

ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАР / ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ /
NATURAL SCIENCES

DOI 10.54596/2309-6977-2022-1-7-17

ӘОЖ 611.24+591.112+612.014.41

ҒТАМА 34.39.31

**БИІК ТАУЛЫ АЙМАҚ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ОРТОСТАТИКАЛЫҚ
СЫНАМАЛАРҒА ӨКПЕ ГЕМОДИНАМИКАСЫНЫҢ РЕАКЦИЯСЫ**
**Шандаулов А.Х., Хамчиев К.М., Рахимжанова Ж.А., Жашкеева А.М.,
Сембекова К.Т., Базарбаева С.М.**

Астана медицина университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Андатпа

Трансбронхиальды электроплетизмография мен өкпе артериясының катетеризациясы арқылы еркек Вистар егеуқұйрықтарына жүргізілген эксперименттерде биік таулы аймақ жағдайларына бейімделу кезінде ерлер Вистар егеуқұйрықтарындағы ауырлық векторына қатысты дене жағдайының өзгеруіне байланысты кіші шеңбердің гемодинамикасының өзгеруі 60 және 150 күндер аралығында анықталды. Жазықта ұқсас эксперименттерді бақылау ретінде қызмет етті. Таудағы өкпеде қанның толуы мен қан ағымының гравитациялық қайта таралуы жазықта қарағанда аз байқалатыны көрсетілген. Бұл өкпенің артериялық тамырлы қабатының қаттылығының жоғарылауына және сәйкесінше гидравликалық қарсылықтың реактивті компонентінің ұлғаюына байланысты. Дене күйінің өзгеруі кезінде өкпе артериясындағы қысым реакциясы жазықта да, тауда да жақсы көрсетілген. Жазықта пассивті ортостатикалық позицияға ауысу систолалық да, диастолалық қысымның да пайызының төмендеуімен бірге жүрді, ал пассивті антиортостатикалық жағдайға ауысу өкпедегі қысымның жоғарылауымен жүрді. Алынған нәтижелер, әдетте, өкпедегі қан айналымының аймақтық бұзылуы тұжырымдамасына сәйкес келеді, соған сәйкес қан толтыру мен өкпеде қан ағымының градиентінің мәндері ауырлық күшінің әсерінен анықталады және кез келген позицияда болады, дегенмен қанның қанмен толтырылуы көлденең күйде (артқы жағында) және жазықта болса да, тауда кеңістіктегі дененің егеуқұйрықтардан сенімді түрде гравитациялық айырмашылығын таппадық.

Түйінді сөздер: биік таулы аймақ, постуральды реакциялар, аймақтық қан көлемі мен қан ағымы, өкпе артериясының қысымы.

**РЕАКЦИЯ ГЕМОДИНАМИКИ ЛЕГКИХ НА ОРТОСТАТИЧЕСКИЕ ПРОБЫ
В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ**

**Шандаулов А.Х., Хамчиев К.М., Рахимжанова Ж.А., Жашкеева А.М.,
Сембекова К.Т., Базарбаева С.М.**

Медицинский университет Астана, Нур-Султан, Казахстан

Аннотация

В опытах на крыс-самцах линии Вистар методами трансбронхиальной электроплетизмографии и катетеризация легочной артерии прослежены изменения гемодинамики малого круга в ответ на перемену положения тела относительно вектора гравитации у крыс-самцов линии Вистар при адаптации условиям высокогорья продолжительностью 60 и 150 дней. Контролем служили аналогичные опыты на равнине. Показано что гравитационное перераспределение кровенаполнения и кровотока в легких в горах менее выражено, чем на равнине. Это обусловлено повышением жесткости артериального сосудистого русла легких и соответственно повышением реактивной составляющей гидравлического сопротивления. Реакция давления в легочной артерии в момент перемены положения тела была хорошо выражена и на равнине, и в горах. На равнине переход в пассивное ортостатическое положение сопровождался снижением и систолического, и процентном отношении в большой степени диастолического давления, а

переход в пассивное антиортостатическое положение – повышением давления в легочной артерии при приблизительно таких же соотношениях изменений систолического и диастолического. Полученные результаты в целом согласуются с представлениями о регионарной неравномерности кровообращения в легких, согласно которым величины градиента по кровенаполнению и кровотоку в легких определяются действием силы тяжести и существует при любом положении тела в пространстве, хотя при горизонтальном положении (лежа на спине) и на равнине, и в горах мы не обнаружили у крыс достоверных гравитационных перепадов ни по кровенаполнению по кровотоку.

Ключевые слова: высокогорье, постуральные реакции, регионарное кровенаполнение и кровоток, давление в легочной артерии.

RESPONSE OF PULMONARY HEMODYNAMICS TO ORTHOSTATIC SAMPLES IN HIGH ALTITUDE CONDITIONS

A. Shandaulov, K. Khamchiyev, Zh. Rakhimzhanova, A. Zhashkeyeva,
K. Sembekova, S. Bazarbayeva

Astana medical university, Nur-Sultan, Kazakhstan

Abstract

In experiments on male Wistar rats by means of transbronchial electroplethysmography and catheterization of the pulmonary artery, changes in hemodynamics of the small circle were traced in response to a change in body position relative to the gravity vector in male Wistar rats when adapting to high altitude conditions for 60 and 150 days. Served as control similar experiments on the plain. It is shown that the gravitational redistribution of blood filling and blood flow in the lungs in the mountains is less pronounced than in the plain. This is due to an increase in the rigidity of the arterial vascular bed of the lungs and, accordingly, an increase in the reactive component of hydraulic resistance. The pressure response in the pulmonary artery at the moment of a change in body position was well expressed both on the plain and in the mountains. On the plains, the transition to the passive orthostatic position was accompanied by a decrease in both systolic and the percentage of, to a large extent, diastolic pressure, and the transition to the passive antiorthostatic position was accompanied by an increase in pressure in the pulmonary artery with approximately the same proportions of changes in systolic and diastolic. The results obtained are generally consistent with the concept of regional irregularity of blood circulation in the lungs, according to which the values of the gradient in blood filling and blood flow in the lungs are determined by the action of gravity and exists at any position of the body in space, although in a horizontal position (lying on the back) and on a plain, and in the mountains we did not find reliable gravitational differences in rats either in blood filling in blood flow.

