

Да дишаш или да не дишаш – това е въпросът

Николай Лазаров

Еверест е на надморска височина 8848 м, тогава каква е разликата? Защо хората в самолета умират, а алпинистът може да достигне дори и по-високо и да забие своето флагче на върха? Феноменът,

който обяснява този факт, се нарича аклиматизация. Човек е пригоден за живот и ефективна трудова дейност на височината на морското равнище, където съдържанието на кислород в атмосферния въздух е оптимално. Рязкото намаляване на кислородните молекули над тази височина, които постъпват в тялото ни при едно вдишване, води до остър дефицит и загуба на съзнание, но когато на тялото е било предоставено достатъчно време, за да се приспособи към разрежения въздух на голяма надморска височина, човек се адаптира и не се развиват драматичните събития, описани в примера със самолета.

В наши дни експлоатация на съоръжения за минни отпадъци, увеселителни заведения, превозни дейности, селскостопански занимания и военни операции често се осъществяват на голяма надморска височина и всички те изискват повишена физическа и умствена човешка активност. Проблемът

Ако внезапно самолетът, в който летим, се разхерметизира на височина 8800 м, хората в него губят съзнание за около 3 – 4 минути и в следващите няколко ще настъпи тяхната смърт. Но в същото време има хора, които изкачват връх Еверест без допълнителен кислороден апарат и без вреда за здравето.

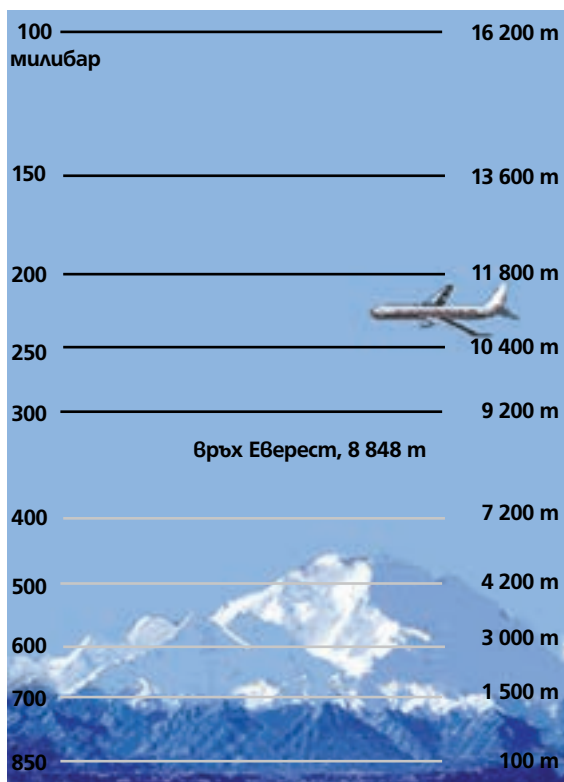
е, че с понижаване на атмосферното налягане при голяма надморска височина спада и парциалното налягане на кислорода във вдишвания въздух, което води до намалена работоспособност. Добре

известен факт е, че намаленото кислородно снабдяване на мозъчните клетки нарушава нормалната функция на централната нервна система, в резултат на което намалява физическата и умствена работа на целия организъм. Ето защо при работа в условията на по-голяма надморска височина от изключителна важност е да се осигури адекватно кислородно снабдяване на тъканите.

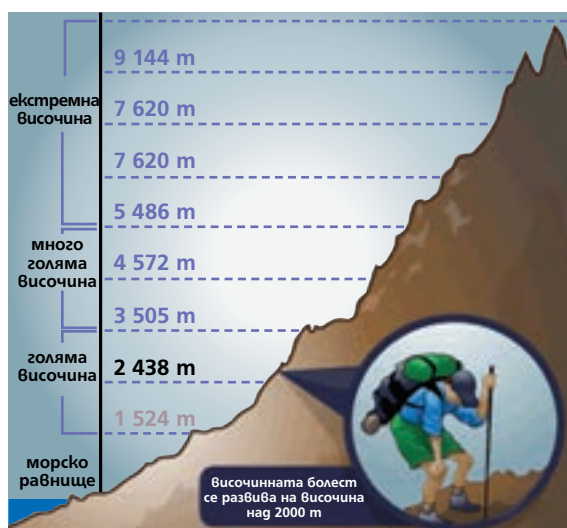
Човешките същества притежават естествени (краткосрочни и дългосрочни) защитни механизми срещу пониженото кислородно ниво – състояние, известно като хипоксия. Когато то се дължи на разреждане на атмосферния въздух при изкачване на определена височина (над 2000 м), се говори за хипобарна хипоксия, или височинна болест. Попаднал в такива условия, човек реагира с участване на пулса, ускоряване и задълбочаване на дишането, което е опит на тялото да поеме повече въздух и се снабди с повече кислород, ускорява се и кръвообращението,

