1. **Uvod**

Dihanje je **avtomatično refleksno dogajanje**, saj ne preneha niti v spanju, niti v nezavesti, niti v narkozi. Deluje samo v zvezi s **centralnim živčnim sistemom**. Izrazit pa je tudi vpliv možganske skorje na dihalni avtomatizem (nekaj pritegne našo pozornost – nehamo dihati).

Dihalni center oziroma dihalno središče, ki ureja pobudo za dihanje je v **podaljšani hrbtenjači**.

Glavni pobudnik dihalnega centra je **koncentracija CO2  v krvi**. Ko se v krvi nabere večja količina CO2 (pH krvi se zniža) se sproži dihalni rfleks (vdih) oziroma dihanje se pospeši in obratno. CO2 se v veliki meri z vodo veže v šibko ogljikovo kislino (H2CO3), ki razpade na HCO3-in H+ , to pa vpliva na pH krvi. Pravilno dihanje je torej zelo pomembno, kajti povečana koncentracija CO2 v krvi vodi v acidozo (zakisanje), pretirano upadanje pa v alkalozo krvi. Večja količina kisika v krvi ne vpliva na dihanje, močno pomanjkanje kisika vpliva v manjši meri vzburjajoče na center (človek diha hitreje in hlastajoče). Na dihanje vpliva tudi temperatura in sicer nizka temperatura pospeši dihanje (izgubo telesne toplote zaradi mraza je potrebno nadoknaditi)

Živčno središče, ki upravlja dihanje ne deluje na pljuča, temveč na trebušno prepono ter prsne in trebušne mišice.

Mehanizem pljučnega dihanja oziroma ventilacija poteka v dveh fazah: **vdih** (inspiracija) in **izdih** (ekspiracija).

VDIH: Zaradi povečane količine CO2 v krvi, ki zniža pH krvi, se vzburi dihalni center v podaljšani hrbtenjači. Iz dihalnega centra prihajajo impulzi po motoričnih-gibalnih živcih k dihalnim mišicam. Dihalne mišice se skrčijo in sicer se skrčijo zunanje medrebrne mišice in rebra se dvignejo navzgor in nekoliko naprej, prav tako tudi prsnica. Hkrati se skrčijo tudi mišice trebušne prepone, kar povzroči, da se prepona spušča, se spušča in postaja vse bolj ravna in potiska trebušne organe nekoliko navzdol. Tako se prostornina prsne votline povečuje (prsni koš se razširi). Obenem s prsnim košem se razširijo tudi pljuča (pljuča pri tem sodelujejo pasivno-bronhioli in pljučni mehurčki se širijo, ker so prožni). Zrak vdira v pljuča po dihalni poti zaradi negativnega pritiska v alveolah, ki je nastal zaradi povečane prostornine. Zrak vdira v pljuča le toliko časa, da se zračni pritisk v pljučih izenači z zunanjim zračnim pritiskom. Rebrno dihanje je navadno ubrano z dihanjem s prepono.

IZDIH: Po vdihu se količina CO2 v krvi zniža, vzburjenje dihalnega centra preneha, dihalne mišice popustijo in prsni koš se zoži. Mišice se razširijo in preidejo v prvotni položaj, rebra z grodnico vred se spustijo, prepona se izboči in prostornina prsnega koša se zmanjša. Ker pritiska stena prsne votline na pljuča od strani, prepona pa od spodaj, se pljuča stisnejo in volumen pljuč se zmanjša. Pritisk zraka v pljučnih mehurčkih se poveča, zato prodira ven po dihalni poti. Ko se v krvi ponovno nabere tolikšna količina CO2,da vzburi dihalni center, se dihalna akcija ponovi.

**Frekvenca dihanja** (število dihljajev v časovni enoti) je različna. Zdrav, odrasel človek zadiha pri mirovanju 16x do 20x v minuti. Otrok diha hitreje, starejši ljudje pa počasneje. Pri telesnem naporu se frekvenca dihanja poveča, prav tako amplituda dihanja (globlji vdihi in izdihi).

**Cilji:**

* + znati delati s preprosto tehniko za kvantitativno proučevanje dihanja
	+ znati določiti količino CO2 v izdihanem zraku
	+ razumeti vpliv telesne aktivnosti na dihanje
	+ spoznati vpliv različnih dejavnikov na količino CO2 v izdihanem zraku (obremenitev, teža, spol, treniranost)
	+ spoznati indikator bromtimol modro, ki se zaradi kisline obarva rumeno
	+ obnoviti pomen kontrole in kontrolnega poskusa
	+ spoznati titracijo za pridobitev rezultatov
	+ spoprijeti se z napakami, ki se lahko pojavijo pri tem laboratorijskem delu
1. **Material**
	* 2 gumici
	* 2 plastični vrečki
	* erlenmajerici s prostornino 250 ml
	* 30 cm plastične cevi (zunanji obseg 6mm)
	* merilni valj s prostornino 100 ml
	* merilni valj s prostornino 10ml
	* kapalna steklenička z 0,04% NaOH
	* kapalna steklenička z bromtimol modrim indikatorjem
	* 1,5-2 l stekleni ali merilni valj
	* 3-4 l steklena ali plastična posoda
	* pipeta s prostornino 25 ml
	* 0,4 % raztopina NaOH
	* težja knjiga
	* krajša plastična cevka
2. **Metoda dela**