Key words: highlands, postural reactions, regional blood filling and blood flow, pressure in the pulmonary artery.

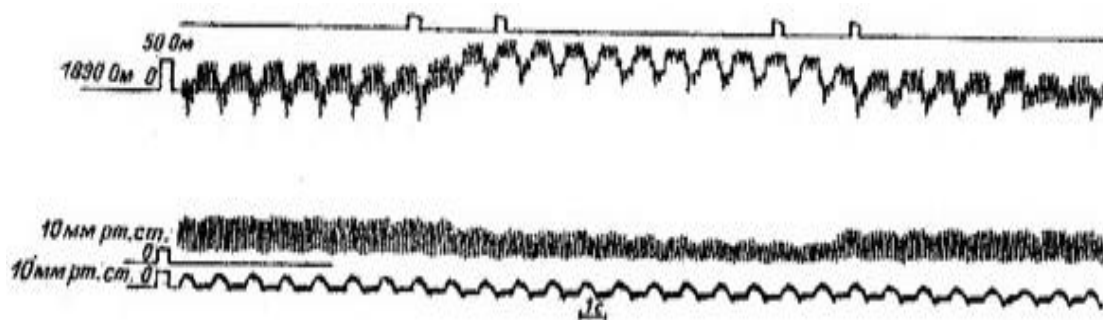
Кіріспе

Жердің гравитациялық өрісі ағзадағы қан массасының таралуына айтарлықтай әсер ететіні белгілі. Жергілікті жағдайда қанды қайта бөлу құбылысы ғарыштағы дененің позициясы өзгерген кезде айқын көрінеді [20, 19, 13]. Кіші шеңбердегі қанның толуы мен қан ағымының біркелкі еместігі көбінесе ауырлық күштерінің әсерінен болады. Өкпедегі гравитациялық механизмді талдау негізінде функционалды әр түрлі аймақтар анықталды [3, 7, 9]. Адамның немесе жануарлардың тауда болуы кіші шеңберде қан айналымының айтарлықтай өзгеруіне әкелетіні анықталды, оның негізгі себебі гипоксия [5, 6, 10]. Сонымен қатар, бұл жағдайда дамитын өкпе гипертензиясына өкпенің қан айналымының тиімділігін жоғарылатуды қамтамасыз ететін бірқатар авторлар қорғаныш және бейімделу рөлін береді [11, 12, 13]. Алайда жоғары биіктіктегі гипоксия кезінде вентиляция мен қан ағымының өзгеруі ауаның газ құрамымен гемодинамикалық реттелу процесіне тікелей емес, өкпе функциясының адаптивті қайта құрылуына байланысты болуы ықтимал [14, 17, 19]. Жоғары биіктіктегі гравитациялық механизм жазықтағыдай әрекет ететіндіктен, дененің ауырлық

векторына қатысты кеңістіктегі жағдайының өзгеруі таулардың өзгеруіне табиғи сынақ бола алады. Біз биіктік жағдайында дененің кеңістіктегі жағдайының өзгеруінің өкпе қан айналымына әсері туралы әдебиеттерді кездестірмедік. Жоғарыда айтылғандарға байланысты, бұл зерттеудің мақсаты - жердің тартылыс векторына қатысты дене жағдайының өзгеруіне жауап ретінде өкпе қан айналымының гемодинамикалық реакцияларының мүмкін болатын әсерін анықтау. Егеуқұйрықтың өкпесі кішігірім болуына байланысты, негізінен, гравитациялық гемодинамикалық градиенттерді бақылауға ыңғайлы объект болып табылмаса да, ұсақ жануарлардың басқа да бірқатар артықшылықтары мен аймақтық қан айналымын және өкпені зерттеудің кейбір жаңа мүмкіндіктері [1, 10, 12] бұл жағдайда үлкенірек жануарларды қолданудан бас тартуға болады.

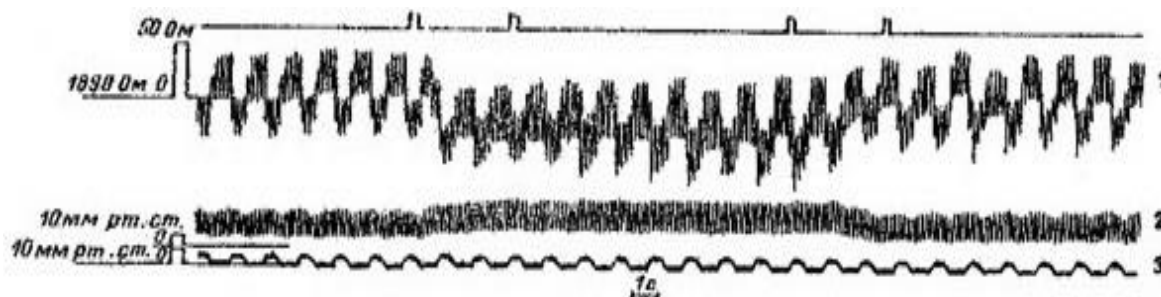
Зерттеу әдістері

Тәжірибелер тиісінше 60 және 150 күн бойы тауда болғаннан кейін салмағы 254 +/- 6,5 және 210 +/- 6,1 г болатын 44 еркек Вистар егеуқұйрықтарына жүргізілді. Бұрын әкелінген жануарлар (бастапқы орташа дене салмағы 355 +/- 11 г) теңіз деңгейінен 3200 м биіктіктегі жылытылған бөлмеде (Тянь-Шань, Туя-Ашу асуы) ұсталып, қалыпты диетада ұсталды. Эксперимент алдында бірден жануарларға нембутал (30 мг / кг құрсақшілік) арқылы анестезия жүргізілді. Тыныс табиғи немесе жасанды болды; соңғы жағдайда дитилин қолданылды (30 мг / кг, құрсақшілік). Зерттеулер жануарлардың көлденең (артқы жағында, оң және сол жақта), тік (басы жоғары) және кері тік (басы төмен) күйлерінде жүргізілді, сонымен қатар дененің өзгеру сәтін графикалық түрде жазды, арнайы кестенің көмегімен жүзеге асырылған кеңістіктегі позиция, флебостатикалық қысымның тұрақты деңгейімен 0-ден +/- 90 градусқа дейін біркелкі өзгеруі мүмкін (сур.1, 2).



