

Н.М. АЛМАБАЕВА, Б.М. АДИБАЕВ, Г.О. ИЛЬСОВА  
С.Ж.Асфендияров атындағы ҚазҰМУ, биофизика курсы

### АҒЗАДАҒЫ ЖЫЛУДЫ РЕТТЕЛУІНІҢ ҮДЕРІСІ

Бұл жұмыста ағзаға әртүрлі сыртқы үдерістердің (кондукция, конвекция, сәуле шығару және булану) және осы әсерлерге әртүрлі мүшелердің жауабы, яғни ағзада жылу реттелуінің маңызы ұсынылған. Дененің температурасының қалыпты жағдайдан жоғарлауы (артуы) немесе қатты тоңуы өмірлік функциялардың қауіпті бұзылуларына, кейбір жағдайда ауруларға алып келеді.

Түйінді сөздер: жылу алмасу, жылуды реттеу, гипотермия, гипертермия, аса қызу, аса салқындау

**Тақырыптың өзектілігі.** Жылу реттелу – дене мен ағзаның ішкі ортасы температурасының тұрақтылығы. Ол гомеостаздың маңызды көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Ағзадағы жылу реттелу – белгілі бір аралықта температураны (36,1...37,2)°C ұстап тұруға негізделген физиологиялық және химиялық үдерістердің жиынтығы.

Адам ағзасындағы жылу реттелудің әсер ету ерекшеліктері мен қоршаған ортаға тәуелділігін қарастыру **жұмыстың мақсаты** болып табылады.

Адам денесінің температурасы қоршаған ортаның температурасының өзгеруіне тәуелсіз болып қалады. Осындай гомеотермия ағзаның ішіндегі тек температураға байланысты (37°C). Аяқ – қол мен тері (сыртқы қабат) пойкилотермияға, яғни олардың температурасы қандай да бір дәрежеде қоршаған ортаның температурасына тәуелді. Тұрақты температураны ұстап тұру үшін ағза жылу мөлшерін сондай өндіріп және жұтуы қажет, бұл үдеріс терморегуляция деп аталады. Сонымен қатар терморегуляция (жылу реттеу) деп қоршаған орта температурасының ауытқуына қарамастан тірі ағзалардың *дене температурасын тұрақты* деңгейде сақтау қабілеті.

*Дене температурасының тұрақтылығын* бірқатар жылу түзуші, жылуды шығарушы ағзалардан тұратын функционалдық жүйелер, сондай-ақ олардың қызметін реттейтін механизмдер қамтамасыз етеді.

Жылу реттеу орталығы – гипоталамус. Қоршаған ортаның ауа температурасына қарай физикалық және химиялық реттелуі өзгеріп отырады. Бұл арқылы тұрақты температура қалыптасады.

**Материалдар мен әдістер:** Жылықанды жануарлар қоршаған орта температурасы өзгерген кезде дене температурасын біршама тұрақты сақтайды (құстар мен сүтқоректілер). Ең жоғарғы сатыда, әрине адам ағзасы тұрады.

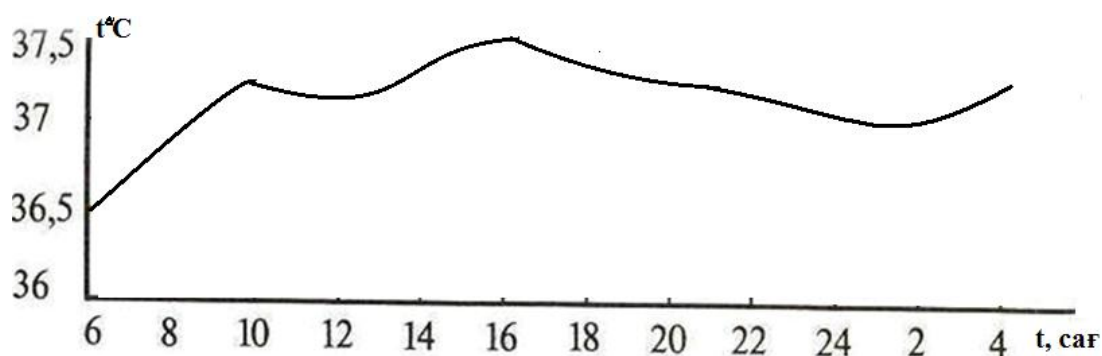
Салқынқанды жануарлар дене температурасы қоршаған ортаға тәуелді жануарлар (балықтар, қосмекенділер мен бауырымен жорғалаушылар) болып табылады.

