

## FIZIOLOGIA APARATULUI RESPIRATOR

### 1. Definiții

Respirația este o funcție vitală a organismului uman, care se desfășoară continuu și ciclic și are rolul de a asigura schimbul bidirecțional de gaze dintre organism și aerul din atmosferă. Prin respirație este adus O<sub>2</sub> din mediul extern și acesta este furnizat celulelor, iar CO<sub>2</sub> rezultat din metabolismul celular este eliminat în atmosferă.

Se descriu două componente ale respirației:

- respirația externă, care reprezintă schimburile de gaze dintre plămâni și atmosferă;
- respirația internă sau tisulară care se referă la utilizarea oxigenului în reacțiile de oxidoreducere de la nivel celular.

Respirația externă presupune desfășurarea a trei procese: ventilația, perfuzia și difuziunea. Dintre aceste procese fiziologice, în aceste lucrări practice vom dezvolta ventilația.

### 2. Scurtă prezentare a anatomiei aparatului respirator

Componentele morfologice ale aparatului respirator sunt reprezentate de căile aeriene (superioare și inferioare) și de parenchimul pulmonar format din acinii pulmonari. Căile respiratorii asigură transportul gazelor și îmbunătățirea calității aerului inspirat, iar la nivelul acinilor pulmonari are loc schimbul de gaze.

Căile respiratorii superioare cuprind segmentul nazal, segmentul cavității orale și faringele până la orificiul glotic, iar căile respiratorii inferioare sunt reprezentate de: laringe, trahee, bronhii și ramificațiile lor.

Acinul pulmonar reprezintă unitatea morfo-funcțională a plămânului care, din punct de vedere anatomic, este regiunea deservită de o singură bronhiolă terminală, din care derivă 2-3 generații de bronhiole respiratorii. Bronhiola terminală, împreună cu bronhiolele respiratorii și ramificațiile lor - ductele alveolare, sacii alveolari și alveolele pulmonare - formează acinii pulmonari. Totalitatea acinilor pulmonari alcătuiesc parenchimul pulmonar, la nivelul căruia au loc schimburile de gaze.

**Notă! Pentru o mai bună înțelegere a fiziologiei sistemului respirator sunteți rugați să aprofundați anatomia acestui sistem fiziologic din orice carte de anatomie.**

### 3. Mecanica ventilației pulmonare

Ventilația pulmonară reprezintă totalitatea proceselor mecanice prin care se asigură schimbul de gaze dintre atmosferă și plămâni. Datorită ventilației, aerul bogat în oxigen este introdus în alveolele pulmonare prin **inspir** și aerul bogat în bioxid de carbon din plămâni este eliminat în atmosferă prin **expir**.

Schimburile gazoase dintre atmosferă și plămân se desfășoară datorită diferențelor de presiune (gradient presional) dintre cele două medii. Aceste diferențe apar ca urmare a variației volumului pulmonar, plămânul urmând la rândul lui, pasiv, mișcările cutiei toracice. Gradientul presional rezultat va determina o circulație a aerului **din mediul cu presiune mare către mediul cu presiune mică**.

Cele 2 faze ale ventilației, inspirul și expirul se succed ritmic, cu o frecvență de 12-18 cicluri/minut (frecvența respiratorie). *Frecvența respiratorie* reprezintă numărul ciclurilor respiratorii (inspirație și expirație) pe minut și variază în funcție de:

- vârstă: nou-născuți = 30 – 45 c/min; copii = 20 – 30 c/min; adulți = 12 – 18 c/min;
- sex: femeile au o frecvență mai mare decât bărbații: 15 – 18 c/min;
- activitatea fizică: 30 - 40 c/min în efortul fizic intens.

Creșterea valorilor peste limitele normale se numește **tahipnee**, iar scăderea **bradipnee**.

Cavitatea toracică este o structură care trebuie să fie suficient de rigidă pentru a proteja organele vitale pe care le conține și pentru a oferi suprafață de inserție pentru mușchii de la acest nivel. Ventilația pulmonară necesită însă un torace flexibil, care să poată funcționa ca un "burduf" în timpul ciclului respirator. Coastele și cartilajele costale sunt suficient de elastice pentru a putea fi mobilizate și întinse ca urmare a forței furnizate de contracția mușchilor inspiratori și a reveni pasiv la dimensiunile sale de repaus, atunci când mușchii se relaxează și forța de tracțiune a încetat. Plămâni, deși sunt structuri ușor distensibile și elastice nu pot iniția singuri modificările de volum caracteristice fazelor respirației, pentru că ei nu posedă elemente musculare. Prin urmare, ei vor urma pasiv mișcările cutiei toracice de care sunt legați prin sistemul pleural; acest sistem este alcătuit din pleura parietală (care aderă strâns la peretele toracic) și cea viscerală (care învelește plămâni).

În timpul inspirului, aerul atmosferic intră în plămâni, deoarece presiunea gazelor din atmosferă este mai mare decât presiunea intrapulmonară sau intraalveolară. Cum presiunea atmosferică este, de obicei, constantă (760 mmHg), pentru a avea loc schimbul de gaze, singura presiune care poate varia este cea intrapulmonară.

O presiune mai scăzută decât cea atmosferică este numită *presiune subatmosferică* sau *infraatmosferică* sau, impropriu spus "*presiune negativă*". Termenul de presiune negativă nu definește o presiune real negativă, ci scăderea cu 3-4 mmHg a presiunii din plămâni, comparativ cu cea din atmosferă.

