

Gäller för: Verksamhet Klinisk fysiologi

Giltig från: 2026-01-29

Innehållsansvar: Dritan Poci, (driipo), Sektionschef

Giltig till: 2027-01-29

Godkänd av: Per Nivedahl, (perda7), Verksamhetschef

Statiska lungvolym (TLC), metodbeskrivning

Förändringar i denna version

Tillfällig förlängning 12 månader (senaste innehållsgranskning genomförd 230713).

Innehållsförteckning

Medicinsk bakgrund och mätprinciper.....	3
Medicinsk bakgrund.....	3
Indikation.....	4
Kontraindikation.....	4
Mätprinciper	4
Mätmetod/kvantifiering.....	7
Kvantifieringsprincip.....	7
Implementering på egna avdelningen.....	7
Validering.....	7
Verifiering och funktionskontroll.....	8
Principer	8
Mätosäkerhet	8
Utförande av funktionskontroll	9
Förberedelser på kliniken/undersökningsrummet, material och apparatur	9
Speciella förberedelser	9
Specifika läkemedel, material	9
Utrustning, apparatur och inmärkningsförfarande	9

Hygienrutiner.....	9
Patientförberedelser.....	10
Kallelseinstruktioner	10
Patientförberedelse på kliniken	10
Undersökningsprocedur.....	11
Bemanning.....	11
Undersökningens utförande.....	11
Kvalitetskontroll för FRC-mätning:	12
Sammanställning och analys av prover/mätdata	13
Utformning av utlåtande/undersökningssvar.....	14
Gradering av restriktivitet (preliminärt förslag*):.....	14
Referensmaterial, normalfynd	15
Felkällor.....	16
Medicinska komplikationer	16
Referenser.....	16
Bilageförteckning	17
Ansvar	17
Uppföljning, utvärdering och revision	17
Dokumentation	17
Bilaga 1. Utförande av kalibrering (gäller Jaeger på ÖS)	18
Bilaga 2. Utförande av undersökning (gäller Jaeger på ÖS).....	19
Bilaga 3 - SensorMedics Vmax-systemet	20
Utförande Resistans-mätning och volymmätning på Vmax, Sahlgrenska och Mölndal	20

Referensteam

Ansvarig läkare: Lisa Hård af Segerstad, vårdenhetsöverläkare

Sektionens tidigare utvecklingsteam: Per Nivedahl, vårdenhetsöverläkare, Qays Almodares, leg. Läkare, Agneta Cederquist, leg. BMA, Anne Johansson, leg. BMA

Metodnamn

Helkroppspletysmografisk bestämning av lungvolym och specifikt luftvägsmotstånd

Undersökningskoder i AGFA

204317	Statiska lungvolym (TLC)
204304	Spirometri inkl TLC
204336	Spirometri inkl TLC, utan läkarbedömning

Medicinsk bakgrund och mätprinciper

Medicinsk bakgrund

Med lungvolym menas vanligen volymen av gas i thorax, uppmätt med kroppspletysmograf, gasspännings-/gasutsköljningsteknik eller radiologi (CT). Vid lungvolymbestämning bestäms absoluta lungvolym, dvs funktionell residualkapacitet (FRC), total lungkapacitet (TLC) och residualvolym (RV). Mätning av lungvolym är viktig för att diagnosticera och klargöra karaktären på och graden av lungfunktionsnedsättning när dynamisk spirometri indikerar ventilationsinskränkning, dvs obstruktivitet, restriktivitet eller blandbilder därav.

Mätning av absoluta lungvolym är betydligt mer komplicerad än dynamisk spirometri.

Skillnaden mellan pletysmografisk och gasspänningsteknikerna är att gasspänningstekniken mäter gasvolym som ventileras, medan pletysmografi mäter all intrathorakal gas. Vid normal lungfunktion ger samtliga metoder lika resultat. Vid obstruktion däremot undervärderar gasspänningstekniken lungvolymerna, liksom den pletysmografiska överskattar desamma vid förekomst av extrapulmonell intrathorakal gas (exempelvis pneumothorax).

Pletysmografi baseras på att relatera tryckförändringen i boxen till antingen ändring i muntrycket eller flöde under andningen. "Volume shift" under andningen kan beräknas från tryckändring i boxen och används för att beräkna så kallad "thoracic gas volume" - Vtg (volume of thoracic gas) och specifika luftvägsmotståndet "specific airway resistance". Olika modeller finns av helkroppspletysmografi, "body box", såsom:

- variabel tryckpletysmograf (konstant volym/variabelt tryck)
- variabel volym-pletysmograf (konstant tryck variabel volym)
- flödes-pletysmograf (konstant tryck/variabel volym mätt via integrering av en flödessignal). Det är den sistnämnda som beskrivs fortsättningsvis.

När Vtg är känd kan de övriga volymerna beräknas som skillnader i volym uppmätta under olika dynamiska andningsmanövrar.

Luftvägsmotståndet är kvoten mellan tryckskillnaden (motsvarande shift volume) och flödet. Ju högre tryck som behövs för att uppnå visst flöde desto högre är motståndet.

Vid obstruktiv lungsjukdom (t. ex astma och KOL) leder obstruktionen till en ökad resistans i luftvägarna. Vid forcerad andning komprimeras mindre, icke broskstabiliserade luftvägar av ett ökat transpulmonellt tryck, vilket gör att det behövs ett högre tryck för att övervinna den ökade flödesresistansen. En förbättrad andningsmekanik fås då vid ett högre andningsläge, då luftvägarna

dilateras, så kallad hyperinflation, varvid RV, ERV och FRC ökar (förkortningar se avsnitt ”Mätprinciper”). Vidare leder emfysem till ökad RV. Mätning av totala lungvolymen kan då visa förhöjda TLC, FRC och RV. Hög TLC ses även hos friska med stora lungor.