Dr. Jože Drašler, prof. dr. Nada Gogala, mag. Meta Povž, prof. dr. Franc Sušnik, prof. dr. Tatjana Vrčkovnik, dr Branka Vesel, BIOLOGIJA, NAVODILA ZA LABORATORIJSKO DELO, DZS, Ljubljana, 2001, str. 54, 55

1. **Rezultati**

Tabela 1: Količine NaOH, ki smo ga porabili, da smo nevtralizirali kislino

|  |  |
| --- | --- |
|  | **NaOH [ml]** |
| mirovanje | 2,1 |
| obremenitev | 1,1 |
| zadržan dih | 3,3 |

Tabela 2: Količina µmol CO2 na 1l izdihanega zraka pri vplivu različnih dejavnikov

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **oseba** | **teža [kg]** | **spol** | **µmol CO2/l izdihanega zraka****MIROVANJE** | **µmol CO2/l izdihanega zraka****OBREMENITEV** | **µmol CO2/l izdihanega zraka****30 s ZADRŽITEV DIHA** |
| 1 | 68 | m | 17,5 | 9,2 | 27,5 |
| 2 | 47 | ž | 5,0 | 6,7 | 5,8 |
| 3 | 55 | ž | 3,3 | 8,3 | 12,5 |
| 4 | 64 | ž | 7,5 | 14,1 | 9,2 |

Graf 1: Količina izdihanega CO2 (µmol/l) pri posameznih osebah



1. **Razprava**

Pri vaji smo izdihani CO2 prestregli in ga spustili v vodo obarvano z bromtimol modrim (indikator za kisline). CO2 se tam veže z vodo in pri reakciji nastane ogljikova kislina, ki povzroči spremembo barve indikatorja iz modre v rumeno.

CO2 + H2O 🡪 H2CO3

Nastalo kislino smo nato nevtralizirali z bazo – 0,04% raztopino NaOH. Odčitali smo količino HaOH, ki smo jo porabili za nevtralizacijo. Število porabljenih ml NaOH smo pomnožili z 10 in tako dobili število mikromolov (µmol) CO2 , ki so v eni vrečki izdihanega zraka. Mikromol je namreč najprimernejša merska enota za merjenje manjših količin snovi v raztopini. Nato smo število mikromolov delili s prostornino vrečke v litrih in tako izračunali število mikromolov CO2 v litru izdihanega zraka.

Pri prvem delu poskusa, ko smo merili količino izdihanega CO2 v izdihanem zraku po mirovanju opazimo, da je največ CO2 izdihala oseba št. 1. To lahko pojasnimo s tem, da je oseba št. 1 moškega spola, saj moški v primerjavi z ženskami izdihajo več CO2. Prav tako pa bi lahko vzrok velike količine CO2 poiskali tudi v premajhni natreniranosti. Ljudje z manj kondicije namreč izdihajo več CO2 in obratno, saj imajo natrenirane osebe svoje telo pripravljeno na večje obremenitve. Na rezultate pa je vplivala tudi teža, saj večji organizmi porabijo več energije, potrebujejo več kisika in posledično izdihajo več ogljikovega dioksida. Tako opazimo, da osebi 1 in 4 izdihata več CO2 kot pa osebi 2 in 3, ki sta lažji. Razliko v količini izdihanega CO2 je lahko povzročila tudi različna pljučna kapaciteta poskusnih oseb, na katero pa bistveno vplivajo starost, spol, telesna zgradba in natreniranost.

Pri drugem delu poskusa smo izmerili in primerjali količino izdihanega CO2 po obremenitvi (tek, poskoki,…). Opazimo, da se pri intenzivni vadbi količina CO2 poveča, saj telo potrebuje več energije, več kisika in tako izdihamo več CO2. Intenzivnost dihanja se pri obremenitvi poveča. Pri osebi št. 1 pa vidimo da je količina manjša kot pri mirovanju. To lahko razložimo z napako pri merjenju oz. pri poskusu. Z povečano aktivnostjo se torej poveča frekvenca dihanja. Poveča se število vdihov in izdihov na časovno enoto. S tem se večkrat izmenja zrak v pljučih in tako se poveča tudi količina CO2. Koncentracija CO2 na volumen pa ostaja približno enaka oziroma celo manjša, poveča se le frekvenca dihanja. Ker se poveča frekvenca se posledično poveča tudi količina izdihanega CO2 na časovno enoto. Ker je hitro dihanje tudi bolj plitvo in površno, je v izdihanem zraku možna tudi manjša koncentracija CO2 kot pri izdihanem zraku po mirovanju.