În timpul inspirului de repaus, liniștit, presiunea intrapulmonară scade cu cca. 3 mmHg față de cea atmosferică. Expirul apare atunci când presiunea intrapulmonară este mai mare decât presiunea atmosferică. În timpul expirului de repaus, liniștit, presiunea intrapulmonară crește cu cel puțin + 3 mmHg peste cea atmosferică.

**Inspirul** este declanșat de stimulii generați de centrul inspirator din bulb care ajung la neuronii motori din coarnele anterioare ale măduvei. Prin intermediul nervilor spinali se comandă contracția mușchilor inspiratori.

- **În inspirul de repaus** intervin muschiul *diafragm* și mușchii *intercostali externi*.

Muschiul diafragm este principalul mușchi inspirator. El separă cavitatea toracică de cea abdominală și în poziție de repaus este curbat, cu convexitatea spre cavitatea toracică. Prin contracție, diafragmul se aplatizează și se deplasează în jos cu cca. 1,5-2 cm în inspirul de repaus și cu 7-8 cm în inspirul forțat. Prin deplasarea în jos a diafragmului se mărește *diametrul longitudinal al cutiei toracice, iar în porțiunea bazală și diametrul transversal*. Mărirea de volum obținută prin contracția acestui mușchi permite introducerea în plămâni a celei mai mari părți din **volumul curent = „tidal volume” (VT)**. Paralizia completă a acestui mușchi NU mai permite desfășurarea respirației.

Contracția mușchilor intercostali externi, determină orizontalizarea coastelor, rotarea lor și proiectarea anterioară a sternului. Astfel, se produce mărirea diametrelor antero-posterior și transversal ale cutiei toracice.

Mărirea volumului toraco-pulmonar va determina scăderea presiunii pulmonare la o valoare de 756-757 mmHg care devine astfel inferioară presiunii atmosferice cu aprox. 3 - 4 mmHg. Consecința acestor modificări este pătrunderea unui volum de aer în plămâni, până la egalizarea celor două presiuni.

Volumul de aer care intră sau iese din plămâni, în condiții de respirație relaxată sau de repaus, se numește **VOLUM CURENT** sau TIDAL VOLUME – VT

- **În inspirul forțat**, pe lângă mușchii diafragm și intercostali externi, mai intră în acțiune și mușchii accesori: scaleni, pectorali, dințați, sternocleidomastoidieni, trapez.

Se mai pot produce contracții ale mușchilor aripioarelor nazale, ai vălului palatin, ale limbii, ușurând trecerea coloanei de aer prin căile respiratorii superioare.

Mușchii inspiratori accesori realizează o ridicare suplimentară a porțiunii superioare a cutiei toracice, măbind mai mult volumul toraco-pulmonar și scăzând suplimentar presiunea. Prin aceste modificări, se introduce un volum suplimentar de aer = **VOLUMUL INSPIRATOR DE REZERVĂ - VIR.**

### Expirul

- **Expirul normal**, de repaus, reprezintă o fază pasivă (fără consum de energie), spre deosebire de inspir, care se produce activ, prin contracție musculară și consum de energie. Constă în revenirea la poziția inițială a structurilor toraco-pulmonare, după ce forța deformatoare și-a încetat acțiunea. Se datorează elasticității componentelor toraco-pulmonare. Ca urmare, plămânul se micșorează, iar presiunea intrapulmonară crește (763-764 mmHg), devenind superioară presiunii atmosferice cu 3-4 mmHg. Consecința este eliminarea unui volum de aer încărcat cu CO<sub>2</sub> din plămâni în atmosferă.
- **Expirul forțat** este o fază activă, producându-se prin contracția mușchilor expiratori, reprezentați în special de mușchii abdominali și intercostali interni. Prin contracția mușchilor abdominali, crește presiunea intraabdominală, se mărește convexitatea diafragmului și se reduce suplimentar volumul toraco-pulmonar. Ca urmare, crește și mai mult presiunea intrapulmonară și va fi expirată o cantitate suplimentară de aer - **VOLUMUL EXPIRATOR DE REZERVA – VER.**