Restriktivitet är per definition en reduktion av TLC. Restriktivitet kan orsakas av:

- lungfibros
- nedsatt muskuloskeletal funktion/rörlighet i thoraxapparaturen, så kallad andningsmuskeldysfunktion (neuromuskulär sjukdom, paralyt, thoraxdeformitet, postoperativa tillstånd etc)
- hjärtsvikt
- betydande övervikt
- pleurala sjukdomar och utfyllnader
- hiatushernia
- status efter lung(resektions)kirurgi

Indikation

V.g. se ”Indikationer för dynamisk spirometri”. Kroppspletysmografisk undersökning görs i regel som tillägg till dynamisk spirometri, framför allt vid misstanke om restriktivitet och där intresse av andningsmedelläge finns.

Kontraindikation

Var god se [metodbeskrivning för dynamisk spirometri](#).

Mätprinciper

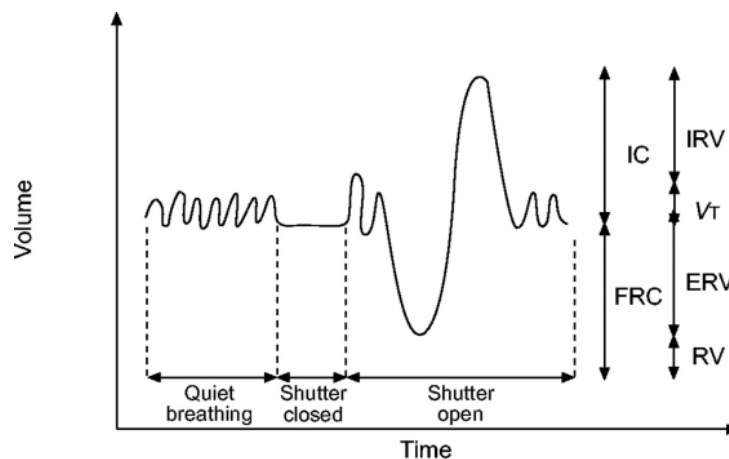
Kroppens volymförändringar under andning återspeglar lungornas volymförändringar och kan mätas med en så kallad helkroppspletysmograf.

Lungvolymen indelas i volymer och kapaciteter. Totala lungvolymen indelas i fyra delvolymen, vilka inte överlappar varandra eller kan ytterligare uppdelas. Tillsammans bildar de TLC. En lungkapacitet är en delvolym av TLC som består av två eller fler lungvolymen.

Följande volymer kan beräknas:

- FRC** Funktionell residualkapacitet – den kvarvarande gasvolymen i lungorna efter en normal utandning, dvs vid slut-expiratoriskt läge under tidalandning.
- ERV** Expiratorisk reservvolym – den maximala gasvolym som kan utandas efter slutet av en normal utandning, dvs från slut-expiratoriskt läge under tidalandning (dvs en delvolym av FRC).

- IRV** Inspiratorisk reservvolym – den maximala volym som kan andas in vid slutinspiratoriskt läge under tidalandning.
- IC** Inspiratorisk kapacitet – den maximala gasvolym som kan andas in från slut-expiratoriskt läge under tidalandning.
- RV** Residualvolym – volymen av kvarvarande gas i lungorna efter en maximal utandning (den volym som inte kan bestämmas med spirometri).
- TV(VT)** Tidalvolym – den volym gas som in- respektive utandas vid varje andetag under normal viloandning.
- TLC** Total lungkapacitet – den gasvolym som finns i lungorna efter en maximal inandning, och är summan av alla delvolymmer.
- VC** Vitalkapacitet – den maximala gasvolym som kan utandas (expiratorisk VC, EVC) efter en maximal inspiration eller den gasvolym som kan inandas (inspiratorisk VC, IVC) efter en maximal expiration, dvs skillnaden mellan maximal inspiration och expiration.



Flödesmätande spirometer

Denna utrustning innehåller även en pneumotach, som mäter tryckfallet över ett membran/nät. Tryckfallet registreras av en tryckreceptor, vars elektriska signal är proportionell med flödet.

Beräkning av V_{tg} (gäller vid flämtning - V_{max})

Härledning av formel för beräkning av V_{tg}

Med kroppspletysmografisk metod mäts lungvolym genom tryckförändring. Mätning av V_{tg} , som görs med in- resp. utandning med små, lätta andetag mot stängd klaff, s.k. flämtning, med en frekvens ≤ 1 Hz (ett andetag/sekund), baseras på *Boyles lag*: för en gas som komprimeras i ett slutet rum, vid oförändrad temperatur, minskar dess volym och ökar det tryck den utövar på väggarna i rummet, så att produkten av volym och tryck vid varje given tidpunkt är konstant dvs. $PV = k$. Motsvarande gäller vid dekompression. Följande formel gäller då:

$$V_{tg1} \times P_{alv1} = V_{tg2} \times P_{alv2} \quad (1)$$

P_{alv1} resp. P_{alv2} representerar trycket uppmätt vid munnen före, resp. efter manövern, i detta fall in- el utandning. V_{tg1} resp. V_{tg2} är gasvolymen i thorax före resp. efter manövern. Vid andning mot stängd klaff komprimeras (utandning) resp. dekomprimeras (inandning) gasvolymen i thorax/lungorna. Den volymförändring som då fås påverkar gasvolymen i boxen. Denna volymförändring mäts med en flödesmätare i pletysmografväggen. Då boxen är sluten och inget luftflöde sker genom munnen ner i lungorna, innebär det att man förskjuter en volym in och ut ur boxen. Korrektur för BTPS är inlagd i apparatens programvara enligt

$$(P_{alv1} - P_{H20}) \times V_{tg1} = (P_{alv2} - P_{H20}) \times V_{tg2} \quad (2)$$

men visas inte fortsättningsvis för enkelhetens skull.

