

S. MIDŽIĆ

TOLERANCIJA RESPIRATORNO INSUFICIJENTNIH BOLESNIKA NA TJELESNI NAPOR

*The anoxaemia does not
only wreck the machine but
stop it.*

Podnošljivost tjelesnog opterećenja pri kojem se obavlja stanoviti fizički rad određena je psihosomatskim osobinama organizma, funkcionalnim kapacitetom transportnog sistema respiratornih plinova, karakterom metaboličnih reakcija, izdržljivošću napora, uvjetima rada i motivacijom.

Radnik i njegova radna okolina predstavljaju cjelinu i u međusobnoj su zavisnosti. Radni je učinak u odnosu s reakcijama organizma na radne okolnosti, pa je potrebno razmotriti sve činjenice koje utječu na radni proces. Naročito je važno odrediti ulogu i značenje humanog faktora, koji dominira u radnoj produktivnosti.

Mehanizacija je u mnogim zanimanjima smanjila značajno teret posla i umnogom olakšala rad, ali posao nije moguće u svim zvanjima potpuno mehanizirati, pa se pri njegovu obavljanju još uvijek nužni fizički naponi.

Respiratorni bolesnici imaju smanjenu radnu sposobnost i ne mogu bez pojave tegoba obavljati poslove koji zahtijevaju veće fizičke napore. Oni se obično tuže na brzo umaranje pri radu koji su prije obavljali s lakoćom, bol u prsima, opresiju, palpitaciju i dispneju. Ovi subjektivni simptomi odraz su funkcionalnih, a i organskih promjena u kardipulmonalnom sistemu.

Nekontrolirani, odviše veliki fizički naponi u težim poslovima i uvjetima rada izlažu radnika riziku pogoršanja te povećanja tegoba i pojave većih funkcionalnih i morfoloških oštećenja organa, koji se preopterećuju naporom u poslu.

Aktivnost muskularnog sistema i njegov kapacitet u stanovitom su odnosu s radnim naporom, pa se podaci dobiveni pokusom

muskularne vježbe, odnosno u opterećenju organizma fizičkim radom mogu koristiti kao informacija u pogledu prosuđivanja radne sposobnosti ispitanika, iako se oni ne mogu direktno ekstrapolirati na razinu energetske potrebe, kojom se definira napor na određenom radnom mjestu.

Česti nesklad kliničkih manifestacija bolesti respiratornog sistema i funkcionalnih podataka odraz je jednostranog analitičkog pristupa interpretaciji nalaza, koji se odnose samo na poremećaje u pojedinim funkcionalnim fazama pa se tako izolirano prikazuje plućna ventilacija, dišna mehanika, difuzija, a i druge faze respiratorne funkcije.

Činjenica je da se tako određuje funkcionalna sposobnost samo pluća i utrošeni rad ventilacijske muskulature, a ne i druge organske funkcije, koje mogu biti poremećene, kao što je funkcionalna sposobnost kardiovaskularnog sistema.

Pokus muskularne vježbe uz simultano ispitivanje funkcije disanja model je testiranja funkcionalnog kapaciteta respiratornih organa, s obzirom na to da se istodobno, direktno i kontinuirano u uvjetima opterećenja mogu registrirati u svojoj međusobnoj korelaciji varijable i funkcionalni parametri, koji karakteriziraju funkcionalnu sposobnost, odnosno reakcije organizma pri određenom naporu.

Kvalitativna i kvantitativna dijagnoza funkcionalnih poremećaja moguća je ako se funkcija promatra u svojoj najvišoj dinamici, odnosno u uvjetima vita maxima, kada se razvija najveća funkcionalna aktivnost organa i organskih sistema.

Testiranje kardiovaskularne funkcije u opterećenju mora udovoljiti dva uvjeta. Ispitivanje mora biti kratkotrajno s obzirom na to da su ispitanici bolesnici čija je respiratorna funkcija oštećena. Podaci moraju biti pouzdani, a i bliski rezultatima klasičnih testova opterećenja dugog trajanja.

Metoda kratke muskularne vježbe u postepnom, diskontinuiranom opterećivanju ispitanika može dosta dobro udovoljiti ovim kriterijima.

