

DOPORUČENÝ POSTUP PRO INTERPRETACI ZÁKLADNÍCH VYŠETŘENÍ PLICNÍCH FUNKCÍ [KAP. 10.1] Sekce patofyziologie dýchání ČPFS

- Autoři: MUDr. Jan Chlumský, Ph.D., MUDr. Jarmila Fišerová, MUDr. Jana Kociánová, MUDr. Vladimír Zindr, MUDr. Vladimír Koblížek, Ph.D.

10.1 INTERPRETACE ZÁKLADNÍCH VYŠETŘENÍ PLICNÍCH FUNKCÍ

Jan Chlumský, Jarmila Fišerová, Jana Kociánová, Vladimír Zindr, Vladimír Koblížek
(za výbor Sekce patofyziologie dýchání ČPFS)

10.1.1 Úvod

- Funkční vyšetření plic slouží k odhalení, případně hodnocení míry, poruchy funkce respiračního systému. Jejich indikace, provedení a hodnocení by mělo patřit mezi základní dovednosti pneumologů. Výsledky funkčních vyšetření plic zásadním způsobem ovlivňují stanovení správné diagnózy a způsob léčby. Je proto nutné, aby vyšetření byla prováděna za standardizovaných podmínek a jejich hodnocení bylo koncise a jasné tak, aby testem bylo možno zodpovědně odpovědět na klinické otázky, které byly položeny.
- Předkládaný text stručně shrnuje požadavky na kvalitu provedení a interpretační strategie základních vyšetření plicních funkcí, které vycházejí ze Standardů Evropské respirační společnosti a Americké hrudní společnosti. Na druhou stranu si neklade za cíl popisovat principy či metodiku jednotlivých vyšetření, které byly dostatečně popsány již v minulosti [1], s výjimkou těch, které doznaly určitých změn.
- Text je koncipován jako doporučený postup, schválený výborem České pneumologické a ftizeologické společnosti, a proto je závazný pro všechny laboratoře funkční diagnostiky a všechna pracoviště provádějící příslušná vyšetření plicních funkcí v České republice.
- Od prvního vydání tohoto doporučeného postupu v roce 2007 došlo k určitým změnám v hodnocení základních plicních funkcí, které se tato nová verze doporučení snaží aktualizovat. Zcela zásadními novinkami jsou nové referenční hodnoty některých spirometrických parametrů stanovenými GLI (Global Lung Initiative), vzniklé pod patronací ERS, a stanovení nových hranic mezi normálním a abnormálním výsledkem testu. Normy GLI jsou v podstatě pro vyšetřující personál pasivní novinkou, nahrazují původní ESCS normy některých spirometrických parametrů a jsou součástí aktualizace softwarového vybavení spirometru. Přináší přinejmenším dvě pozitivní zprávy. Jednak dochází k aktualizaci normálních hodnot podle měnících se antropometrických parametrů obyvatel, včetně zastoupení různých ras. Druhým přínosem jsou jednotné, kontinuální normy od dětského do seniorského věku, nadále tedy nebude docházet ke změně normálních hodnot v abnormální pouhým překročením hranice dospělosti.
- Poměrně zásadní změnou je nový způsob určování hranice mezi normálními a abnormálními výsledky vyšetření plicních funkcí. Do letošního roku používané limity 80–120 % referenčních hodnot neberou úvahu přirozenou variabilitu parametrů v populaci, ze které se referenční hodnoty stanovují. Protože jsou limity 80–120 % určeny arbitrálně, neodrážejí skutečné rozmezí normálních hodnot a měly by být zcela opuštěny. Parametry plicních funkcí odpovídají ve zdravé populaci Gaussovu normálnímu rozložení, přičemž tvar (šířka) Gaussovy křivky odpovídá právě variabilitě příslušného parametru. Odchyly od referenční hodnoty se pak vyjadřují počtem směrodatných odchylek. Počet směrodatných odchylek (SD), o které se výsledek testu liší od referenční hodnoty, se nejčastěji označuje jako „z-skóre“. Pro dosažení optimální senzitivity a specifčnosti výsledku testu byla zvolena hranice, kterou splňuje 90 % zdravé populace. Tato hranice odpovídá rozmezí $-1,65$ až $+1,65$ SD. Většina parametrů plicních funkcí je navíc abnormální pouze jedním směrem (snížení hodnoty), a proto ve skutečnosti tento limit zahrnuje 95 % jedinců zdravé populace (obr. 10.1).
- Stanovení limitů normy (dolní limit normy – LLN, horní limit normy – ULN) je tudíž v současné době doporučováno jako jediný způsob rozlišení normálního výsledku od abnormálního. Na druhou stranu, dosud nepanuje shoda v tom, zda se má podle počtu směrodatných odchylek hodnotit i tíže samotné poruchy. Tento dokument proto doporučuje, přinejmenším na přechodné období, používat hodnocení tíže poruchy oběma způsoby. Je zřejmé, že tyto dva způsoby spolu nemusí a často nebudou korespondovat. Původní limity rozdělují rozložení do tří skupin stanovenými hranicemi 80 %, 60 %, 45 % (resp. 40 %), označenými třemi tížemi poruchy (lehká, středně těžká, těžká). Použití počtu SD jako hranic pro hodnocení tíže jednotlivých možno doplnit o slovní vyjádření tíže od velmi lehké poruchy ($-1,65$ až -2 SD) až po těžkou.