V_{tg2} kan skrivas som $V_{tg1} + \Delta V$, där ΔV är skillnaden i thorakal gasvolym före resp. efter manövern. Ett mer vanligt sätt att skriva ovan formel är

$$P_{alv1} \times V_{tg1} = (P_{alv1} + \Delta P) \times (V_{tg1} + \Delta V) \quad (3)$$

dvs.

$$P_{alv1} \times V_{tg1} = P_{alv1} \times V_{tg1} + P_{alv1} \times \Delta V + \Delta P \times V_{tg1} + \Delta P \times \Delta V \quad (4)$$

eller:

$$-\Delta P \times V_{tg1} = \Delta V(P_{alv1} + \Delta P) \quad (5)$$

Då tryckskillnaden under flämtningarna antas vara relativt liten (± 1 kPa) och därmed produkten $\Delta P \times \Delta V$ försumbar i ekvation (4) kan ekvationen skrivas uttryckt som en förändring från utgångsläget:

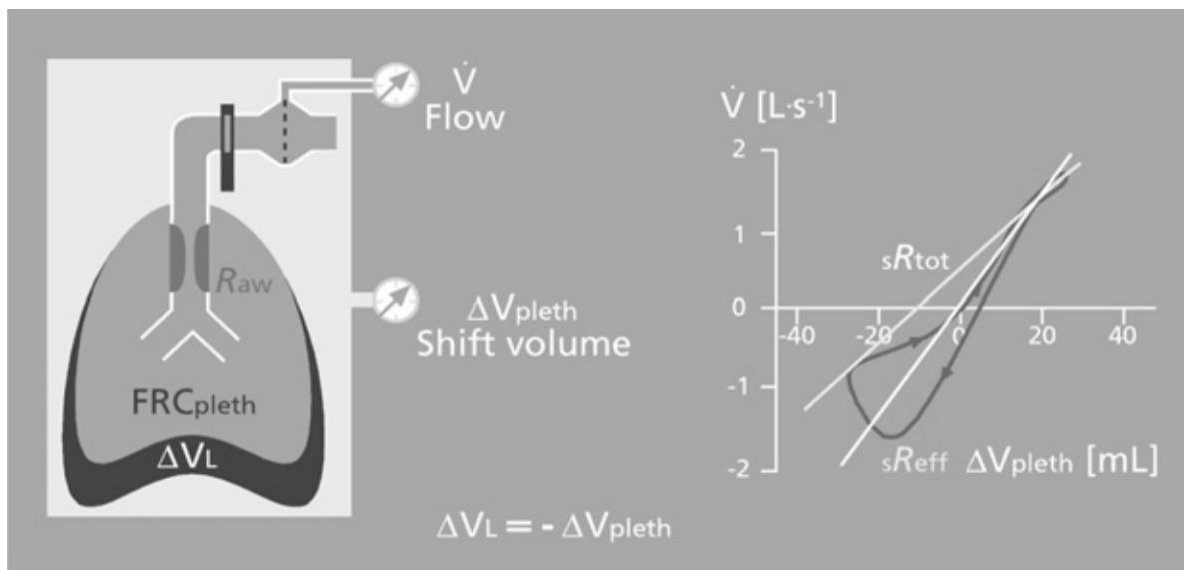
$$V_{tg1} = -(\Delta V/\Delta P) \times P_{alv1} \quad (6)$$

$\Delta V/\Delta P$ är lutningen av tryck-volymförhållandet och är alltid negativ. Vidare antas P_{alv1} vara lika med det uppmätta trycket vid munnen innan manövern (öppen kommunikation mellan omgivande luft – mun – luftvägar - alveoler), och detta antas därför vara lika med atmosfärtrycket, P_{atm} . Då kan formeln skrivas:

$$V_{tg1} = -(\Delta V/\Delta P) \times P_{atm} \quad (7)$$

Vid stora andningsvolymerna gäller inte denna förenklade formel, då ΔP och ΔV blir större och kan då inte försummas. Vidare, om klaffen inte stängs vid FRC, måste detta korrigeras för med en korrigeringsfaktor P_{alv1}/P_{atm} , vilket idag görs i apparatens mjukvara. Med modern datateknik används den kompletta formeln som då innehåller korrektion för ev. volym- och tryckskillnader som inte tas med i den förenklade formeln. Ekvation (5) med $P_{alv1} + \Delta P = P_{alv}$ och korrigeringsfaktor P_{alv1}/P_{atm} ger då:

$$V_{tg1} = -(\Delta V/\Delta P) \times P_{alv2} \times P_{alv1}/P_{atm} \quad (8)$$



Specifik resistansloop. Criée et al. Respiratory Medicine 2011; 105: 959-971. Ref. (9)

Mätmetod/kvantifiering

Kvantifieringsprincip

Se avsnitten "Mätprinciper" respektive "Utrustning, apparatur och inmärkningsförfarande"

Implementering på egna avdelningen

Se avsnittet "Utrustning, apparatur och inmärkningsförfarande"

Validering

- Leverantören garanterar att kvalitetskriterier för spirometri enligt ERS och ATS uppfylls (ref Miller resp Pellegrino, Quanjer). Övrigt se avsnitt Verifiering och funktionskontroll.
- Årlig service av Intramedic ingår besiktning av prestanda av systemet med skriftlig rapport.
- Regelbunden objektiv och oberoende kvalitets-/kompetenskontroll av bedömare genom deltagande i Equalisutskick för Arbets- och Lungfysiologi (f.n. 1 gång/år).
- Regelbundna biologiska kontroller.

Verifiering och funktionskontroll

Principer

Kalibrering av apparaturen utförs dagligen för att garantera korrekta mätvärden. Om omgivande temperatur i rummet förändras med $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ska kalibreringen upprepas.

- **Följande kalibreringar utförs dagligen**
 - Kalibrering av rummets temperatur, tryck och fuktighet
 - Flödeskalibrering/Volymskalibrering (med 3-liters spruta)
 - Kalibrering av boxen (volum- och tryckkalibrering)
- **Följande kalibreringar utförs enligt angivna tidsintervall**
 - Flödeskalibrering/Volymskalibrering ("Volume Calibration") - 3-flödesprotokoll (varje vecka)
 - Biologiska kontroller (var 1-3 mån)

Mätosäkerhet

Mätosäkerheten kan delas in i flera nivåer alltifrån själva mätutrustningens exakthet till patientens dagsform och teknik, hur den som gör undersökningen agerar och sammanställer data och sist men inte minst själva tolkningen och bedömningsutlåtandet. Det är viktigt att vara medveten om hur dessa faktorer kan samspela och bidra till skillnader i resultat mellan undersökningstillfällen.

