va ish tezligida sezilarli yaxshilanish kuzatildi; 15 ta neyropsixologik shkaladan 6 tasida sezilarli o'sish bo'ldi, xususan, og'zaki xotira va ish tezligida.	Har sessiya 20 daqiqa, haftasiga 3 marta, jami 18 sessiya.	Tegishli emas	Tegishli emas
Lin va boshqalar 2023 (73)	15/15	Intravenoz PBM	Qisqa muddatli xotira va diqqat yaxshilandi, chalkashlik va tartibsiz xatti-harakatlar kamaydi.	60 daqiqalik sessiya, ketma-ket ikki hafta davomida haftaning ish kunlarida, har bir kurs uchun uch marta o'tkazildi.		Tegishli emas

(HIT-6 ball: 50). Bemorlar FBM qurilmalarini vaqti-vaqti bilan ishlatishni davom ettirdi va takroriy miya chayqalishi belgilarini boshdan kechirmadi [77]. KST bilan og'rgan ikki nafar yoshi katta bemorlarda bir qator holatlar o'rganildi. 12 haftalik FBM muolajalaridan so'ng ularning ikkalasida ham sezilarli yaxshilanishlar kuzatildi. Charchoq, og'riq, uyqu va kayfiyat, kognitiv simptomlarning barchasi yaxshilandi, bu ularning agressivlik indeksining sezilarli darajada pasayishiga olib keldi [78].

8. Sensorli stimulyatsiya

Sensorli stimulyatsiya - bu KST bilan og'rgan bemorlarni reabilitatsiya qilishda qo'llaniladigan invaziv bo'lmagan va oddiy terapevtik yondashuvdir [79]. Ushbu uslub neyronlarning ta'sirchanligini yaxshilash, kognitiv tiklanishni va qo'zg'alishni kuchaytirish maqsadida bir nechta hissiy usullarga - eshitish, vizual, taktil, hid bilish va propriozeptiv sezgilarga qaratilgan stimullarning boshqariladigan taqdimotini o'z ichiga oladi [80]. Bir vaqtning o'zida bir nechta sensorli kanallardan foydalanish tiklanishga, ayniqsa ong buzilishi bo'lgan odamlarga yaxshi ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ushbu integratsiyalashgan sensorli yondashuv turli nerv yo'llarini faollashtiradi va yaxlit tiklanish jarayonini rag'batlantiradi. Kombinatsiyalangan ta'sirlar kognitiv faoliyatga, hissiy tartibga solishga va avtonom jarayonlarga ijobiy ta'sir qiladi [81,82]. Texnika

7 jadval.

KST oqibatlarida hissiy stimulyatsiya terapiyasi.

Izlanish	Nazorat hajmi Nazorat/eksperiment tal guruh	Usul	Kognitiv natijalar	Davomiyligi	Motor natijalar	Boshqa
Moattari va boshqalar., 2016 (84)	20/20/20 (Nazorat, tajriba va platsebo guruhlari.)	Sezgi stimulyatsiyasi (eshitish, ko'rish, teginish, hid bilish).	Kognitiv funksiyalar va asosiy sezgi tiklanishining bosqichma-bosqich o'sishi, ayniqsa oila tomonidan o'tkazilgan sezgi stimulyatsiyasi guruhida (RLA shkalasi, WNSSP).	7 kun davomida, kuniga 2 marta (30 daqiq).	Tegishli emas	Hushyorlik darajasi yaxshilangan (GCS).
Salmai va boshqalar., 2017 (83)	30/30/30 (Oila markazi, hamshira va nazorat guruhlari.)	Sezgi stimulyatsiyasi (eshitish, sezgi, harakat, hissiy – faqat oila markazli stimulyatsiyada).	Bemorlarning javob berish qobiliyati va kognitiv funksiyalari yaxshilangan (CRS-R ballari), 4 kundan so'ng statistik jihatdan sezilarli.	7 kun davomida, kuniga 2 marta (30-45 daqiq).	Tegishli emas	4 kundan keyin GCS ko'rsatkichi statistik jihatdan sezilarli darajada oshgan.

hamshiralalar, terapevtlar va oila a'zolari tomonidan samarali amalga oshirilishi mumkin. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, affektiv komponentni oilaga yo'naltirilgan stimulyatsiya strategiyasiga kiritish komadagi bemorlarda ongni yaxshilaydi [83]. Bundan tashqari, ushbu ma'lumotlar, oila a'zolari tomonidan ta'minlangan hissiy stimulyatsiya ong va kognitiv funktsiyani yaxshilashga olib kelganligini ko'rsatadi [84]. Bundan tashqari, individuallashtirilgan sensorli stimulyatsiya, individual kognitiv va emotsional profillarga stimulyatorlarni moslashtirish orqali bemorlarda reabilitatsiyani optimallashtirish uchun mo'ljallangan ilg'or yondashuv, qoldiq kognitiv funktsiya va miya tiklanishi bo'yicha so'nggi kashfiyotlardan foydalangan holda an'anaviy usullarga nisbatan sezilarli afzalliklarni beradi. U e'tibor va asab faolligini oshirish uchun hissiy va avtobiografik jihatdan tegishli tarkibni o'z ichiga olgan, mazmunli va ko'p hissiy stimullardan foydalanadi. Bundan tashqari, u ko'proq interaktiv reabilitatsiya jarayonini yaratib, yashirin javoblarni aniqlash va vazifaga asoslangan ishtirokni birlashtirishi mumkin [85]. 7-jadval KST bilan og'rigan bemorlar uchun hissiy stimulyatsiyaga qaratilgan tadqiqotlarni ta'kidlaydi. Salmoniy va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tadqiqot [83], oilaga asoslangan affektiv stimulyatsiyaning KST bemorlariga ta'sirini baholadi. Aralashuv oiladagi o'zaro ta'sir orqali bemorlarni hissiy va kognitiv jihatdan jalb qilish uchun mo'ljallangan tadbirlarni o'z ichiga oladi. Natijalar turli vaqt nuqtalarida guruhlar o'rtasida Glazgo koma shkalasi (GCS) ballarida sezilarli farqlarni aniqladi. Eksperimental guruh vaqt o'tishi bilan GCS ballarida sezilarli o'sishni ko'rsatdi ($p < 0,001$). Shuningdek, asosiy guruhdagi oilaga yo'naltirilgan affektiv stimulyatsiyani olgan bemorlar nazorat guruhi bilan solishtirganda kognitiv funktsiyada sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdi. Hamshiralalar va oila a'zolari ishtirok etgan yana bir tadqiqot shuni ko'rsatdiki, har ikkala variantda ham hissiy stimulyatsiya olgan bemorlar nazorat guruhiga nisbatan ong va kognitiv funktsiyalarda sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdilar [84].