за да се достави повече кислород до клетките за единица време. С времето (обикновено след около 4 дни) организъмът се адаптира към понижено кислородно съдържание в атмосферния въздух, включвайки и други компенсаторни механизми като напр. увеличаване броя на червените кръвни телца. Развива се процес, наречен вентилаторна аклиматизация. Алпинистите наричат „мъртва зона“ височината над 8000 м над морското равнище, защото заради недостиг на кислород, умора и лошо време именно там най-често загиват алпинисти. Хората не живеят постоянно на височина, по-голяма от 5030 м, защото тялото не може да се адаптира добре към по-голяма надморска височина. Колкото по-дълго продължи престоят на височина над 5000 м, толкова повече се развива умствено, физическо и емоционално изтощение, независимо от активно развиващите се механизми на аклиматизация.

Кой все пак е пусковият механизъм за височинна хипервентилация? Това е една малка чифтна структура в нашето тяло, наречена каротидно телце. Каротидното телце е разположено в областта на раздвояване на общата сънна артерия, на нивото на долночелюстния ъгъл. Изследванията на испанския неврохистолог Фернандо де Кастро (Fernando de Castro, 1896 – 1967), публикувани в периода 1926 – 1929 г., дават научно основание да се приеме тезата, че каротидното телце е основният периферен хеморецептор (гр. хаема – кръв) в човешкото тяло, който регистрира нивата на парциално налягане на кислорода, възлеродния диоксид и киселинността (а вероятно и глюкозата) в кръвта и реагира на техните промени с коригиране на дишането. Тези проучвания са допълнени от фламандския физио-фармаколог Корней Хейманс (Corneille Neumans, 1892 – 1968). Именно за своя забележителен принос за изясняване ролята на каротидното телце при регулация на диша-



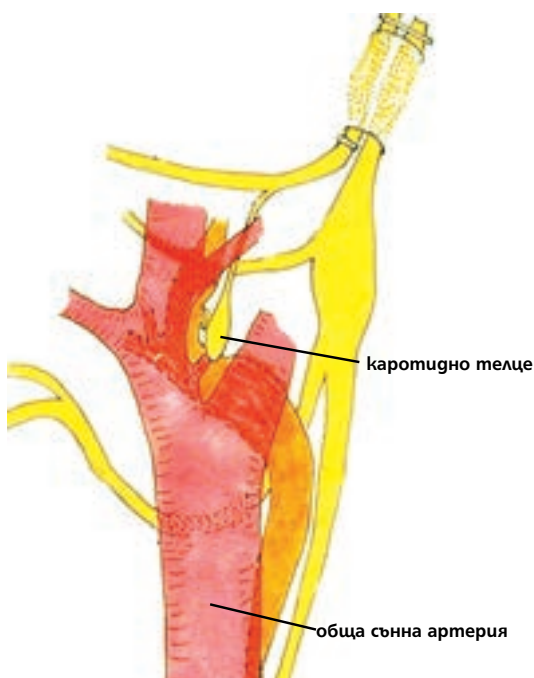
Стойности на атмосферно налягане на различна надморска височина



Категоризиране (в метри) на надморската височина и ниво на развитие на височинната болест



Николай Лазаров е доктор на медицинските науки, професор по анатомия и клетъчна биология в Медицински университет – София и Института по невробиология – БАН. Научните му интереси са в областта на невроморфологията на тригеминалната сетивна система и периферната хеморецепция. Заместник-председател на Хумболтовия съюз в България (2011 – 2015).



