

Н.М. АЛМАБАЕВА, Б.М. АДИБАЕВ, А.О. БОПАНОВА
С.Ж.Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық медицина университеті

ИМПУЛЬСТІК ТОҚ ПЕН ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІСТЕРДІҢ ӘСЕРІ

Барлық заттар молекулалардан тұрады, оның әр біреуі зарядтар жүйесі болып табылады, сол себептен денелердің күйі олардан өтетін тоқтармен және әсер ететін электромагниттік өрістерге анағұрлым байланысты.

Түйінді сөздер: қозу сипаттамасы, электр өрісі, индуктотермия, ультра жоғары жиілікті терапия, электромагниттік өріс.

Кіріспе.

Барлық заттар молекулалардан тұрады, оның әрбіреуі зарядтар жүйесі болып табылады, сол себептен денелердің күйі олардан өтетін тоқтармен және әсер ететін электромагниттік өрістерге анағұрлым байланысты.

Биологиялық денелердің электрлік қасиеттері тірі емес объектілерге қарағанда күрделі, ал организм – бұл кеңістіктегі айнымалы концентрациялы иондардың жиынтығы. Тоқтар мен электромагниттік өрістердің ағзаға әсерінің алғашқы механизмі физикалық, ол медициналық емдеу әдістеріне қолданылғандықтан қарастырылады.

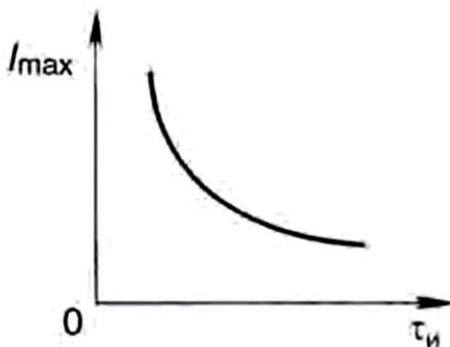
Ағзаға айнымалы тоқтың әсері оның жиілігіне тәуелді. Тұрақты тоқ сияқты айнымалы тоқ, төменгі дыбысты және ультрадыбысты жиіліктерде биологиялық ұлпаларға тітіркендіру әсерін береді. Бұл электролиттер ерітінділерінің иондарының ығысуымен, олардың бөлінуімен, жасушалық және жасушааралық кеңістіктің әр түрлі бөлігінің концентрацияларының өзгерісімен байланысты.

Ұлпалардың тітіркенуі импульсті тоқтың пішініне де, импульстің ұзақтығы мен оның амплитудасына да тәуелді. Мысалы, импульс фронтының тұнықтығы тоқтың табалдырығының мәнін азайтады, ионды қайтарымды үрдістер пайда болады. Түзу бұрышты импульстің тұнықтығы өте үлкен (теориялық - шексіз), сондықтан осындай импульстарда табалдырық тоқ күші басқаларға қарағанда аз.

Табалдырық I_{max} амплитудасы мен түзу бұрышты импульстің ұзақтығы тітіркендіру тудырады (1-сурет). Суреттегі қисық қозу сипаттамасы деп аталады. Ол әр түрлі бұлшықет үшін тән. Қисық әрбір нүкте мен қисықтан жоғары жататын нүктелерге бұлшықеттің жиырылуын туғызатын импульстарға сәйкес. Қисықтан төмен жатқан импульстар тітіркендіруді тудырмайтын импульстарды бейнелейді.

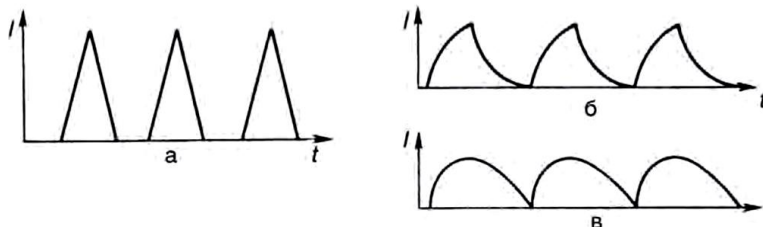
Электр тоғының арнайы физиологиялық әсері импульстің пішініне тәуелді болғандықтан медицинада орталық нерв жүйелерін (электроұйқы, электронаркоз), нерв - бұлшықет жүйелерін, жүрек - қан тамырлар жүйелерін (кардиостимуляторлар, дефибриляторлар) және т.б. стимуляциялау үшін әртүрлі уақыт тәуелділіктеріндегі тоқтар пайдаланылады.

Электроұйқыда импульстің ұзақтығы $\tau_n=0,1-1$ мс және жиілік диапазоны 5-150Гц болатын түзу бұрышты импульсті тоқтарды қолданады.