• Utrustningsberoende

Varierar något mellan parametrar och i viss mån även utrustningar. För flöden mellan 0,2-12 L/s anges största variationstolerans ligga kring maximalt $\pm 2\%$ eller $\pm 0,2$ L/s (Jaeger®) respektive $\pm 3\%$ eller $\pm 0,25$ L/s (Vmax®). För volymer (0,5-8 L) anges liknande siffror: $\pm 3\%$ eller $\pm 0,05$ L (Jaeger® och Vmax®). Detta kontrolleras regelbundet genom kalibreringar, biologiska kontroller och större service-/funktionskontroller av serviceleverantör enligt avtal.

• Patientberoende

Det är allmänt känt att ventilationsförmågan hos en individ varierar över tid både under dygnet men också i ett längre perspektiv. Denna variabilitet är ofta större i ett kortare-medellångt perspektiv (år-år) än den naturliga åldersförändringen över samma tid. För en patient med KOL kan skillnaderna under en och samma dag vara stora (10-15%). Övriga patientberoende faktorer är motivation, förståelse, smärttillstånd osv.

- **Undersökarberoende** Undersökaren (BMA) har till uppgift att informera om undersökningen och få ut maximal medverkan av patienten och slutligen bedöma tillförlitligheten i uppnådda resultat. Detta görs med fördel genom ett kvalitetsdokument där vissa kriterier för godkända manövrar skall vara uppfyllda för att undersökningen skall kunna klassas som godkänd. Bland annat bedöms reproducerbarheten i presterade resultat. Vid avvikelser skall dessa antecknas och om patienten av någon anledning inte kan prestera godkända/tillförlitliga resultat skall detta presenteras för bedömaren, då vederbörande som regel inte träffar patienten.

- **Bedömarberoende**

Bedömaren (i regel läkare) har till uppgift att värdera resultaten och bedöma om dessa är rimliga, eller om felkällor kan föreligga. För att göra detta krävs både mätresultat i siffror, flöde-/volymkurvor med uppgifter från samtliga mätningar samt kvalitetsdokument/ev kommentarer från undersökaren.

Resultaten sammanställs och jämförs med av kliniken beslutat normalmaterial och eventuella tidigare mätningar av samma patient. En sammanfattning av eventuell funktionsinskränkning görs, vilken presenteras i en kortfattad, för mottagaren begriplig och kliniskt relevant bedömning

Utförande av funktionskontroll

Se bilaga 1.

Förberedelser på kliniken/undersökningsrummet, material och apparatur

Speciella förberedelser

Kalibrering av undersökningsapparatur (se ovan).

Specifika läkemedel, material

Specifikt läkemedel - Airomir/Bricanyl/Ventoline

Material - Filter, Viasys® Healthcare

- Näsklämma
- Bitmunstycke
- Spacer: OptiChamber (för inhalation av Airomir)
- Handskar
- Handdesinfektion

Utrustning, apparatur och inmärkningsförfarande

- Jaeger MasterScreen® Body (ÖS)
- Vmax22® (SS)
- Vmax2262® (SS,MS)

Hygienrutiner

- **I samband med undersökning**

Före undersökning:

- Handdesinfektion enligt basala hygienrutiner. Se PM, Infektionshygien, SU. Vid sår på händerna, använd handskar.
- Byt bakteriefilter och munstycke mellan varje patient.

- Sprita händerna innan rent munstycke sätts på filtret.
- Låt patienten själv sätta på/ta av näsklämma. Hjälプ endast till om patienten inte klarar att göra det.

Efter undersökning:

- Använd handskar när använt munstycke och filter lossas från pneumotachen.
- Släng filtret.
- Munstycke, näsklämma samt spacer desinficeras i diskdesinfektor.
- Ytor som har kontaminerats rengörs med Des70 %.

- **Varje vecka och varje månad**

Var vänlig se metodbeskrivning för dynamisk spirometri.

- **Vid speciella tillstånd**

Tuberkulos (TBC)

Vid misstanke om TBC hos patient som remitteras för spirometri ska ett negativt direktprov finnas före undersökning. Om vi i efterhand får information att patient som undersökts har påvisat direktpositiv TBC gäller smittspårning enligt vanlig rutin, som handhas av lunginfektionsmottagningen på Sahlgrenska.

Vid hemoptys, öppna sår på munslemhinnan mm.

- Plocka isär pneumotachen och rengör på samma sätt som vid veckorengöring.
- Eventuellt kontaminerade ytor tvättas med Virkon 3 %.

Multiresistenta bakterier (MRSA, VRE, ESBL etc.)

- Tillämpa basala hygienrutiner. För övrig information, se länk:

[Vårdhygien - Riktlinjer och rutiner - Sahlgrenska Universitetssjukhuset](#)

Patientförberedelser

Kallelseinstruktioner

Se [metodbeskrivningen för dynamisk spirometri](#).

Patientförberedelse på kliniken

- Läs remissen noga
- Sprita händerna
- Kontrollera ID
- Notera etnicitet; kaukasier (vit), svart, asiat. Anteckna land patienten är född i.
- Patienten mäts och vägs utan skor och med lätt inomhusklädsel. Vid längdmätningen skall patienten ha fötterna tillsammans, blicken riktad rakt fram och kroppen så sträckt som möjligt.

- Fråga om luftvägs- och hjärtmediciner. Anteckna de mediciner som patienten tagit, som inte stämmer med instruktionerna om medicinutsättning.
- Fråga om rökvanor. Hur gammal var du när du började röka? Vilket år slutade du röka? Hur många cigaretter/dygn? När rökte du senast?
- Ta kortfattad anamnes (nyttillkomna symtom, instabil angina, annan luftvägsexponering, allergi etc.)
- Åtsittande kläder skall lossas.
- Förklara, före undersökningen, syftet med undersökningen och hur undersökningen skall gå till. Betona betydelsen av att det inte läcker bredvid munstycket. Ofta kan det vara bra med en demonstration.
- Näsklämma skall alltid vara på.
- Mätningarna bör ske med patienten i sittande. Om inte, skall detta anges i protokollet.
- Undvik kroppslägesförändringar under pågående mätningar.

Famnmått

Vid t ex svår skolios eller förlamade patienter kan inte den relevanta kroppslängden mätas. Som substitut i sådana fall kan ”famnmått” användas, d.v.s. avståndet mellan fingerspetsarna när armarna är maximalt utsträckta.