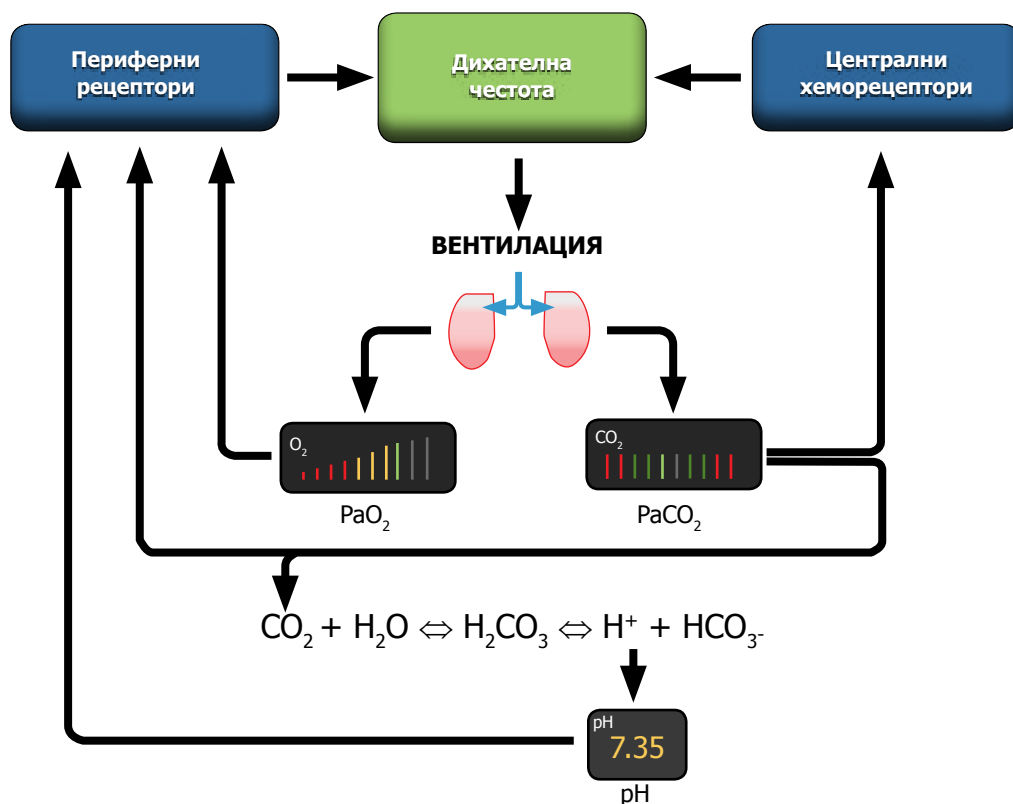
Разположение на каротидното телце в областта на раздвояване на общата сънна артерия

нето Хейманс получава Нобеловата награда за физиология или медицина за 1938 г. Неговите функционални изследвания потвърждават първоначалните предсказания на Де Кастро, основани на хистологични наблюдения, че каротидното телце е полимодален хемосензор. То е миниатюрно телце с размери на глава на топлийка, а теглото му е в пряка корелация с това на лявата сърдечна камера. Неговата локализация на мястото на разклонение на общата сънна артерия е стратегическа, така че да се мониторира химичният състав на артериалната кръв, непосредствено преди тя да достигне мозъка – орган, който е силно чувствителен на кислороден и глюкозен дефицит. Каротидното телце е изградено от невроноподобни хеморецепторни клетки, обвити от глиоподобни подпорни клетки, организирани в клетъчни гнезда, които са обградени от гъста капилярна мрежа. Специализираните сензорни клетки в каротидното тел-

це регистрират нивото на химикалите в кръвта и реагират на:

- ниско налягане на кислорода в кръвта (известно като хипоксемия);
- високо налягане на въглеродния диоксид в кръвта (наречено хиперкапния);
- ниско алкално-киселинно отнасяне (pH) на кръвта (ацидемия).

Когато тялото е в състояние на тахипнея (ускорено дишане), каротидните хеморецептори допринасят в 25 % за дихателния акт, останалите 75 % се контролират от централните хеморецептори. От друга страна, когато парциалното налягане на кислорода е постоянно ниско (напр. при хронични сърдечносъдови и белодробни болести) само периферните хеморецептори могат да усетят това. Освен това, само периферните хеморецептори могат да открият ацидоза (повишена киселинност на кръвта), тъй като централните хеморецепторите не улавят pH на кръвта.



