

SPIROMETRI

Inledning

Respirationens primära mål är att förse den enskilda cellen med syrgas och att transportera bort koldioxid. Gasutbytet mellan blod och vävnader respektive mellan blod och alveolarluft, sker genom enkel diffusion. Diffusion begränsas av diffusionsytan samt diffusionsavståndet och det är cirkulationssystemets rika kapillärnät som bidrar till att öka diffusionsytan och minska diffusionsavståndet till enskilda celler. I lungorna är alveolerna nästan helt täckta av kapillärer så att alveolytan omges av en tunn film av blod för gasutbyte med alveolarluften.

För optimalt gasutbyte mellan alveolarluft och lungkapillärblodet krävs:

- ♣ att den alveolära ventilationen är tillräcklig
- ♣ att diffusionskapaciteten är tillräcklig, dvs. att ytan mellan alveolarluft och blod är stor samt att diffusionsvägen är kort
- ♣ att genomblödningen i lungkretsloppet "matchar" ventilationen, dvs. ventilations/ perfusionsförhållandet är optimalt i varje lungavsnitt.
- ♣ att vid förändrade metaboliska krav skall ventilation och perfusion kunna justeras genom generell och lokal reglering

Olika sjukdomstillstånd kan störa ventilation, diffusion eller cirkulation och därmed gasutbytet i lungorna. För diagnostiken kan man då göra undersökningar som bedömer ventilationskapacitet (lungmekanik), gasutbyte (diffusion), gastransport i blodet samt regional ventilation/lungcirkulation.

Några undersökningar som kan bli aktuella är:

1. Spirometri - innebär mätning av volymer och luftflöden under normal och forcerad andning och ger en uppfattning om patientens lungmekanik.
2. Blodgasanalys - artärblodets syretryck, syremättnad, kolsyretryck, buffertkapacitet samt pH bestäms i blodprov, vanligtvis från radialisartären.
3. Scintigrafi dvs bestämning av hur ventilation och blodflöde fördelas i lungan. Detta görs med hjälp av radioaktiva isotoper som inandas respektive injiceras intravenöst.
4. Bestämning av lungornas gasutbyte (diffusionskapacitet), sker oftast genom inandning av luft med en liten tillsatts av kolmonoxid.
5. Bestämning av blodtryck och flöden i lungkretsloppet genom kateterisering.

Spirometriundersökning

En enkel förstahandsundersökning för "screening" vid störningar i lungfunktion är spirometri. Vid spirometriundersökning mäter man andningsvolymen eller luftflöden när man andas på olika sätt (normala viloandetag, maximala andetag, forcerade andetag). Syftet med laborationen är att göra en spirometriundersökning och att lära sig använda en modern spirometer av en typ som kallas **flödesspirometer** och som förekommer på öppenvårdsmottagningar. En flödesspirometer består av ett munstycke med en turbin (dvs propellerblad), som man andas genom och som fungerar ungefär som en vindmätare. Under andningen ger luftströmmen en rotation av turbinens propellerblad och genom att mäta

rotationshastigheten, så kan spirometern beräkna luftflödet (liter/minut) i varje ögonblick under den pågående andningen. Genom att summera (eller mer korrekt, integrera) luftflödet över tiden så kan man beräkna den volym luft som passerar genom turbinen under andetaget. Man kan förstås också skilja på in- och utandning - de ger ju motsatta rotationsriktningar på turbinen. Flödesspirometern är kopplad till en dator som samlar in flöde- och volymvärden direkt från spirometern. Programvaran har tillgång till normalvärden (varierar med ålder, längd, vikt samt kön) och bedömer direkt om undersökningen är normal.