10.1.2 Spirometrie

ÚVOD

- Spirometrie je **fyzilogický test měřící objem vzduchu, který vyšetřovaný vdechuje či vydechuje v závislosti na čase**. Patří k základním interním vyšetřovacím metodám obdobně jako např. měření krevního tlaku či záznam EKG. K základnímu vyšetření patří měření klidových (tzv. statických) i dynamických objemových parametrů.
- Standardizace spirometrie a odpovídající přístrojové vybavení dle doporučení Americké hrudní společnosti a Evropské respirační společnosti (ATS/ERS) je vždy plně v odpovědnosti konkrétní funkční laboratoře.
- Mezi základní parametry diskutované v této kapitole patří: klidová expirační (EVC) nebo inspirační (IVC) vitální kapacita, usilovná vitální kapacita (FVC), usilovně vydechnutý objem vzduchu za 1. sekundu (FEV₁), vrcholový výdechový průtok (PEF) a maximální průtoky vzduchu v různých úrovních usilovné vitální kapacity (MEF₂₅, MEF₅₀, MEF₇₅).

INDIKACE

- Spirometrie je indikována jako nezastupitelná součást vyšetření běžných respiračních příznaků (dušnosti, kašle, bolestí na hrudi) či laboratorních anomálií.
- Je také prováděna k ozřejmení stupně postižení plicních funkcí při všech onemocněních plic, v rámci obecného předoperačního vyšetření (zejména u operací hrudníku a břicha či u všech operací kuřáků a nemocných s respiračními problémy).
- Spirometrie též slouží k odhadu prognózy respiračních onemocnění, k monitorování efektu léčby plicních onemocnění, detekci nežádoucích účinků léků a chemických látek toxicky působících na plicní tkáň, ke komplexnímu pohledu na systémové choroby postihující plíce (například systémovou sklerodermii, revmatoidní artritidu, systémový lupus erythematoses).
- Nelze zapomenout ani na posudkové účely (lázně, pracovní lékařství, efekt plicní rehabilitace atd.), průzkum veřejného zdraví (epidemiologické studie) a klinický výzkum.

POŽADAVKY NA LABORATOŘ

- K měření lze použít pouze **spirometr splňující základní kritéria ATS/ERS**: schopnost měřit výdech déle než 15 sekund a objem větší než 8 litrů s přesností ± 3 % nebo $\pm 0,05$ litru v rozmezí průtoku 0–14 l/s. Celkový odpor proudění vzduchu při průtoku 14 l/s musí být menší než 1,5 cmH₂O/l/s (0,15 kPa/l/s).