Сурет 1 - табалдырық I_{max} амплитудасы мен түзу бұрышты импульстің ұзақтығы

Ал $\tau_n=0,8-3$ мс және жиілік диапазоны 1-1,2Гц тоқты имплантацияланатын кардиостимуляторларда емдеу үшін қолданады. Үшбұрыш пішінді импульсті тоқтарды ($\tau_n=1-1,5$ мс, жиілігі 100Гц) 2-сурет.а, сонымен қатар импульстары біртіндеп артып және сәйкес тез төмендейтін экспоненциалды тоқтарды ($\tau_n=3-60$ мс, жиіліктері 8-80Гц) 2-сурет.б, бұлшықетті қоздыру, әсіресе электрогимнастикада пайдаланылады.



Сурет 2 - әр түрлі емдеу әдістерде қолданылатын тоқтардың график қисықтары

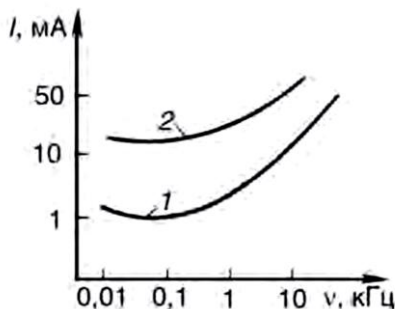
Айнымалы (гармониялық) тоқтың ағзаға төменгі, дыбысты және ультрадыбысты жиіліктегі әсері келесі табалдырық мәндерімен бағаланады: сезілетін табалдырық тоғы мен жіберілмейтін табалдырық тоғы.

Сезілетін табалдырық тоғы тітіркендіру әсерін адам сезетін ең аз тоқтың күші. Бұл шама жүргізілген кернеудегі дененің бөлігі мен ауданына байланысты, тоқтың жиілігіне, адамның жеке ерекшеліктеріне (жасы, жынысы, ағзаның ерекшелігі) тәуелді. Бақыланатын біртекті топтар үшін иық, саусақ бөлігі үшін орташа шамасы шамамен 50 Гц жиіліктегі 1 мА сезілетін табалдырық тоғы қалыпты таралу заңына бағынады, (3-суреттегі 1-қисық) сезілетін табалдырық тоғының орташа шамасының осы топтағы бақыланатын тоқтың жиілігіне тәуелділігі көрсетілген.

Егер тоқ күшінің сезілетін табалдырығының шамасын арттырсақ, онда буындары бүгіліп, яғни адам өздігімен қолын бүге алмай және кернеу көзінен – өткізгіштен босата алмайды. Минимал тоқ күшін жіберілмейтін табалдырық тоғы деп атайды. Аз шамадағы тоқты күші жіберілетін болып табылады. Жіберілмейтін тоқтың табалдырығы маңызды параметр, оның артуы адам үшін өте қауіпті болып саналады. Жіберілмейтін табалдырық тоғының шамасы да қалыпты таралу заңына бағынады. (3-суретте 2-ші қисық) сызба түрінде бақыланатын еркектер тобының жіберілмейтін табалдырық тоғының орташа шамасының жиілікке тәуелділігі берілген.

Электр өрісінің таралуын қарастырайық. Ол үшін ультражоғары жиілікті терапия аппаратына электродтар, ал дипольді антенна миллиамперметрмен жалғанады. Горизонталь жазықтықта орналасқан дипольді антенна екі электрод арасына қойылады. Тоқ көзіне қосылғаннан кейін электродтар арасында электр өрісі пайда болады. Өріс көзінен қашықтаған сайын (дипольді антеннаны әр сантиметр сайын жылжытып отырады) тоқ күші әлсірейді.

Жүрекке әсер ете отырып адамның өліміне алып келетін тоқ қарыншалардың фибрилляциясын туғызады.



Сурет 3 - сезілетін табалдырық тоғының тоқ жиілігіне тәуелділігі

Фибрилляцияны туғызатын тоқ күшінің табалдырығы жүрек арқылы өтетін тоқтың тығыздығына, жиілікке және оның әсер ету ұзақтығына тәуелді.

Жиілігі 500 кГц-тен көп болатын иондардың ығысуы молекулалық жылулық қозғалысындағы ығысуына қарағанда өлшеуді қиындатады, сондықтан тоқ немесе электромагниттік толқын тітіркендіру әсерін туғызбайды. Осы жағдайда алғашқы эффектінің негізі жылулық әсер болып табылады. Жоғары жиілікті қыздыру организмнің ішкі бөліктерінде жылудың түзілуі есебінен өтеді, яғни оны қажет жерде туындатады. Бөлінген жылу мөлшері ұлпалардың диэлектрик өтімділігіне, олардың меншікті кедергісі мен электромагниттік тербелістердің жиілігіне тәуелді. Қажетті жиілікті таңдай отырып, «термоселективті» әсерді жүзеге асыруға болады, яғни қажетті ұлпалар мен органдарда анағұрлым жылудың түзілуі.

Жоғары жиілікті тербелістермен қыздырудың ыңғайлы болуы генератордың қуатын тұрақтандыра отырып, ішкі органдарда жылудың бөлінуі ол қуатты басқару мүмкіндігі бар, ал кейбір ем шарада жылуды арттыра аламыз. Электромагниттік тербелістер мен толқындардың үлкен жиілікте жылулық эффектісінен басқа қандай да бір арнайы әсерлерге ішкі молекулалық үрдістерге алып келеді. Ұлпаларды жылыту үшін үлкен тоқты өткізу қажет. Ал электромагниттік өрістің жылу эффектісі бейтарап бөлшектерге әсер етуімен бейтарап молекулалар поляризацияланады да, ығысу тоқтары пайда болады.