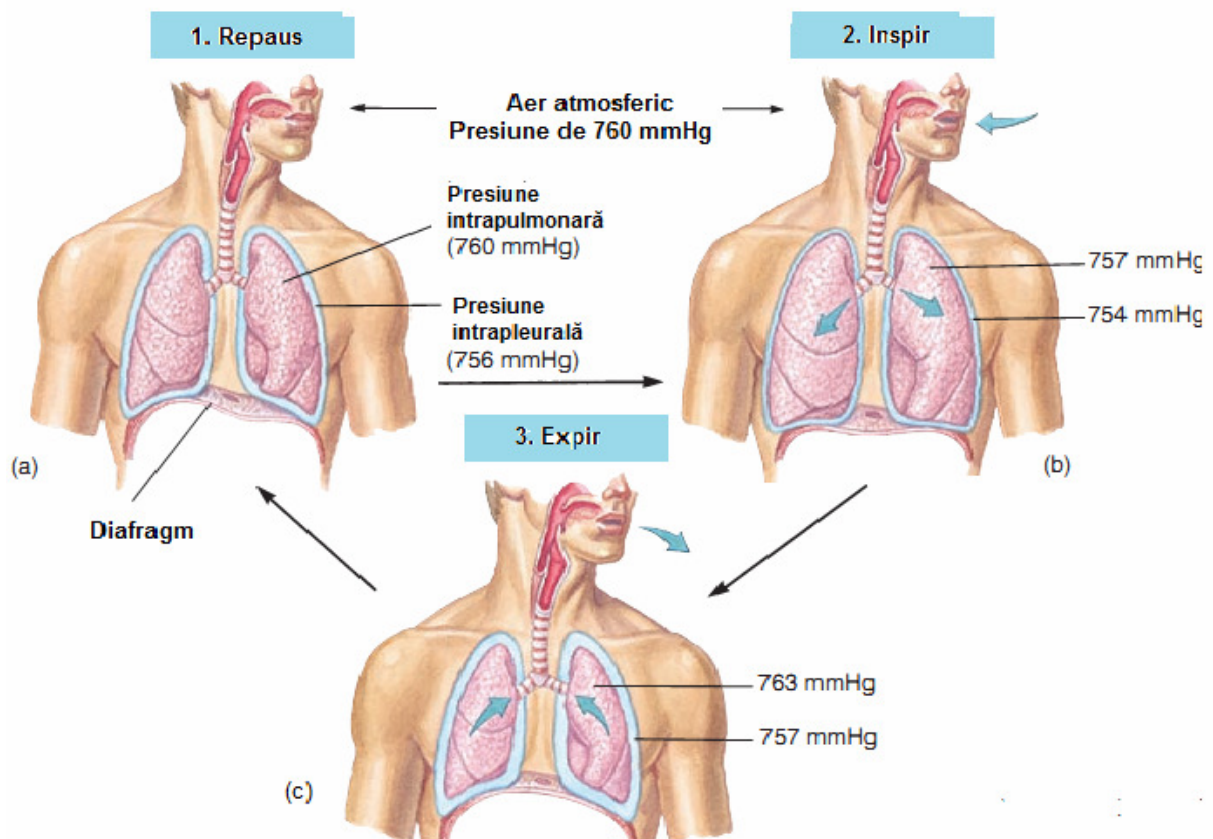


Figura 1. Mecanica ventilației pulmonare. Sursa: Stuart Ira Fox. HUMAN PHYSIOLOGY, 12th ed.

### 4. Perfuzia pulmonară

Perfuzia pulmonară este asigurată prin cele două tipuri de circulație:

- funcțională – reprezentată de circulația pulmonară sau mica circulație;

- nutritivă – asigurată prin arterele și venele bronșice.
- **Circulația funcțională pulmonară** începe la nivelul ventriculului drept cu artera pulmonară și se termină în atrium stâng cu cele 4 vene pulmonare. În VD își are originea artera pulmonară, care, după un scurt traiect, dă ramuri pentru cei doi plămâni. Fiecare arteră pulmonară (dreaptă sau stângă) se ramifică în continuare, până la capilarizare. Capilarele se dispun ca o rețea în jurul alveolelor pulmonare, unde participă la realizarea barierei alveolo-capilare (numită și membrană respiratorie), la nivelul căreia se face schimbul de gaze.  
Din această rețea se formează vene, care preiau sângele oxigenat. Venele confluează în ramuri din ce în ce mai mari care, în final, ies din plămân prin două vene pulmonare. Cele patru vene pulmonare, două drepte și două stângi se varsă în atrium stâng, închizând astfel mica circulație pulmonară.
  - Rolurile circulației pulmonare:
    - asigură oxigenarea sângelui și eliminarea CO<sub>2</sub>;
    - reprezintă un filtru pentru emboli;
    - la nivelul ei se produc o serie de substanțe active (prostaglandine, angiotensina II);
    - constituie un rezervor de sânge pentru ventriculul stâng.
- **Circulația nutritivă** pulmonară este asigurată de arterele bronșice (provin din aorta toracică) și de artera toracică internă. Sângele pe care-l furnizează irigă pereții arborelui bronșic și țesutul pulmonar de suport (stroma). Arterele bronșice ajung numai până la nivelul bronhiolilor respiratorii, unde se termină în rețeaua capilară, din care pornesc venele bronșice. Sângele din circulația nutritivă pulmonară se drenează, prin venele bronșice, în venele pulmonare, reducând saturația în O<sub>2</sub> a sângelui din mica circulație.

## 5. Difuziunea

Difuziunea reprezintă procesul de trecere a gazelor pulmonare, în sensul gradientului de concentrație (de la concentrația mai mare, la cea redusă), care are loc între mediul gazos alveolar și sângele din capilarul pulmonar. Aceasta este influențată de mai mulți factori:

- calitățile barierei alveolo-hematice;
- gradientul presional;
- constanta de difuziune a gazelor;
- mărimea suprafeței de schimb;
- timpul de contact între cele două medii.

Bariera alveolo-hematică este constituită din: stratul de surfactant pulmonar care captează alveolele; epiteliul alveolar; membrana bazală alveolară; lichidul interstițial; membrana bazală capilară; celulele endoteliului capilar; stratul de plasmă; membrana hematiei.