Beräknad längd = ”Famnmåttet”/1.06 [4]

Undersökningsprocedur

Bemanning

Tidsåtgång för undersökningen är ca 30 min. Undersökningen utförs av leg. BMA.

Undersökningens utförande

Godkänd undersökning ska enligt kvalitetskriterierna ha en acceptabel repeterbarhet och innefatta tre godkända FRC- och VC-mätningar:

- a. Δ FRC mellan de olika mätningarna $\leq 5\%$.
- b. Δ VC manövrar ≤ 0.15 L (alt. ≤ 0.10 L vid VC 1 L eller mindre).

Reversibilitetstest (utförs i nuläget endast på ÖS)

Utförs vid diagnostik av obstruktion eller om detta test önskas i remissen, dvs. vid astma- eller dyspné-utredning. Mätningarna av FRC samt specifika resistansen (SR_{tot}) upprepas 15 min efter inhalation av kortverkande β_2 -stimulerare. Används Atrovent® (antikolinergikum) är väntetiden minst 40 min.

Följande läkemedel får inhaleras:

- Airomir® 4-8 doser * 0.1 mg (ges med spacer (Optichamber®))
- Bricanyl Turbuhaler® 3 * 0.5 mg
- Ventoline Diskhaler® 6 * 0.2 mg

Vid särskilda skäl kan en lägre dos ges. Skäl och dos ska då anges i protokoll och svar.

- Atrovent® 2 * 40 µg, vid KOL, om kontraindicerat eller olämpligt att ge β₂-stimulerare (t ex arytm, vid lättutlöst eller ej välkontrollerat förmaksflimmer - särskilt hos patient med hjärtsjukdom som klaffel, angina.

För undersökningens utförande, se bilaga 2.

Kvalitetskontroll för FRC-mätning:

Jaeger (ÖS)

En serie av 3-5 tekniskt godkända FRC-mätningar bör registreras, dvs. en serie av närmast överlappande, raka linjer endast åtskilda av en liten temperaturdrift. För hög andningsfrekvens leder till att den tryckskillnad som sker i thorax/lungorna vid andningen inte motsvarar den tryckskillnad som uppmäts vid munnen. För att trycket vid munnen ska hinna fortplantas ner i lungorna måste andningsfrekvensen vara 15-25 andetag/min, detta gäller särskilt vid obstruktivitet då luftvägsresistensen är förhöjd. Mäts ITGV vid för hög andningsfrekvens kan falskt för hög ITGV uppmätas, och därmed falskt för hög TLC. Vid för låg frekvens kan problem uppstå av s.k. kontrolläckage i pletysmografen.

Vmax (SS/MS)

Tillverkaren ska ange systemets frekvenssvar och lämna instruktioner hur denna verifieras. Vanligtvis görs detta m h a en sinusoidal volymmssignal av varierande frekvens. Lägsta frekvenssvar bör vara 5 ggr den frekvens som ska mätas. Vid flämtning på 1 Hz betyder det att signalen då återges med 5 Hz. Lägsta accepterade frekvenssvar bör dock vara 8 Hz för att garantera korrekt mätning även om flämtningsfrekvensen är >1 Hz.

För optimal kontroll bör både volym-tid och tryck-volym kurvor kunna följas under hela mätproceduren. Registrering av andningsfrekvensen vid andningsmanövern mot stängd klaff ska göras on-line för kontroll av flämtningsfrekvensen. Andningsmanövern vid Vtg-bestämningen bör resultera i en serie med minst två i det närmaste överlappande raka linjer. Avvikelser från en rät linje, såsom loopar eller icke-linjära segment, kan tyda på glottisstängning, läckor eller otillräckligt stöd för kinder. Linjen bör ha en lutning mellan 30-60 grader, då kan läckage och andra artefakter lättare upptäckas. Programvaran är anpassad för det. Ansvarig operatör ska utifrån registreringen bestämma om mätningen ska godkännas eller förkastas.

Volym-tid kurvan ska börja vid start av u-s med tidalandning för mätning av FRC, med fortsatt registrering av flämtningar under klaffens stängning för bestämning av Vtg, och därefter följande VC manöver.

De registreringar som används för beräkningen av lungvolym skrivs ut som ett kvalitets-underlag vid bedömningen. På papperskopia av volym-tid kurva skall volym-skalan vara ≥ 10 mm/L (BTPS), för skärmvisning är 5 mm/L tillfredsställande. Tidsskalan kan vara 10 mm/s när inga manuella mätningar utförs (≥ 20 mm/s, helst ≥ 30 mm/s, när manuella mätningar utförs).

Sammanställning och analys av prover/mätdata

- **BTPS/ATPS**

Alla resultat ska anges i BTPS (body temperature, pressure and saturated) eftersom det är den volym luften upptar i lungorna. Utandad luft krymper, då den avkyls och vattenånga kondenseras, och anpassas mot rumsförhållanden ATPS (ambient temperature, pressure and saturated). BTPS korrektionen är komplicerad och bör i första hand ske enligt den metod som av tillverkaren visats fungera

- **Regler för bestämning av lungvolym**

I box-programmet definieras bäst TLC som medel av FRC bestämningarna + maximal IC. Detta är en bra definition, som vi accepterar.

Oftast har vi dock både spirometri- och boxresultat, som underlag för volymbestämning. När motsvarande resultat (IC och FVC/VC) från spirometri och box inte är lika, ska följande definitioner tillämpas:

A. Om du bedömer att patienten har andats in maximalt (standardfall):

Boxens TLC, FRC och RV bestämning accepteras som korrekta. Ingen korrektion görs även om högre IC eller VC fås vid spirometri.

B. Om du bedömer att patienten ej har andats in maximalt (i speciella fall):

1. Boxens FRC bestämning accepteras som korrekt (dvs. medel av utförda godkända FRC bestämningar).
2. Addera maximal IC (box eller spir.) till FRC för beräkning av TLC.
3. Subtrahera maximal VC (IVC, EVC, FVC) från TLC för beräkning av RV.

Vid obstruktivitet är det ju vanligt att $FVC < VC$. Denna inkonsekvens accepteras i svaret. Att IC box (=TLC-FRC) inte alltid överensstämmer med IC spir. accepteras i svaret.