Дене бөліктерінің температурасының бөлінуі: қолтық – (36-37)°C; ауыз қуысы – (37,2-37,5)°C; тік ішек – (37,5-37,9)°C; ішкі ағзалар – (37,8-38)°C; бауыр – (38,5-39,5)°C; кеуде – (30-34)°C; қол – (29,5-33)°C; аяқтың саусақтары, мұрынның ұшы – 22°C.

Температураның төмендеуіне қарай жылудың түзілуі де артады, ал оның 25°C-тан 35°C-қа дейін көтерілуі сондай шамаға төмендейді. Температурасы 40°C-тан асқанда жылу өндірілуі арта бастайды.

Терморегуляцияның арқасында ағзаның ішіндегі температура жұтылу, жылудың өндірілуі мен жоғалтуына қарамай әрқашан тұрақты сақталады.

Негізінде тәулік ішінде адам денесінің температурасы (0,5-0,9)°C аралығында ауытқып отырады. Кешкі 16-18 сағатта ең жоғары мәнге, ал таңғы 3-4 сағатта ең төменгі мәнге ие болады (түнде температура төмендейді, күндіз – артады) (1-сурет):



Сурет - 1. Дене температурасы мен уақыттың тәуелділік қисығы.

Дененің температурасының өзгерісі ішкі биологиялық сағаттармен бақыланады.

Жылу реттелуінің механизмі *химиялық* (жылудың түзілуі) және *физикалық* (жылудың шығарылуы) болып екіге бөлінеді.

- ✓ Жылу түзілуінің, яғни ағзадағы химиялық үдерістердің шамасын басқаруды химиялық жылу реттелуі болады;
- ✓ Жылудың сыртқа берілуін басқаруды физикалық жылу реттелуі деп атайды.

Осы механизмдерге байланысты қалыпты жағдайда денеде түзілген жылу шығын болған жылудың орнын толтырып отырады. Сондықтан температураның тұрақтылығы сақталады. Яғни: дене температурасының тұрақтылығы жылу түзілуі мен шығарылу үдерістерінің динамикалық тепе-теңдігі жағдайында сақталады.

1. *Химиялық жылу реттелуінде* жылу органикалық заттар тоттыққан кезде пайда болады. Мысалы, 1г ақуыз, не көмірсу тоттықса 4,1 ккал; ал 1г май тоттықса 9,3 ккал жылу пайда болады. *Бұл экзотермиялық реакция.* Жылу ағзаның қызметі мен негізгі зат алмасуында үлкен рөл атқарады. Онда механикалық, химиялық, осмостық және электрлік жұмыстар жасалады. Жылу ағзаның өне бойында, әсіресе көлденең – жолақты бұлшықет пен бауырда өндіріледі.

*Түрлі ағзалардағы жылудың үлесі:* бұлшық етте – 60%; ішек-қарын мен бауырда - 30-20%; бүйрек пен басқа да ағзаларда – 10-20% құрайды.

2. *Физикалық жылу реттелуі* жылуды шығару жолдарына байланысты:

1. *Кондукция* - жоғары қызған дененің айтарлықтай қызбаған денеге тікелей жанасқан кезде жылудың берілуі. Мысалы: дененің сумен, ауамен жанасуы;
2. *Конвекция* - жылудың сыртқы ортаға берілуі. Сонымен қатар, егер тері бетінің немесе киім қабаттарының температурасы ауаның температурасынан көп болса да конвекция құбылысы жүріп отырады. Киімсіз адамның тері бетінде жақын аралықта жел болмаса, қалыңдығы (4 - 8) мм болатын ауа қабаты оның жылу өткізгіштігі есебінен қызады. Алыс жатқан қабаттар ауаның табиғи қозғалысы немесе қозғаушы сыртқы күштің әсерінен жылынады. Ауаның қозғалыс жылдамдығының артуымен адамды қоршаған шекаралас қабаттың қалыңдығы 1 мм-ге дейін кемиді.

Тыныс алу жолдарының конвекция арқылы жылудың жұтылуы, дем алатын ауаның температурасы дене температурасынан төмен болған жағдайда тері қабатына қарағанда аз болады. Жылу берілу барометрлік қысымның артуымен жоғарлайды.