1 Сурет Өкпенің гемодинамикалық параметрлерінің кеңістіктегі дене жағдайының өзгеруіне реакциясы, пассивті ортостатикалық (-90 градус). Өкпенің вентробазальды аймағының 1-электроплетизмограммасы, 2-өкпе артериясының бағанында қысым, 3-трахеядағы ауа қысымы.

Сол жақта, қысықтардың басында калибрлеу сигналдары, сонымен қатар негізгі электр кедергісі, нөлдік қысым сызығы, уақыт белгісі көрсетіледі. Жоғарыда сигнал сызығы орналасқан.



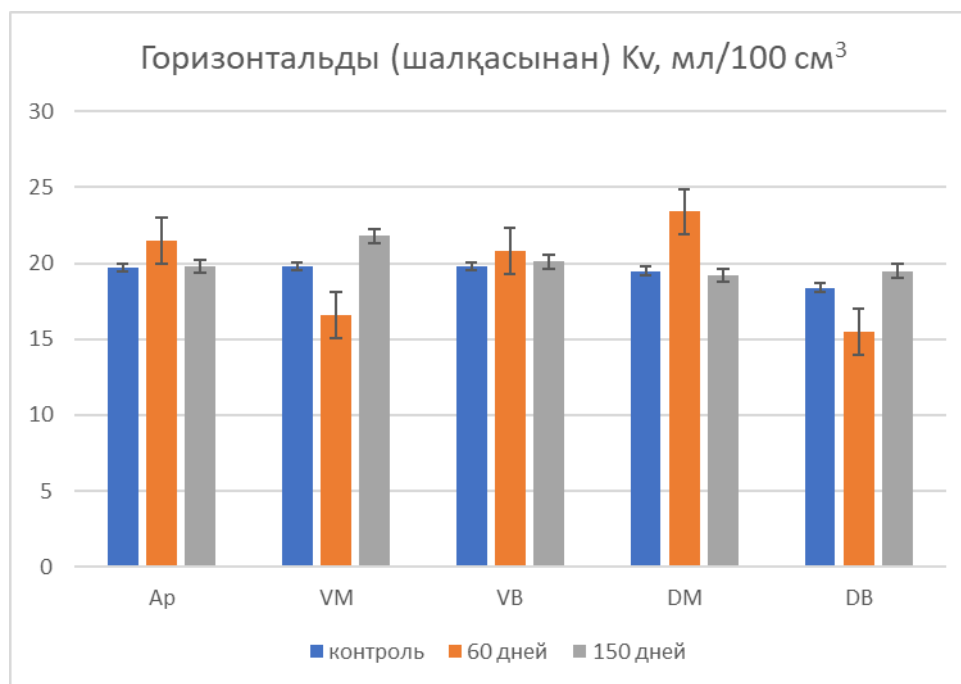
2 Сурет Өкпенің гемодинамикалық параметрлерінің кеңістіктегі дене жағдайының өзгеруіне реакциясы, пассивті антиортостатикалық (+90 градус). Қалған белгілер 1-суреттегідей.

Өкпе артериясындағы қысымды кеуде қуысын ашпай, оң жақ мойын венасы арқылы катетеризациялаусыз электромагнитомер (Сименс-Элема) көмегімен өлшеді, ал қан ағымы мен қан толтыру (өкпенің 100 см^3 текше көлеміне мл) өлшеді. Өкпенің шартты түрде анықталған аймақтарындағы трансбронхиалды электроплетизмография әдісі [1, 10]: апикальды, медиальды және базальды; соңғы екеуінде дорсальды және вентральды жақтары ажыратылды. Электроплетизмограф датчигінің зондының жағдайы рентгенмен (Арман-1) екі проекцияда және визуалды түрде жануарды кесу кезінде бақыланды. Жазықтықта зерттелген салмағы $350 \pm 12 \text{ г}$ Вистар еркектерінің сиялы жазу құрылғысында электроплетизмограммалар, өкпе артериясы мен тыныс жолдарының қысымы жазылды. Материал статистикалық өңделді, оның ішінде Стьюдент t-тесті көмегімен айырмашылық әдісі. Дененің кеңістіктегі жағдайының өзгеруіне реакциялардың мәндері бастапқыға сәйкес пайыздық ауытқулар ретінде анықталды. Нәтижелер $p < 0.05$ мәнінде маңызды деп саналды.

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу кезінде жануардың денесіне берілген жағдайға қарамастан, өкпенің сол аймақтарындағы биіктік гипоксияға бейімделудің 60-шы күніне қарай қан көлемінің бір бағытты өзгеруіне назар аударылды. Өкпенің әр аймағында байқалады: оның вентробазальды, дорсомедиальды, апикальды аймақтарда өсуі және дорсобазальды және вентромедиальды аймақтардың төмендеуі, және көп жағдайда өзгерістер статикалық маңызды болды. Сол күні тауларда қан ағымының өзгеруі қан айналымындағы өзгерістерге ұқсас болды. Вентромедиальды және дорсобазальды аймақтарда, сондай-ақ, вентробазальды аймақтарда, жануардың денесінің кеңістіктегі жағдайына қарамастан, қан ағымының төмендеуі байқалды, сонымен қатар вентромедиальды аймақтар да өте маңызды болды (орташа есеппен 2 есе немесе одан да көп), ал дорсомедиальды аймақтарда қан толтырудың жоғарылауы шамалы болды. Өкпелік артериядағы қысым тауда 2 ай әсер еткеннен кейін елеулі өзгерістерге ұшырады. Орташа ересек адамның систолалық қысымы 51%-ға, ал диастолалық қысым іс жүзінде өзгеріссіз қалды, нәтижесінде импульстік қысым орташа есеппен 79%-ға өсті. Биік тауларға 5 айлық бейімделу кезінде қанның толтырылуының орташа көрсеткіштері мен қан ағымының басым көпшілігі жазықта олардың мәніне жақындады. Алайда, өкпе артериясындағы қысым 2 айлық кезеңмен салыстырғанда айтарлықтай өзгеріске ұшыраған жоқ, жоғарылаған күйінде қалды. Жазықтағы егеуқұйрықтардың көлденең позициясында, өкпенің зерттелген аймақтары арасындағы қан толтыру мен қан ағымында елеулі гравитациялық немесе басқа айырмашылықтары