9. Kombinatiyalangan yondashuvlar.

Neyroreabilitatsiyadagi aralash yondashuvlar KST dan tiklanishning turli muammolarini hal qilish uchun ko'plab usullarni birlashtiradi. De Luka va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tadqiqot, KST tufayli surunkali minimal ong holati (MCS) tashxisi qo'yilgan bemorlarda robotli vertikalashtirish treningini (RVT) individuallashtirilgan musiqa stimulyatsiyasi bilan birlashtirishning ta'sirini o'rganib chiqdi. Eksperimental guruh Erigo qurilmasi yordamida individuallashtirilgan musiqa pleylistidan foydalangan holda musiqa robotik vertikalizatsiyasini (MRV) oldi, nazorat guruhi esa musiqa stimulisiz faqat RVTni oldi. Tadqiqotga ko'ra, eksperimental guruhda magistralni nazorat qilish testi, funksional mustaqillik o'lchovi, komani tiklash shkalasi kabilar qayta ko'rib chiqilgan. Kognitiv funktsiya darajasi va funktsional aloqa shkalasi kabi bir qator ko'rsatgichlar sezilarli darajada yaxshilangan [86].

4. Munozara.

Ko'rib chiqilgan tadqiqotlar kognitiv va psixologik natijalarni aniqlab, KST bemorlari uchun turli xil neyroreabilitatsiya tadbirlarini o'rganib chiqdi. Ushbu aralashuvlar invaziv bo'lmagan miya stimulyatsiyasi usullarini (tDCS, rTMS), VR-ga asoslangan terapiya, telereabilitatsiya, RT, kompyuter yordamida reabilitatsiya va xatti-harakatlarni o'z ichiga oladi. KST bilan og'rigan har bir bemor o'ziga xos qiyinchiliklarga duch keladi va davolash qarorlari tiklanish bosqichini, kognitiv yoki kerakli vositalar yetishmovchiligining turini, og'irligini hamda bemorni qo'llab quvvatlash tizimini hisobga olgan holda individuallashtirilgan bo'lishi kerak. Optimal natijalar olish

maqsadida neyroeabilitatsiya tadbirlarining eng mos kombinatsiyasini aniqlash uchun shifokorlar ushbu omillarni diqqat bilan baholashlari kerak. KST bemorlari uchun VR-ga asoslangan aralashuvlar kognitiv funksiyalarda, xususan, diqqat, ijro etuvchi funksiya va vizual-mekanik qobiliyatlarda sezilarli yaxshilanishlarni ko'rsatdi. VR haydash simulyatsiyalari ish xotirasini va e'tiborni yaxshilaydi. VR reabilitatsiyasi, shuningdek, muvozanat va harakatchanlikning yaxshilanishiga olib keladi. Muhimi, VR aralashuvlari yaxshi o'rganilgan bo'lib, hech qanday nojo'ya ta'sirlar kuzatilmagan va ko'plab ishtirokchilar davolanishdan keyin kamida bir oy davomida kognitiv yaxshilanishlarni saqlab qolishgan. Kompyuter yordamida kognitiv reabilitatsiya o'rta darajadagi va og'ir KST bilan og'rigan bemorlarda kognitiv funktsiyani, o'z-o'zini parvarish qilishni va ijtimoiy bilishni sezilarli darajada yaxshiladi. Robot yordamida jismoniy terapiya dasturlari KST bemorlari uchun funksional harakatchanlikni va ba'zi hollarda kognitiv natijalarni yaxshilashda muhim salohiyatni ko'rsatdi. Eng ko'p o'rganilgan robot qurilmalaridan biri bo'lgan Lokomat turli xil tadqiqotlar davomida yurish tezligi va yurish mashqlarida yaxshilanishlarni namoyish etdi. rTMS va tDCs kabi invaziv bo'lmagan miya stimulyatsiyasi usullari KST bilan og'rigan bemorlarning kognitiv va jismoniy tiklanishida turli natijalarni ko'rsatdi. Ushbu yondashuvlar maqsadli ijro etuvchi funksiya, ish xotirasi, javobni tahlil qilish va harakatni tizimli rejalashtirishga qaratilgan. rTMS tadqiqotlari, ayniqsa, Trail Making Test (TMT-B) ijro etuvchi funksiya va kognitiv qayta ishlash tezligida yaxshilanishlarni ko'rsatdi. Biroq, baholashlar davomida uzoq muddatli yaxshilanishlar doimiy ravishda kuzatilmadi. Qisqa muddatli kognitiv yutuqlar e'tibor va xotira kabilarda aniq ifodalangan edi, ammo ijro etuvchi funksiyalardagi guruhlar o'rtasidagi farqlar statistik jihatdan ahamiyatli emas edi. tDCS tadqiqotlari xotirani yaxshilash va og'zaki eslab qolish bo'yicha istiqbolli natijalarni ko'rsatdi. tDCS va rTMS dan kognitiv yaxshilanishlar qisqa kuzatuv davrlaridagina saqlanib qoldi, biroq bir necha oydan keyin barqaror o'zgarishlar kuzatilmadi. Ba'zi tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, e'tibor va reaksiya vaqtidagi xatti-harakatlarning yaxshilanishi bir oylik kuzatuvda barqaror bo'lib, jismoniy yutuqlar izchilligi esa kam kuzatildi. Telemonitoring va telefonga asoslangan tadqiqotlar qimmatli yaxshilanishlarni qayd etdi; Biroq, ular bir necha hafta mobaynidagina saqlanib qoldi, barqarorlik kuzatilmadi. FBM qizil va yaqin infraqizil nurdan foydalanish barobarida KST uchun rivojlanayotgan terapiya hisoblanadi. Bu kognitiv funktsiyani, kayfiyatni va bemorning umumiy ahvolini yaxshilashda barqaror ta'sir ko'rsatadigan uzoq muddatli foyda olish imkoniyatini ko'rsatadi. Sensorli stimulyatsiya bo'yicha tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, oilaga qaratilgan aralashuvlar, xususan, KST bemorlarida sezilarli yaxshilanishlarga olib keldi. Biroq, bu tadqiqotlar, komadagi KST bemorlarining Glazgo koma shkalasi (GCS) ko'rsatkichlariga qaratilgan. Interventsiyalarning davomiyligi va chastotasi bir seanslik tajriba tadqiqotlaridan tortib, ko'p haftalik yoki hatto ko'p yillik dasturlargacha sezilarli darajada farq qildi. Kichik namunaviy o'lchamlar va tadqiqot dizaynlarining o'zgarishi kabi muhim uslubiy cheklovlariga qaramasdan, bu natijalar KST bemorlarida tiklanishni optimallashtirish uchun multimodal neyroeabilitatsiya usullarini qo'llash imkoniyatini ko'rsatadi. KST uchun reabilitatsiya bo'yicha bir nechta tizimli sharhlar mavjud; ammo, bu sharhlarning aksariyati faqat bit-ta vosita yoki aralashuvga qaratilgan [26, 87, 88]. Bonanno va boshqalarning oldingi tadqiqotida KST bilan og'rigan bemorlarni reabilitatsiya qilishda innovatsion texnologiyalarning ortib borayotgan roli ta'kidlangan bo'lib, ularning kognitiv va jismoniy natijalariga ijobiy ta'sirini aniqladi. Ularning tekshiruvi ilg'or vositalarni neyroeabilitatsiya amaliyotiga integratsiya qilishning potentsial klinik afzalliklarini ta'kidladi, ammo bu bemorlarning bunday aralashuvlardan qay darajada foyda olishini aniqlash uchun, ayniqsa og'ir KST da aniqroq dalillarni aniqlash uchun keyingi tadqiqotlarni talab qildi [40]. Bu bizning maqsadimizga mos keladi va neyroeabilitatsiya strategiyalarining yangilangan sintezini ta'minlash, innovatsion yondashuvlar va ularning KST populyatsiyalarida kognitiv va jismoniy tiklanish imkoniyatlariga e'tibor qaratadi. Aulisio va boshqalar, VR o'yinlarini neyroeabilitatsiyada muhim vosita sifatida muhokama qildilar, ayniqsa harakat va jismoniy ko'nikmalarga e'tibor qaratdilar. Yurish va muvozanat bo'yicha barcha tadqiqotlar turli darajadagi KST bilan og'rigan odamlarda o'rtacha yaxshilanishni ko'rsatdi. Bundan tashqari, oyoq-qo'llarning funksiyalarini neyroeabilitatsiya qilish bo'yicha tadqiqotlar KST bemorlari uchun aralash natijalar berdi [89]. Alashram va boshqalar tomonidan tizimli tekshiruvlar kognitiv takomillashtirishga e'tibor qaratgan holda VR texnologiyasini o'rganib chiqdi. Birlamchi natijalar shuni ko'rsatdiki, turli xil davolash protokollari bilan VR aralashuvi KST bilan og'rigan bemorlarda kognitiv funktsiyaning ko'plab elementlarini, jumladan xotira, ijro etuvchi funksiya va