## 6. Explorarea aparatului respirator

Aparatul respirator poate fi explorat printr-o multitudine de investigații, fiecare dând informații mai mult sau mai puțin detaliate despre structura sau funcția acestui sistem vital al organismului uman. De exemplu, **explorarea imagistică: radiografia pulmonară și tomografia computerizată mediastinală (CT)** furnizează o mare cantitate de informații legate de anatomia plămânilor, care ajută la diagnosticarea unui număr mare de boli (pneumonii, colecții pleurale, tuberculoză pulmonară, fibroze pulmonare, patologii tumorale, etc.). Alte explorări imagistice, ca **bronhografia** sau **scintigrafia** aduc informații suplimentare despre poziția și ramificația arborelui bronșic, sau modificările de calibr și întreruperile continuității lumenului bronșic prin formațiuni tumorale (bronhografia) sau despre perfuzia pulmonară și distribuția gazelor în plămâni (scintigrafia).

**Testele funcționale respiratorii** ne informează asupra modului în care plămâni își realizează funcția deoarece permit măsurarea volumelor, capacităților și debitelor vehiculate de plămâni. La fiziologie ne vom ocupa de acest aspect, **funcțional**, al explorării aparatului respirator, urmând ca alte discipline să completeze acest capitol de explorare, cu investigații specifice.

### 6.1. Pneumograma

- Pneumograma reprezintă înregistrarea grafică a mișcărilor respiratorii care se poate face cu ajutorul unui senzor (traductor) sau prin metoda impedanței electrice.
- Înregistrarea mișcărilor respiratorii permite obținerea **pneumogramei**, cu o pantă ascendentă, care reprezintă inspirul, și o pantă descendentă reprezentând expirul. Pe panta descendentă se observă o porțiune inițială, mai rapidă, indicând revenirea peretelui toracic la poziția de repaus și o a doua porțiune mai lentă, reprezentând retracția pulmonară. Raportul dintre durata pantei inspirului și cea a expirului este de  $1/1,2 - 1/2$ , în general inspirul durând 1s și expirul până la 2s. Cu ajutorul pneumogramei se pot analiza: frecvența, amplitudinea și ritmul respirației, precum și variațiile care apar în diferite situații fiziologice ca: efort fizic, somn, adaptarea la altitudine etc. sau patologice: apneea de somn, monitorizarea pacienților critici în secțiile de ATI.

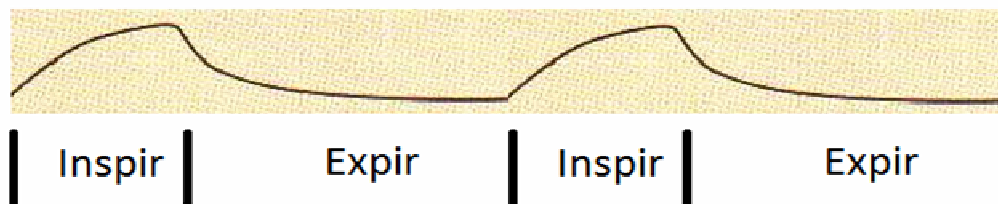


Figura 2. Pneumogramă normală. Sursa: [http://www.biyosoft.com/ASP/ECG\\_dosyalar/rhythm.asp](http://www.biyosoft.com/ASP/ECG_dosyalar/rhythm.asp)

**6.2. Testele funcționale ventilatorii** constau în cuantificarea volumului de gaz din plămâni prin măsurarea volumelor, capacităților și debitelor pulmonare.

- Aceste măsurători se fac cu ajutorul unui aparat numit **spirometru** în circuit închis (se inspiră și se expiră din/în aparat). Metoda se numește spirometrie, iar graficul obținut – **spirogramă**.
- Spirometrul sau spirometrul în circuit închis este un aparat în care subiectul respiră printr-o piesă bucală. Aerul respirat este prins într-un clopot din material plastic care plutește în apă. Clopotul se deplasează în sus, atunci când subiectul expiră și în jos, atunci când subiectul inspiră. Mișcările clopotului sunt transmise unei penițe inscripționare, care trasează un grafic, pe care volumele inspirate și expirate sunt înregistrate ca o funcție de timp.

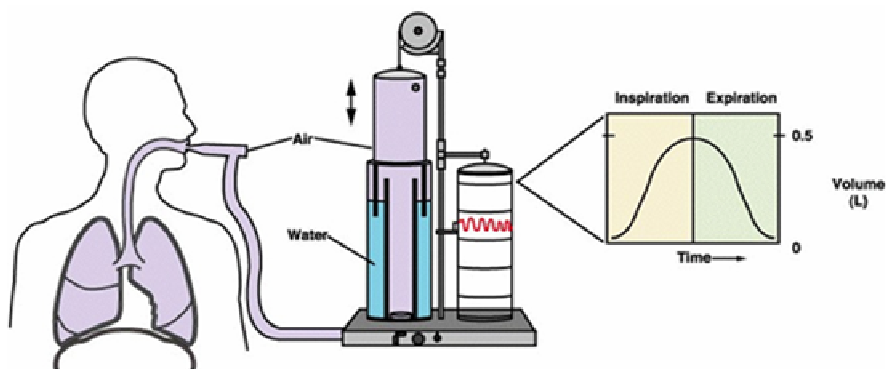


Figura 3. Spirometrul cu circuit închis. Sursa: <http://www.zuniv.net/physiology/book/chapter13.html>

