Tashpulatova Guzal Aliyevna – t.f.d., professor
Sanitariya, gigiyena va kasb kasalliklari ilmiy-tadqiqot instituti (Toshkent, O‘zbekiston)
O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi huzuridagi Tibbiyot xodimlarining kasbiy malakasini rivojlantirish markazi (Toshkent, O‘zbekiston)
Asenbayeva Tumaris Adilbayevna – tayanch doktorant
Sanitariya, gigiyena va kasb kasalliklari ilmiy-tadqiqot instituti (Toshkent, O‘zbekiston)

2,4 GHz CHASTOTALI WI-FI ELEKTROMAGNIT NURLANISHINING UZOQ MUDDATLI TA’SIRIDA OQ KALAMUSHLAR QON ZARDOBIDAGI BIOKIMYOVIY KO‘RSATKICHLARNING O‘ZGARISHI

Annotatsiya: *Mazkur tadqiqotda 2,4 GHz chastotali Wi-Fi elektromagnit nurlanishining uzoq muddatli ta’sirida oq kalamushlar qon zardobidagi biokimyoviy ko‘rsatkichlarning o‘zgarishi baholandi. Eksperimentda 45 ta oq kalamush uchta guruhga, har birida 15 tadan hayvon bo‘lgan holda ajratildi. Birinchi tajriba guruhiga 1,67–2,26 mkVt/sm², ikkinchi guruhga 0,55–1,13 mkVt/sm² quvvat oqimi zichligidagi elektromagnit nurlanish kuniga 8 soatdan 120 kun davomida ta’sir ettirildi. Uchinchi guruh nazorat sifatida olindi. Biokimyoviy tekshiruvlar 30-, 60- va 120-kunlarda o‘tkazilib, qon zardobida umumiy oqsil, glyukoza, alaninaminotransferaza (ALT), aspartataminotransferaza (AST) va ishqoriy fosfataza faolligi aniqlandi. Tajribaning 120-kunida birinchi guruhda nazoratga nisbatan umumiy oqsil miqdori 10,8% va ishqoriy fosfataza faolligi 9,8% ga past, glyukoza miqdori 13,2%, ALT faolligi 14,5% va AST faolligi 7,4% ga yuqori bo‘ldi. Ikkinchi tajriba guruhida ko‘rsatkichlarning nazoratdan farqlanishi nisbatan kamroq kuzatildi. Olingan natijalar uzoq muddatli Wi-Fi elektromagnit nurlanishi ta’siri sharoitida ayrim biokimyoviy ko‘rsatkichlar o‘zgarganini hamda bu farqlar yuqoriroq nurlanish darajasidagi guruhda yaqqolroq namoyon bo‘lganini ko‘rsatdi.*

Kalit so‘zlar: *Wi-Fi; elektromagnit nurlanish; qon zardobi; biokimyoviy ko‘rsatkichlar; umumiy oqsil; glyukoza; alaninaminotransferaza (ALT); aspartataminotransferaza (AST); ishqoriy fosfataza (IF).*

Ташпулатова Гузал Алиевна – д.м.н., профессор
Научно-исследовательский институт санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний (Ташкент, Узбекистан)
Национального института непрерывного медицинского образования при Министерстве здравоохранения Республики Узбекистан (Ташкент, Узбекистан)
Асенбаева Тумарис Адилбаевна – базовый докторант
Научно-исследовательский институт санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний (Ташкент, Узбекистан)

ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЫВОРОТКИ КРОВИ БЕЛЫХ КРЫС ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ WI-FI ЧАСТОТОЙ 2,4 ГГЦ