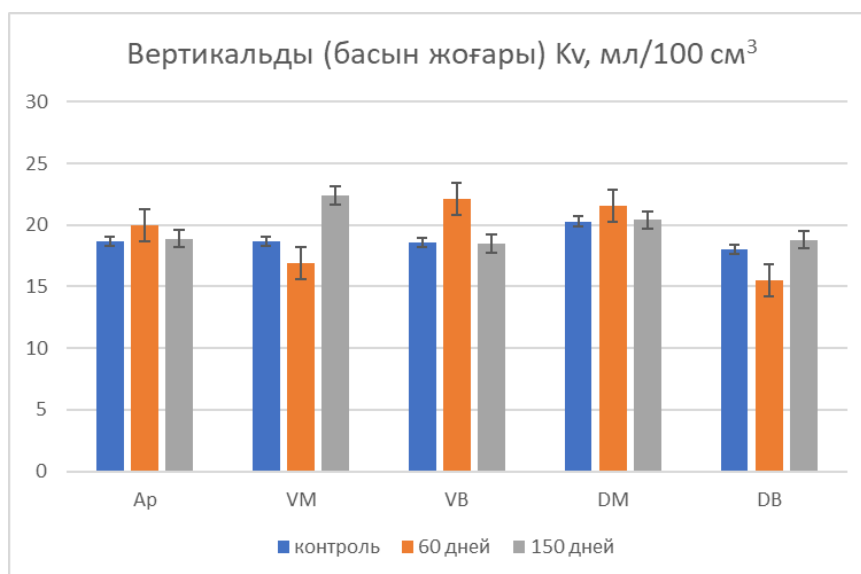
байқалмады, ал айырмашылығы дорсобазальды және дорсомедиальды арасындағы 24%. Бұл аудандар арасында тік (басын жоғары) және кері тік (басын төмен) дене позициялары гравитациялық айырмашылықтарды көрсетеді. Толығырақ айтқанда, постуральды айырмашылықтар дененің кеңістіктегі бір позициядан екіншісіне ауысу сәтінде пайда болды.



3 Сурет Дененің кеңістіктегі орнын өлшеу кезінде өкпенің әр бөлігінде қан көлемінің% (Kv) ұлғаюының орташа көрсеткіштері. Ap-апикальды, VM-вентромедиальды, DM-дорсомедиальды, VB-вентробазальды, DB-дорсобазальды. I- бақылау, II -, III-150 күн биіктікке бейімделу.

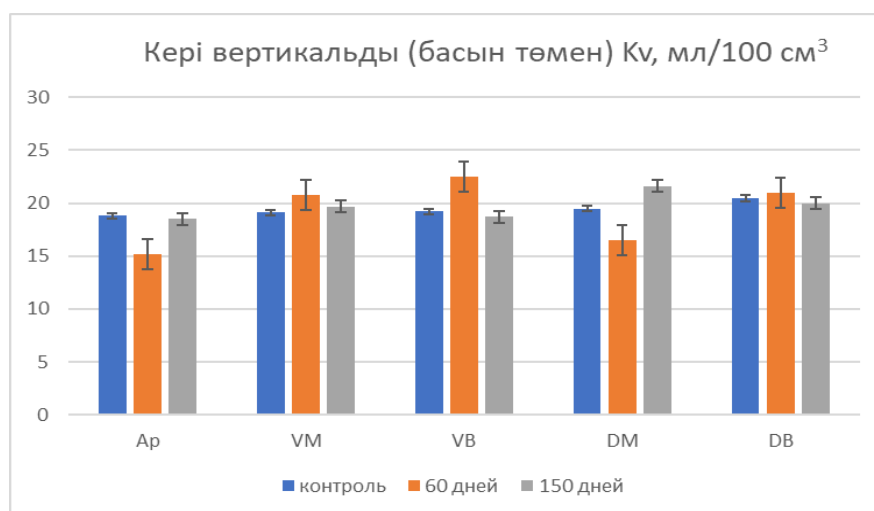
1 және 2-суреттерде жануардың көлденең күйден пассивті ортостатикалық күйге ауысуы кезінде өкпенің вентробазальды бөлігінде қанның толуының жоғарылауын көрсетеді, ол біртіндеп бастапқы мәніне оралады (1-қисық). Бұл кезде өкпе артериясында қысымның төмендеуі орын алатынын көруге болады (2-қисық). Дегенмен, жүрек соғу жиілігі іс жүзінде өзгермейді, ал жүрек соғу жиілігі іс жүзінде өзгеріссіз қалады. Пассивті антиортостатикалық позицияға ауысу кезінде бір мезгілде тұрақты жүрек соғу жиілігімен өкпе артериясында қысымның жоғарылауымен бірдей аймақтың қан толтыруының бірдей айқын төмендеуі байқалады.

4-суретте жазықтықта (бақылау тобында) көлденең күйден ортостатикалық күйге пассивті ауысу кезінде өкпенің барлық зерттелген аймақтарында (вентробазальды қоспағанда) қан толтыру орташа 4-5%; соңғысында ол 5%-ға өсті. Тауда 60 күн болғаннан кейін, дененің кеңістіктегі жағдайының өзгеруіне қанның таралуына жауап ретінде апикальды және дорсомедиальды аймақтарда өзгерістер болды.