e'tiborni yaxshilashda foydalidir [87]. Boshqa bir tizimli tekshiruv esa telereabilitatsiyani KST bemorlari uchun vosita sifatida o'rganib chiqdi. Tadqiq qilingan beshta randomizatsiyalangan nazorat ostidagi sinovdan to'rttasida rejalashtirilgan telefon yordami an'anaviy davolanishga nisbatan yengil, o'rtacha va og'ir KST bilan og'irgan bemorlarda yaxshi natijalar bergan. Biroq, bu tadqiqotlar uzoq muddatli ta'sirlarni ko'rsatmadi. Xotira va charchoqqa qarshi kurashadigan ikkita alohida Internetga asoslangan terapiyani o'rgangan tadqiqotlarda nazorat va eksperimental muolajalar o'rtasida ham muhim farqlar kuzatilmadi [90].

KST uchun neyroeabilitatsiyaga qiziqish ortishiga qaramay, adabiyotda hali ham bir qator bo'shliqlar mavjud. Birinchidan, natijalarning ishonchliligi aralashuv usullarining xilma-xilligi, kichik namuna o'lchamlari va tadqiqot dizaynining geterogenligi bilan cheklanadi. Ikkinchidan, ko'plab tadqiqotlar qisqa muddatli foydalarni ko'rsatsa-da, bu aralashuvlarning uzoq muddatli samaradorligi va barqarorligi haqida dalillar yo'q. Bundan tashqari, bir nechta tadqiqotlar multimodal terapiyani o'rganadi yoki aralashuvlarni to'g'ridan-to'g'ri taqqoslaydi, bu turli xil neyroeabilitatsiya usullarining nisbiy samaradorligini aniqlashni qiyinlashtiradi.