Механизъм на регулация на дихателната честота от периферните и централните хеморецептори

Когато поради някаква причина налягането на артериалния кислород се понижи, хеморецепторните клетки в телцето реагират на това намаление с активиране и генериране на нервен импулс, който по нервен път се предава до дихателния център в мозъка. Процесът на трансформиране на химичния стимул в кръвта в нервен импулс се нарича хемотрансдукция, а неговото предаване до мозъка е известно като хемотрансмисия. В случаите, когато дихателният център получава увеличен брой импулси, той индуцира нарастване на честотата и дълбочината на дишане чрез изпращане на директни сигнали по низходящ нервен път до диафрагмата и коремните, гърдните и ларингеални дихателни мускули за регулиране на координираното им съкращение. В ре-

зултат на това се ускорява газовият обмен в белия дроб и нараства количеството въздух, обогатен на кислород, което постъпва в кръвта. В крайна сметка се възстановяват нормалните кислородни нива в кръвта и така се поддържа газовата хомеостаза в дихателната и сърдечносъдовата система. Подобен адаптационен отговор към хронична хипоксия се среща и патологично при пациенти, страдащи от повишено кръвно налягане и/или сърдечно-белогробни заболявания с придружаваща хипоксемия. Обострена каротидна хемосензорна активност се наблюдава при някои симпатиково медицирани заболявания при човека като хипертонична болест, инсулинова резистентност, сърдечна недостатъчност и нарушения на дишането по време на сън.

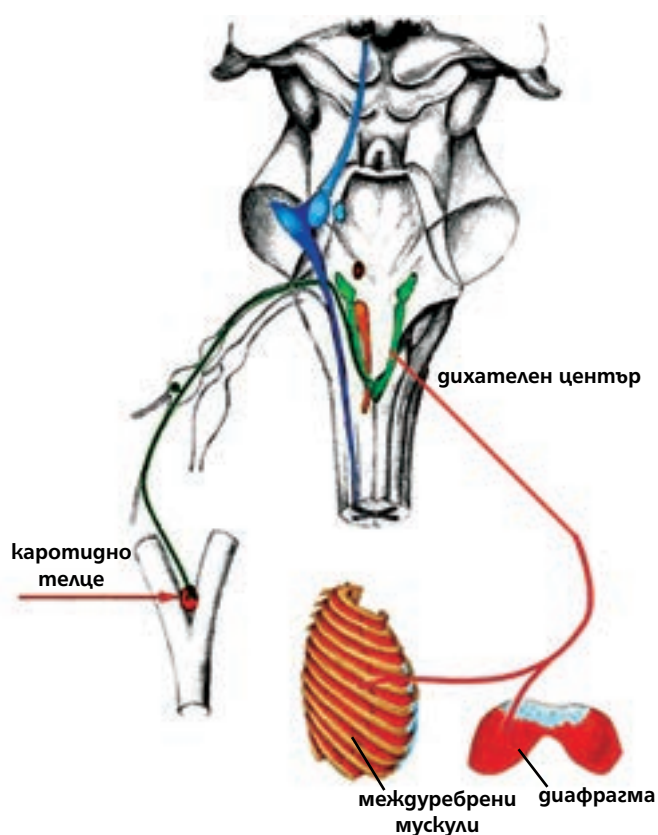


Схема на дихателната рефлексна дъга. Възходящото рамо включва пътя на хеморецепторната информация от каротидното телце до дихателния център в мозъчния ствол, а низходящото рамо – пътя на ефекторните стимули до дихателната мускулатура

Тези заболявания са с голяма социална значимост и влошават качеството на живот на болните. Изглежда че болестно индуцираните морфологични и неврохимични промени в каротидното телце са форма на защитен механизъм срещу напредване на болестта. Това прави каротидното телце обещаваща мишена за терапевтично повлияване на тези заболявания. През 1969 година у инки от древен минен град, разположен високо в перуанските Анди, са описани хиперпластични каротидни телца, за които се предполага, че се дължат на продължителната стимулация на хеморецепторната тъкан от хипобарната хипоксия на голямата надморска височина. Уголемените каротидни телца са показали необратима респираторна чувствителност към хипоксия. Освен това съвременните научни проучвания са установили, че променената хемосетивност е отговорна за по-голяма честота

на т.нар. синдром на внезапната детска смърт, който е водеща причина за фатален изход у деца на възраст между един месец и една година. Осъществени са и проучвания върху влиянието на патологията на каротидното телце в развитието и лечението на астма и сънна апнея.