- Přístroje (jejich hardwarová i softwarová výbava, včetně event. aktualizace) musí být **pravidelně kontrolovány**, záznamy o všech kalibracích je třeba zapisovat do provozní knihy přístroje (tzv. logbooku).
- **Kalibrace přístroje** se provádí v následujících intervalech:
 - a) objemová kalibrace 3litrovou pumpou – minimálně 1× denně (a vždy po výměně pneumotachografu)
 - b) zkouška těsnosti (3 cmH₂O po dobu 1 min) – podle doporučení výrobce
 - c) kontrola objemové linearity – čtvrtročně
 - d) kontrola průtokové linearity – 1× týdně
 - e) kontrola časové přesnosti – podle doporučení výrobce
 - f) objemová kalibrace kalibrační pumpy – 1× ročně
- Dezinfekce všech částí spirometru, které přichází do kontaktu se vydechovaným vzduchem vyšetřovaného se provádí podle doporučení Sekce patofyziologie dýchání ČPFS, případně doporučení výrobce. Tato doporučení stanovují dezinfekční režimy pro různé podmínky měření v závislosti na použitém typu pneumotachografu (jednorázový nebo pro opakované použití), případně bakteriálního filtru.
- Dle typu přístroje (neměří-li automaticky sám) nutno zadat minimálně 1× denně (a vždy při změně okolních podmínek) teplotu okolního vzduchu, barometrický tlak a vlhkost.
- Jednou ročně je nutné provést kontrolu přístroje servisním technikem.

AKCEPTOVATELNOST VYŠETŘENÍ A MĚŘENÍ

- Vlastní spirometrie je **prováděna vsedě**, jiná poloha musí být uvedena v poznámce u výsledku. Před provedením spirometrie je nutné vždy změřit výšku a hmotnost (bez bot) a bezprostředně před samotným vyšetřením ponechat vyšetřovaného v klidu (15 min), bez expozice kouři, chladu, agresivním pachům či vůním.
- **Akceptovatelnost provedeného měření** je pak hodnocena podle následujících parametrů:
 - a) zpětně extrapolovaný objem (EV) musí být menší než 5 % FVC nebo menší než 150 ml (podle toho, které vyjádření parametru je větší)
 - b) PEF musí být dosaženo do 120 ms od zahájení usilovného výdechu
 - c) provedení manévrů musí být s dobrým úsilím, křivka bez artefaktů
 - d) délka výdechu musí být alespoň 6 s (děti do 10 let 3 s), případně je minimální doba výdechu určena změnou objemu menší než 25 ml za dobu delší než 1 s (tj. když vyšetřovaný není již schopen pokračovat ve výdechu)
- **Dechové manévry** se provádějí alespoň 3×, vícekrát při špatném provedení či velkém rozdílu mezi nejlepšími hodnotami FVC či FEV₁ (maximální přípustná variabilita každého z obou parametrů je 150 ml, při FVC pod 1 litr 100 ml), doporučeno je provedení maximálně 8 dechových manévrů, přičemž interval mezi jednotlivými manévry by měl být alespoň 1 minuta, optimálně 2 minuty. Ukončit vyšetření lze také při neschopnosti vyšetřovaného provést další test.
- **Vyšetření přímo měřitelných statických parametrů** (IC, SVC, IVC) se obvykle provádí izolovaným měřením klidových manévrů, přípustné je ale i měření IC, event. IVC těsně před usilovným výdechovým manévrem. K relevantnímu hodnocení IC je nutné, aby manévr hlubokého nádechu předcházelo alespoň 5 klidových dechových cyklů se stabilní hodnotou (polohou) klidného výdechu a s minimální variabilitou Vt.
- Výše uvedené doporučení a kritéria akceptovatelnosti c) a d) platí i pro provádění klidových dechových manévrů.
- Není-li pacient schopen reprodukovatelných výsledků vyšetření, jsou indikována doplňující vyšetření (např.: impulzní oscilometrie nebo odpory dýchacích cest měřené bodypletysmograficky).