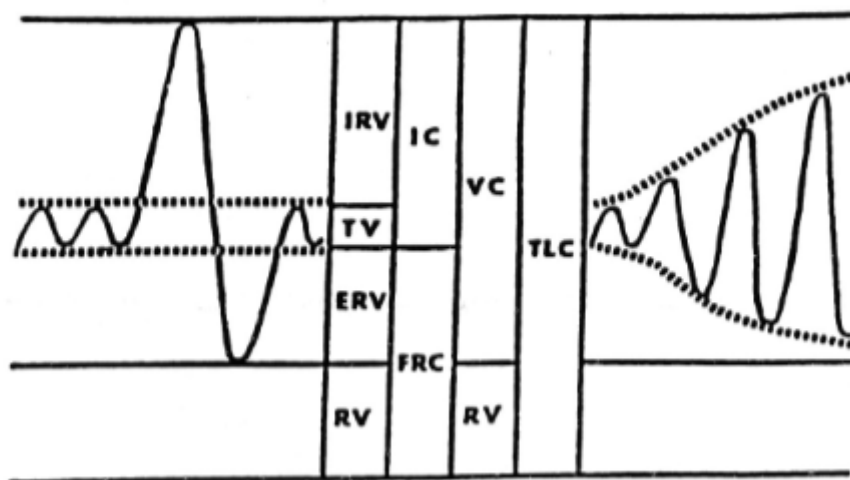
Vid spirometriundersökning måste man komma ihåg att tillförlitligheten av resultaten är helt beroende på patientens motivation att prestera maximalt. Samarbetet mellan undersökare och patient är centralt och undersökaren måste ofta motivera patienten t.ex. genom att göra undersökningen till lite av ett "tävlingsmoment". Det är alltså vanligt att man upprepar olika undersökningsmoment några gånger och sedan väljer det bästa värdena som patienten presterat (vid spirometriundersökning används aldrig medelvärden eller liknande).

Vad mäter man vid spirometriundersökning?

Man indelar spirometriundersökning i statisk och dynamisk spirometri.

Vid **statisk spirometri** mäter man de volymer som patienten andas in respektive ut, under ett normalt viloandetag samt under ett maximalt andetag.

Vid **dynamisk spirometri** mäter man luftflöden t.ex. hur stor volym som kan ut- eller inandas på en viss tid under ett forcerat andetag.



1) Lungvolym (statisk spirometri)

Figuren visar nomenklaturen för olika lungvolym och s.k. lungkapaciteter. Termen "kapacitet" används när två eller flera volymer är inkluderade.

TV (tidalvolym) = den volym som andas in respektive ut på ett normalt andetag.

Tidalvolymen är inte fixerad till en viss storlek utan ändras vid ökad andningsvolym.

IRV (inspiratorisk reservvolym) = den maximala luftvolym som kan inandas efter en normal tidalinspiration, dvs. från det slutinspiratoriska läget på ett viloandetag.

ERV (expiratorisk reservvolym) = den maximala volym som kan utandas efter en normal utandning, dvs. från det slutexpiratoriska läget på ett viloandetag.

VC (vitalkapacitet) = den maximala luftvolymen som kan utandas efter en maximal inspiration. VC består av tre volymer; TV, IRV och ERV.

IC (inspiratorisk kapacitet) = den maximala volym som kan inandas efter en normal tidalexpiration, dvs. som kan inspireras från det slutexpiratoriska läget på ett viloandetag. IC består av två volymer; TV samt IRV

RV (residualvolym) = den volym som återstår i lungorna efter en maximal expiration.

TLC (totala lungkapaciteten) = den volym som lungorna totalt innehåller efter en maximal inspiration, d.v.s. summan av VC och RV.

FRC (funktionell residualkapacitet) = den gasvolym som lungorna innehåller efter en normal viloutandning, dvs. från det slutexpiratoriska läget. Under viloandning är expirationen passiv och innebär endast en passiv återgång av lungor och thorax till FRC. Det slutexpiratoriska läget är vid oförändrat kroppsläge tämligen stabilt men varierar med kroppsställningen och förskjuts uppåt i liggande. Detta beror på att bukviscera i liggande trycker diafragma uppåt i bröstkorgen.