Аннотация: *В настоящем исследовании оценивали изменения биохимических показателей сыворотки крови белых крыс при длительном воздействии электромагнитного излучения Wi-Fi частотой 2,4 ГГц. В эксперименте использовали 45 белых крыс, разделённых на три группы по 15 животных в каждой. Первая опытная группа подвергалась воздействию электромагнитного излучения с плотностью потока мощности 1,67–2,26 мкВт/см², вторая опытная группа — 0,55–1,13 мкВт/см². Продолжительность воздействия составляла 8 часов в сутки в течение 120 дней. Третья группа служила контрольной. Биохимические исследования проводили на 30-е, 60-е и 120-е сутки эксперимента. В сыворотке крови определяли содержание общего белка и глюкозы, активность аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ) и щелочной фосфатазы (ЩФ). На 120-е сутки эксперимента в первой опытной группе по сравнению с контрольной содержание общего белка было ниже на 10,8%, активность щелочной фосфатазы — на 9,8%, тогда как содержание глюкозы было выше на 13,2%, активность АЛТ — на 14,5%, а АСТ — на 7,4%. Во второй опытной группе отклонения биохимических показателей от контрольных значений были менее выраженными. Полученные результаты показали, что при длительном воздействии электромагнитного излучения Wi-Fi наблюдались изменения отдельных биохимических показателей сыворотки крови, которые были более выражены в группе с более высоким уровнем излучения.*

Ключевые слова: *Wi-Fi; электромагнитное излучение; сыворотка крови; биохимические показатели; общий белок; глюкоза; аланинаминотрансфераза (АЛТ); аспартатаминотрансфераза (АСТ); щелочная фосфатаза.*

Tashpulatova Guzal Alievna – D.M.Sc., professor
Research Institute of Sanitation, Hygiene, and Occupational Diseases (Tashkent, Uzbekistan)
National Institute for Continuing Medical Education under the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan)
Asenbaeva Tumaris Adilbaevna – doctoral candidate
Research Institute of Sanitation, Hygiene, and Occupational Diseases (Tashkent, Uzbekistan)

CHANGES IN BLOOD SERUM BIOCHEMICAL PARAMETERS IN WHITE RATS UNDER LONG-TERM EXPOSURE TO 2.4 GHz WI-FI ELECTROMAGNETIC RADIATION

Abstract: *This study evaluated changes in blood serum biochemical parameters in white rats following long-term exposure to 2.4 GHz Wi-Fi electromagnetic radiation. A total of 45 white rats were divided into three groups of 15 animals each. The first experimental group was exposed to electromagnetic radiation at a power density of 1.67–2.26 μW/cm², while the second experimental group was exposed to 0.55–1.13 μW/cm². Exposure lasted 8 hours per day for 120 days. The third group served as the control. Biochemical examinations were performed on days 30, 60, and 120 of the experiment. Serum total protein and glucose concentrations, as well as alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and alkaline phosphatase (ALP) activities, were determined. On day 120, compared with the control group, the first experimental group showed a 10.8% lower total protein concentration and a 9.8% lower alkaline phosphatase activity, whereas glucose concentration was 13.2% higher, ALT activity was 14.5% higher, and AST activity was 7.4% higher. In the second experimental group, deviations in biochemical parameters from the control values were less pronounced. The findings showed changes in certain serum biochemical parameters under long-term exposure to Wi-Fi electromagnetic radiation, with more pronounced differences observed in the group exposed to the higher radiation level.*

Keywords: *Wi-Fi; electromagnetic radiation; blood serum; biochemical parameters; total protein; glucose; alanine aminotransferase (ALT); aspartate aminotransferase (AST); alkaline phosphatase (ALP).*

Kirish.

Bugungi kunda simsiz aloqa texnologiyalaridan turar joylar, ta'lim muassasalari, ish joylari va tibbiyot tashkilotlarida keng foydalanilmoqda. Xususan, Wi-Fi qurilmalari ma'lumotlarni radiochastotali elektromagnit nurlanish orqali uzatadi. Ushbu qurilmalardan muntazam foydalanilishi ularning uzoq muddatli ta'siri sharoitida tirik organizmda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan biologik o'zgarishlarni o'rganish zaruratini oshirmoqda. Ayniqsa, nurlanish darajasi va ta'sir davomiyligining organizmdagi biokimyoviy jarayonlar bilan bog'liqligini aniqlash eksperimental tibbiyot va gigiyena uchun muhim ahamiyatga ega.