- **Importanța clinică** a testelor funcționale ventilatorii. Aceste teste îi ajută pe medici:
  - să stabilească gradul de afectare a funcției ventilatorii în diferite boli care reduc parenchimul pulmonar (sindroame restrictive) sau care obturează căile bronșice (sindroame obstructive);
  - să pună diagnosticul unor boli pulmonare, cum ar fi astmul bronșic sau boli pulmonare obstructive cronice (BPOC);
  - să evalueze funcția ventilatorie a unei persoane înaintea unei intervenții chirurgicale;
  - să monitorizeze funcția respiratorie a unei persoane care este expusă regulat la noxe respiratorii, cum ar fi azbestul, praful, siliciul, care pot afecta plămânilor;
  - să urmărească eficacitatea tratamentului administrat pentru diferite boli pulmonare.
- Măsurarea se face dimineața, pe nemâncate (un stomac plin stânjenește expirul maxim), cu un post de fumat de cel puțin 2 ore.
- Testele respiratorii **NU** se fac la pacienții care:
  - au dureri precordiale sau au suferit un infarct acut de miocard (IMA);
  - au avut intervenții chirurgicale recente la nivel ocular, toracal, abdominal sau au avut pneumotorax în antecedente;
  - au valori mari ale tensiunii arteriale;
  - au o stare generală alterată.
- **Efectuarea înregistrării.**
  - se explică subiectului manevrele care vor trebui efectuate;
  - se aplică o clemă nazală pe nasul subiectului (pentru a preveni respirația pe nas) și se cuplează subiectul la piesa bucală a spirometrului;
  - se cere subiectului să respire normal timp de un minut; din traseul astfel înregistrat putem calcula *volumul curent (VT)*, *frecvența respiratorie și debitul ventilator de repaus (ventilația de repaus)*;
  - se solicită executarea unui inspir maxim urmat de un expir cât mai lent și mai complet posibil; astfel se înregistrează capacitatea vitală (CV);
  - se cere apoi efectuarea unor respirații normale, timp de 15 secunde;
  - pentru măsurarea volumului expirator maxim pe secundă (VEMS) se cere un inspir maxim, apoi apnee timp de 2 secunde și, în final, un expir maxim, rapid.
  - se fac trei astfel de determinări și se reține valoarea cea mai mare a capacității vitale și a VEMS –ului.
- **Calcularea** volumelor, capacităților și a debitelor se face urmărind indicațiile care există pe spirogramă privind corespondența dintre înălțime (amplitudinea graficului) și volum. De exemplu, un pătrățel mic corespunde la 50 cm<sup>3</sup> sau 50 de ml, între 2 linii de grosime medie sunt 200 de cm<sup>3</sup>, între 2 linii groase sunt 1000 de cm<sup>3</sup>, adică 1 litru.
  - rezultatele se corectează cu factori de corecție a diferitelor volume și debite. Ca factori de corecție sunt utilizați: BTPS și STPD.
    - **BTPS** este factorul folosit la corecția tuturor volumelor și debitelor, exceptând consumul de O<sub>2</sub>; prin utilizarea lui, se aduce gazul la temperatura corpului, presiune și gaz saturat în vapori de apă.
    - **STPD** este folosit la corectarea consumului de O<sub>2</sub>, necesar pentru aducerea O<sub>2</sub> la temperatura standard (0°C), presiune de 1 atm și gaz uscat.
    - spirometrele moderne realizează automat corecția acestor volume la condițiile de temperatură, presiune și saturație în vapori de apă de la nivelul plămânilor;

- rezultatele obținute sunt rezultate **actuale sau reale** ale pacientului respectiv.
- **Exprimarea rezultatelor** se face în cm<sup>3</sup> (ml) sau litri pentru volume și capacități și în cm<sup>3</sup> sau litri/unitatea de timp pentru debite (cm<sup>3</sup>/secundă pentru VEMS; cm<sup>3</sup> sau litri/minut pentru ventilația de repaus, ventilația maximală, consumul de oxigen).
- **Raportarea la valorile ideale.** Datorită variabilității mari de la individ la individ a parametrilor ventilatori se preferă exprimarea valorilor reale sub formă de procent din valorile ideale sau prezise, pentru subiectul respectiv. Valoarea ideală este o valoare teoretică, calculată cu ajutorul unor formule de regresie, în funcție de înălțime, sex, vârstă, greutate, rasă. Formulele de regresie derivă din curbele de regresie realizate pe baza datelor obținute de la subiecți sănătoși, nefumători și fără semne clinice sau paraclinice de boală pulmonară. Pentru calculul valorilor ideale, cel mai frecvent sunt folosiți factorii CECA (Comisia Europeană a Cărbunelui și Oțelului).
- Pe spirogramele obținute la înregistrările din cursul lucrărilor practice:
  - veți calcula: frecvența respiratorie, volumele, capacitățile și debitele reale;
  - veți raporta rezultatele obținute la valorile ideale;
  - veți interpreta deviațiile de la valorile ideale;
  - veți integra rezultatele, eventual patologice în patologia de tip restrictiv sau obstructiv.

În tabelul nr. 1 sunt redați parametrii înregistrați pe o spirogramă, cu definiție și comentarii.

### 6.3. Testele de bronhomotricitate

În clinică, înregistrarea spirogramei se poate face și după administrarea unor substanțe care influențează bronhomotricitatea, determinând bronhoconstricție sau bronhodilatație.

Substanțele respective sunt sub formă de aerosoli, iar parametrul care se urmărește, în primul rând, este VEMS.