HODNOCENÍ

- Výsledkem vyšetření **dynamických ventilačních parametrů** jsou nejvyšší hodnoty FVC a FEV₁, ostatní parametry se odečítají z pokusu, v němž bylo dosaženo nejvyššího součtu hodnot FVC a FEV₁. Z **klidových ventilačních parametrů** se používá vyšší z alespoň dvou reprodukovatelných hodnot VC a IC. Hodnocení musí zahrnovat grafické záznamy měření, přičemž graf F/V křivky musí být v poměru stran 2:1 při zobrazení na monitoru i na výtisku měření.
- Základním parametrem, který významným způsobem spoluurčuje typ ventilační poruchy, je **poměr FEV₁/SVC** (případně IVC). I při vyšetření zcela zdravého jedince změříme SVC o několik mililitrů větší, než FVC. Tento rozdíl se zvyšuje s tíží obstrukční ventilační poruchy a lze jej použít jako nepřímého ukazatele dynamické plicní hyperinflace. Z uvedeného rovněž vyplývá, že použití poměru FEV₁/FVC vždy podhodnocuje tíži obstrukční ventilační poruchy a neměl by být tudíž používán.
- Hranice referenční hodnoty poměru FEV₁/SVC je určena dolním limitem normy (LLN). Je-li poměr FEV₁/SVC normální, hodnotíme jednotlivé plicní objemy (SVC a FEV₁). V případě, že jsou FEV₁ a SVC také v mezích náležitých hodnot, ventilační porucha není (ve většině případů) přítomna. U rovnoměrného poklesu FEV₁ a SVC lze konstatovat pouze **pokles vitální kapacity** a doporučit stanovení přítomnosti restriktivní ventilační poruchy měřením nepřímo měřitelných statických parametrů (TLC, FRC, RV) – viz dále.
- Pokles FEV₁/SVC pod LLN obvykle značí **obstrukční ventilační poruchu**, jednoznačně pak při současném poklesu FEV₁ pod LLN. Hodnocení tíže obstrukční ventilační poruchy se pak provádí podle nižší z aktuálních hodnot FEV₁ nebo FEV₁/SVC.
- Při hodnocení **tíže obstrukční ventilační poruchy** je velmi žádoucí konkrétně uvést aktuální hodnotu SVC. Obstrukci v **úrovni periferních dýchacích cest** popisujeme při poklesu parametrů MEF (pod LLN), takové hodnocení je možné pouze v případě, pokud je FEV₁ > LLN.
- Při opakovaném měření, zejména pacientů s hodnotami FEV₁ a/nebo SVC nad hranicí LLN (s nebo bez poměru FEV₁/SVC pod LLN) je klinicky přínosnější srovnání aktuálních hodnot s nejlepšími osobními hodnotami pacienta, než s populační normou. Osobní nejlepší hodnoty jsou v takovém případě získány (zejména u pacientů s poměrem FEV₁/SVC pod LLN) po supramaximálním bronchodilatačním testu na konci dvoutýdenního nárazu systémovými kortikosteroidy (Prednison 20 mg/den nebo ekvivalentu, po dobu 2 týdnů).

10.1.3 Inhalační bronchomotorické testy

10.1.3.1 BRONCHODILATAČNÍ TESTY (BDT)

INDIKACE A KONTRAINDIKACE

- Test je indikován v diferenciální diagnostice dušnosti, kašle, tlaku na hrudi, při monitorování stavu nemocných a efektu léčby, k hodnocení účinku jednotlivých bronchodilatačních léků, v rámci předoperačního vyšetření a pro posudkové účely. Test provádíme i tehdy, pokud jsou hodnoty v mezích náležitých hodnot, ale vyšetřovaný udává klinické obtíže.
- **Absolutní kontraindikací** je alergie na podávaný lék a nespupráce vyšetřované osoby. Relativně nevhodné je provedení testu u akutního infekčního onemocnění dýchacích cest, dekompenzované ICHS, arytmií, hypertenze a hypertyreózy.

POŽADAVKY NA LABORATOŘ

Před provedením je dobré zvážit způsob podání léku, tak aby dávka látky byla pokud možno submaximální a způsob podání odpovídal možnostem spolupráce s vyšetřovanou osobou.