Pri zadnjem delu poskusa smo merili količino izdihanega CO2 po tem, ko smo 30 s zadržali dih nato pa ga izdihnili v plastično vrečko. Opazimo, da se je količina izdihanega CO2 pri vseh osebah povečala, torej je večja kot pri mirovanju. Ko zadržimo dih se frekvenca dihanja sicer zmanjša tudi pod normalno frekvenco, saj zavestno zaustavimo dihanje za nekaj časa. Ko dih zadržimo se poveča čas, v katerem lahko poteka difuzija, prehod dihalnih plinov v alveolah. Zaradi daljše difuzije je izmenjava plinov večja in zelo se poveča tudi koncentracija CO2  v izdihanem zraku. Večanje koncentracije CO2 pa ne bi moglo potekati neprestano, saj slej ali prej pride do izenačitve koncentracije CO2 v alveolah in krvi. Difuzija je namreč pasiven transport, ki poteka le do izenačitve koncentracije.

Pomemben del tega poskusa je tudi erlenmajerica, ki ni bila poskusna (označena s P), ampak smo jo označili s K, ker je bila naša kontrola. S to erkenmajerico smo nato primerjali barvo v poskusni erlenmajerici po tem, ko smo v vodo z bromtimolom že iztisnili izdihani zrak. Ko smo titrirali s 0,04% raztopino NaOH, smo barvo po vsaki spuščeni kapljici primerjali s tisto v kontrolni erlenmajerici toliko časa, dokler se barvi nista popolnoma ujemali.

Pri vaji pa smo naleteli tudi na nekaj napak, zaradi katerih so bili lahko podatki nepravilni oz. nenatančni. Za bolj natančne podatke, bi se morali potruditi z večjo natančnostjo in preciznostjo. Tako se cevki lahko nista popolnoma prilagajali, lahko je puščala tudi vrečka, v primeru, če je nismo dovolj zatesnili z gumico. Prav tako je malo zraka ušlo iz vrečke, že ko smo natikali eno cevko na drugo. Napačne podatke smo dobili tudi, če je bil čas med obremenitvijo in izdihanjem zraka predolg. Nato pa je sledil še drug problem in sicer, če vrečka ni bila enakomerno izpraznjena oz. če je bila izpraznjena prehitro, se CO2 ni mogel raztopiti. Nastopile pa so lahko tudi razne napake zaradi nenatančnega odčitavanja količine NaOH ali pa smo pri titriranju dodali preveliko količino NaOH. Lahko pa je do napak prišlo tudi zaradi prehitrega in preintenzivnega mešanja vode z bromtimol modrilom, saj se tako lahko veže CO2 iz zraka. Za bolj natančne podatke bi morali izvesti več enakih meritev in tako bi dobili bolj verodostojne rezultate.

1. **Zaključek**

Bromtimol modro je indikator, ki se ob stiku s kislino spremeni v rumeno. V našem primeru je CO2, ki smo ga uvajali v vodo tvoril dušikovo kislino (H2CO3), ki je povzročila spremembo indikatorja.

Na količino CO2 v izdihanem zraku vpliva mnogo dejavnikov – spol (moški, ga izdihajo več), teža (večji org. potrebujejo več energije, posledično izdihajo več CO2), pljučna kapaciteta, starost, hitrost metabolizma in natreniranost (večja kot je natreniranost, manj je izdihanega CO2 ).

Pri telesni aktivnosti telo potrebuje več energije, več kisika in posledično izdiha več CO2. Poveča se namreč frekvenca dihanja in tako se v določenem času večkrat izmenja zrak v pljučih in tako se količina CO2 poveča.

Ko pa dih zadržimo se poveča čas, v katerem lahko poteka difuzija v alveolah. Zaradi daljše difuzije je izmenjava plinov večja in zelo se poveča tudi koncentracija CO2  v izdihanem zraku.

1. **Viri**
	* Dr. Jože Stušek, prof.dr. Nada Gogala, mag. Meta Povž, prof. dr. Franc Sušnik, prof. dr. Tatjana Verčkovnik, dr. Branko Vesel, BIOLOGIJA NAVODILA ZA LABORATORIJSKO DELO, DZS, Ljubljana, 2001
	* Peter Stušek, Nada Gogala, *BIOLOGJA 2 in 3, Funkcionalna anatomija s fiziologijo*, DZS, Ljubljana, 2001
	* Peter Stušek. *BIOLOGIJA ČLOVEKA,* DZS, Ljubljana 2001