Progresivno stepeničasto povišivanje opterećenja od ϕ do 100 vata u vremenskim razmacima 1, 2, 3... minute s odgovarajućim naporom od 10, 20, 30... vata do maksimalne podnošljivosti određenog rada omogućuje testiranje i respiratornih bolesnika, a i ponavljanje testa s obzirom na to da se on dobro podnosi. Test traje do osam minuta. Cilj je i svrha ovakvog načina ispitivanja odrediti i upoznati fiziološke reakcije organizma u stanovitom muskularnom naporu, pa na temelju dobivenih podataka evaluirati funkcionalnu sposobnost respiratornog sistema, koja je dovoljna da bolesnik može podnijeti napor u uvjetima funkcionalne i metabolične ravnoteže.

Nepodnošljivost muskularne vježbe, odnosno opterećenja karakterizirano je porastom ventilacije s hiperpnejom, a funkcionalni

je poremećaj uvjetovan prisutnošću metabolita nastalih u anaerobnim uvjetima, koji vladaju u unutarnjem miljeu bolesnika.

Ventilacijska se krivulja, koja je parabolična, naglo penje u respiratorno insuficijentnih bolesnika, pa već pri opterećenju od 20 do 40 vata dostiže svoj maksimum uz ovaj veoma nizak maksimalni napor.

Hiperventilacijski se sindrom nepodnošljivosti većih tjelesnih opterećenja ne javlja u slučajevima gdje je poremećena samo mehanika disanja i veoma reducirana respiratorna površina, kao na primjer u bolesnika s fibrotoraksom.

Ispitanik, naime, prekida spontano muskularnu vježbu kada se preoptereti zbog umora i respiratornih smetnji, jer oni nemaju mehaničkih uvjeta zbog ograničenosti torakalne kinetike, pa ne mogu ni hiperventilirati. Moglo bi se iz tih razloga pretpostaviti da dovoljno ne surađuju, što ne odgovara činjenicama.

Hiperventilacija se može i simulirati. Ona je onda karakterizirana regularnom krivuljom disanja i povišenom eliminacijom ugljičnog dioksida. Neurogena je hiperventilacija svojim karakteristikama slična tipu simulirane.

Najbolje je poznat, a i najviše ispitivan parametar pri testiranju funkcije u opterećenju primitak kisika $\dot{V}_{O_2}$.

Ovaj je fiziološki podatak važan kriterij u prosuđivanju tolerancije napora u slučajevima respiratorne insuficijencije.

On je mnogo manje zavisn o individualnoj dispoziciji ispitanika nego što je ventilacija i u dosta je pravilnoj korelaciji s karakteristikama opterećenja, pa je vrijedan podatak u prosuđivanju izvršenog rada.

Primitak kisika $\dot{V}_{O_2}$ raste paralelno s porastom frekvencije pulsa i u linearnom je odnosu sa stupnjem opterećenja sve do maksimalno podnošljivog napora.

Mogućnost opskrbe kisikom u zdravih osoba određena je u prvom redu transportnim kapacitetom cirkulacije krvi u muskularnim kapilarima.

Potrošak kisika, odnosno njegov primitak, odgovara potrebama metabolizma u stabilnom režimu ventilacije i u aerobnim prilikama u unutarnjem miljeu organizma, pa se proces metabolične razgradnje dovršava u cijelosti bez nakupljanja nerazgrađenih metabolita, kao što je acidum lacticum.

Dopremanje kisika nije u samom početku opterećenja dovoljno, pa se javlja takozvani inicijalni dug kisika u periodu funkcionalne adaptacije, ali on se veoma brzo podmiruje za vrijeme nakon završene vježbe i prestanka opterećenja.

Količina potrošenog kisika zavisna je o izvršenom radu, ali se ne može koristiti kao kriterij u ocjeni podnošljivosti opterećenja.

Nivo primitka kisika u nestabilnom je funkcionalnom režimu, kao što je to u slučajevima respiratorne insuficijencije ispod me-

taboličnih potreba koje se javljaju u tom opterećenju, pa se dug pojavljuje i u toku samog opterećivanja i sve više nakuplja nerazgrađeni metabolit acidum lacticum. Podmirivanje ovog deficita kisika sada je mnogo sporije, pa je nakon prestanka rada oporavak dugotrajniji i nadoknađivanje nedostatka kisika mnogo sporije.

Eliminacija je ugljičnog dioksida po svom odnosu prema opterećenju slična u ponašanju parametru primitka kisika.