- **Att beakta vid kraftigt avvikande BMI-värden (>30-35):**

Hedenströms referensmaterial (som tillämpas på statiska volymer) har vissa brister hos individer med avvikande fysionomi såsom kraftig övervikt. I vissa fall kan exempelvis RV och FRC bli motsägelsefulla. Detta sannolikt pga bristande patientunderlag och extrapolering av referensvärdesberäkningar.

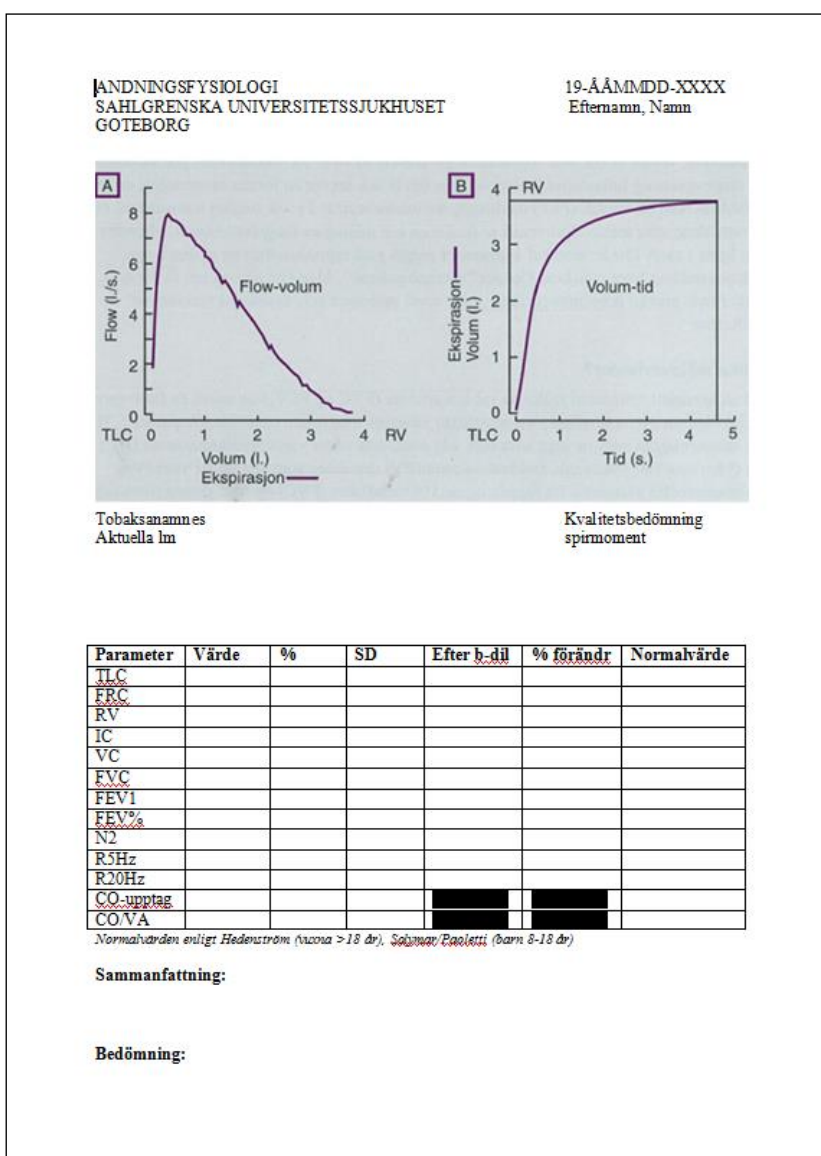
Man kan i dessa fall kontrollera referensvärdet genom att manuellt korrigerat patientens vikt till "lean body weight" (dvs BMI 25) alt ändra referensmaterial till ERS.

Utformning av utlåtande/undersökningsvar

Ett komplett svar består av:

- **F/V-kurva före resp efter bronkdilatation (forcerad resp icke forcerad)**
- **Tabell över mätvärden (% av normalt resp SD). Inkluderande specifika resistansen (SRtot).**
- **Sammanfattning av kurv- och mätvärdesanalys**
(Sammanställning av resultaten från uppmätta volymer och flöden samt reversibilitet om detta gjorts.)
- **Bedömning**

I skrivande stund erbjuder inte alla våra patientdatasystem möjligheten till detta, men så snart det är tekniskt möjligt skall detta implementeras



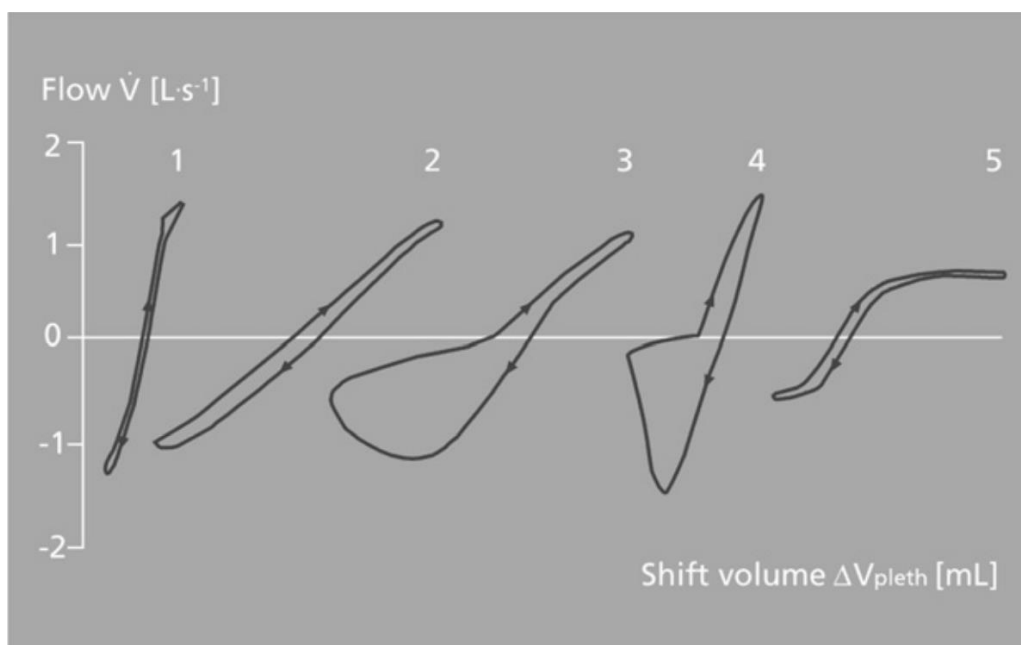
Gradering av restriktivitet (preliminärt förslag*):

(f.n. saknas konsensus i litteraturen gällande gradering av restriktivitet utifrån TLC, t.v. används motsvarande förenklade indelning enligt ERS "Severity of any spirometric abnormality...")