5. Xulosalar.

Ushbu sharh KST oqibatlarini bo'lgan bemorlar uchun kognitiv, jismoniy va psixologik reabilitatsiyani qo'llab quvvatlashda turli xil neyroeabilitatsiya strategiyalarining potentsial qo'llanilishini tavsiflaydi. Turli texnologik innovatsiyalar va invaziv bo'lmagan yondashuvlar o'rganildi. Ushbu yondashuvlar bemorlarda ijobiy natijalar berayotgan bo'lsa-da, ayrim kamchiliklar, jumladan, uzoq muddatli ma'lumotlarning yo'qligi, kichik namuna o'lchamlari va izchil bo'lmagan natijalar, bemorni eng yaxshi holatgacha tiklash uchun ushbu aralashuvlarni ishlab chiqish va takomillashtirish uchun qo'shimcha tadqiqotlar o'tkazish muhimligini ko'rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Dewan, M.C.; Rattani, A.; Gupta, S.; Baticulon, R.E.; Hung, Y.-C.; Punchak, M.; Agrawal, A.; Adeleye, A.O.; Shrinne, M.G.; Rubiano, A.M.; et al. Estimating the Global Incidence of Traumatic Brain Injury. *J. Neurosurg.* 2019, 130, 1080–1097. [CrossRef] [PubMed]
2. Min, J.H.; Shin, Y.-I. Treatment and Rehabilitation for Traumatic Brain Injury: Current Update. *Brain Neurorehabilit.* 2022, 15, e14. [CrossRef]
3. Oberholzer, M.; Müri, R.M. Neurorehabilitation of Traumatic Brain Injury (TBI): A Clinical Review. *Med. Sci.* 2019, 7, 47. [CrossRef]
4. Naik, A.; Bederson, M.M.; Detchou, D.; Dharnipragada, R.; Hassaneen, W.; Arnold, P.M.; Germano, I.M. Traumatic Brain Injury Mortality and Correlates in Low- and Middle-Income Countries: A Meta-Epidemiological Study. *Neurosurgery* 2023, 93, 736–744. [CrossRef]
5. James, S.L.; Theadom, A.; Ellenbogen, R.G.; Bannick, M.S.; Montjoy-Venning, W.; Lucchesi, L.R. GBD 2016 Traumatic Brain Injury and Spinal Cord Injury Collaborators. Global, regional, and national burden of traumatic brain injury and spinal cord injury, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2019, 18, 56–87, Erratum in *Lancet Neurol.* 2021, 20, e7. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(21\)00383-5](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00383-5). [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
6. Gardner, R.C.; Dams-O'Connor, K.; Morrissey, M.R.; Manley, G.T. Geriatric Traumatic Brain Injury: Epidemiology, Outcomes, Knowledge Gaps, and Future Directions. *J. Neurotrauma* 2018, 35, 889–906. [CrossRef]
7. Dams-O'Connor, K.; Ketchum, J.M.; Cuthbert, J.P.; Corrigan, J.D.; Hammond, F.M.; Haarbauer-Krupa, J.; Kowalski, R.G.; Miller, A.C. Functional Outcome Trajectories Following Inpatient Rehabilitation for TBI in the United States: A NIDILRR TBIMS and CDC Interagency Collaboration. *J. Head Trauma Rehabil.* 2020, 35, 127–139. [CrossRef]
8. Devi, Y.; Khan, S.; Rana, P.; Deepak, D.; Dhandapani, M.; Ghai, S.; Gopichandran, L.; Dhandapani, S. Cognitive, Behavioral, and Functional Impairments among Traumatic Brain Injury Survivors: Impact on Caregiver Burden. *J. Neurosci. Rural Pract.* 2020, 11, 629–635. [CrossRef]
9. Kumar, K.S.; Samuelkamaleshkumar, S.; Viswanathan, A.; Macaden, A.S. Cognitive rehabilitation for adults with traumatic brain injury to improve occupational outcomes. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2017, 6, CD007935. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
10. Cicerone, K.D.; Goldin, Y.; Ganci, K.; Rosenbaum, A.; Wethe, J.V.; Langenbahn, D.M.; Malec, J.F.; Bergquist, T.F.; Kingsley, K.; Nagele, D.; et al. Evidence-Based Cognitive Rehabilitation: Systematic Review of the Literature From 2009 Through 2014. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2019, 100, 1515–1533. [CrossRef] [PubMed]
11. Jeon, H.; Kim, D.Y.; Park, S.W.; Lee, B.S.; Han, H.W.; Jeon, N.; Kim, M.; Kang, M.; Kim, S. A systematic review of cognitive telerehabilitation in patients with cognitive dysfunction. *Front. Neurol.* 2025, 15, 1450977. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central] Life 2025, 15, 503 24 of 27