Volumen eliminiranog $\dot{V}_{CO_2}$ proporcionalan je također razinama opterećenja. Otpuštanje u inicijalnoj fazi rada zakašnjava, a onda u toku napora sve se više eliminira odgovarajući nivou napora. Kvocijent je njegova volumena i volumena kisika u razini maksimalno podnošljivog rada u blizini 1.

Ovaj odnos eliminacije ugljičnog dioksida $\dot{V}_{CO_2}$ i primitka kisika $\dot{V}_{O_2}$ dokaz je da organizam u muskularnoj aktivnosti koristi prvenstveno ugljikohidrate.

Ovako numerički izraženi odnos ($\dot{V}_{CO_2}$) i ($\dot{V}_{O_2}$) odnosno respiratorni kvocijent (R) vrijedan je kriterij u pogledu prosuđivanja maksimalne podnošljivosti rada. On se, međutim, dosta teško određuje, pa nije prikladan parametar u rutinskoj praksi funkcionalne dijagnostike.

Frekvencija disanja, dišni volumen, primitak kisika u minuti ($\dot{V}_{O_2}$) te eliminacija ugljičnog dioksida u minuti ($\dot{V}_{CO_2}$) povećavaju se u toku opterećivanja sve dotle dok se ne osigura aerobna metabolična mijena i ravnoteža u unutarnjem miljeu u pogledu acido-bazične ravnoteže.

Nepodnošljivost tjelesnog napora manifestira se funkcionalno pojavom metaboličnog dezekvilibrija, koji je posljedica anaerobne razgradnje i pojave intermedijarnih metabolita.

Vrijednost se (R) povisuje iznad 1 s obzirom na to da se povećavaju koncentracije CO_2 , koji se oslobađa iz labilne ugljične kiseline $H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_2$. Acidum lacticum što, naime, nastaje zbog nepotpune metabolične razgradnje u unutarnjem miljeu uzrokovane nedostatkom kisika potiskuje iz bikarbonata kao jača kiselina slabiju ugljičnu, a iz njenog anhidrida brzo se oslobađa CO_2 . Ovaj oslobođeni ugljični dioksid stimulira respiratorni centar i preko njega se povećava ventilacija.

Ovaj relativni porast ventilacije u odnosu na krvnu perfuziju, čiji se kapacitet primitka kisika ne povećava, mogao bi povećati funkcionalne mrtve prostore i time još više povećavati respiratornu insuficijenciju. Povećana alveolarna ventilacija, kao što je to u ovim slučajevima, uz istu alveolarnu perfuziju ne povećava difuzijski kapacitet, pa višak, odnosno dio neiskorištenog udahnutog zraka po definiciji predstavlja funkcionalni mrtvi prostor. Respiratorni kvocijent (R) može objektivizirati nesrazmjernost odnosa ventilacije i perfuzije.

Veoma je praktičan, a i jednostavan kriterij za prosuđivanje podnošljivosti opterećenja respiratorni ekvivalent za kisik (ER_{O_2}). Ovaj fiziološki parametar iskazuje odnos ventilacije i volumena primljenog kisika ($\dot{V}_{O_2}$). On u izvjesnom smislu iskazuje i odnos ventilacije i perfuzije, a i samu ventilacijsku efektivnost. Određuje se metodom simultane registracije ventilacije i potroška kisika u minuti. Njegova vrijednost iznosi 30 i smatra se znakom dobre podnošljivosti rada.

Ventilacija u stabilnom režimu respiratorne funkcije smije pri maksimalnom opterećenju varirati samo 10% u odnosu na nivo aktualne maksimalne ventilacijske vrijednosti, a respiratorni kvocijent je stalno ispod 1.

Dosta je izražen i karakterističan paralelizam znakova funkcionalne insuficijencije u slučajevima respiratornog opstruktivnog sindroma i stupnja izvršenog rada pokusom muskularne vježbe.

Osobe u kojih je vrijednost maksimalnog ekspiratornog volumena u sekundi u odnosu na vitalni kapacitet 65%, a rezidualni volumen ispod 35% totalnog kapaciteta pluća, mogu dobro podnijeti opterećenje od 120 vata, dok bolesnici s funkcionalnim parametrima nižim od navedenih ne mogu izdržati veći napor od 60 do 80 vata.