Wi-Fi qurilmalari ishlaydigan 2,4 GHz chastota diapazonidagi elektromagnit nurlanishning biologik ta'siri bir qator eksperimental tadqiqotlarda o'rganilgan. H.M. Fahmy va F.F. Mohammed [2] 40 kunlik tajribada jigar faoliyati va to'qimalaridagi o'zgarishlarni, A. Masoumi va hammualliflar [5] 45 kunlik tadqiqotda glyukoza almashinuvi va insulin ajralishini, O. Özmen va O. Kavrik [6] esa 30 kunlik ta'sir sharoitida jigar fermentlari faolligini o'rgangan. H. Amiri va hammualliflar [1] hamda K. Kamali va hammualliflar [4] tadqiqotlarida elektromagnit nurlanishning jigar faoliyati va organizmning himoya tizimlari bilan bog'liq ko'rsatkichlariga e'tibor qaratilgan. Ushbu ilmiy ishlar Wi-Fi elektromagnit nurlanishi ta'siri sharoitida organizmdagi ayrim biokimyoviy va biologik o'zgarishlarni baholash uchun muhim ma'lumotlar beradi.

Biroq mavjud tadqiqotlar nurlanish darajasi, ta'sir davomiyligi va o'rganilgan ko'rsatkichlar jihatidan farqlanadi. Shu sababli bir xil eksperimental sharoitda nurlanishning ikki xil darajasini taqqoslash hamda qon zardobidagi umumiy oqsil, glyukoza, ALT, AST va ishqoriy fosfataza ko'rsatkichlarini turli muddatlarda birgalikda baholash muhim ilmiy ahamiyatga ega. Bunday yondashuv biokimyoviy ko'rsatkichlarning nurlanish darajasi va ta'sir davomiyligiga qarab qanday farqlanishini aniqlashga yordam beradi.

Tadqiqotning maqsadi — 2,4 GHz chastotali Wi-Fi elektromagnit nurlanishining 120 kun davomida kuniga 8 soatlik ta'siri sharoitida oq kalamushlar qon zardobidagi umumiy oqsil, glyukoza, ALT, AST va ishqoriy fosfataza ko'rsatkichlarini baholash, eksperimentning 30-, 60- va 120-kunlarida ushbu ko'rsatkichlarning o'zgarish yo'nalishlarini aniqlash hamda turli nurlanish darajalaridagi tajriba guruhlarini nazorat guruhi bilan taqqoslashdan iborat.

Materiallar va metodlar.

Eksperimental tadqiqot Sanitariya, gigiyena va kasb kasalliklari ilmiy-tadqiqot instituti bazasida oq laboratoriya kalamushlarida *in vivo* sharoitida o'tkazildi. Tajribada jami 45 ta oq kalamushdan foydalanilib, ular har birida 15 tadan hayvon bo'lgan uchta guruhga ajratildi. Eksperiment 120 kun davom etdi. Tajriba guruhidagi hayvonlar har kuni 8 soat davomida Wi-Fi elektromagnit nurlanishi (EMN) ta'siriga duchor qilindi.

Elektromagnit nurlanish manbai sifatida 2,4 GHz chastotada ishlovchi AIR-LAP1131 rusumli Wi-Fi qurilmasidan foydalanildi. Qurilma uchta noutbuk bilan simsiz tarmoq orqali bog'langan bo'lib, ulardan biri ma'lumot uzatuvchi, qolgan ikkitasi esa qabul qiluvchi vazifasini bajardi.

Birinchi tajriba guruhidagi kalamushlar nurlanish manbaidan 1 m masofada, quvvat oqimi zichligi 1,67–2,26 mkVt/sm^2 bo‘lgan sharoitda saqlandi. Ikkinchi tajriba guruhida hayvonlar nurlanish manbaidan 2 m masofada, quvvat oqimi zichligi 0,55–1,13 mkVt/sm^2 bo‘lgan sharoitda saqlandi. Uchinchi guruh nazorat guruhi sifatida ajratilib, eksperimental Wi-Fi elektromagnit nurlanishi ta’siriga duchor qilinmadi. Nurlanish darajalari ish joylarida qayd etilgan elektromagnit nurlanishning maksimal qiymatlari hisobga olingan holda tanlandi.

Eksperiment boshlanishidan oldin barcha hayvonlar 14 kun davomida karantinda saqlandi. Tadqiqot davomida ularga standart, oziq moddalar bo‘yicha muvozanatlashtirilgan granulalangan ozuqa berildi va ichimlik suvidan erkin foydalanish imkoniyati yaratildi. Hayvonlarning umumiy holati, xulq-atvori, oziqa va suv iste’moli, teri, jun qoplami hamda shilliq pardalarining holati muntazam kuzatildi. Tana vazni har 15 kunda nazorat qilindi.