- **Testele bronhoconstrictoare.** Provoacă spasmul musculaturii netede din căile bronșice, producând obstrucția acestora, acțiune asemănătoare cu a sistemului nervos parasimpatic.
  - se efectuează cu substanțe care mimează efectul sistemului nervos vegetativ parasimpatic – acetilcolină, methacolină sau cu histamină sau diverși alergeni;
  - se administrează la indivizii asimptomatici la care suspectăm anamnestice un astm bronșic;
  - testul este semnificativ dacă VEMS scade cu mai mult de 15 - 20%, față de valoarea obținută la primele înregistrări.
- **Testele bronhodilatatoare.** Provoacă relaxarea musculaturii netede din căile bronșice, acțiune asemănătoare cu a mediatorilor sistemului nervos simpatic.
  - se administrează medicamente beta-adrenergice cu acțiune rapidă sau parasimpaticolitice inhalatorii;
  - se efectuează la pacienții cu sindrom obstructiv deja constituit, fie în scop diagnostic (evidențierea originii spastice a obstrucției), fie în scop terapeutic (eficacitatea medicației);
  - testul este semnificativ dacă VEMS crește cu mai mult de 10 -15% față de valoarea obținută la primele înregistrări.

**Tabel nr.1. Parametrii obținuți prin spirometria în circuit închis**

Parametrul	Abreviere		Definiție	Valori de referință*	Observații
	Română	Engleză			
<b>VOLUME</b>					
Volumul curent sau tidal volume	VT	VT	Volumul de aer inspirat sau expirat în timpul unei respirații normale, de repaus	500-800 ml mai mare sau egal decât 12% din CV	
Volumul expirator de rezervă	VER	ERV	Volumul maxim de aer care poate fi eliminat printr-o expirație forțată, la finalul unei expirații normale.	800-1500 ml mai mare sau egal decât 22% CV	<b>Scade în sindromul obstructiv</b>
Volumul inspirator de rezervă	VIR	IRV	Volumul maxim de aer care poate fi introdus în plămâni printr-o inspirație forțată, care urmează după un inspir de repaus.	1800-2600 ml mai mare sau egal decât 55% CV	<b>Scade în sindromul restrictiv</b>
Volumul rezidual	VR	RV	Este volumul de gaz care rămâne în plămâni la sfârșitul unei expirații complete (forțate).	1200-1800 ml aproximativ 25% CPT	VR nu poate fi evacuat din plămâni la subiectul în viață. Determinarea lui se face: <ul style="list-style-type: none"> <li>• prin calcul: VR = CRF - VER;</li> <li>• prin metoda diluției cu He în respirație unică, în circuit deschis.</li> </ul> <b>Crește în sindromul obstructiv</b>
<b>CAPACITĂȚI</b>					
Capacitatea vitală	CV	VC	Este cantitatea maximă de gaz expirat forțat după un inspir forțat.	3500-5000 ml valoare ideală= $I^3 \times F_{CECA}$ - LA BARBATI - LA FEMEI - 80% DIN VALOARE	Determinarea CV se poate face prin calcul pe spirogramă: CV = VT+ VIR+VER sau prin pneumotahografie. CV variază în funcție de vârstă, sex, tip constituțional, stare de antrenament fizic. CV crește până la 25 ani, este staționară în perioada adultă și începe să scadă cu înaintarea în vârstă, când va crește VR. <b>Scade în sindromul restrictiv.</b>



Parametrul	Abreviere		Definiție	Valori de referință*	Observații
Capacitatea inspiratorie	CI	IC	Este cantitatea maximă de aer care poate fi introdusă printr-un inspir forțat, care urmează după un expir de repaus.		Se calculează pe spiogramă ca suma VT + VIR. <b>Scade în sindromul restrictiv.</b>
Capacitatea reziduală funcțională	CRF	FRC	Este volumul de gaz care rămâne în plămâni la sfârșitul unei expirații normale.		CRF reprezintă volumul de gaz în care pătrunde, se amestecă și se diluează aerul inspirat înainte de a intra în schimb cu sângele. Determinarea CRF se face prin: - metoda diluției gazelor cu He; - metoda pletismografică (body-pletismografie)
Capacitatea pulmonară totală	CPT	TLC	Este volumul de gaz conținut în plămâni la sfârșitul unui inspir forțat (poziție inspiratorie maximă).	5500 - 7000 ml	Determinarea CPT se face: - prin calcul, pe spiogramă: CPT = CV + VR sau CPT = CI + CRF ; - prin metoda diluției cu He, prin respirație unică în circuit deschis. <b>Scade în sindromul restrictiv</b>