Kriterium: < LLN (1,96 SD)

<u>Gradering</u>	<u>TLC</u>
Lindrig	<70%
Måttlig	50-69%
Uttalad	35-49%
Mycket uttalad	<35%

*I samråd med Equalis ordförande i Arbets- och Lungfysiologigruppen, Hans Hedenström, personlig kommunikation våren -16.



Olika form av specifika resistansloopar. 1) normal 2) Ökad resistans i stora luftvägar 3) Kronisk luftvägsobstruktion 4) Obesitas eller diafragma pares 5) Högt andningshinder.

Créé et al. Respiratory Medicine 2011; 105: 959-971. Ref. (9)

Bedömning av reversibilitet av specifika resistansen (SR_{tot}):

I dagsläget klassas en reduktion av specifika resistansen med $\geq 25\%$ som signifikant reversibilitet.

Referensmaterial, normalfynd

För vuxna individer (>18 år) av skandinaviskt/nordeuropeiskt ursprung används Hedenströms normalmaterial.

För sydeuropéer, icke europeiska kaukasier etc används ERS dito.

Felkällor

- **Utförande**

- Felaktig flämtningsfrekvens/andningsfrekvens
- Dålig medverkan, såsom problem att följa instruktioner, t ex språksvårigheter eller psykosociala/fysiologiska handikapp.
- Läckage vid munnen.
- Otillförlitliga värden pga. mindre bra coaching.
- Svårtolkade värden pga. störningar, ex hosta, slem, varierande utförande, orkar inte, nedsatt hörsel.
- Start- och slutkriterier är inte uppfyllda.

- **Tekniska**

- Läckage i anslutningar, slangar etc.
- Brister i kalibreringsrutiner.
- Mjukvarufel

Medicinska komplikationer

Inga förutsägbara om kontraindikationerna beaktas.

Referenser

1. Wanger J et al. Standardization of the measurement of lung volumes. Eur Respir J. 2005;26:511-22.
2. Coates AL et al. Measurement of lung volumes by plethysmography. Eur Respir J. 1997;10:1415-27.
3. Pellegrino, R., et al. Interpretative strategies for lung function tests. Eur Respir J. 2005; 26:948-68.
4. Miller MR et al. General considerations for lung function testing. Eur Respir J. 2005;26:153-61.
5. Miller MR et al. et al. Standardisation of spirometry. 2005;26:319-38. Eur Respir J.
6. Quanjer PH et al. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. 1993;16:5-40. Eur Respir J Suppl
7. Clausen JL. Lung volume equipment and infection control. ERS/ATS Workshop Report Series. European Respiratory Society/American Thoracic Society. 1997;10:1928-32. Eur Respir J.
8. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. American Thoracic Society. 1991;144:1202-18. Am Rev Respir Dis.
9. Body plethysmograph, its principles and clinical use. Respir Med. 2011 Jul;105(7):959-71.
10. Hedenström H, et al. Reference values for lung function tests in men: regression equations with smoking variables. Ups J Med Sci 1986;91:299-310.
11. Hedenström H, et al. Reference values for lung function tests in females. Regression equations with smoking variables. Bull Eur Physiopathol Respir. 1985;21:551-7.

Bilageförteckning

Bilagenummer	Dokumentnamn
Bilaga 1	Utförande av kalibrering
Bilaga 2	Utförande av undersökning
Bilaga 3	Sensormedics Vmax-systemet, kalibrering och resistanslogg

Ansvar

Medarbetare ansvarar för att sätta sig in i och efterleva rutinen. Linjeförstare ansvarar för att tillkännage rutinen och följa upp efterlevnad. Verksamhetschef ansvarar för ledningssystemet.

Uppföljning, utvärdering och revision

Avsteg från rutinen av betydelse för journalföring dokumenteras i Agfa. Felhändelser eller risk för fel rapporteras i MedControl PRO.

Dokumentation

Styrande dokument arkiveras i SOFIA STY. Redovisande dokument ska hanteras enligt sjukhusets gällande rutiner för arkivering av allmänna handlingar.

Bilaga 1. Utförande av kalibrering (gäller Jaeger på ÖS)

- **Ambient Conditions (görs dagligen)**

1. Välj "Ambient Conditions".
2. Omgivande temperatur, barometertryck och fuktighet visas efter cirka 10 sekunder. Vid manuell inmatning, tryck F1 och skriv in önskade värden.
3. Spara med F12.

- **Volume Calibration (görs dagligen)**

1. Välj "Volume Calibration".
2. Välj "Body".
3. Placera 3-literssprutan med ditsatt filter vid pneumotachen.
4. Pumpa med sprutan i jämn takt till dess att kalibreringsvärden visas.
5. Spara med F12.

- **Volume Calibration (3-flödesprotokoll) (göra 1 gång/vecka)**

1. Välj "Volume Calibration"
2. Välj "Body".
3. Välj "Program" → "Ny kalibrering" → "Inställningar" → "treflödesprotokoll"
4. Placera 3-literssprutan med ditsatt filter vid pneumotachen.
5. Börja pumpa med sprutan. De två första flödesprofilerna kastas.
6. Utför 3 flöden med låg hastighet.
7. Utför 3 flöden med normal hastighet.
8. Utför 4 flöden med hög hastighet.
9. Spara med F12. Vid fråga om "Spara inställningar", välj "Nej".