- Způsob podání látky:
 - A. inhalační aerosol přes nástavec
 - B. nebulizace
- Látka a dávka:
 1. salbutamol: aerosol 400–800 mg
nebulizace 2,5–5,0 mg (0,5–1 ml)
 2. ipratropium: aerosol 80 mg
nebulizace 250–500 mg (1–2 ml)

AKCEPTOVATELNOST MĚŘENÍ

- **Měření ventilačních parametrů** po podání bronchodilatacia provedeme za 30 minut. Pokud je použita bronchodilatační látka beta₂-mimetikum s rychlým nástupem účinku (salbutamol), je možné provést měření dříve (nejméně však za 15 minut). V případě sporného či negativního výsledku testu se salbutamolem je možné opakovat měření za dalších 15 minut a poté dalších 30 minut, respektive za kontroly nemocného lékařem zvýšit množství salbutamolu podaného nebulizací až do celkové dávky 5 mg.
- **Spirometr musí být kalibrován** dle zvyklých doporučení (viz kapitola spirometrie). Použitý nebulizátor musí zajišťovat standardní výdej látky o standardním rozmezí produkovaných částic v daném čase, kontroly parametrů nebulizátoru musí odpovídat doporučením výrobce. Podmínky testu, zejména pokud je test proveden způsobem odlišným od doporučeného, je nutné uvést v protokolu.

HODNOCENÍ

Při hodnocení ventilačních parametrů:

- Změna FEV₁ ≥ 12 % a zároveň 200 ml v absolutní hodnotě svědčí pro pozitivitu testu (vhodné je hodnocení vyššího z obou parametrů).
- Je-li změna parametrů hraničně pod výše uvedeným rozdílem, test hodnotíme jako negativní, v doporučení však dále vyjádříme možnost klinických konsekvencí vyplývajících z hraniční bronchodilatační odpovědi.
- Při hodnocení odporů (pletysmografie, přerušovaná metoda) dýchacích cest svědčí pro pozitivitu testu změna sRaw a sGaw o 50 %. Při hodnocení parametrů impulzní oscilometrie jsou změny R5 o 25 % a Fres o 20 % hodnoceny jako pozitivní výsledek testu. Měření odporů dýchacích cest není doporučeno používat jako primární parametr k hodnocení bronchiální reaktivity.
- Změny všech výše uvedených parametrů by měly být vztaženy k rozmezí náležitých hodnot, zda jde o reverzibilitu obstrukce úplnou či částečnou.

10.1.3.2 BRONCHOKONSTRIKČNÍ TESTY (BKT)

INDIKACE A KONTRAINDIKACE

- Testy provádíme v diferenciální diagnostice dušnosti, kašle, tlaku či bolesti na hrudi, při monitorování bronchiální hyperreaktivit – BHR (aktivita nemoci, protektivní vliv léčby), pro posudkové, epidemiologické, preventivní, studijní a výzkumné účely.
- **Absolutní kontraindikací** provedení bronchokonstrikčního testu při známém negativním výsledku bronchodilatačního testu je FEV₁ < 50 % NH, resp. < 1,0 litr. V praxi doporučujeme zohlednění zkušeností provádějícího pracoviště. Absolutně nevhodné je rovněž provedení testu po infarktu myokardu nebo cévní mozkové příhodě (v posledních 3 měsících), dále pak při nekontrolované hypertenzi (STK > 200, DTK > 100) a při známém aortálním aneurysmatu.
- Relativně nevhodné je provedení BKT při známém negativním výsledku bronchodilatačního testu, při současném snížení FEV₁ < 60 % NH, respektive < 1,5 litru. Dále pak při neschopnosti spolupráce s vyšetřovaným, v graviditě, při kojení, během užívání inhibitorů cholinesterázy (myasthenia gravis), v celkově těžkém zdravotním stavu pacienta a při exacerbaci asthma bronchiale.