4 Сурет Дененің кеңістіктегі орнын өлшеу кезінде өкпенің әртүрлі бөліктерінде қан көлемінің % (K_v) ұлғаюының орташа көрсеткіштері. Қалған белгілер 3-суреттегідей.

Ол орта есеппен 2-4%-ға төмендеді, дорсобазальды аймақта ол өзгермеді, ал вентромедиальды және вентробазальды аймақтарда 2,5-3,5%-ға артты. Дәл осындай реакция бейімделудің 150-ші күніне дейін сақталды. Жазықта антиортостатикалық жағдайға көшу өкпенің қан толтырылуының тек апикальды (4,5%-ға) және вентральды (3%-ға төмендеу) аймақтарда өзгеруін көрсетті; қалғандарда қан толтырудың төмендеуіне жауап әлсіз болды (шамамен 1%). Сурет жаңа сипатталғанға жақын болды және 150 күннен кейін (сур. 5).



5 Сурет Дененің кеңістіктегі орнын өлшеу кезінде өкпенің әртүрлі бөліктерінде қан көлемінің % (K_v) ұлғаюының орташа көрсеткіштері. Қалған белгілер 3-суреттегідей.

Жалпы алғанда, қан ағымы мен қан көлемі арасында оң корреляция болды. Жазықтықтағы қанның толуы мен қан ағымының көлденең күйден ортостатикалыққа

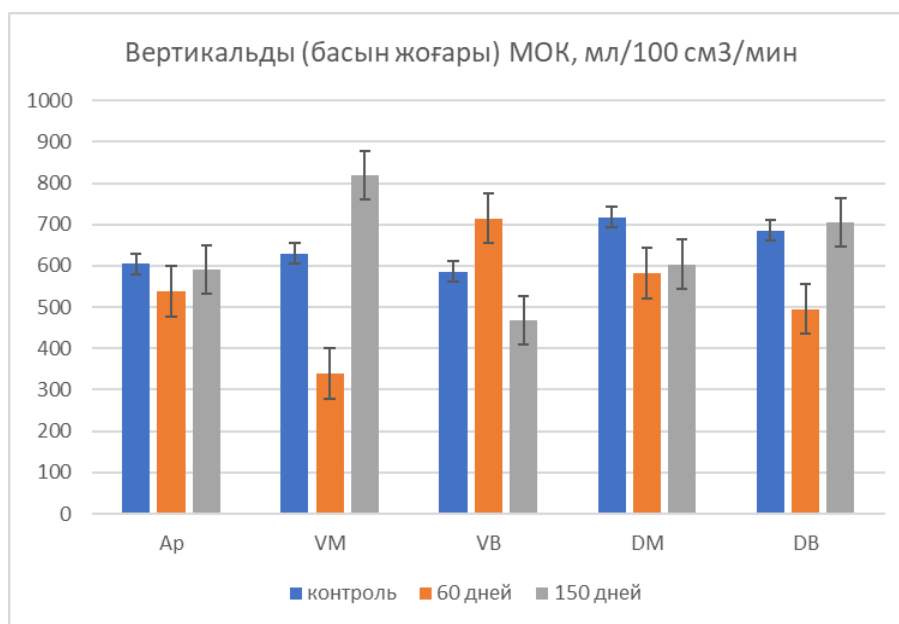
ұқсастықтары жазықта және егеуқұйрықтардың 2 айлық тауларда әсер етуіне қатысты, ал 5 айлық экспозицияда ол өзгерген жоқ, немесе 7-10%-ға өсті, ал 5-учаскедегі 3 қан толтыру төмендеді. 5 айдан кейін жүргізілген эксперименттер көрсеткендей, әдетте антиортостатикалық позицияға ауысу кезінде жазықтықтағы өзгерістерге қарағанда (-6 -дан + 6%-ға дейін) орташа қан ағымында ауытқу аз болады (-8 -ден +12%); (5-сурет). Көлденең қалыптан (артқы жағында) оңға немесе солға жылжу кезінде жазықтықта гравитациялық механизмге сәйкес қанның толуы мен қан ағымы өзгереді. Сол жақ бүйірлік позицияға ауысқанда, жалпы алғанда, өкпенің қан толтырылуы мен қан ағымы артады, ал олардың үстіңгі өкпенің дорсальды аймақтарында төмендейді. Оң жақ бүйірлік позицияға ауысқанда, оң жақ өкпеге қатысты ұқсас сурет байқалады. Жоғары биіктіктегі гипоксия жағдайында жазықтағыдай дене қалпының өзгеруі ұқсас нәтижелерге әкеледі.

Дене күйінің өзгеруі кезінде өкпе артериясындағы қысым реакциясы жазықта да, тауда да жақсы көрсетілген. Жазықта пассивті ортостатикалық позицияға көшу систолалықтың да, диастолалық қысымның да пайызының төмендеуімен жүрді, ал пассивті антиортостатикалық жағдайға ауысу өкпедегі қысымның жоғарылауымен жүрді.