Tashqi elektromagnit nurlanish ta’sirini cheklash maqsadida eksperiment xonasining ichki yuzalari mayda katakchali metall to‘r bilan ekranlashtirildi. Tajriba davomida xona harorati 24,4–26,7 °C, nisbiy namlik 41–47%, atmosfera bosimi 759–761 mm simob ustuni, sun’iy yoritilganlik darajasi esa 250–300 lyuks oralig‘ida saqlandi.

Biokimyoviy tekshiruvlar eksperimentning 30-, 60- va 120-kunlarida amalga oshirildi. Har bir tekshiruv muddatida uchta guruhning har biridan 5 tadan kalamushdan qon namunalari olindi (har bir guruh va muddat uchun n=5). Qon namunalari hayvonlarni dekapitatsiya qilish usuli yordamida olindi. Shunday qilib, tekshiruvning har bir muddatida alohida hayvonlar baholanib, 30-, 60- va 120-kunlardagi natijalar mustaqil guruhlar bo‘yicha taqqoslandi.

Qon zardobida umumiy oqsil va glyukoza miqdori, alaninaminotransferaza (ALT), aspartataminotransferaza (AST) hamda ishqoriy fosfataza (IF) faolligi aniqlandi. Biokimyoviy tekshiruvlar Mindray BA-88A yarim avtomatik biokimyoviy analizatorida HUMAN kompaniyasining diagnostik reaktivlari yordamida amalga oshirildi.

Umumiy oqsil miqdori biuret usulida, glyukoza konsentratsiyasi esa glyukozooksidazali fermentativ-kolorimetrik usulda aniqlandi. ALT va AST fermentlarining faolligi piridoksal-5-fosfat bilan faollashtirilmagan kinetik usulda, ishqoriy fosfataza faolligi esa dietanolamin (DEA) buferidan foydalanilgan kolorimetrik usulda baholandi.

Natijalar.

Oq kalamushlarga Wi-Fi elektromagnit nurlanishining uzoq muddatli ta’siri sharoitida qon zardobidagi umumiy oqsil, glyukoza, alaninaminotransferaza (ALT), aspartataminotransferaza (AST) va ishqoriy fosfataza (IF) ko‘rsatkichlari baholandi. Eksperimentning 30-, 60- va 120-kunlarida oq kalamushlar qon zardobida aniqlangan biokimyoviy ko‘rsatkichlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Wi-Fi elektromagnit nurlanishining uzoq muddatli ta’sirida oq kalamushlar qon zardobidagi biokimyoviy ko‘rsatkichlar (M±m, n=5)

Ko‘rsatkich	Kun	1-tajriba guruhi (1 m)	2-tajriba guruhi (2 m)	Nazorat guruhi
Umumiy oqsil, g/L	30	98,6±0,87	97,0±2,17	98,4±1,21
	60	94,6±1,67	95,0±1,17	98,4±1,21
	120	87,8±0,26***	95,0±0,22*	98,4±1,21
Glyukoza, mmol/L	30	4,16±0,15	4,44±0,21	4,24±0,20
	60	4,56±0,16	4,54±0,14	4,24±0,20
	120	4,80±0,17*	4,32±0,24	4,24±0,20
ALT, U/L	30	122,2±1,79	120,0±1,32	119,8±5,14
	60	124,5±1,31	122,1±0,30	118,6±5,14
	120	134,5±1,32*	123,4±0,30	117,5±5,14
AST, U/L	30	119,9±0,44	111,4±5,10	127,6±6,88
	60	127,4±6,10	120,2±0,31	127,6±6,88
	120	137,0±0,26**	120,5±0,32*	127,6±6,88
Ishqoriy fosfataza, U/L	30	1086,1±42,9	1087,8±24,9	1106,9±17,2
	60	1058,2±49,7	1077,8±29,1	1106,9±17,2
	120	998,5±0,58***	1084,3±1,58	1106,9±17,2

*Izoh: Natijalar M±m shaklida ifodalangan. Dastlabki jadvallardagi belgilashga ko‘ra, nazorat guruhiga nisbatan statistik ahamiyatlilik darajalari: * – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001.*