- **Box Calibration (görs dagligen)**

1. Stäng box-dörren, samt dörren till undersökningsrummet.
2. Välj "Box Calibration" i huvudmenyn.
3. Vänta 2-3 för att stabilisera boxen (detta kommer upp som en ruta på skärmen).
4. Minimera röresler i rummet.
5. Kalibreringen utförs automatiskt.
6. Spara med F12.

Bilaga 2. Utförande av undersökning (gäller Jaeger på ÖS)

1. Instruera patienten. Visa hur händerna ska placeras på kinderna. FRC-mätning ska göras med händerna på kinderna, VC utan. Instruera patienten hur munstycket ska appliceras i munnen och hur näsklämman sätts på.
2. Visa patienten hur dörren öppnas, att det finns ett dörrhandtag på insidan. Stäng dörren till boxen.
3. Mätningarna består av tre delar, dels registrering av ”resistans-loopar”, sedan FRC och sist långsam VC. FRC-mätningen ska alltid föregå VC mätningen.
4. Efter att patienten satt sig i boxen och dörren stängts, låt patienten andas fritt i 60 sekunder för att åstadkomma temperatur jämvikt. Instruera därefter patienten att sätta in munstycket och sätta på näsklämma.
5. Välj F1 och be att patienten andas lugnt. Registrera tidalandning med 15-25 andetag/min. Efter 5 stabila resistensmätningar, gör en FRC-mätning.
6. Välj F2 varvid mätpanelen visas och ventilen stängs, tala samtidigt om för patienten att klaffen stängs. Instruera patienten att andas som tidigare. Protokollet innebär att när F2 har aktiverats stängs ventilen efter den första utandningen, dvs. vid FRC.
7. Ventilen är stängd under 4 sekunder.
8. När ventilen åter öppnats instrueras patienten att ta ned händerna, och göra en VC snarast: att andas ut till RV och därefter andas in maximalt till TLC (IVC), och därefter andas ut till RV (EVC).
9. Efter VC manövern, instruera patienten att andas 3 lugna tidal-andetag vilka avslutar manövern.
10. Gör om möjligt sammanlagt 3 godkända FRC-mätningar med IVC eller EVC i omvänd ordning varannan gång.
11. Godkänd undersökning ska enligt kvalitetskriterierna ha en acceptabel repeterbarhet:
 - a. Δ FRC mellan de olika mätningarna $\leq 5\%$.
 - b. Δ VC manövrar ≤ 0.15 L (alt. ≤ 0.10 L vid VC 1 L eller mindre).

Bilaga 3 - SensorMedics Vmax-systemet

Följande kalibreringar görs dagligen

Volymskalibrering

- Välj "Flow Sensor Calibration". Koppla 3-literssprutan till flödesgivaren. Sprutan
- skall ha ett bakteriefilter eftersom vi använder det när vi utför själva undersökningen.
- Tryck "F1". Följ instruktionen som visas. Först 2 pumpstag med rumsluft. Tryck "mellanslag" för att gå vidare.
- Maskinen gör en 0-justering. När den är klar går maskinen automatiskt över till nästa fas.
- Pumpa så att alla gula fält blir markerade. Det blir grönt i stapeln till höger när de OK.
- När det är klart går programmet automatiskt över till nästa fas för att "verifiera".
- Pumpa med olika flöden inom de olika fälten som visas till höger i bild. Programmet går automatiskt vidare när det är klart.
- Överst visas varje pumpstag och längst till höger ses "% target". Det optimala är att både "inspire och expire" visar 100 %, men 3 % i variation är godkänt.
- Tryck "F3" för att spara.

För tryckkalibrering

- Kontrollera att ventilen till tryckluften är öppen
- Stäng dörren till boxen
- Tryck F4. Sensor pressure calibration. % Target är 100%. Får variera +- 3 %.
- Tryck F3 för att spara

Utförande Resistans-mätning och volymmätning på Vmax, Sahlgrenska och Mölndal

För att kunna göra dessa mätningar på samma manöver måste man ändra till rätt grundinställning.

Det görs så här

- Välj Pulmonary Function på huvudmeny
- Settings
- Raw. Ändra från none till "resting" och Vtg skall stå på "panting".

Utförande av undersökningen

- Välj New Study

- Skriv in patientdata. Har patienten gjort undersökningar tidigare skriv in personnr och tryck *F1* då skall personuppgifterna komma fram. Gör ev ändringar på längd och vikt. Spara med *F3*.
- Instruera patienten hur undersökningen går till.
- Stäng dörren till boxen och vänta ca 60 sekunder innan patienten börjar andas i munstycket för att få temperaturutjämning mellan boxen och rumstemperaturen.
- Tryck *F1* patienten andas vanligt och ha händerna på kinderna. Andas vanliga andetag tills röd linje visas.
- Tryck *F1* Uppmana patienten att börja andas små andetag lite hastigare (frekvens 25-30). Efter 6 flämtningar går maskinen automatiskt över till *Vtg*. Om man inte är nöjd med kurvorna kan man Trycka *F1* igen. Då börjar registrering om igen och 6 nya kurvor kommer upp. Man kan avbryta med *ESC* tidigare om kurvorna bedöms vara OK.
- Maskinen går automatiskt över till *Vtg*. Patienten uppmanas flämta mot den stängda klaffen med en frekvens på ca 60. Ventilen öppnas automatisk vid tillräckligt antal kurvor. Man kan avbryta med *ESC* tidigare om kurvorna bedöms vara OK.
- Patienten andas några vanliga andetag. Gör sedan en lugn inandning och sedan en maximal lugn utandning. Några vanliga andetag.
- Tryck *END*
- Upprepa men gör en mätning med omvänd *VC* också. Upprepa med det utförandet som fick störst *VC*.
- Upprepa minst 3 gånger. Följ riktlinjerna som finns i vårt utförandeprotokoll.

Mätningen sparas automatiskt när man tryckt *END*. Utskrift av sammanfattande resistansrapport och fyra representativa resistanskomplex.

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Verksamhet Klinisk fysiologi

Innehållsansvar: Dritan Poci, (driipo), Sektionschef

Godkänd av: Per Nivedahl, (perda7), Verksamhetschef

Dokument-ID: SU9800-1516193980-207

Version: 8.0

Giltig från: 2026-01-29

Giltig till: 2027-01-29