Oni se, radeći u uvjetima nepodnošljivog rada, brzo umaraju i iscrpljuju, budući da se metabolizam obavlja u anaerobnim uvjetima. Miokard je izložen, s obzirom na rad srca pod većim naporom, riziku oštećenja zbog hipoksije, pa iz tih razloga respiratorno insuficijentni bolesnici ne smiju obavljati poslove koji zahtijevaju teže fizičke napore.

Dobra korelacija spirografskih nalaza i stupnja podnošljivosti maksimalnog fizičkog napora nađena je, takođe, i u slučajevima bronhitisa. Podaci spirografskih pregleda i stupanj snižene tolerancije bolesnika na opterećenje podudarali su se u 2/3 slučajeva (P. Sadoul).

Bolesnici koji ne podnose napor veći od 80 vata u uvjetima stabilnog funkcionalnog režima ograničeni su u svojoj radnoj sposobnosti 50%, a oni koji ne mogu podnijeti opterećenje od 60 ili 40 vata nesposobni su 70%, odnosno 100% za obavljanje fizičkih poslova.

Ispitivanje respiratorne funkcije u uvjetima opterećivanja organizma pokusom muskularne vježbe praktična je metoda i ona dopunjuje funkcionalne pretrage izvršene u mirovanju, kojima se ne mogu uvijek otkriti subklinički i latentni funkcionalni poremećaji.

Naši slučajevi i rezultati testiranja

Respiratorna je funkcija testirana pokusom muskularne vježbe, a fiziološki parametri ventilacije registrirani spirografski pomoću Metabographa po Fleischu, dok su ispitanici okretali bicikl-ergometar tipa Lanooy uz opterećenje u vatima.

Ventilacijski parametri snimljeni su direktno i simultano te kontinuirano u vremenskim razmacima od 1/4, 1/2 te 1 minute.

Svi zračni volumeni korigirani su u toku registracije dišne krivulje automatski na vrijednosti BTPS (Body Temperature, Pressure Saturated), odnosno na STPD (Standard Temperature and Pressure, Dry).

1. slučaj: I. R., 55 godina, radnik.

Klinički, rendgenološki pregled pluća i ispitivanje plućne funkcije 23. III 1973.

Dijagnoza: Bronchitis chronica.

Ventilacija pluća u mirovanju:

VC	=	3.200 ml (73 ⁰ /o)
MEVS	=	1.200 ml (38 ⁰ /o)
MV	=	12.000 ml (150 ⁰ /o)
MMV	=	44.000 ml (40 ⁰ /o)
$\dot{V}_{CO_2}$	=	280 ml/min.
$\dot{V}_{O_2}$	=	180 ml/min.
R	>	1,0

Zaključak: Vitalni kapacitet (VC) nešto je smanjen. Maksimalni ekspiratorni volumen u prvoj sekundi (MEVS) snižen je u velikom stupnju, a minutna ventilacija (MV) povećana je u smislu hiperventilacije u mirovanju. Maksimalna minutna ventilacija (MMV) smanjena je.

$\dot{V}_{CO_2}$, čija je eliminacija povišena, u odnosu je s hiperventilacijom ($\dot{V}_A$), a relativno niži primitak kisika ($\dot{V}_{O_2}$) s nedovoljnom krvnom perfuzijom. Ovaj ventilacijsko perfuzijski nesrazmjer ($\dot{V}_A/\dot{Q}_C$), s obzirom na to da je veći alveolarni protok zraka nego krvi, ispoljuje se kao funkcionalni mrtvi prostor.

Dijagnoza: Opstruktivni restriktivni sindrom.

Ventilacija u opterećenju:

25 vata:	$\dot{V}(MV)$	=	27.000 ml,	$\dot{V}_{CO_2}$	=	360 ml,	$\dot{V}_{O_2}$	=	280 ml,	R	>	1,0
50 vata:	$\dot{V}(MV)$	=	37.000 ml,	$\dot{V}_{CO_2}$	=	380 ml,	$\dot{V}_{O_2}$	=	320 ml,	R	>	1,0
75 vata:	$\dot{V}(MV)$	=	58.000 ml,	$\dot{V}_{CO_2}$	=	400 ml,	$\dot{V}_{O_2}$	=	380 ml,	R	>	1,0

Minutna se ventilacija ($\dot{V}$) povećava u opterećenju ovisno o stupnju opterećivanja, ali potrošak kisika ($\dot{V}_{O_2}$) ne slijedi ovaj po-

rast ventilacije, a eliminacija ugljičnog dioksida ($\dot{V}_{CO_2}$) nesrazmjerno je povišena u odnosu na primitak kisika ($\dot{V}_{O_2}$) pa je $R > 1,0$.