3. *Сәуле шығару* (температурасы аз заттарға қарай бағытталған дене бетінен шығатын инфрақызыл сәуле түріндегі).
4. *Булану* (кілегей қабаттардан, өкпе арқылы тер шығару; ылғалдың тері бетінен, тыныс алу жолдары мен өкпенің сілекейлі қабықшаларынан булануы). Булану – ауаның температурасы жоғары мәнге ие болғандағы жылу берілуі. Кәдімгі жағдайда адам денесінің көп бөлігіннен сезілмейтін (көрінбейтін) тер бөлінеді, ол тер бездерінің белсенді емес қатысуымен - ақ су диффузиясының нәтижесінде пайда болады. Мұнда алақаннан, табаннан және қолтықтан (дене бетінің жуықтап алғанда 10%-н құрайды) үздіксіз тер шығатындықтан, бұл жағдай ескерілмейді. Нәтижесінде тәулігіне ағза буланудан орташа есеппен 0,6 литр су жоғалтады. Себебі 1г су буланғанда жуықтап алғанда 2,5 кДж жылу жоғалтады, ал тәулігіне жылудың шамасы шамамен 1500 кДж құрайды. Ауаның температурасының жоғарлауына және жұмыс ауырлығы дәрежесіне қарай артериялық қантамырларының және нерв жүйесі реттелуінің тер бездері арқылы судың белсенді енуі есебінен тердің шығуы күшейеді, яғни бір ауысымда 5 литрге, кейбір жағдайларда 10 - 12 литрге дейін жетеді. Сонымен қатар жылу берілуі де артады.

Жалпы денеден берілетін жылудың 70% конвекция мен радиация арқылы шығын болады. Оның 55% денеден таралуы, 15% өткізуі арқылы кетеді. Жалпы денеден берілетін жылудың 27% терімен өкпеден су буланғанда, 3% өкпедегі ауаны, нәжісті, несепті жылытуға жұмсалады.

*Изотермияның реттелуінде* терморепторлар: шеткі (тері, кілегейлі қабат, ішек-қарын жолы ағзалары) және орталық (гипоталамус, ортаңғы ми, ми қыртысы) болып бөлінеді. Импульстер терморепторлардан талшықтарының бойымен жұлынға келеді, жұлыннан – таламус жолымен гипоталамусқа және ми қыртысына келеді. Гипоталамустың алдыңғы ядролары физикалық, ал артқы ядролары химиялық жылу реттелуін қадағалайды.

Температураны реттеуші жылу орталығы аралық миға тәуелді болады. Температураны реттеуші орталықтың қызметіне екі фактор әсер етеді: қан температурасы және рефлекторлық әсер. Жылу пайда болатын және беретін мүшелерге қозу нерв жүйесімен келеді. Тітіркендіру кезінде рефлекторлық жолмен жылуды реттейтін реакцияны тудыратын аппараттарға - терідегі жылуды және суықты қабылдайтын рецепторлар, тыныс алу жолдарындағы және ішкі мүшелердегі рецепторлар жатады.

Сондай-ақ гипоталамустағы терморепторлардың маңызы зор. Себебі гипоталамустың алдыңғы бөлімі терідегі тамырлар тонусын, тер бөлінуді, ыстықтан еңтігуді өзгерте отырып, жылудың тиімді түрде берілуін реттеуді қамтамасыз етеді. Ал гипоталамустың артқы бөлімі денедегі алмасу үрдістерінің деңгейін, жылу жасалуды үйлестіреді.

Дененің төменгі температурасын (гипотермия) да, жоғарғы температурасын (гипертермия) да терморепторлар күшейтеді. Егер зат алмасудың белсенділігіне қарамастан ағзаның жылу өндірілуі жылу беру шамасына қарағанда төмен болса, онда *гипотермия* деген атқа ие болған дене температурасының төмендеуі пайда болады.

Ал гипертермияда ағза сыртқы температура, ауаның ылғалдылығы 100% болғанда тердің булануы немесе дене бетіндегі ылғал мүмкін емес болуының әсер ету жағдайы анағұрлым жеңіл дамиды. Гипертермия ұзақ болған жағдайда «жылулық соққы» құбылысы дамуы мүмкін. Ағзаның бұл күйі терінің қызаруымен сипатталады: сыртқы қан тамырларының ұлғаюы, тердің бөлінбеуі, орталық нерв жүйесі қызметінің (бағыт - бағдардың, сандырақтау) бұзылуы. Гипертермия жеңіл жағдайларда сыртқы қан тамырларының бірден ұлғаюынан қан қысымының төмендеуінен жылулық талып қалуда көрінеді [1].