Umumiy oqsil. Eksperimentning 30-kunida qon zardobidagi umumiy oqsil miqdori tajriba va nazorat guruhlarida bir-biriga yaqin bo‘ldi. 60-kunda har ikkala tajriba guruhida umumiy oqsil miqdorining kamayishi kuzatildi. 120-kunda birinchi tajriba guruhida ushbu ko‘rsatkich 87,8±0,26 g/L gacha pasaydi, ikkinchi tajriba guruhida esa 95,0±0,22 g/L ni tashkil etdi. Birinchi tajriba guruhida umumiy oqsil miqdorining kamayishi vaqt bo‘yicha izchil kuzatildi, ikkinchi guruhda esa 60- va 120-kunlardagi o‘rtacha qiymatlar bir xil bo‘ldi.

Glyukoza. Tajribaning 30-kunida glyukoza miqdori birinchi tajriba guruhida nazorat guruhidan past, ikkinchi guruhda esa yuqori bo‘ldi. 60-kunda har ikkala tajriba guruhida glyukoza miqdori nazoratga nisbatan yuqori qayd etildi. 120-kunda birinchi tajriba guruhida glyukoza miqdori 4,80±0,17 mmol/L gacha oshdi, ikkinchi guruhda esa 4,32±0,24 mmol/L ni tashkil etdi. Birinchi guruhda glyukoza miqdorining bosqichma-bosqich ortishi, ikkinchi guruhda esa 60-kundan keyin kamayishi kuzatildi.

Alaninaminotransferaza (ALT). Eksperiment davomida ikkala tajriba guruhida ham ALT faolligining o‘rtacha qiymatlari 30-kundan 120-kungacha oshish yo‘nalishida o‘zgardi. Birinchi tajriba guruhida ushbu ko‘rsatkich 30-kundagi 122,2±1,79 U/L dan 120-kunda 134,5±1,32 U/L gacha oshdi. Ikkinchi tajriba guruhida 120-kundagi ALT faolligi 123,4±0,30 U/L ni tashkil etdi. ALT faolligining yuqoriroq ko‘rsatkichlari birinchi tajriba guruhida qayd etildi.

Aspartataminotransferaza (AST). Eksperimentning 30-kunida AST faolligi ikkala tajriba guruhida nazorat guruhiga nisbatan past bo‘ldi. 60-kunda har ikkala tajriba guruhida ASTning o‘rtacha qiymatlari oshdi. 120-kunda birinchi tajriba guruhida AST faolligi 137,0±0,26 U/L ni tashkil etib, nazorat guruhidagi 127,6±6,88 U/L qiymatidan yuqori bo‘ldi. Ikkinchi tajriba guruhida esa ushbu ko‘rsatkich 120,5±0,32 U/L ni tashkil etib, nazoratdan past qayd etildi. Shunday qilib, har ikki tajriba guruhida 30- va 120-kunlar orasida ASTning o‘rtacha qiymatlari oshgan bo‘lsa-da, 120-kunda nazorat guruhiga nisbatan o‘zgarish yo‘nalishi turlicha bo‘ldi.

Ishqoriy fosfataza (IF). Eksperimentning 30-kunida ishqoriy fosfataza faolligi ikkala tajriba guruhida nazorat ko‘rsatkichidan past bo‘ldi. 60-kunda har ikkala guruhda ushbu ferment faolligining kamayishi davom etdi. 120-kunda birinchi tajriba guruhida ishqoriy fosfataza faolligi 998,5±0,58 U/L gacha pasaydi. Ikkinchi tajriba guruhida esa 60-kundagi qiymatga nisbatan biroz ortib, 1084,3±1,58 U/L ni tashkil etdi. Birinchi tajriba guruhida ishqoriy fosfataza faolligining kamayishi barcha tekshiruv muddatlarida izchil kuzatildi.

Umuman, 30-, 60- va 120-kunlardagi natijalarni taqqoslash birinchi tajriba guruhida umumiy oqsil va ishqoriy fosfataza ko‘rsatkichlari kamayib, glyukoza, ALT va AST ko‘rsatkichlari oshganini ko‘rsatdi. Ikkinchi tajriba guruhida o‘zgarishlar bir xil yo‘nalishda kechmadi. Tajribaning 120-kunida birinchi guruhdagi beshta biokimyoviy ko‘rsatkichning barchasi nazorat qiymatlaridan ikkinchi guruhga nisbatan ko‘proq farq qildi.