Ispitanik nije mogao ni u jednom opterećenju obaviti rad u stabilnom režimu respiratorne funkcije. On je nesposoban za fizičke poslove koji su po svom energetsom izdatku u nivou napora izvršene muskularne vježbe na bicikl-ergometru.

2. slučaj: I. B., 43 godine, radnik.

Klinički, rendgenološki pregled pluća i ispitivanje plućne funkcije u mirovanju i u opterećenju 20. IV 1973.

Ventilacija u mirovanju:

VC	=	3.000 ml (82%)
MEVS	=	1.100 ml (30%)
MV	=	13.000 ml (162%)
MMV	=	42.000 ml (40%)
$\dot{V}_{CO_2}$	=	260 ml
$\dot{V}_{O_2}$	=	240 ml
R	>	1,0

Zaključak: Vitalni kapacitet (VC) je u granicama normale. Maksimalni ekspiratorni volumen u sekundi (MEVS) snižen je u velikom stupnju. Minutna ventilacije (MV) je povišena u smislu hiperventilacije u mirovanju. Maksimalna minutna ventilacija (MMV) je snižena u velikom stupnju, a eliminacija ugljičnog dioksida ($\dot{V}_{CO_2}$) nesrazmjerno je veća u odnosu na primitak kisika ($\dot{V}_{O_2}$), pa je respiratorni kvocijent (R) veći od 1. Povećana eliminacija ugljičnog dioksida u odnosu je s alveolarnom hiperventilacijom, a relativno niži primitak kisika u korelaciji je s nedovoljnom perfuzijom krvi.

Ovaj ventilacijsko-perfuzijski nesrazmjer ($\dot{V}_A/\dot{Q}_C$) s obzirom na veći volumen alveolarne ventilacije u odnosu na volumen protoka krvi, ispoljuje se kao funkcionalni mrtvi prostor.

Ventilacija u opterećenju:

25 vata:

$$\dot{V}(MV) = 24.000 \text{ ml/min.}, \dot{V}_{CO_2} = 360 \text{ ml}, \dot{V}_{O_2} = 340 \text{ ml}, R > 1,0$$

50 vata:

$$\dot{V}(MV) = 45.000 \text{ ml/min.}, \dot{V}_{CO_2} = 380 \text{ ml}, \dot{V}_{O_2} = 360 \text{ ml}, R > 1,0$$

Zaključak: Minutna se ventilacija povećava ovisno o opterećenju, ali potrošak kisika ($\dot{V}_{O_2}$) ne slijedi njeno povećanje, dok je eliminacija ugljičnog dioksida ($\dot{V}_{CO_2}$) povišena, pa je respiratorni kvocijent veći od 1.

Ispitanik nije mogao izvršiti rad u stabilnom režimu respiratorne funkcije, pa nije sposoban za posao u kojem je napor u nivou izvršene muskularne vježbe.

Analiza respiratornih plinova u arterijskoj krvi u mirovanju i u dva opterećenja po svom nalazu odgovara ventilacijskim poremećajima. U opterećenju se razvija hipoksija uz hiperkapniju u smislu globalne respiratorne insuficijencije (sl. 1).