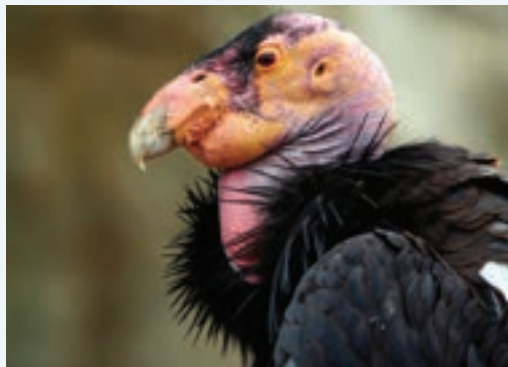
Каротидното телце е жизненоважен орган с доказана роля в поддържане на хомеостазата и адаптивните процеси в човешкия организъм. В последните години тази миниатюрна структура заслужено получава все по-голямо внимание с оглед нейното значение в етиологията и патофизиологията на редица патологични процеси, развиващи се в резултат на повишена симпатикова активност. В този смисъл вечната Хамлетова дилема „да бъдеш или да не бъдеш“ (*to be or not to be*) може да бъде перифразирана на „да дишаш или да не дишаш“ (*to breathe or not to breathe*) – това е въпросът! ■

Разкрити тайни на лешоядите

Лешоядите са впечатляващи птици както на външен вид, така и с биологията си. Броят на известните видове лешояди в света е около 36. Почти всички са едри птици, с размах на крилата до 2 метра, гола глава и шия, покрити с груби кожести и лъспести образувания, които отблъскват. Счита се, че голата кожеста шия на лешоядите е еволюционно приспособление, позволяващо на птиците да проникват по-дълбоко в труповете на жертвите и да достигат до вътрешните им органи, без да замърсяват перата на тялото и крилата си. Няма континент, с изключение на Антарктида, на който лешоядите да не са проникнали. Особено в тропическите и екваториални райони на Земята техните бавно реещи се ята могат да се видят по всяко време на деня в търсенето на храна. А те се хранят главно с трупове на умрели животни и с право са си спечелили славата на естествени санитарни в природата. Когато намерят такива трупове, те кръжат кратко време над тях, предпазливо се спускат върху тях и започват разкъсването им с яките си човки. Понякога се струпват по няколко върху една жертва и водят истинска битка помежду си за най-апетитното парче. Често тяхната храна е от престояли с дни полуразложени трупове, в които разлагащите ги бактерии достигат огромни количества и в които се натрупват и силно отровни токсини.

Въпросът защо лешоядите не се заразяват и как понасят тази полуразложена и пълна с токсини храна, без последствия за тяхното здраве, отдавна е вълнувал зоолози, токсиколози и еколози. Доскоро се приемаше, че по-високата киселинност в стомаха и червата на лешоядите в сравнение с другите птици и бозайници е спасителният фактор, който улеснява бързото унищожаване на поетите токсични бактерии и неутрализиране на вредните токсини от тях, и именно тя е спасявала лешоядите от болести и смърт. В последните години обаче бяха разкрити и нови механизми, спасяващи лешоядите от отрови, болести и смърт след консумация на трупове в природата.

В опит да изяснят по-пълно и точно този проблем колектив от датски и американски учени под ръководството на г-р Майкъл Розенбук (Dr. Michael Roggenbuck) от университета в Ко-



пенхаген изследвали продължително и детайлно бактериалната флора на чревния тракт и на кожната покривка на голата шия на 2 американски лешояда – *Coragyps atratus* и *Cathartes aura*. Първата изненада била в това, че върху шията на лешоядите живеят над 500 различни видове и разновидности бактерии, а в стомаха и червата техният брой бил едва 76 разновидности, т.е. почти 6 пъти по-малко. Втората изненада било откритието в чревния тракт на лешоядите на бактерии от родовете *Clostridium* и *Fusobacterium*, които също образуват токсини, но имат и способност много бързо да разграждат органическите остатъци. Изследователите предположат, че именно тези бактерии улесняват бързата преработка и усвояване на трупните остатъци от лешоядите без вреди за техния организъм. Тяхното предположение се подкрепя от факта, че тези бактерии, макар и токсични, са постоянна част от микрофлората на чревния тракт на лешоядите, но отсъстват от бактериалната флора на други видове хищни птици като ястребите и совите, които се хранят само с живи птици и бозайници. Предполага се още, че този факт е още една еволюционна придобивка на лешоядите, която им позволява да се хранят с полуразложени трупове и да изпълняват много отговорната им санитарна роля в природата. Но как лешоядите подбират и поддържат постоянно в техния чревен тракт именно тези бактерии и в какво се изразяват техните специфични взаимоотношения засега остава неясно.

По „Nature Communications“