POŽADAVKY NA LABORATOŘ

- Bronchokonstrikční testy musí být prováděny na pracovišti s odpovídajícím přístrojovým i personálním zajištěním včetně zajištění bronchodilatační a kyslíkové terapie. Před testem se musí pacient či odpovědná osoba seznámit s podmínkami vyšetření a podepsat informovaný souhlas.
- **Výběr vhodného podnětu:**
 - ~ K provedení nespecifického bronchokonstrikčního testu lze použít přímé nebo nepřímé bronchokonstrikční podněty, rozdělené podle mechanismu účinku. Nepřímé stimuly jsou v ČR obtížně dostupné pro svoji vysokou cenu (adenosin monofosfát, manitol), případně omezenou standardizací (např. fyzická zátěž, hypertonický roztok soli).
 - ~ Vzhledem k dostupnosti, celosvětovému používání, zkušenostem a bezpečnosti je nejvhodnější látkou k BKT metacholin – MTCH (acetyl-β-methylcholin chlorid), možné je využít i histamin. Oba dva preparáty mezi přímé bronchokonstrikční stimuly a mají atest SÚKL pro použití v ČR.

AKCEPTOVATELNOST MĚŘENÍ

- Akceptovatelnost měření musí splňovat podmínky určené pro spirometrii a kritéria kvality nebulizátorů. Metoda **kontinuální inhalace** a **dozimetrická metoda** jsou dva nejlépe propracované a také nejvíce ověřené způsoby podání inhalační látky.

INTERPRETACE (NÁLEŽITÉ HODNOTY)

- Test hodnotíme jako pozitivní, dojde-li k poklesu FEV_1 o 20 % a více oproti výchozí hodnotě při použití koncentrace metacholinu menší než 16 mg/ml, respektive kumulativní dávky metacholinu menší, než 8 mg. Vzhledem k variabilitě bronchiální hyperreakivity a tudíž klinickému významu jejího průkazu se v klinické praxi používají nižší koncentrace či kumulativní dávky.
- Při **hodnocení odporů dýchacích cest** je jako pozitivní hodnocena změna sRaw a sGaw o 50 % a více. Při hodnocení parametrů impulzní oscilometrie, změna R5 o 50 % a Fres o 40 % proti výchozím hodnotám je pokládána za pozitivní. Měření odporů dýchacích cest však není doporučeno používat jako primární parametr k hodnocení bronchiální reaktivity. Interpretaci bronchokonstrikčního testu je možné vyjádřit slovně, jak pro PC_{20} (metacholin) doporučuje ATS
- Klinický význam slovní kvantifikace tíže bronchiální hyperreakivity je však malý a tudíž se upřednostňuje číselné vyjádření PC_{20} či PD_{20} . Nejčastěji je BKT používán k podpoře stanovení diagnózy astma bronchiale. Za těchto okolností je test málo senzitivní, ale poměrně specifický. Větší vypovídací hodnotu má tudíž negativita testu. Na druhou stranu snižováním hranice, která je považována za normální, lze docílit významného zvýšení specifity BKT. Při metaanalýze několika studií bylo prokázáno, že pozitivita BKT při $PC_{20} \geq 8,0$ mg/ml významně nezvyšuje klinickou pravděpodobnost diagnózy astmatu stanovenou před testem – jinými slovy, je klinicky nevýznamná (obr. 10.2).

10.1.4 Nepřímo měřitelné statické ventilační objemy a kapacity

ÚVOD

Nadechované a vydechované objemy plic měřené spirometricky jsou užitečné pro **zjišťování, charakterizování a určování tíže plicních chorob**. Měření absolutních objemů a kapacit plic – reziduálního objemu (RV), funkční reziduální kapacity (FRC) a celkové plicní kapacity (TLC) je technicky náročnější. Pro správné stanovení diagnózy řady plicních onemocnění je však toto vyšetření nezbytné. Celkový objem plic lze nejčastěji měřit: bodypletyšmograficky či metodami založenými na diluci inertních plynů.

INDIKACE

- Mezi hlavní indikace patří diagnóza restriktivní ventilační poruchy, diferenciací restriktivní a obstrukční poruchy, především v případě snížení SVC, a zjištění stupně plicní hyperinflace. Dalšími indikacemi jsou: posouzení odpovědi na léčebné intervence či předoperační vyšetření.

POŽADAVKY NA LABORATOŘ (PRO METODU SPECIFICKÉ)

- **Každodenní kalibrace** pneumotachografu bodypletyšmografu 3litrovou pumpou a kalibrace tlakoměrů.
- **Biologické kontroly** nejméně dvěma zdravými osobami jedenkrát týdně (nejlépe personál laboratoře).
- Jednou ročně je nutné provést **kontrolu přístroje servisním technikem**.