Debite	<b>Evaluează performanța în dinamică a pompei respiratorii.</b>				
Volumul expirator maxim pe secundă	VEMS	FEV1	Este volumul de gaz expulzat din plămâni în prima secundă a expirului rapid și maxim, efectuat după un inspir forțat. Se mai poate face măsurarea și la 0,5 sec (FEV 0,5) la 2 sec (FEV2), la 3 sec (FEV3).	2800-4000 ml mai mare sau egal decât 80% din CV  valoare ideală= $I^3 \times F_{CECA}$ - LA BARBATI - LA FEMEI - 80% DIN VALOARE	Se mai exprimă și ca procent din CV (indicele Tiffeneau sau indicele de permeabilitate bronșică - IPB). <b>VEMS/CVx100 mai mare decât 80%</b> <b>Acest indice scade cu vârsta și în bolile obstructive.</b> Determinarea VEMS la 2s, 3s (când plămânul lucrează la volume mici și când contribuția reculului elastic și a rezistenței

					periferice sunt importante) poate evidenția modificări importante, chiar la tineri.
Debitul (Consumul) de O <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	Volumul de oxigen reținut de organism într-un minut, în repaus	200 - 250 ml/min	În efort maxim crește de aproximativ 20 de ori
Ventilația de repaus (Debitul respirator de repaus)	V rep		Volumul de aer ventilat de plămâni într-un minut, IN REPAUS	6-8 L/min. Val ideală = Suprafața corpului x 3,6 (B) x 3,2 (F)	Calcul valoarea reală: VT x frecvența respiratorie
Ventilația maximă	V max		Volumul de aer ventilat de plămâni într-un minut, IN EFORT MAXIM	120-150 l/MIN Exprimă performanța maximă a pompei toraco-pulmonare și, implicit, capacitatea de adaptare la efort	Calcul val ideală = CV <sub>id</sub> x 24 val reală = VEMS <sub>r</sub> x 30

\* Valorile de referință cuprind limitele general acceptate ca fiind normale pentru un grup populațional mare. Cu toate acestea, este posibil ca o persoană de sex masculin, de exemplu, cu o înălțime de 1,98 m, la care obținem valori reale care se încadrează între limitele de referință să nu aibă de fapt parametri normali, dacă raportăm la valoarea ideală proprie. În fapt, valorile de referință sunt orientative în cazul explorării funcționale pulmonare. În grupul populațional care are aceste valori avem un amestec heterogen de indivizi: femei, bărbați, tineri, vârstnici, înalți, scunzi, obezi, slabi etc.

#### **Variații patologice ale parametrilor respiratori**

- În sindromul **obstructiv** (astm bronșic, bronșite cronice) = Disfuncție obstructivă
  - **scad:** VEMS, IPB, VER, PEFR, ventilația maximă; CV, pe seama scăderii VER
  - **cresc:** VR, CPT, Capacitatea funcțională reziduală.
- În sindromul **restrictiv** (fibroze pulmonare, tuberculoză pulmonară, pleurezii, paralizie de diafragm etc) = Disfuncție restrictivă.
  - **scad:** VIR, CV pe seama scăderii VIR, CPT, ventilația maximă, PEFR poate fi normal sau scăzut, VER poate fi normal sau scăzut, VEMS poate fi normal sau scăzut.
  - **sunt normale sau cresc:** IPB în disfuncțiile restrictive parenchimotoase, VR.

#### **6.4. Înregistrarea debitelor ventilatorii instantanee maxime**

- se poate face cu ajutorul buclei flux-volum determinată cu ajutorul spirometrelor prevăzute cu traductor de flux, aparate numite pneumotahografe;
- înregistrarea se face în cursul unui ciclu respirator maxim și forțat: inspirație maximă - cât mai rapid posibil; expirație maximă - cât mai rapid posibil;
- bucla flux-volum – permite analiza grafică a fluxului de aer generat în funcție de volumul de aer mobilizat;

- **debitul expirator maxim instantaneu de vârf (PEFR = peak expiratory flow rate)**
  - reprezintă valoarea cea mai mare a fluxului atinsă în cursul expirației forțate;
  - scăderea PEFR cu mai mult de 35% față de valoarea de referință apare în sindromul obstructiv și, uneori și în cel restrictiv;
  - PEFR se poate monitoriza cu ajutorul “peak-flowmetrelor” ceea ce permite automonitorizarea astmului bronșic;
  - înregistrarea zilnică și așezarea valorilor pe un grafic permite medicului să verifice dacă astmul este bine controlat sau nu.

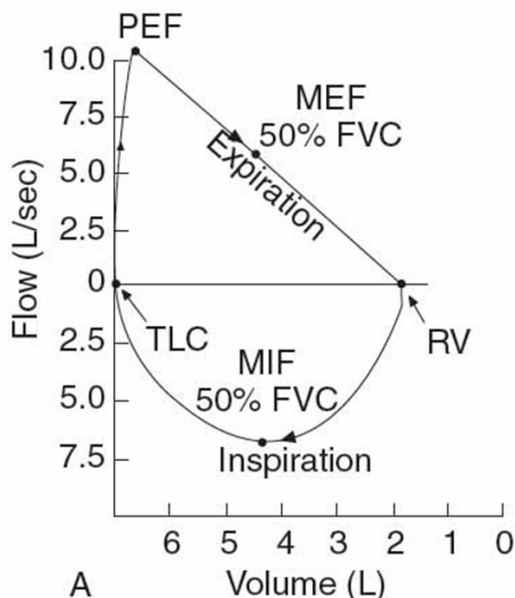


Figura 4. Curba flux volum.