Muhokama.

O‘tkazilgan eksperimental tadqiqot natijalari Wi-Fi elektromagnit nurlanishining uzoq muddatli ta’siri sharoitida oq kalamushlar qon zardobidagi biokimyoviy ko‘rsatkichlar turlicha o‘zgarganini ko‘rsatdi. Eksperimentning 30-, 60- va 120-kunlarida olingan natijalarni taqqoslash birinchi tajriba guruhida umumiy oqsil va ishqoriy fosfataza ko‘rsatkichlarining izchil kamayishi, glyukoza, ALT va AST faolligining esa oshish yo‘nalishida o‘zgarganini ko‘rsatadi. Ikkinchi tajriba guruhida ayrim ko‘rsatkichlar vaqt davomida oshgan bo‘lsa, boshqalari turli muddatlarda kamaygan yoki deyarli o‘zgarmagan. Bu holat biokimyoviy ko‘rsatkichlarning nurlanish sharoitlariga qarab turlicha o‘zgarishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Qon zardobidagi umumiy oqsil miqdorining kamayishi oqsil almashinuvidagi o‘zgarishlar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Ma’lumki, qon zardobidagi oqsillarning muhim qismi jigarda sintezlanadi. Shu sababli umumiy oqsil miqdorining kamayishi jigar oqsil sintezlash faoliyatidagi o‘zgarishlar ehtimolini ko‘rsatadi. Biroq ushbu ko‘rsatkichga oziqlanish, suyuqlik almashinuvi va boshqa fiziologik omillar ham ta’sir qilishi mumkin. H.M. Fahmy va F.F. Mohammed [2] 2,45 GHz chastotali Wi-Fi nurlanishining 40 kunlik ta’sirini o‘rganib, oq kalamushlarning jigar to‘qimasida oksidlovchi stress va tuzilish o‘zgarishlarini aniqlagan. Mazkur tadqiqot radiochastotali nurlanish sharoitida jigar faoliyati bilan bog‘liq o‘zgarishlar kuzatilishi mumkinligini ko‘rsatadi. Biroq bizning tadqiqotimizda jigar to‘qimasining morfologik holati baholanmaganligi sababli umumiy oqsil kamayishini bevosita jigar hujayralarining shikastlanishi bilan izohlash mumkin emas.

Glyukoza miqdorining birinchi tajriba guruhida izchil ortishi uglevod almashinuvi boshqarilishidagi o‘zgarishlar ehtimolini ko‘rsatadi. A. Masoumi va hammualliflar [5] kalamushlarda Wi-Fi nurlanishining 45 kun davomida kuniga 4 soatlik ta’sirini o‘rganib, qonda glyukoza miqdorining ortishi va insulin ajralishining kamayishini qayd etgan. Ushbu natijalar bizning birinchi tajriba guruhimizda kuzatilgan glyukoza miqdorining ortishi bilan mos keladi. Biroq F. Shekoohi-Shooli va hammualliflar [7] qisqa muddatli Wi-Fi ta’sirini o‘rganib, bir kunlik ekspozitsiyadan keyin glyukoza miqdorining oshishini, besh kunlik ta’sirdan keyin esa kamayishini aniqlagan. Bu ma’lumotlar glyukoza miqdorining o‘zgarishi turli eksperimental sharoitlarda bir xil yo‘nalishda kechmasligini ko‘rsatadi. Bizning ikkinchi tajriba guruhimizda ham glyukoza ko‘rsatkichlari tekshiruv muddatlariga qarab turlicha o‘zgargan. Tadqiqotimizda insulin miqdori va me’da osti bezi faoliyati bevosita o‘rganilmaganligi sababli glyukoza o‘zgarishining aniq mexanizmini belgilash imkoniyati cheklangan.