12. Cicerone, K.D.; Dahlberg, C.; Kalmar, K.; Langenbahn, D.M.; Malec, J.F.; Bergquist, T.F.; Felicetti, T.; Giacino, J.T.; Harley, J.P.; Harrington, D.E.; et al. Evidence-based cognitive rehabilitation: Recommendations for clinical practice. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2000, 81, 1596–1615. [CrossRef] [PubMed]
13. Bland, D.C.; Zampieri, C.; Damiano, D.L. Effectiveness of Physical Therapy for Improving Gait and Balance in Individuals with Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *Brain Inj.* 2011, 25, 664–679. [CrossRef]
14. Cumplido-Trasmonte, C.; Barquín-Santos, E.; Gor-García-Fogeda, M.D.; Plaza-Flores, A.; García-Varela, D.; Ibáñez-Herrán, L.; González-Alted, C.; Díaz-Valles, P.; López-Pascua, C.; Castrillo-Calvillo, A.; et al. STELO: A New Modular Robotic Gait Device for Acquired Brain Injury—Exploring Its Usability. *Sensors* 2023, 24, 198. [CrossRef] [PubMed]
15. Lippert, J.; Guggisberg, A.G. Diagnostic and Therapeutic Approaches in Neurorehabilitation after Traumatic Brain Injury and Disorders of Consciousness. *Clin. Transl. Neurosci.* 2023, 7, 21. [CrossRef]
16. Maas, A.I.R.; Menon, D.K.; Manley, G.T.; InTBIR Participants and Investigators. Traumatic Brain Injury: Progress and Challenges in Prevention, Clinical Care, and Research. *Lancet Neurol.* 2022, 21, 1004–1060. [CrossRef]
17. Andelic, N.; Ye, J.; Tornas, S.; Roe, C.; Lu, J.; Bautz-Holter, E.; Moger, T.; Sigurdardottir, S.; Schanke, A.-K.; Aas, E. Cost Effectiveness Analysis of an Early-Initiated, Continuous Chain of Rehabilitation after Severe Traumatic Brain Injury. *J. Neurotrauma* 2014, 31, 1313–1320. [CrossRef]
18. Jacob, L.; Cogné, M.; Tenovuo, O.; Røe, C.; Andelic, N.; Majdan, M.; Ranta, J.; Ylen, P.; Dawes, H.; Azouvi, P.; et al. Predictors of Access to Rehabilitation in the Year Following Traumatic Brain Injury: A European Prospective and Multi-center Study. *Neurorehabil. Neural Repair* 2020, 34, 814–830. [CrossRef]
19. Ponsford, J.; Harrison-Felix, C.; Ketchum, J.M.; Spitz, G.; Miller, A.C.; Corrigan, J.D. Outcomes 1 and 2 Years After Moderate to Severe Traumatic Brain Injury: An International Comparative Study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2021, 102, 371–377. [CrossRef]
20. Turner-Stokes, L.; Pick, A.; Nair, A.; Disler, P.B.; Wade, D.T. Multi-Disciplinary Rehabilitation for Acquired Brain Injury in Adults of Working Age. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2015, 12, CD004170. [CrossRef]
21. Truijen, S.; Abdullahi, A.; Bijsterbosch, D.; Van Zoest, E.; Conijn, M.; Wang, Y.; Struyf, N.; Saeys, W. Effect of Home-Based Virtual Reality Training and Telerehabilitation on Balance in Individuals with Parkinson Disease, Multiple Sclerosis, and Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurol. Sci.* 2022, 43, 2995–3006. [CrossRef] [PubMed]
22. Nascimento, A.S.; Fagundes, C.V.; Mendes, F.A.D.S.; Leal, J.C. Effectiveness of Virtual Reality Rehabilitation in Persons with Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Mult. Scler. Relat. Disord.* 2021, 54, 103128. [CrossRef] [PubMed]
23. Kesikburun, S. Non-Invasive Brain Stimulation in Rehabilitation. *Turk. J. Phys. Med. Rehabil.* 2022, 68, 1–8. [CrossRef] [PubMed]
24. Hara, T.; Shanmugalingam, A.; McIntyre, A.; Burhan, A.M. The Effect of Non-Invasive Brain Stimulation (NIBS) on Executive Functioning, Attention and Memory in Rehabilitation Patients with Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *Diagnostics* 2021, 11, 627. [CrossRef]
25. Korupolu, R.; Miller, A.; Park, A.; Yozbatiran, N. Neurorehabilitation with Vagus Nerve Stimulation: A Systematic Review. *Front. Neurol.* 2024, 15, 1390217. [CrossRef]
26. Chen, J.; Dong, Y.; Guo, H.; Zhao, T.; Zhang, D.; Jin, S. Efficacy of rTMS Combined with Cognitive Training in TBI with Cognition Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurol. Sci.* 2024, 45, 3683–3697. [CrossRef]
27. Schiff, N.D.; Giacino, J.T.; Butson, C.R.; Choi, E.Y.; Baker, J.L.; O’Sullivan, K.P.; Janson, A.P.; Bergin, M.; Bronte-Stewart, H.M.; Chua, J.; et al. Thalamic Deep Brain Stimulation in Traumatic Brain Injury: A Phase 1, Randomized Feasibility Study. *Nat. Med.* 2023, 29, 3162–3174. [CrossRef]
28. Flint, R.D.; Li, Y.; Wang, P.T.; Vaidya, M.; Barry, A.; Ghassemi, M.; Tomic, G.; Brkic, N.; Ripley, D.; Liu, C.; et al. Noninvasively Recorded High-Gamma Signals Improve Synchrony of Force Feedback in a Novel Neurorehabilitation Brain–Machine Interface for Brain Injury. *J. Neural Eng.* 2022, 19, 036024. [CrossRef]
29. Sacco, K.; Galetto, V.; Dimitri, D.; Geda, E.; Perotti, F.; Zettin, M.; Geminiani, G.C. Concomitant Use of Transcranial Direct Current Stimulation and Computer-Assisted Training for the Rehabilitation of Attention in Traumatic Brain Injured Patients: Behavioral and Neuroimaging Results. *Front. Behav. Neurosci.* 2016, 10, 57. [CrossRef]
30. Quinn, D.K.; Upston, J.; Jones, T.; Brandt, E.; Story-Remer, J.; Fratzke, V.; Wilson, J.K.; Rieger, R.; Hunter, M.A.; Gill, D.; et al. Cerebral Perfusion Effects of Cognitive Training and Transcranial Direct Current Stimulation in Mild-Moderate TBI. *Front. Neurol.* 2020, 11, 545174. [CrossRef]
31. Li, L.M.; Violante, I.R.; Zimmerman, K.; Leech, R.; Hampshire, A.; Patel, M.; Opitz, A.; McArthur, D.; Jolly, A.; Carmichael, D.W.; et al. Traumatic Axonal Injury Influences the Cognitive Effect of Non-Invasive Brain Stimulation. *Brain* 2019, 142, 3280–3293. [CrossRef] [PubMed]
32. Motes, M.A.; Spence, J.S.; Yeatman, K.; Jones, P.M.; Luttrell, M.; O’Hair, R.; Shakal, S.; DeLaRosa, B.L.; To, W.; Vanneste, S.; et al. High-Definition Transcranial Direct Current Stimulation to Improve Verbal Retrieval Deficits in Chronic Traumatic Brain Injury. *J. Neurotrauma* 2020, 37, 170–177. [CrossRef] [PubMed] *Life* 2025, 15, 503 25 of 27
33. DeFreitas, D.J.; De Carvalho, D.; Paglioni, V.M.; Brunoni, A.R.; Valiengo, L.; Thome-Souza, M.S.; Guirado, V.M.P.; Zaninotto, A.L.; Paiva, W.S. Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Concurrent Cognitive Training on Episodic Memory in Patients with Traumatic Brain Injury: A Double-Blind, Randomised, Placebo-Controlled Study. *BMJ Open* 2021, 11, e045285. [CrossRef] [PubMed]
34. O’Neil-Pirozzi, T.M.; Doruk, D.; Thomson, J.M.; Fregni, F. Immediate Memory and Electrophysiologic Effects of