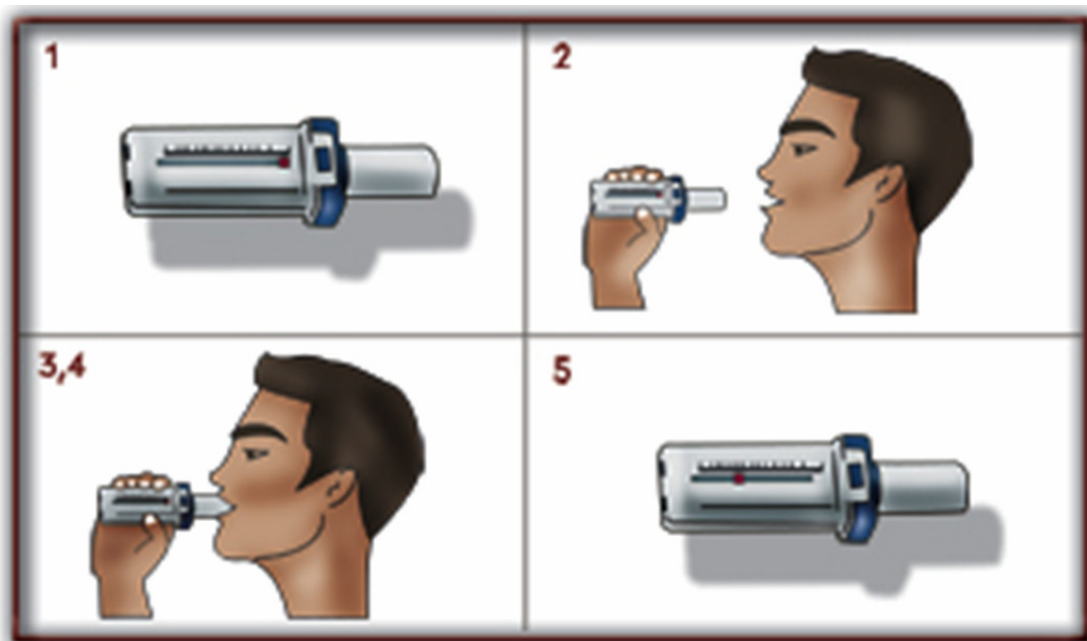


Figura 5. Utilizarea unui peak-flowmetru pentru înregistrarea debitului expirator maxim instantaneu de vârf (PEFR = peak expiratory flow rate) Sursa: <http://www.mayoclinic.com/health/asthma/>



## Studiu individual

1. Consultând un dicționar medical, cursul “Fiziologia sistemului respirator”, materialele recomandate în bibliografie, precum și alte surse credibile, vă rugăm să definiți în caietul de dicționar, următorii termeni: apnee, automonitorizare, tahipnee, bradipnee, factor de corecție, raport, exprimare procentuală, monitorizare, valoare reală, valoare ideală, valoare prezisă, bronhomotricitate, bronhoconstricție, bronhodilatație, astm bronșic, sindrom restrictiv, sindrom obstructiv, substanță inhalată, parasimpaticomimetic, parasimpaticolitic, simpatomimetic, simpatolitic sau alți termeni întâlniți în acest material și pe care nu îi cunoașteți.
2. Enumerați în scris mediatorii cu acțiune bronhoconstrictoare. Precizați cărui sistem vegetativ aparțin aceștia?
3. Enumerați în scris mediatorii cu acțiune bronhodilatatoare. Precizați cărui sistem vegetativ aparțin aceștia?

### Lectură facultativă

**Pneumotahografia** reprezintă o metoda de explorare a ventilației pulmonare, modernă, bazată pe mijloace mecanice și electronice, prin care se obțin, în special, date legate de fluxmetrie (debite), curbe flux-volum expiratorii și inspiratorii, sau calcularea FVC (CV forțată), FIVC (CV inspiratorie forțată), SVC (CV lentă).

- FVC - volumul de aer inspirat maxim, după care este expirat rapid și complet.
- FIVC - volumul de aer expirat maxim, după care se realizează o inspirație rapidă și completă.
- SVC - volumul de aer expirat complet și lent, după ce a fost efectuată o inspirație completă, (slow = lent).
- VEMS - volumul expirat maximal, în prima secundă a unui expir forțat, efectuat după un inspir forțat (FEV1). Se mai poate face testarea la 0,5 sec, la 2 sec, la 3 sec.
- Raportand VEMS/CV se obține indicele Tiffeneau sau indicele de permeabilitate bronșică. Valorile fiziologice sunt egale sau mai mari de 80%, scăzând cu vârsta.
- FEF = debitul mediu expirator maxim la 25%,50%,75%,75-85%CV
- FEF 25-75% reprezintă debitul mediu expirator maxim între 25-75% din CV, fiind raportul dintre volumul expirat maxim, printr-o expirație forțată și completă, după ce a fost expirat primul sfert din CV și până la expirarea celui de al treilea sfert din CV și timpul în care a fost expirat.
- PEF (peak expiratory flow), reprezentând valoarea cea mai mare a fluxului de aer în expir maxim, forțat, după o inspirație maximă. Se reține valoarea maximă de flux, menținută 10 ms. Valori normale ale acestui parametru : 9,5 – 10 l/s la bărbați și 7 – 8 l/s la femei, fiind calculat pe curba flux-volum.
- Se mai poate calcula debitul expirator maxim instantaneu la 25%, 50%, 60%, 75% din CV, reprezentând debitul expirat maxim în momentul în care în plămâni a rămas 25% sau.... din CV. Se calculează pe curba flux-volum (MEF 25%, etc.).
- MEF 25% = FEF 75%, MEF 50% = FEF 50%, ș.a.m.d. Acești parametri se pot calcula și în inspirul forțat (MIF, FIF).
-