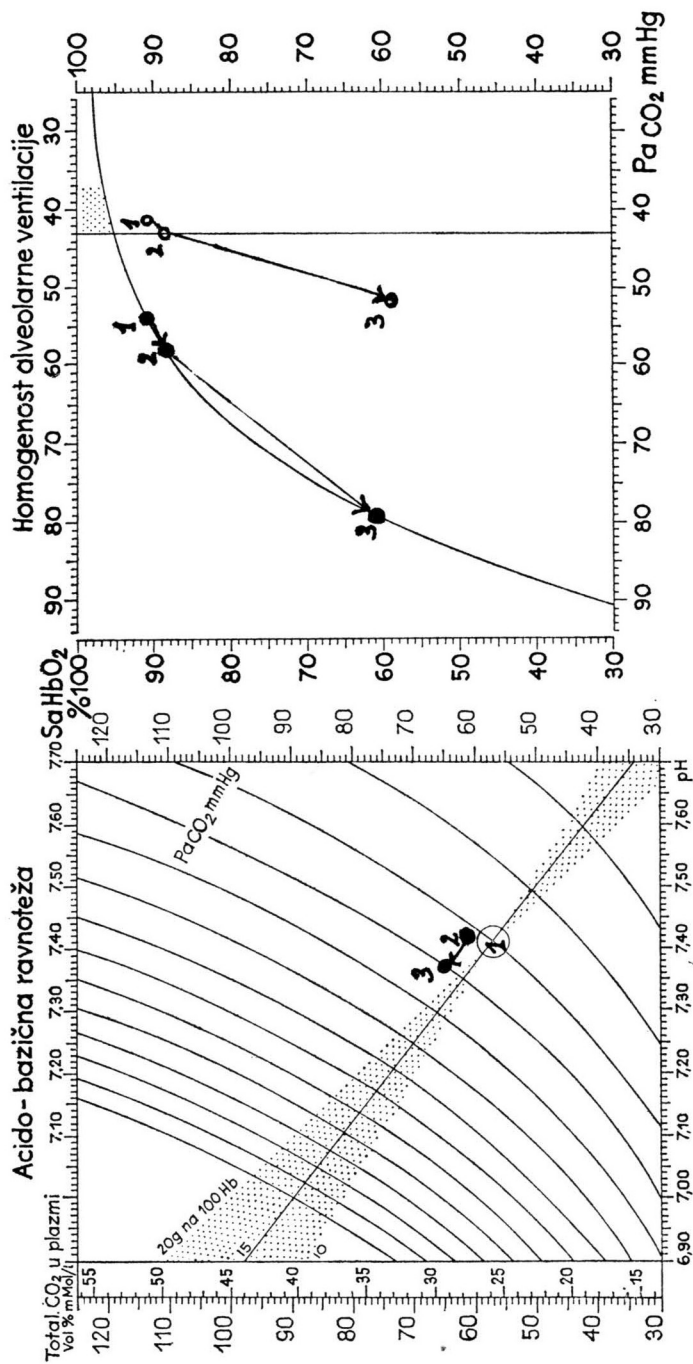
Dijagnoza: Bronchitis chronica, Syndroma respir. obstructivum.

Dijagram 1.

Acido-bazična ravnoteža Dijagram po Davenportu

U mirovanju:	1. pH art. krvi	= 7,38
	Tot. CO ₂ u plazmi	
	(Vol. ‰)	= 56,93 mMol/l
	PaCO ₂	= 42,0 mm Hg
	SaHbO ₂ (‰)	= 91
U opterećenju (25 vata)	2. pH art. krvi	= 7,40
	Tot. CO ₂ u plazmi	
	(Vol. ‰)	= 62,38 mMol/l
	PaCO ₂	= 43,0 mm Hg
	SaHbO ₂ (‰)	= 89
U opterećenju (50 vata)	3. pH art. krvi	= 7,34
	Tot. CO ₂ u plazmi	
	(Vol. ‰)	= 62,90
	PaCO ₂	= 51,0 mm Hg
	SaHbO ₂ (‰)	= 61

Zaključak: Koncentracije respiratornih plinova u arterijskoj krvi u mirovanju su u fiziološkim granicama. Pri opterećenju od 25 vata razvija se parcijalna respiratorna insuficijencija, a kod rada od 50 vata globalna.



pH art. krvi: 7,38
7,40
7,34

Totalni CO_2 u plazmi (Vol.%): 56,93
62,38
62,90

PaCO₂ mmHg: 42
43
51

SaHbO₂ %: 91
89
61

Hematokrit %:

Homogenost ventilacije

U mirovanju:	1. PaCO ₂	= 42 mm Hg
	SaHbO ₂	= 91 %
U opterećenju (25 vata)	2. PaCO ₂	= 43 mm Hg
	SaHbO ₂	= 89 %
U opterećenju (50 vata)	3. PaCO ₂	= 51 mm Hg
	SaHbO ₂	= 61 %

Zaključak: Alveolarna je ventilacija u mirovanju homogena, u prvom opterećenju od 25 vata alveole su hipoventilirane, javlja se hipoksija, a u opterećenju od 50 vata i hiperkapnija u smislu globalne respiratorne insuficijencije.

Diagram 1

Acid — base balance (Davenport)

At rest:	1. pH	= 7,38
	Total CO ₂	= 56,93 mMol/l
		Vol. %
	PaCO ₂	= 42,0 mm Hg
	SaHbO ₂	= 91 %

Conclusion: The respiratory gas concentration and pH in the arterial blood are normal.