Under en spirometriundersökning mäter man in- och utandad volym under ett viloandetag respektive ett maximalt andetag. På detta sätt kan man bestämma TV, IRV, ERV samt VC. Eftersom man inte kan utandas residualvolymen, så kan denna inte bestämmas vid en spirometriundersökning. Så gäller förstås också kapaciteter där RV ingår dvs FRC, och TLC. För att mäta RV krävs andra undersökningsmetoder. Ett exempel är s.k. heliumutspädning, där man under ett maximalt andetag inandas en känd volym heliumgas som sedan får ekvibreras med luften i lungorna. Genom att sedan mäta koncentrationen av helium i utandningsluften (dvs hur mycket den totala lungvolymen späder ut heliumgasen), så kan man beräkna den totala lungkapaciteten. Subtraktion av vitalkapaciteten ger sedan residualvolymen.

2) Luftflöden (dynamisk spirometri)

Dynamisk spirometri ger en uppfattning om luftflöden. Ett sätt att uppskatta luftflöden är att mäta luftvolymer som ut- eller inandas under en viss tidsperiod. Ett vanligt mätvärde är *FEV 1.0* (forcerad expiratorisk volym under en sekund) och är den volym som utandas under första sekunden av ett forcerat maximalt andetag, dvs där patienten använder maximal kraft under utandningen. Eftersom mätningen sker under en sekund, så blir den uppmätta volymen direkt ett medeltal för luftflödet (liter/sekund) under detta tidsintervall. På motsvarande sätt kan man mäta *FIV 1.0* dvs den volym som inandas under första sekunden av ett forcerat maximalt andetag.

Moderna spirometrar kan numera direkt mäta den maximala flödes hastigheten (liter/sekund) under ut- respektive inandning under ett forcerat maximalt andetag. Dessa mätningar kallas *PEF (peak expiratory flow)* respektive *PIF (peak inspiratory flow)*.

Luftflödet under dynamisk spirometri är beroende av andningsmuskternas kraft, compliance i thorax och lungor samt av bronchialträdets flödesmotstånd. Det faktum att luftflödet påverkas av flödesmotståndet i bronchialträdet (och alltså sjunker vid obstruktion av bronchträdet), gör undersökningen särskilt användbar för diagnostik av astma. Spirometriundersökningen kan dessutom upprepas direkt efter inhalation av

brondilaterande farmaka för att se om andningshindret är reversibelt, vilket är ett kännetecken för astma.

Försökets utförande

Försöket består av tre olika tester under vilka man andas på olika sätt och spirometern mäter diverse volymer och luftflöden under olika perioder av andningen. Det datorprogram som används under laborationen är avsett för patientbesök t.ex på en vårdcentral och fungerar så att man skapar "journalkort" där man anger födelsedata/kön för varje patient (i laborationen försöksperson). Därefter skapar man "besökskort" där man fyller i längd och vikt, kör de tre spirometritesterna och resultatet kan sedan skrivas ut.

Programmet startas genom att klicka på ikonen Océan & spirobank. Endast fyra menyval i huvudmenyn används i laborationen:

Subjects - här skapar man nya journalkort och bläddrar i registrerade journalkort

Visits - här skapar man besökskort

Spirometry - här startar man spirometriundersökningen

Report - här kan man se och skriva ut resultatet av spirometriundersökningen

1) Registrera försökspersonen

Välj Subjects i huvudmenyn. Ett "journalkort" visas på bildskärmen. Klicka på New (i nedre vänstra hörnet på bildskärmen). Ange försökspersonens födelsedatum (år-månad-dag t.ex 1973-12-28) och kön på journalkortet. Ange också ett godtyckligt IDnr (saknar betydelse för laborationen, men krävs av programmet). Spara journalkortet genom att klicka på Save.

Välj sedan Visits i huvudmenyn. På skärmen visas nu ett nytt blankt "besökskort". Ange försökspersonens längd, vikt och markera om försökspersonen är rökare eller ej (krävs av programmet). Spara besökskortet genom att klicka på Save.