Материалдар мен әдістер.

Айнымалы магнит өрісінде орналасқан массивті өткізгіш денелерде құйынды тоқтар пайда болады. Бұл тоқтар биологиялық ұлпалар мен органдарды қыздыру үшін қолданылады. Мұндай емдеу әдісі *индуктотермия* деп аталады. Бұл әдісте ұлпалардан бөлінетін жылу мөлшері жиілік квадраты мен айнымалы магнит өрісінің индукциясына пропорционал және ал меншікті кедергіге кері пропорционал.

Сондықтан тамырларға бай ұлпалар күшті жылынады, мысалы, май сияқты ұлпаларға қарағанда бұлшықет. Әдетте индуктотермияда спиральды немесе жазық бұралған кабельдер пайдаланылып, айнымалы магнит өрісінің жергілікті әсері қолданылады.

Айнымалы электр өрісінде орналасқан ұлпаларда ығысу тоқтары мен өткізу тоқтары пайда болады. Әдетте бұл мақсат үшін ультражоғары жиілікті электр өрісі қолданылады, сондықтан сәйкес физиотерапевтік әдіс *УЖЖ-терапия* деген атақ ие болды. Ультражоғары жиілікті өрісінің әсерінің тиімділігін бағалау үшін өткізгіштер мен диэлектриктерден бөлінетін жылу мөлшерін есептеу қажет.

Электр тоғын өткізетін дене айнымалы электр өрісінде орналассын. Бұл жағдайда электродтар денеге тигізілмейді. Сол себептен денеден бөлінетін жылу мөлшерін электродтардағы тоқ тығыздығы арқылы емес өткізгіш денедегі *E* электр өрісінің кернеулігі арқылы өрнектеу орынды.

Қарапайым түрлендіру орындау жеткілікті:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{E^2 l^2 S}{\rho l} = \frac{E^2 S l}{\rho}$$

Осы теңдікті дененің *Sl* көлеміне бөліп, 1 секундта ұлпаның 1 м^3 көлемінен бөлініп шығатын жылу мөлшерін аламыз:

$$q = \frac{P}{(Sl)} = \frac{E^2}{\rho}$$

мұндағы *E* – электр өрісінің тиімді кернеулігі.

Нақты диэлектрикте ығысу тоғы онша үлкен емес және поляризацияның периодты өзгерісі жүргізілген электр қуаты жұтылуды тудырады, диэлектрик қызады да, айнымалы электр өрісінің энергиясының бір бөлігі жұмсалады, яғни диэлектрик шығыны болады.

$$q = \frac{P}{Sl} = \omega E^2 \varepsilon_r \varepsilon_0 t g \delta$$

(*E* деп электр өрісінің тиімді кернеулігі деп түсіну қажет).

Бөлінген жылу мөлшері электр өрісінің тиімді кернеулігінің квадратына пропорционал екені байқалады. Ол сонымен қатар ортаның сипатына, ал диэлектрик өріс жиілігіне тәуелді.

Нәтижелері.

Ағзаның диэлектрик ұлпаларындағы 40,58 МГц жиіліктегі тоқтар өткізгіштерге қарағанда тез қызады. Яғни электр өрісінде диэлектриктер поляризацияланады (поляры болады).

Қорытынды.

Сонымен биологиялық ұлпалардың өткізгіштігі мен диэлектрик өтімділігі түсетін жиілікке және ұлпалардағы судың ионның, диполь молекулаларының құрамына байланысты.

Импульстік тоқ пен электромагниттік өрістің әсері медицинада кеңінен қолданылады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Абирова М.А., Алмабаева Н.М., Адипбаев Б.М. Биофизика. – Алматы: 2015. – Том 1. – 246 б.
- 2 Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. – М.: 2012. - 4 изд. - 412 б.
- 3 Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика. – Киев: 2004. - 549 б.

Н.М. АЛМАБАЕВА, Б.М. АДИБАЕВ, А.О. БОПАНОВА
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ИМПУЛЬСНОГО ТОКА

Резюме: Все вещества состоят из молекул, каждая из них является системой зарядов. Поэтому состояние тел существенно зависит от протекающих через них токов и от действующего электромагнитного поля.

Ключевые слова: характеристика возбуждения, электрическое поле, индуктотермия, ультра высокочастотная терапия, электромагнитное поле.

N.M. ALMABAIEVA, B.M. ADIBAEV, A.O. BOPANOVA
EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS AND A PULSED CURRENT

Resume : All substances consist of molecules, each of them is a system of charges. Therefore, the bodies essentially depends on the current flowing through them and from the effects of electromagnetic fields.

Keywords: characteristics of the excitation electric field inductothermy, ultra-high-frequency therapy, electromagnetic field.