During muscular exercise: (Load of 25 Watts)	2. pH	= 7,40
	Total CO ₂	= 56,93 mMol/l
		Vol. %
	PaCO ₂	= 43,0 mm Hg
	SaHbO ₂	= 89 %

Conclusion: Hypoxaemia.

During muscular exercise: (Load of 50 Watts)	3. pH	= 7,34
	Total CO ₂	= 62,90 mMol/l
		Vol. %
	PaCO ₂	= 51,0 mm Hg
	SaHbO ₂	= 61 %

Conclusion: Global respiratory insufficiency.

Homogeneity of the alveolar ventilation.

At rest:	1. PaCO ₂	= 42 mm Hg
	SaHbO ₂	= 91 %
During muscular exercise: (Load of 25 Watts)	2. PaCO ₂	= 43 mm Hg
	SaHbO ₂	= 89 %
During muscular exercise: (Load of 50 Watts)	3. PaCO ₂	= 51 mm Hg
	SaHbO ₂	= 61 %

Conclusion: The alveolar ventilation at rest is homogeneous, but during muscular exercise and under a load of 25 Watts there appears hypoventilation with hypoxaemia, finally under the load of 50 Watts also hypercapnia.

3. slučaj: M. O., 45 godina, službenik.

Klinički, rendgenološki pregled pluća, ispitivanje plućne funkcije u mirovanju i u opterećenju, 28. VII 1970.

Fibrothorax bil.

Ventilacija u mirovanju:

VC	=	2.400 ml (46%)
MEVS	=	1.800 ml (75%)
MV	=	7.500 ml (90%)
MMV	=	49.000 ml (45%)
$\dot{V}_{CO_2}$	=	340 ml/min.
$\dot{V}_{O_2}$	=	320 ml/min.
R	>	1,0

Zaključak: Vitalni kapacitet (VC) smanjen je preko polovice od svoje teoretske vrijednosti, eliminacija ugljičnog dioksida ($\dot{V}_{CO_2}$) je u odnosu na primitak kisika relativno veća. Respiratorni kvocijent R veći je od 1.

Restriktivne smetnje ventilacije velikog stupnja.

Ventilacija u opterećenju:

50 vata:

$\dot{V}(MV) = 49.000$ ml, $\dot{V}_{CO_2} = 180$ ml/min., $\dot{V}_{O_2} = 540$ ml/min., $R < 1$.
75 vata: = 14.000 ml. Ispitanik spontano prekida pokus opterećenja.

Zaključak: Bolesnik u uvjetima opterećenja od 50 vata koristi u cijelosti svoje ventilacijske rezerve, s porastom ventilacije raste relativno i potrošak kisika, dok su vrijednosti ugljičnog dioksida zbog alveolarne hiperventilacije niže, pa je respiratorni kvocijent niži od 1.

Ispitanik u pokusu muskularne vježbe od 75 vata spontano obustavlja bicikliranje s obzirom na to da ne može prema stupnju opterećenja mobilizirati pleuralnim adhezijama fiksirane funkcionalne strukture torako-pulmonalnog sistema ventilacije.

ZAKLJUČAK

Pokus muskularne vježbe uz simultanu registraciju parametara minutne ventilacije ($\dot{V}$), primitka kisika ($\dot{V}_{O_2}$ ml/min.) i eliminacije ugljičnog dioksida ($\dot{V}_{CO_2}$ ml/min.) u odnosu na stupanj opterećenja, praktična je metoda testiranja funkcionalne sposobnosti pluća.

Istodobna analiza respiratornih plinova i acido-bazične ravnoteže u arterijskoj krvi omogućuje kontrolu kretanja kisika, ugljičnog dioksida, pH u humoralnom miljeu, te praćenje metabolične mijene u kojoj zavisno o stupnju opterećenja, odnosno metabolizma raste srazmjerno potrošak kisika i eliminacija ugljičnog dioksida.

Metabolizam se može vršiti u normalnim aerobnim uvjetima pri opterećenju samo u prisutnosti dovoljne količine kisika, što se osigurava adaptiranjem respiratorne funkcije i korištenjem funkcionalnih rezervi.