2) Gör spirometriundersökningen

Placera ett munstycke i turbinhållaren. Sätt på en näsklämma och placera munstycket så att ca 2 cm är inne i munnen. Håll INTE i spirometern på ett sådant sätt att handen är placerad under turbinhållaren (hindrar luftflödet). Gör de två testerna nedan. Man kan gå till de olika testerna via menyn Spirometry (när man påbörjat spirometriundersökningen, finns sedan de olika testerna VC, FVC direkt i huvudmenyn).

När man valt ett test, så visas ett mättdiagram på bildskärmen. Man startar en registrering genom att klicka på Start trial (i nedre högra hörnet av bildskärmen) - observera dock att den första registreringen startas automatiskt direkt efter att man valt testet. Man avslutar registreringen med End trial and Save (men registreringen avslutas också automatiskt efter ca 30 sekunder). Mätningarna skrivs då ut på skärmen tillsammans med en eventuell utvärdering och för att slutligen spara mätningarna, så klickar man på Save selected trial.

a) VC test (Vitalkapacitet)

Gör först några lugna och jämna normala viloandetag. När meddelandet "Now start VC or IVC test" visas på skärmen, så gör du ett maximalt andetag dvs ett andetag där du först lugnt andas in så mycket luft som du kan och sedan lugnt andas ut så mycket luft som du kan. Under testet visas hela tiden volymen som funktion av tiden på bildskärmen, så att man tydligt ser varje andetag.

b) FVC test (Forcerad vitalkapacitet) - forcerat maximalt andetag

Gör först några lugna och jämna normala viloandetag. Gör sedan ett andetag där du först lugnt andas in så mycket luft som du kan för att sedan andas ut så mycket luft du som kan så snabbt som möjligt och till sist andas in igen så snabbt som möjligt tills lungorna åter är maximalt fyllda med luft. Under testet visas en flöde-volymskurva dvs ett diagram med luftflöde som funktion av volymen under andetagen.

Följande mätvärden (förkortning, förklaring, enhet) presenteras:

Viloandning samt VC-test:

ERV Expiratorisk reservvolym L (liter)

TV Tidalvolym L

VC Långsam expiratorisk vitalkapacitet L

VE Minutventilation vid viloandning L/min

RR Andningsfrekvens vid viloandning andetag/min

te Expirationstid (medelvärde) vid viloandning s

ti Inspirationstid (medelvärde) vid viloandning s

ti/ttot % del av ett viloandetag som utgörs av inspiration

TV/ti Inspiratoriskt luftflöde vid viloandning (medelvärde) L/s

FVC-test:

FEF25 Luftflöde under forcerad utandning vid 25% av FVC L/s

FEF50 Luftflöde under forcerad utandning vid 50% av FVC L/s

FEF75 Luftflöde under forcerad utandning vid 75% av FVC L/s

FET Forcerad expirationstid s

FEV1 Volym utandad under 1:a sekunden vid forcerad utandning L

FEV1% FEV1 i procent av FVC ($100 \times \text{FEV1}/\text{FCV}$)

FEV1%VC FEV1 i procent av VC ($100 \times \text{FEV1}/\text{VC}$)

FIVC Forcerad inspiratorisk vital kapacitet

FIV1 Volym inandad under 1:a sekunden vid forcerad inandning

FIV1% FIV1 i procent av FVC ($100 \times \text{FIV}/\text{FVC}$) %

FVC Forcerad expiratorisk vitalkapacitet

PEF Maximalt ("peak") luftflöde under forcerad utandning

PIF Maximalt luftflöde under forcerad inandning

FEF25-75 Medelvärde av flödet vid 25-75% av FVC L/s

Av dessa förkortningar förekommer följande ofta i klinisk rutin:

TV, VC, FVC, FEV1, FEV1%, PEF