- Prefrontal Cortex Transcranial Direct Current Stimulation on Neurotypical Individuals and Individuals with Chronic Traumatic Brain Injury: A Pilot Study. *Int. J. Neurosci.* 2017, 127, 592–600. [CrossRef]
35. Vallejo, P.; Cueva, E.; Martínez-Lozada, P.; García-Ríos, C.A.; Miranda-Barros, D.H.; Leon-Rojas, J.E. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Stroke: A Literature Review of the Current Role and Controversies of Neurorehabilitation Through Electromagnetic Pulses. *Cureus* 2023, 15, e41714. [CrossRef]
36. Lee, S.A.; Kim, M.-K. Effect of Low Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Depression and Cognition of Patients with Traumatic Brain Injury: A Randomized Controlled Trial. *Med. Sci. Monit.* 2018, 24, 8789–8794. [CrossRef]
37. Neville, I.S.; Zaninotto, A.L.; Hayashi, C.Y.; Rodrigues, P.A.; Galhardoni, R.; Ciampi De Andrade, D.; Brunoni, A.R.; Amorim, R.L.O.; Teixeira, M.J.; Paiva, W.S. Repetitive TMS Does Not Improve Cognition in Patients with TBI: A Randomized Double-Blind Trial. *Neurology* 2019, 93, e190–e199. [CrossRef]
38. Chiang, H.-S.; Shakal, S.; Vanneste, S.; Kraut, M.; Hart, J. Case Report: Improving Verbal Retrieval Deficits With High Definition Transcranial Direct Current Stimulation Targeting the Pre-Supplementary Motor Area in a Patient With Chronic Traumatic Brain Injury. *Front. Neurol.* 2021, 12, 678518. [CrossRef]
39. Eilam-Stock, T.; George, A.; Charvet, L.E. Cognitive Telerehabilitation with Transcranial Direct Current Stimulation Improves Cognitive and Emotional Functioning Following a Traumatic Brain Injury: A Case Study. *Arch. Clin. Neuro Psychol.* 2021, 36, 442–453. [CrossRef]
40. Bonanno, M.; De Luca, R.; De Nunzio, A.M.; Quartarone, A.; Calabrò, R.S. Innovative Technologies in the Neurorehabilitation of Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *Brain Sci.* 2022, 12, 1678. [CrossRef]
41. Nieto-Escamez, F.; Cortés-Pérez, I.; Obrero-Gaitán, E.; Fusco, A. Virtual Reality Applications in Neurorehabilitation: Current Panorama and Challenges. *Brain Sci.* 2023, 13, 819. [CrossRef] [PubMed]
42. Voinescu, A.; Sui, J.; Stanton Fraser, D. Virtual Reality in Neurorehabilitation: An Umbrella Review of Meta-Analyses. *J. Clin. Med.* 2021, 10, 1478. [CrossRef] [PubMed]
43. Kim, W.-S.; Lee, K.; Kim, S.; Cho, S.; Paik, N.-J. Transcranial Direct Current Stimulation for the Treatment of Motor Impairment Following Traumatic Brain Injury. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2019, 16, 14. [CrossRef] [PubMed]
44. Llorens, R.; Fuentes, M.A.; Borrego, A.; Latorre, J.; Alcañiz, M.; Colomer, C.; Noé, E. Effectiveness of a Combined Transcranial Direct Current Stimulation and Virtual Reality-Based Intervention on Upper Limb Function in Chronic Individuals Post-Stroke with Persistent Severe Hemiparesis: A Randomized Controlled Trial. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2021, 18, 108. [CrossRef]
45. Liu, M.; Wilder, S.; Sanford, S.; Glassen, M.; Dewil, S.; Saleh, S.; Nataraj, R. Augmented Feedback Modes during Functional Grasp Training with an Intelligent Glove and Virtual Reality for Persons with Traumatic Brain Injury. *Front. Robot. AI* 2023, 10, 1230086. [CrossRef]
46. DeLuca, R.; Bonanno, M.; Rifìci, C.; Pollicino, P.; Caminiti, A.; Morone, G.; Calabrò, R.S. Does Non-Immersive Virtual Reality Improve Attention Processes in Severe Traumatic Brain Injury? Encouraging Data from a Pilot Study. *Brain Sci.* 2022, 12, 1211. [CrossRef]
47. Ettenhofer, M.L.; Guise, B.; Brandler, B.; Bittner, K.; Gimbel, S.I.; Cordero, E.; Nelson Schmitt, S.; Williams, K.; Cox, D.; Roy, M.J.; et al. Neurocognitive Driving Rehabilitation in Virtual Environments (NeuroDRIVE): A Pilot Clinical Trial for Chronic Traumatic Brain Injury. *NeuroRehabilitation* 2019, 44, 531–544. [CrossRef]
48. Tefertiller, C.; Hays, K.; Natale, A.; O'Dell, D.; Ketchum, J.; Sevigny, M.; Eagye, C.B.; Philippus, A.; Harrison-Felix, C. Results From a Randomized Controlled Trial to Address Balance Deficits After Traumatic Brain Injury. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2019, 100, 1409–1416. [CrossRef]
49. Chanpimol, S.; Seamon, B.; Hernandez, H.; Harris-Love, M.; Blackman, M.R. Using Xbox Kinect Motion Capture Technology to Improve Clinical Rehabilitation Outcomes for Balance and Cardiovascular Health in an Individual with Chronic TBI. *Arch. Physiother.* 2017, 7, 6. [CrossRef]
50. Gottshall, K.R.; Sessoms, P.H. Improvements in Dizziness and Imbalance Results from Using a Multi Disciplinary and Multi Sensory Approach to Vestibular Physical Therapy—A Case Study. *Front. Syst. Neurosci.* 2015, 9, 106. [CrossRef]
51. DeLuca, R.; Bonanno, M.; Marra, A.; Rifìci, C.; Pollicino, P.; Caminiti, A.; Castorina, M.V.; Santamato, A.; Quartarone, A.; Calabrò, R.S. Can Virtual Reality Cognitive Rehabilitation Improve Executive Functioning and Coping Strategies in Traumatic Brain Injury? A Pilot Study. *Brain Sci.* 2023, 13, 578. [CrossRef] [PubMed]
52. Alt Murphy, M.; Pradhan, S.; Levin, M.F.; Hancock, N.J. Uptake of Technology for Neurorehabilitation in Clinical Practice: A Scoping Review. *Phys. Ther.* 2024, 104, 140. [CrossRef] [PubMed] *Life* 2025, 15, 503 26 of 27
53. VanDenBerg, M.; Sherrington, C.; Killington, M.; Smith, S.; Bongers, B.; Hassett, L.; Crotty, M. Video and Computer-Based Interactive Exercises Are Safe and Improve Task-Specific Balance in Geriatric and Neurological Rehabilitation: A Randomised Trial. *J. Physiother.* 2016, 62, 20–28. [CrossRef] [PubMed]
54. Rodríguez-Rajo, P.; García-Rudolph, A.; Sánchez-Carrión, R.; Aparicio-López, C.; Enseñat-Cantallos, A.; García-Molina, A. Computerized Social Cognitive Training in the Subacute Phase after Traumatic Brain Injury: A Quasi-Randomized Controlled Trial. *Appl. Neuropsychol. Adult* 2024, 31, 540–553. [CrossRef]
55. Liu, B.; Lu, H. Research on Computer Assisted Cognitive Rehabilitation for Cognitive Dysfunction after Traumatic Brain Injury. *J. Phys. Conf. Ser.* 2021, 1915, 032025. [CrossRef]
56. Martin, S.; Armstrong, E.; Thomson, E.; Vargiu, E.; Solà, M.; Dauwalder, S.; Miralles, F.; Daly Lynn, J. A Qualitative Study Adopting a User-Centered Approach to Design and Validate a Brain Computer Interface for Cognitive Rehabilitation for People with Brain Injury. *Assist. Technol.* 2018, 30, 233–241. [CrossRef]
57. Del Pino, R.; Díez-Cirarda, M.; Ustarroz-Aguirre, I.; Gonzalez-Larragan, S.; Caprino, M.; Busnatu, S.; Gand, K.; Schlieter, H.; Gabilondo, I.; Gómez-Esteban, J.C. Costs and Effects of Telerehabilitation in Neurological and Cardiovascular Diseases: A Systematic Review. *Front. Med.* 2022, 9, 832229. [CrossRef]