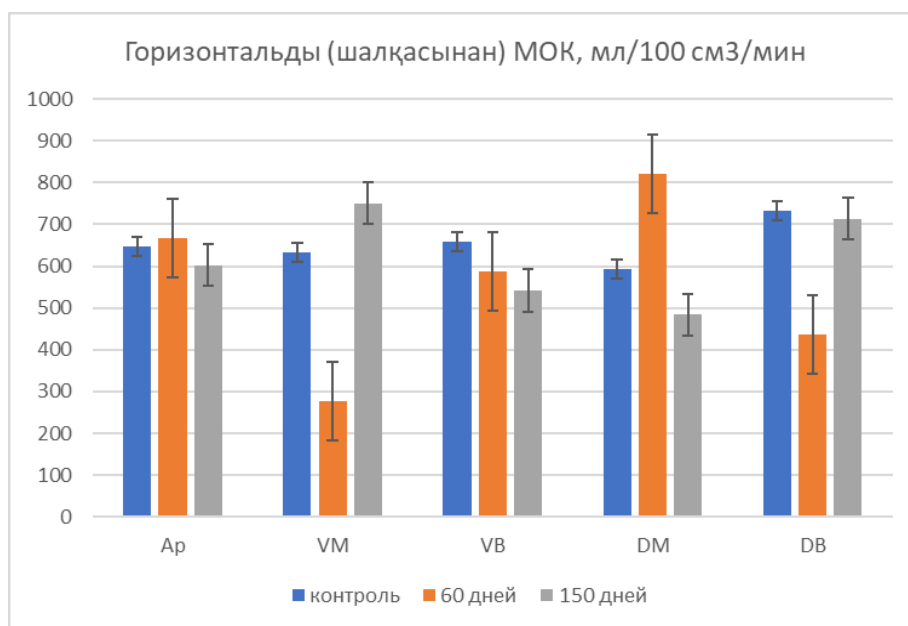
Бұл реакциялар тауда болғанның 60-шы және 150-ші күндерінде бірдей болды, бірақ жазықтықтағы постуральды реакциялардан ортостатикалық және антиортостатикалық позицияларда диастолалық қысымның аз өзгеруімен ерекшеленді. Осыған сәйкес, бейімделудің 60-шы және 150-ші күндерінде ортостатикалық қалыпқа көшу кезінде өкпе артериясындағы импульстік қысым жазықтықта сол күйге ауысқанға қарағанда едәуір төмендеді (22 және 39%). Антиортостатикалық позицияға ауысу кезінде импульстік қысым сәйкесінше 13 және 8%-ға, ал дәл осындай тесті бар жазықта - 8%-ға өсті. Бұдан шығатыны, қан көлемінің импульсінің ұлғаюының өзгеруін ескере отырып, егеуқұйрықтардағы өкпе тамырларының 60-150 күндік адаптацияға сәйкестігі жазыққа қарағанда айтарлықтай төмен.

Алынған нәтижелер, әдетте, өкпедегі қан айналымының аймақтық бұзылуы тұжырымдамасына сәйкес келеді, оған сәйкес қан толтыру мен өкпеде қан ағымының градиентінің мәндері ауырлық күшінің әсерімен анықталады және кез келген позиция үшін бар. Көлденең күйде (артқы жағында) және жазықта болса да, тауда кеңістіктегі дененің егеуқұйрықтардан сенімді түрде гравитациялық айырмашылығын таппадық, қанның қанмен толтырылуы.

Бұл, мүмкін, бұл жануарлардың өкпесінде вентральды-дорсальды қашықтықтың аздығынан болса керек. Жазықта да, тауда да ұзақ бейімделуден кейін дененің кеңістіктегі жағдайының өзгеруіне жауап беретін кейбір жалпы физиологиялық механизмдердің әрекеті көрсетіледі. Горизонтальды позициядан ортостатикалық немесе антиортостатикалық күйге көшу жазықта да, тауда да егеуқұйрықтарды ірі жануарлардан (иттерден) және адамдардан айырмашылығы бар, оларда дене позициясының өзгеруі байқалады, ең алдымен жүрек соғу жылдамдығына байланысты қан айналымының минуттық көлемінің өзгеруімен жүреді [2, 15, 16]. Кішкене зертханалық жануарларда дене жағдайының өзгеруіне байланысты қан айналымының минуттық көлемінің өзгеруі инсульт көлемін өзгерту арқылы жүзеге асады, ол әсіресе, 1, 2-суретте жанама түрде көрсетілген, электроплетизмограмманың импульстік амплитудасының айқын өзгеруі, оның ортостатикалыққа өтуде төмендеуі және антиортостатикалыққа ауысуда жоғарылауы.



6 Сурет Дененің кеңістіктегі орнын өлшеу кезінде өкпенің әртүрлі бөліктерінде минуттық қан ағымының % (МОК) ұлғаюының орташа көрсеткіштері. Қалған белгілер 3-суреттегідей.



7 Сурет Дененің кеңістіктегі орнын өлшеу кезінде өкпенің әртүрлі бөліктерінде минуттық қан ағымының % (МОК) ұлғаюының орташа көрсеткіштері. Қалған белгілер 3-суреттегідей.

Өкпедегі бұл реакцияның пайда болуында қан ағымына да, қан толтыруға да қатысты екі негізгі механизмді ажыратуға болады. Бір жағынан, бұл реакция дененің күйінің өзгеруімен жүйелік айналымның тамырларынан өкпеге кетумен немесе керісінше байланысты. Ол қан массасының гравитациялық қайта бөлінуіне негізделген. Екінші жағынан, гравитациялық механизмнің арқасында өкпе ішіндегі қан массасының қайта бөлінуі де орын алады.

Бұл, атап айтқанда, ортостатикалық қалыпқа өту кезінде өкпенің венробазальды аймақтарында қанның толуы мен қан ағымының ұлғаюымен көрінеді (2 және 4-сурет), онда жоғарыда көрсетілгенге сәйкес қан мөлшері өкпеде азаюы керек, өкпеден ағып кетеді, бұл солай болады, бірақ басқа бөліктерінде. Шындығында, қан ағымының таралуының суреті күрделірек болуы мүмкін, бұл сонымен қатар кестеде келтірілген мәліметтерде қан ағымының өзгеруі мен өкпенің қан толтыруының топографиясы туралы, тек гравитациялық заңдылықтарға сәйкес келмейді. Жақында орталықта және шеткі аймақтарда қан ағымының гравитациялық емес және бөліктің перифериясындағы айырмашылығын көрсететін деректер пайда болды [4, 8]. Бұл жерде келтірілген материалдан (2 - 3-сурет) қарағанда, жазықтағы сол реакциямен салыстырғанда өкпе биік тауларының реакциясының жалпы ерекшелігі - қан толтыру мен өкпедегі қан ағымының өзгеруі - 60, ал тауда 150 күннен кейін.