*Тер шығарудың маңызы:* жылу реттелуіне, алмасу өнімдерімен гомеостазды қамтамасыз етуге қатысады. Тер бездері [экриндік (майда) және апокриндік (ірі)] теріде орналасқан. Температурасы (18-20)°C жағдайда тәулік бойындағы мөлшері – 500 мл, ал тердің рН = (3,8-5,6) құрайды. Сонымен қатар тердің құрамын құрғақ қалдық (1-2)% пен су (99-98)% құрайды. Тәжірибелер көрсеткендей ең көп шығаратын ағза тері екені дәлелденген, ол барлық жылудың (82-85)% -ын құрайды. Аса қарқынды шыққанда тер әрқашан буланып үлгермейді де, тамшы түрінде бөлінеді. Осы жағдайда терінің ылғал қабаты жылу беруге кедергі жасап, ағзаның қызып кетуіне жол ашады. Адам ылғалды термен қатар көп мөлшерде тұз (1литр терде (2,5...2,6) г натрий хлоридінің мөлшері бар) және суда еритін дәрумендерді жоғалтады, ал ол кезегінде қанның қоюлануына және жүрек жұмысының нашарлауына алып келеді.

Дененің жалпы массасының 1% -на тең су мөлшерін жоғалтуы адамда қатты шөлдеу сезімін тудырады, ал судың 5 % -ын жоғалтса естен танады, 10% - өлімге әкеледі. Бөлінген тердің мөлшері ағзаның жеке ерекшеліктеріне де,

сонымен қатар климаттық жағдайларға бейімделу дәрежесіне де тәуелді. Ылғалдың қарқынды булануы температура мен ауаның қозғалу жылдамдығына байланысты.

Дем алу жолдары арқылы тәулігіне ылғалдың (300...350) грамм шамасы буланады, ал ол өз кезегінде (750...875) кДж жылу шығынды алып келеді.

Уақыт бірлігі ішіндегі жылу жалпы шығынды жуықтап алғанда мына формуламен анықталады:

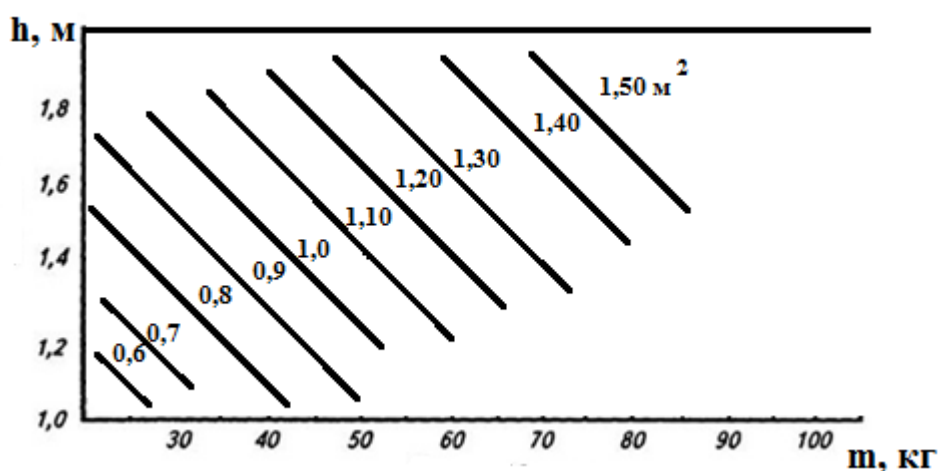
$$Q = 0,6547q(1 + k),$$

мұндағы  $q$  – тердің бөліну қарқындылығы, г/сағ, ол адамды өлшегенде анықталады;  $k$ –қоршаған ортаның температурасына тәуелді өкпе арқылы жылу берудің есептегендегі коэффициенті:  $0^{\circ}\text{C}$  температурада  $k=0,43$ ; егер  $18^{\circ}\text{C}$  -  $0,3$ ; ал  $28^{\circ}\text{C}$  -  $0,23$ .