ALT va AST fermentlari faolligidagi o‘zgarishlar ham alohida e’tiborga loyiq. Ushbu fermentlar aminokislotalar almashinuvida ishtirok etadi va ularning qon zardobidagi faolligi ayrim to‘qimalarning holati haqida ma’lumot beradi. ALT asosan jigar hujayralari bilan bog‘liq bo‘lsa, AST jigar bilan bir qatorda mushak va boshqa to‘qimalarda ham uchraydi. Shu sababli ularning faolligi oshishi hujayralar faoliyatidagi o‘zgarishlarni ko‘rsatishi mumkin, biroq bu holatning o‘zi jigar shikastlanishini tasdiqlamaydi.

O. Özmen va O. Kavrik [6] 2,45 GHz chastotali Wi-Fi nurlanishining 30 kunlik ta'sirini o'rganib, kalamushlarda ALT va AST faolligining oshishi hamda jigar to'qimasida ayrim patologik o'zgarishlarni aniqlagan. H. Amiri va hammualliflar [1] tomonidan o'tkazilgan to'rt haftalik eksperimentda ham Wi-Fi nurlanishi ta'siridagi kalamushlarda ushbu fermentlar faolligining ortishi qayd etilgan. Mazkur tadqiqotlar bizning birinchi tajriba guruhimizda kuzatilgan ALT va AST o'zgarishlari bilan mos keladi. Shu bilan birga, ikkinchi tajriba guruhida ASTning vaqt bo'yicha o'rtacha qiymatlari ortgan bo'lsa-da, tajriba yakunida uning faolligi nazorat guruhidan past bo'lgan. Demak, tajriba guruhlarida fermentlar faolligining o'zgarishi bir xil kechmagan.

Ishqoriy fosfataza faolligining kamayishi ham tadqiqotning muhim natijalaridan biri hisoblanadi. Ushbu ferment jigar, suyak va boshqa to'qimalardagi ayrim almashinuv jarayonlarida ishtirok etadi. H. Amiri va hammualliflar [1] tadqiqotida Wi-Fi nurlanishi ta'siridagi kalamushlarda ishqoriy fosfataza faolligining oshishi aniqlangan. S. Farahani va hammualliflar [3] esa ikki haftalik eksperimentda ushbu ferment faolligi bo'yicha statistik jihatdan ahamiyatli farq aniqlamagan. Bizning tadqiqotimizdagi pasayish ushbu ishlarning natijalaridan farq qiladi. Bunday tafovutlar nurlanish darajasi, ta'sir davomiyligi va eksperimentning boshqa sharoitlari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Biroq faqat ishqoriy fosfataza faolligiga asoslanib, muayyan a'zodagi patologik jarayonni aniqlash mumkin emas.

Biokimyoviy ko'rsatkichlardagi o'zgarishlarning ehtimoliy mexanizmlaridan biri oksidlovchi stress bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Oksidlovchi stress hujayralarda oksidlanish jarayonlari bilan ulardan himoyalanish tizimi o'rtasidagi muvozanat buzilganda yuzaga keladi. K. Kamali va hammualliflar [4] 2,45 GHz Wi-Fi nurlanishining 10 haftalik uzluksiz ta'sirini o'rganib, kalamushlar qon plazmasining umumiy antioksidant faolligi hamda ayrim himoya fermentlari faolligining kamayishini aniqlagan. H.M. Fahmy va F.F. Mohammed [2], shuningdek, H. Amiri va hammualliflar [1] tadqiqotlarida ham oksidlovchi stress bilan bog'liq o'zgarishlar qayd etilgan. Mazkur natijalar radiochastotali elektromagnit nurlanishning biologik ta'sirini tushuntirishda oksidlovchi stress muhim ehtimoliy omillardan biri ekanini ko'rsatadi. Biroq bizning tadqiqotimizda oksidlovchi stress ko'rsatkichlari bevosita aniqlanmaganligi sababli ushbu mexanizmni tasdiqlash mumkin emas.

Tajriba guruhlari o'rtasidagi farqlarni baholashda nurlanish manbaigacha bo'lgan masofa va quvvat oqimi zichligini ham hisobga olish zarur. Birinchi tajriba guruhida, ya'ni nurlanish manbaidan 1 m masofada saqlangan hayvonlarda biokimyoviy ko'rsatkichlarning nazoratdan farqlanishi ikkinchi guruhga nisbatan yaqqolroq namoyon bo'ldi. Bu holat nurlanish darajasi va ta'sir sharoitlari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Shu bilan birga, mavjud natijalar asosida nurlanish darajasi bilan biokimyoviy o'zgarishlar o'rtasidagi qat'iy sababiy bog'liqlikni tasdiqlash uchun qo'shimcha tekshiruvlar talab etiladi.