Respiratorno insuficijentni bolesnici zavisno o stupnju opterećenja i karakteru respiratorne insuficijencije ne mogu svojim preostalim reduciranim funkcionalnim kapacitetima osigurati potreban transport respiratornih plinova u povećanom naporu ni u toku samo kratkog opterećenja. Izmjena je respiratornih plinova usporena i ograničena, pa se zbog hipoventilacije, odnosno nedovoljne dopreme kisika, kao i slabe eliminacije ugljičnog dioksida pojavljuje hipoksija s hiperkapnijom te poremećaj acido-bazične ravnoteže.

Mijena tvari, koja je povišena, vrši se u anaerobnim uvjetima, pa se u metaboličnom procesu ne dovršava razgradnja intermedijarnih produkata, kao što je mliječna kiselina i tako se sve više u unutarnjem miljeu nakuplja ovaj metabolit. Deficit je kisika sve veći i on se ne može podmirivati zbog respiratorne insuficijencije, pa ispitanik, kada se optereti, ne obavlja mehanički odnosno fizički rad u uvjetima stabilnog unutarnjeg miljea.

Prikazana su tri karakteristična slučaja respiratorne insuficijencije u kroničnih plućnih bolesnika, čija je respiratorna funkcija testirana kratkim pokusom muskularne vježbe. Izneseni su signifikantni nalazi iz kojih se moglo objektivno prosuditi funkcionalna sposobnost pluća te ocijeniti tolerancija ovih ispitanika na fizičke napore.

Ni jedan od njih nije mogao ventilirati u stabilnom režimu respiratorne funkcije, odnosno prilagoditi ventilaciju potrebama i nivou takve izmjene plinova da se osigura mijena tvari u aerobnim prilikama i u normalnom unutarnjem miljeu.

Klinička bolnica za plućne bolesti i tuberkulozu „Jordanovac“, Zagreb.

LITERATURA

1. Denolin, H., Sadoul, P., Orie, N. G. M.: L'exploration fonctionnelle pulmonaire, Editions médicales, Flammarion, Paris 1964.
2. Knipping, H. W., Polt, W., Valentin, H. und Venrath, H.: Untersuchungen und Beurteilung des Herzkranken, Praktische Routinuntersuchungen, Enke Verlag, Stuttgart 1955.
3. Sadoul, P., Heran, J., Durand, D. et Lacoste, J.: Les exercices musculaires à puissance constante chez les tuberculeux pulmonaires stabilisés. Intérêt de ces tests pour la surveillance de l'activité professionnelle, Revue de la tuberculose, 26:353, 1962.
4. Fleisch, A.: New methods of studying gaseous exchange and pulmonary function, Charles, C., Thomas Publisher, Springfield, Illinois, USA 1954.
5. Symposium on respiratory adaptation to exercise in diseases of the respiratory system, Scandinavian Journal of Respiratory Diseases, Supplement No 77, Munksgaard Edition, Copenhagen 1971.

SUMMARY

TOLERANCE OF THE PATIENT WITH THE IMPAIRED LUNG FUNCTION TO MUSCULAR WORK

by

S. Midžić

The testing of the respiratory function during muscular exercise by the method of the rotating bicyclergometer and simultaneous measuring, with a metabograph type Fleisch, of such physiological parameters as minute ventilation ($\dot{V}$), oxygen intake ($\dot{V}O_2$ ml/min.) and carbon dioxide elimination ($\dot{V}CO_2$ ml/min.) in relation to the degree of a given load, is a very practical way in evaluating functional capacity in the case of chronic lung diseases.

Significant changes in the impaired lung function are the increased minute ventilation with the decreased oxygen intake and the raised carbon dioxide elimination.

The ventilation disturbances seem to be produced by the enlargement of the functional dead space as a result of the alveolar hyperventilation in relation to the relatively diminished blood perfusion.

The patients are not able to ensure the gaseous exchange at the level necessary for increased metabolic changes.

The matabolic process is performed in the anaerobic condition in which there appear such intermediary prducts as lactic acid. The oxygen debt raises and the adequete amount of oxygen cannot be supplied because of reduced ventilatory capacities.

Three typical cases of the functional lung insufficiency in chronic lung diseases are presented with the results of functional examinations significant for the evaluation of the functional ability of the respiratory system.

The respiratory function in all the cases presented was so much impaired that the patients could not ventilate sufficiently during muscular exercise to maintain the metabolic change in the aerobic condition.

Hospital for the pulmonary diseases and lung tuberculosis Jordanovac
104 Zagreb.