Негізгі сәуле шығару толқын ұзындығы  $(4 \dots 50) \cdot 10^{-6}$  м диапазонындағы инфрақызыл сәулелерге тән. Сонда уақыт бірлігі ішіндегі жылудың шығынды мынаған тең болады:

$$Q = S\delta(T_{\delta}^4 - T_0^4),$$

мұндағы  $S$ - адам денесінің беткі қабатының ауданы,  $\text{m}^2$ . Егер адамның массасы мен бойының биіктігі белгісіз болса, онда  $S = 1,5\text{m}^2$ ;  $\delta$ - келтірілген сәуленің коэффициенті,  $\text{Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ : адамның тері қабаттары үшін  $\delta = 5,1 \cdot 10^{-8}$ ;  $T_{\delta}$ -адам денесінің беткі қабатындағы температура: киімсіз болғанда ол  $306 \text{ K}$  ( $33^{\circ}\text{C}$  сәйкес);  $T_0$  – қоршаған ортаның температурасы,  $\text{K}$  (2-сурет) [2].



Сурет 2 - Адам денесінің беттік ауданын анықтау үшін адамның массасы мен бойының биіктігі арасындағы тәуелділік графигі

**Қорытынды және нәтижелер:** Сонымен өндірілген жылу мөлшері адамның жас ерекшеліктері мен денсаулығына байланысты. Жылу өнімі физикалық жұмыс жасағанда артады, ол қанша көп болса, сонша жұмыс ауырлайды. Дененің ішкі температурасын қалыпты деңгейінде ұстап тұру үшін ұйқыдан тұру және ұйықтағанда адам ағзасында әрқашан ауаның, ылғалдылықтың, ауаның орын ауыстыруы, күннің жылуының, атмосфералық қысым мен киімнің термооқшауланған қасиетінің өзгерісіне дағдылануы қажет.

Сонымен қатар тамақты қабылдағанда және оны тамақтың барлық энергиясының  $80\%$  жылуға айналады.

Қарқынды физикалық жаттығулар жағдайында тұрақты күйге қарағанда энергияны тұтыну анағұрлым артады. Дене бетінен конвекция мен сәуле шығару жолымен жылудың берілуі тек сыртқы ортаның температурасы  $30^{\circ}\text{C}$  болғанда ғана орындалады. Егер ауаның температурасы осы шектен жоғары болса, онда жылудың көп бөлігі тері бетіндегі ылғалдың (тердің) булануы жолымен беріледі, ал дене бетінің температурасына жақын ауаның температурасында жылу берілуі тек тердің бөлінуі есебінен жүреді. Сонда ағза ылғалды көп жоғалтады, сонымен қатар ағзаның өмір сүруінде маңызды қызмет атқаратын тұздардан да айырылады. Мысалы, температурасы  $30^{\circ}\text{C}$  болған ортада ауыр физикалық жұмыс жасағанда адам бір ауысымда (сменада) (10 – 12) литр ылғалды жоғалтады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 М.В.Волькенштейн. Биофизика. – М.: 2008. – 311 с.
- 2 В.А.Тиманюк, Е.Н.Животова. Биофизика. – Харьков: 2003. – 125 с.

**Н.М. АЛМАБАЕВА, Б.М. АДИБАЕВ, Г.О. ИЛЬСОВА**  
Курс биофизики, КазНМУ им.С.Д.Асфендиярова

#### ПРОЦЕСС ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ОРГАНИЗМА

**Резюме:** В работе представлены воздействия различных внешних процессов (кондукция, конвекция, излучение и испарение) на организм и ответ различных органов на эти воздействия, то есть вклад терморегуляции организма. Перегрев тела или его переохлаждение приводит к опасным нарушениям жизненных функций, а в некоторых случаях - к заболеваниям.

**Ключевые слова:** теплообмен, терморегуляция, гипотермия, гипертермия, перегрев, переохлаждение

**N.M. ALMABAYEVA, B.M. ADIBAYEV, G.O. YLIYASOVA**

*Asfendiyarov Kazakh National Medical University*

**PROCESS OF THERMOREGULATION OF THE BODY**

**Resume:** The article presents the impact of various external processes (conduction, convection, radiation and evaporation) on the body and the response different organs of these effects, that is, the contribution thermoregulation of the body. Overheating body and overcooling leads to a risk of violation of vital functions, and in some cases - to disease.

**Keywords:** heat exchange, thermoregulation, hypothermia, hyperthermia, overheat, undercooling