Tadqiqot natijalarini talqin qilishda ayrim cheklovlarni hisobga olish lozim. Har bir tekshiruv muddatida har bir guruhdan beshtadan kalamush o'rganilgan. Turli muddatlarda alohida hayvonlar tekshirilganligi sababli vaqt bo'yicha kuzatilgan o'zgarishlar bir xil hayvonlarda takroriy o'lchov natijalari hisoblanmaydi. Shuningdek, tadqiqotda jigar to'qimasining morfologik holati, oksidlovchi stress ko'rsatkichlari va gormonal o'zgarishlar baholanmagan. Bu holatlar biokimyoviy o'zgarishlarning aniq kelib chiqish mexanizmini tushuntirish imkoniyatini cheklaydi.

Xulosa.

O'tkazilgan eksperimental tadqiqotda 2,4 GHz chastotali Wi-Fi elektromagnit nurlanishining 120 kunlik ta'siri sharoitida oq kalamushlar qon zardobidagi ayrim biokimyoviy ko'rsatkichlarning o'zgarishi kuzatildi. Birinchi tajriba guruhida 30-, 60- va 120-kunlar davomida umumiy oqsil va ishqoriy fosfataza faolligining pasayishi, glyukoza, ALT va AST ko'rsatkichlarining oshish yo'nalishida o'zgarishi qayd etildi. Ikkinchi tajriba guruhida esa o'zgarishlar turlicha kechdi. Tajribaning 120-kunida nazorat guruhiga nisbatan farqlar birinchi tajriba guruhida yaqqolroq namoyon bo'ldi. Ushbu natijalar Wi-Fi elektromagnit nurlanishining turli darajalari va ta'sir davomiyligi sharoitida kuzatiladigan biokimyoviy o'zgarishlarni qo'shimcha o'rganish zarurligini ko'rsatadi.

ADABIYOTLAR

1. Amiri H., Shabkhiz F., Pournemati P., Saffar Kohneh Quchan A.H., Zeighami Fard R. Swimming exercise reduces oxidative stress and liver damage indices of male rats exposed to electromagnetic radiation. *Life Sciences*. 2023;317:121461. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lfs.2023.121461.

2. Fahmy H.M., Mohammed F.F. Hepatic injury induced by radio frequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices in Wistar rats. *Human & Experimental Toxicology*. 2021;40(1):136–147. DOI: https://doi.org/10.1177/0960327120946470.

3. Farahani S., Kadivar F., Khajeh F., Shojaeifard M.B. Effect of Non-Ionizing Radiations on Liver and Kidney Function Tests in an Animal Model. *Journal of Biomedical Physics & Engineering*. 2025;15(2):125–136. DOI: https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.2407-1793.

4. Kamali K., Taravati A., Sayyadi S., Gharib F.Z., Maftoon H. Evidence of oxidative stress after continuous exposure to Wi-Fi radiation in rat model. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018;25(35):35396–35403. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-018-3482-0.

5. Masoumi A., Karbalaei N., Mortazavi S.M.J., Shabani M. Radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi (2.4 GHz) causes impaired insulin secretion and increased oxidative stress in rat pancreatic islets. *International Journal of Radiation Biology*. 2018;94(9):850–857. DOI: https://doi.org/10.1080/09553002.2018.1490039.

6. Özmen O., Kavrik O. Ameliorative effects of vitamin C against hepatic pathology related to Wi-Fi (2.45 GHz electromagnetic radiation) in rats. *International Journal of Radiation Research*. 2020;18(3):405–412. DOI: https://doi.org/10.18869/acadpub.ijrr.18.3.405.

7. Shekoohi-Shooli F., Mortazavi S.M.J., Shojaei-Fard M.B., Nematollahi S., Tayebi M. Evaluation of the Protective Role of Vitamin C on the Metabolic and Enzymatic Activities of the Liver in the Male Rats After Exposure to 2.45 GHz Of Wi-Fi Routers. *Journal of Biomedical Physics & Engineering*. 2016;6(3):157–164. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27853723/.