Қорытынды

Әлбетте, физиологиялық тітіркендіргішке жауап ретінде айырмашылықтар, бұл ауырлық векторына қатысты дененің орналасуының өзгеруі, өкпедегі аталған бейімделу кезеңдерінде болатын өзгерістерден ізделуі керек. Жақында [1] тауда кездесетін егеуқұйрықтардағы өкпе артериясындағы гипертензия бейімделудің барлық кезеңінде (3-300 күн) диастолалық қысымның өзгеріссіз жүретінін көрсетті, систолалық қысымы сол кезеңінде айтарлықтай жоғарылайды.

Басқаша айтқанда, біз систолалық типтегі гипертензия туралы айтып отырмыз, ол жанама түрде перифериялық қарсылықта ғана емес, өкпенің тамырлы қабатының қаттылығының жоғарылауын көрсетеді. Бұған қан тамырларының тауда болу кезеңінің ұлғаюына сәйкестігінің төмендеуі тікелей дәлел болады [1, 7]. Тауда ұзақ уақыт болғаннан кейін қанның толтырылуының постуральды эффектілерге реакциясының төмендеуі туралы алынған мәліметтерді өкпенің тамырлы қабатының қаттылығының жоғарылауымен түсіндіруге болады, алайда оның орналасуының өзгеруі байқалады. Кеңістіктегі дене қан ағымының серпімділік қасиеттерінің суреттеріне айтарлықтай қосымша өзгерістер енгізбейді, бұл гидравликалық қарсылықтың реактивті компонентінің өзгеруіне байланысты болады, ол өз кезегінде серпімділік қасиеттерімен анықталады. Тауда кешкілік уақытта болудың кезеңдерінде тамырлардың серпімділігін жоғарылатуды Фолков [1] бойынша құрылымдық автореттелу механизмімен түсіндіруге болады, бұл өкпе қан айналымының ұзақ уақытқа созылатын өкпе гипертензиясына жауап ретінде пайда болады, бұл морфологиялық зерттеулермен расталады. Өкпе артериясындағы қысымның жоғарылауының ерте уақытын дәл осылай түсіндіруге болмайды және олар басқа механизммен байланысты. Мүмкін, бұл жағдайда біз тегіс бұлшықет тамырлы қабырға дамыған кернеуге байланысты қан тамырларының серпімділігінің жоғарылауы туралы айтып отырған болармыз. Мысалы, өкпенің артериялық тамырларының серпімділігінің нейрогенді жоғарылауының мүмкіндігі белгілі бір қозғаушыға сілтеме болмаса да көрсетілді. Биік тауларға бейімделу кезінде өкпенің тамырлы қабатының қаттылығын жоғарылату механизмдері, сонымен қатар гипертонияның қорғаныш және бейімделу ролі қосымша зерттеулерді қажет етеді.

Әдебиет:

1. A.Kh. Shandaulov, K.M. Khamchiyeu, A.A. Ostanin, S.S. Ibraeva, K.M. Hasenova 2020. Influence of high-altitude hypoxia on the hemodynamics of the small circle of blood circulation and indicators of red blood of rats. *Sys Rev Pharm* 2020; 11 (2): 284-288. DOI:10.5530/srp.2020.2.44.
2. David, P., Terrien, J. & Petitjean, M. Postural- and respiratory-related activities of abdominal muscles during post-exercise hyperventilation. *Gait & posture* 41, 899–904, <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.012> (2015).
3. Degache, F. et al. Alterations in postural control during the world's most challenging mountain ultra-marathon. *PloS one* 9, e84554, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084554> (2014). *Scientific Reports* | (2020) 10:483 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57166-48>. www.nature.com/scientificreports/
4. Drum, S.N. et al. Acute effects of walking at moderate normobaric hypoxia on gait and balance performance in healthy community dwelling seniors: A randomized controlled crossover study. *Arch Gerontol Geriatr* 67, 74–79, <https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.06.022> (2016).
5. Hromina S.I., Batyrshina N.A., Batyrshin R.R. (2021). Sravnitel'nyi analiz rezul'tatov ortostaticheskoi proby u studentov v period pandemii covid-19. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 3, 230-234 [in Russian]. <https://doi.org/10.17513/snt.38562>
6. Hussain A., Suleiman M.S., George S.J., Loubani M., Morice A. 2017. Hypoxic pulmonary vasoconstriction in humans: tale or myth. *Open Cardiovasc. Med. J.*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/10.2174/1874192401711010001>
7. Kotelnikov V.N., Osipov I.O., Zayats Yu.V., Gelzer B.I. (2017). Assessment of autonomic regulation of the heart in acute exogenous normobaric hypoxia of varying severity in the experiment. *Bull. an expert. biol. and honey*, 1, 541-547.
8. Lesova E.M., Samoilov V.O., Filippova E.B., Savokina O.V. (2015). Individual'nye razlichiya pokazatelej gemodinamiki pri sochetanii gipoksicheskoi i ortostaticheskoi nagruzok. *Vestnik rossijskoi voenno-meditsinskoj akademii*, 1 (49), 157-163 [in Russian].
9. Mazhbich B.I., Kul'minyh L.I. (1986). Kateterizaciya legochnoj arterii i trasbronhial'naya elektropletizmografiya u kryss. *Transbronhial'naya elektropletizmografiya legkih*. Novosibirsk, 20-32 [in Russian].
10. Mifflin S., Cunningham J.T., Toney G.M. (2015). Neurogenic mechanisms underlying the rapid onset of sympathetic responses to intermittent hypoxia. *J. Appl. Physiol.* 119, 1441-1448. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00198.2015>
11. Paillard, T. Effects of general and local fatigue on postural control: A review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 36, 162–176, <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.05.009> (2012).
12. Ribon, A. et al. Exposure to hypobaric hypoxia results in higher oxidative stress compared to normobaric hypoxia. *Respiratory physiology & neurobiology* 223, 23–27, <https://doi.org/10.1016/j.resp.2015.12.008> (2016).
13. Sadowska, D. & Krzepota, J. Influence of Posturographic Protocol on Postural Stability Sways During Bipedal Stance After Ankle Muscle Fatigue. *Percept Mot Skills* 123, 232–243, <https://doi.org/10.1177/0031512516660698> (2016).
14. Saugy, J.J. et al. Cycling Time Trial Is More Altered in Hypobaric than Normobaric Hypoxia. *Medicine and science in sports and exercise* 48, 680–688, <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000810> (2016).
15. Stadelmann, K. et al. Impaired Postural Control in Healthy Men at Moderate Altitude (1630 M and 2590 M): Data from a Randomized Trial. *PLoS ONE* 10, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116695> (2015). Thorpe, R.B. (2017). Chronic hypoxia attenuates the vasodilator efficacy of protein kinase G in fetal and adult ovine cerebral arteries. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 313, 1, 207-219. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00480.2016>.
16. A.Kh. Shandaulov, K.M. Khamchiyeu, A.A. Ostanin, S.S. Ibraeva, K.M. Hasenova 2020. Influence of high-altitude hypoxia on the hemodynamics of the small circle of blood circulation and indicators of red blood of rats. *Sys Rev Pharm* 2020; 11 (2): 284-288. DOI:10.5530/srp.2020.2.44.
17. David, P., Terrien, J. & Petitjean, M. Postural- and respiratory-related activities of abdominal muscles during post-exercise hyperventilation. *Gait & posture* 41, 899–904, <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.012> (2015).
18. Degache, F. et al. Alterations in postural control during the world's most challenging mountain ultra-marathon. *PloS one* 9, e84554, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084554> (2014). *Scientific*