58. Federico, S.; Cacciante, L.; Cie'slik, B.; Turolla, A.; Agostini, M.; Kiper, P.; Picelli, A. Telerehabilitation for Neurological Motor Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis on Quality of Life, Satisfaction, and Acceptance in Stroke, Multiple Sclerosis, and Parkinson's Disease. *J. Clin. Med.* 2024, 13, 299. [CrossRef]
59. Simmich, J.; Ross, M.H.; Russell, T. Real-Time Video Telerehabilitation Shows Comparable Satisfaction and Similar or Better Attendance and Adherence Compared with in-Person Physiotherapy: A Systematic Review. *J. Physiother.* 2024, 70, 181–192. [CrossRef]
60. DeLuca, R.; Maggio, M.G.; Naro, A.; Portaro, S.; Cannavò, A.; Calabrò, R.S. Can Patients with Severe Traumatic Brain Injury Be Trained with Cognitive Telerehabilitation? An Inpatient Feasibility and Usability Study. *J. Clin. Neurosci.* 2020, 79, 246–250. [CrossRef]
61. Raso, M.G.; Arcuri, F.; Liperoti, S.; Mercurio, L.; Mauro, A.; Cusato, F.; Romania, L.; Serra, S.; Pignolo, L.; Tonin, P.; et al. Telemonitoring of Patients With Chronic Traumatic Brain Injury: A Pilot Study. *Front. Neurol.* 2021, 12, 598777. [CrossRef] [PubMed]
62. Bell, K.R.; Fann, J.R.; Brockway, J.A.; Cole, W.R.; Bush, N.E.; Dikmen, S.; Hart, T.; Lang, A.J.; Grant, G.; Gahm, G.; et al. Telephone Problem Solving for Service Members with Mild Traumatic Brain Injury: A Randomized, Clinical Trial. *J. Neurotrauma* 2017, 34, 313–321. [CrossRef] [PubMed]
63. Vuletic, S.; Bell, K.R.; Jain, S.; Bush, N.; Temkin, N.; Fann, J.R.; Stanfill, K.E.; Dikmen, S.; Brockway, J.A.; He, F.; et al. Telephone Problem-Solving Treatment Improves Sleep Quality in Service Members With Combat-Related Mild Traumatic Brain Injury: Results From a Randomized Clinical Trial. *J. Head Trauma Rehabil.* 2016, 31, 147–157. [CrossRef] [PubMed]
64. Oña, E.D.; Cano-de La Cuerda, R.; Sánchez-Herrera, P.; Balaguer, C.; Jardón, A. A Review of Robotics in Neurorehabilitation: Towards an Automated Process for Upper Limb. *J. Healthc. Eng.* 2018, 2018, 9758939. [CrossRef]
65. Chang, W.H.; Kim, Y.-H. Robot-Assisted Therapy in Stroke Rehabilitation. *J. Stroke* 2013, 15, 174. [CrossRef]
66. Esquenazi, A.; Lee, S.; Wikoff, A.; Packel, A.; Toczylowski, T.; Feeley, J. A Comparison of Locomotor Therapy Interventions: Partial-Body Weight-Supported Treadmill, Lokomat, and G-EO Training in People With Traumatic Brain Injury. *PMR* 2017, 9, 839–846. [CrossRef]
67. Maggio, M.G.; Torrisi, M.; Buda, A.; De Luca, R.; Piazzitta, D.; Cannavò, A.; Leo, A.; Milardi, D.; Manuli, A.; Calabro, R.S. Effects of Robotic Neurorehabilitation through Lokomat plus Virtual Reality on Cognitive Function in Patients with Traumatic Brain Injury: A Retrospective Case-Control Study. *Int. J. Neurosci.* 2020, 130, 117–123. [CrossRef]
68. Williams, K.; Christenbury, J.; Niemeier, J.P.; Newman, M.; Pinto, S. Is Robotic Gait Training Feasible in Adults With Disorders of Consciousness? *J. Head Trauma Rehabil.* 2020, 35, E266–E270. [CrossRef]
69. Nolan, K.J.; Karunakaran, K.K.; Ehrenberg, N.; Kesten, A.G. Robotic Exoskeleton Gait Training for Inpatient Rehabilitation in a Young Adult with Traumatic Brain Injury. In Proceedings of the 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Honolulu, HI, USA, 17–21 July 2018; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2018; pp. 2809–2812.
70. Anderl, E.R.; Trammell, H.J. Facilitating Walking Recovery with Use of a Wearable Robotic Exoskeleton in an Individual with Traumatic Brain Injury and Ataxia: A Case Study. In Proceedings of the 2017 International Symposium on Wearable Robotics and Rehabilitation (WeRob), Houston, TX, USA, 5–8 November 2017; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2017; pp. 1–2.
71. Ilyas, C.M.A.; Schmuck, V.; Haque, M.A.; Nasrollahi, K.; Rehm, M.; Moeslund, T.B. Teaching Pepper Robot to Recognize Emotions of Traumatic Brain Injured Patients Using Deep Neural Networks. In Proceedings of the 2019 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), New Delhi, India, 14–18 October 2019; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2019; pp. 1–7. *Life* 2025, 15, 503 27 of 27
72. Hamblin, M.R.; Huang, Y.Y.; Heiskanen, V. Non-Mammalian Hosts and Photobiomodulation: Do All Life-Forms Respond to Light? *Photochem. Photobiol.* 2019, 95, 126–139. [CrossRef]
73. Lin, Y.P.; Ku, C.H.; Chang, C.C.; Chang, S.T. Effects of Intravascular Photobiomodulation on Cognitive Impairment and Crossed Cerebellar Diaschisis in Patients with Traumatic Brain Injury: A Longitudinal Study. *Lasers Med. Sci.* 2023, 38, 108. [CrossRef]
74. Carneiro, A.M.C.; Poiani, G.C.; Zaninotto, A.L.; Lazo Osorio, R.; Oliveira, M.L.; Paiva, W.S.; Zângaro, R.A. Transcranial Photobiomodulation Therapy in the Cognitive Rehabilitation of Patients with Cranioencephalic Trauma. *Photobiomodul. Photomed. Laser Surg.* 2019, 37, 657–666. [CrossRef] [PubMed]
75. Henderson, T.A.; Morries, L.D. Multi-Watt Near-Infrared Phototherapy for the Treatment of Comorbid Depression: An Open Label Single-Arm Study. *Front. Psychiatry* 2017, 8, 187. [CrossRef] [PubMed]
76. Hipkind, S.G.; Grover, F.L., Jr.; Fort, T.R.; Helffenstein, D.; Burke, T.J.; Quint, S.A.; Bussiere, G.; Stone, M.; Hurtado, T. Pulsed Transcranial Red/Near-Infrared Light Therapy Using Light-Emitting Diodes Improves Cerebral Blood Flow and Cognitive Function in Veterans with Chronic Traumatic Brain Injury: A Case Series. *Photomed. Laser Surg.* 2018, 37, 77–84. [CrossRef]
77. Chao, L.L.; Barlow, C.; Karimpoor, M.; Lim, L. Changes in Brain Function and Structure After Self-Administered Home Photobiomodulation Treatment in a Concussion Case. *Front. Neurol.* 2020, 11, 952. [CrossRef]
78. Chao, L.L. Improvements in Gulf War Illness Symptoms After Near-Infrared Transcranial and Intranasal Photobiomodulation: Two Case Reports. *Mil. Med.* 2019, 184, e568–e574. [CrossRef]
79. Zuo, J.; Tao, Y.; Liu, M.; Feng, L.; Yang, Y.; Liao, L. The effect of family-centered sensory and affective stimulation on comatose patients with traumatic brain injury: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Nurs. Stud.* 2021, 115, 103846. [CrossRef]
80. Park, S. Effectiveness of direct and non-direct auditory stimulation on coma arousal after traumatic brain injury.

- Int. J. Nurs. Pract. 2016, 22, 391–396. [CrossRef]
81. Norwood, M.F.; Lakhani, A.; Watling, D.P.; Marsh, C.H.; Zeeman, H. Efficacy of Multimodal Sensory Therapy in Adult Acquired Brain Injury: A Systematic Review. *Neuropsychol. Rev.* 2023, 33, 693–713. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
 82. DeLuca, R.; Lauria, P.; Bonanno, M.; Corallo, F.; Rifichi, C.; Castorina, M.V.; Trifirò, S.; Gangemi, A.; Lombardo, C.; Quartarone, A.; et al. Neurophysiological and Psychometric Outcomes in Minimal Consciousness State after Advanced Audio–Video Emotional Stimulation: A Retrospective Study. *Brain Sci.* 2023, 13, 1619. [CrossRef]
 83. Salmani, F.; Mohammadi, E.; Rezvani, M.; Kazemnezhad, A. The effects of family-centered affective stimulation on brain-injured comatose patients' level of consciousness: A randomized controlled trial. *Int. J. Nurs. Stud.* 2017, 74, 44–52. [CrossRef]
 84. Moattari, M.; Alizadeh Shirazi, F.; Sharifi, N.; Zareh, N. Effects of a Sensory Stimulation by Nurses and Families on Level of Cognitive Function, and Basic Cognitive Sensory Recovery of Comatose Patients With Severe Traumatic Brain Injury: A Randomized Control Trial. *Trauma Mon.* 2016, 21, e23531. [CrossRef] [PubMed]
 85. Abbate, C.; Trimarchi, P.D.; Basile, I.; Mazzucchi, A.; Devalle, G. Sensory stimulation for patients with disorders of consciousness: From stimulation to rehabilitation. *Front. Hum. Neurosci.* 2014, 8, 616. [CrossRef] [PubMed] [PubMed Central]
 86. DeLuca, R.; Bonanno, M.; Vermiglio, G.; Trombetta, G.; Andidero, E.; Caminiti, A.; Pollicino, P.; Rifichi, C.; Calabrò, R.S. Robotic Verticalization plus Music Therapy in Chronic Disorders of Consciousness: Promising Results from a Pilot Study. *Brain Sci.* 2022, 12, 1045. [CrossRef] [PubMed]
 87. Alashram, A.R.; Annino, G.; Padua, E.; Romagnoli, C.; Mercuri, N.B. Cognitive Rehabilitation Post Traumatic Brain Injury: A Systematic Review for Emerging Use of Virtual Reality Technology. *J. Clin. Neurosci.* 2019, 66, 209–219. [CrossRef]
 88. Suarilah, I.; Zulkarnain, H.; Saragih, I.D.; Lee, B.O. Effectiveness of Telehealth Interventions Among Traumatic Brain Injury Survivors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Telemed. Telecare* 2024, 30, 781–794. [CrossRef]
 89. Aulisio, M.C.; Han, D.Y.; Glueck, A.C. Virtual Reality Gaming as a Neurorehabilitation Tool for Brain Injuries in Adults: A Systematic Review. *Brain Inj.* 2020, 34, 1322–1330. [CrossRef]
 90. Ownsworth, T.; Arnautovska, U.; Beadle, E.; Shum, D.H.K.; Moyle, W. Efficacy of Telerehabilitation for Adults With Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *J. Head Trauma Rehabil.* 2018, 33, E33–E46. [CrossRef]