Reports | (2020) 10:483 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57166-48>. www.nature.com/scientificreports/
www.nature.com/scientificreports/

19. Drum, S.N. et al. Acute effects of walking at moderate normobaric hypoxia on gait and balance performance in healthy community dwelling seniors: A randomized controlled crossover study. *Arch Gerontol Geriatr* 67, 74–79, <https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.06.022> (2016).
20. Hromina S.I., Batyrshina N.A., Batyrshin R.R. (2021). Sravnitel'nyi analiz rezul'tatov ortostaticheskoi proby u studentov v period pandemii covid-19. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 3, 230-234 [in Russian]. <https://doi.org/10.17513/snt.38562>
21. Hussain A., Suleiman M.S., George S.J., Loubani M., Morice A. 2017. Hypoxic pulmonary vasoconstriction in humans: tale or myth. *Open Cardiovasc. Med. J.*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/10.2174/1874192401711010001>
22. Kotelnikov V.N., Osipov I.O., Zayats Yu.V., Gelzer B.I. (2017). Assessment of autonomic regulation of the heart in acute exogenous normobaric hypoxia of varying severity in the experiment. *Bull. an expert. biol. and honey*, 1, 541-547.
23. Lesova E.M., Samoilov V.O., Filippova E.B., Savokina O.V. (2015). Individual'nye razlichiya pokazatelej gemodinamiki pri sochetanii gipoksicheskoi i ortostaticheskoi nagruzok. *Vestnik Rossijskoi voenno-meditsinskoj akademii*, 1 (49), 157-163 [in Russian].
24. Mazhbich B.I., Kul'minyh L.I. (1986). Kateterizaciya legochnoj arterii i trasbronhial'naya elektropletizmografiya u krys. *Transbronhial'naya elektropletizmografiya legkih*. Novosibirsk, 20-32 [in Russian].
25. Mifflin S., Cunningham J.T., Toney G.M. (2015). Neurogenic mechanisms underlying the rapid onset of sympathetic responses to intermittent hypoxia. *J. Appl. Physiol*, 119, 1441-1448. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00198.2015>
26. Paillard, T. Effects of general and local fatigue on postural control: A review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 36, 162–176, <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.05.009> (2012).
27. Ribon, A. et al. Exposure to hypobaric hypoxia results in higher oxidative stress compared to normobaric hypoxia. *Respiratory physiology & neurobiology* 223, 23–27, <https://doi.org/10.1016/j.resp.2015.12.008> (2016).
28. Sadowska, D. & Krzepota, J. Influence of Posturographic Protocol on Postural Stability Sways During Bipedal Stance After Ankle Muscle Fatigue. *Percept Mot Skills* 123, 232–243, <https://doi.org/10.1177/0031512516660698> (2016).
29. Saugy, J.J. et al. Cycling Time Trial Is More Altered in Hypobaric than Normobaric Hypoxia. *Medicine and science in sports and exercise* 48, 680–688, <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000810> (2016).
30. Stadelmann, K. et al. Impaired Postural Control in Healthy Men at Moderate Altitude (1630 M and 2590 M): Data from a Randomized Trial. *PLoS ONE* 10, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116695> (2015).
31. Thorpe, R.B. (2017). Chronic hypoxia attenuates the vasodilator efficacy of protein kinase G in fetal and adult ovine cerebral arteries. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 313, 1, 207-219. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00480.2016>
32. Tuleta I., Franca C., Wenzel D., Fleischmann B., Nickenig G., Werner N., Skowasch D. 2015. Intermittent hypoxia impairs endothelial function in early preatherosclerosis. *Adv. Exp. Med. Biol*, 858, 1-7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193397>
33. Vaillancourt M., Chia P., Sarji S., Nguyen J., Hoftman N., Ruffenach G., Eghbali M., Mahajan A., Umar S. 2017. Autonomic nervous system involvement in pulmonary arterial hypertension. *Respir. Res.*, 18 (1), 201-216. <https://doi.org/10.1186/s12931-017-0679-6>
34. Хромина С.И., Батыршина Н.А., Батыршин Р.Р. 2021. Сравнительный анализ результатов ортостатической пробы у студентов в период пандемии covid-19. *Современные наукоемкие технологии*, 3, 230-234. <https://doi.org/10.17513/snt.38562>