HODNOCENÍ

- Poklesem TLC je prokázána **restriktivní ventilační porucha** ($TLC < LLN$), její tíže je následně hodnocena podle nižší z aktuálních hodnot SVC nebo TLC.
- K diagnóze bronchiální obstrukce není zcela nezbytná znalost statických plicních objemů, avšak tato může odhalit, případně kvantifikovat plicní hyperinflaci.
- Kombinovaná ventilační porucha je charakterizována koexistencí obstrukce a restrikce a je definována snížením jak poměru FEV_1/SVC , tak TLC pod LLN.
- Pro odpory (Raw) dýchacích cest stanovil Quanjer pouze horní limit – 0,3 kPa.s/l.

10.1.5 Interpretace vyšetření transferfaktoru (difuzní kapacity plic) pro CO

ÚVOD

- **Transferfaktor** (zkratka TL_{CO}) označuje schopnost plic vyměňovat dýchací plyny přes alveolokapilární membránu. Označení „difuzní kapacita plic“ (zkratka DL_{CO}) – je používána zejména ve Spojených státech amerických. Evropská respirační společnost (ERS) upřednostňuje označení transferfaktor (TL_{CO}), protože vyjadřuje celou řadu procesů, které probíhají při výměně plynů mezi alveoly a kapilární krví, nikoliv jen plicní difuzi.
- Existuje řada metod, kterými lze TL_{CO} měřit (metoda ustáleného stavu, jednodechová metoda, metoda zpětného dýchání apod.), z praktických důvodů se veškeré údaje v této kapitole vztahují k metodě jednoho vdechu ($SB TL_{CO}$), protože je nejlépe standardizovaná a nejrozšířenější. Podle doporučení ERS se vyjadřuje v SI jednotkách (mmol/min/kPa).

INDIKACE

- Vyšetření TL_{CO} je indikováno při podezření na poškození plicního parenchymu a/nebo poruchy plicní cirkulace. Vysoký význam má i ve schopnosti **odhalení alveolárního krvácení**.

POŽADAVKY NA LABORATOŘ

- Pro splnění podmínek reprodukovatelnosti měření je nutné zabezpečit kontrolu kvality, která předpokládá ve své minimální podobě následující kroky:
 - a) kalibrace pneumotachografu – viz spirometrie
 - b) každodenní kalibrace analyzátorů kalibračními plyny, některé přístroje však provádějí (obvykle automaticky) jen nulování analyzátorů plynu
 - c) jednou měsíčně provést „biologický test“ (vyšetřit zdravého nekuřáka, obvykle zaměstnance laboratoře)
- Všechny testy kontroly by měly být datovány, podepsány a skladovány v logbooku přístroje. Jednou ročně je nutné provést kontrolu přístroje servisním technikem.

AKCEPTOVATELNOST A OPAKOVATELNOST MĚŘENÍ TL_{CO}

- Vzhledem k přirozené variabilitě výsledků měření jsou požadovány alespoň dva reprodukovatelné testy, přičemž jejich časový odstup by měl být minimálně 4 minuty, u pacientů s CHOPN 10 minut.
- K hodnocení se použije vyšší hodnota za předpokladu, že rozdíl mezi měřenými hodnotami je menší než 1 mmol/min/kPa nebo menší než 10 % náležitých hodnot. Spolehlivé laboratoře však dosahují maximálního rozdílu do 5 % náležitých hodnot.
- Nedostatečný nádech snižuje měřenou hodnotu TL_{CO}, a proto se musí inspirační manévry v průběhu testu blížit klidové SVC získané spirometrickým vyšetřením. Pro většinu pacientů je poměr IVCTL_{CO}/IVCspiro > 0,85 snadno dosažitelný. Nádechový manévry musí být dostatečně rychlé (< 2 sekundy) a prostý artefaktů, ve fázi zadržení dechu nesmí docházet ke kolísání tlaku v ústech ani k úniku (poklesu koncentrace) měřených plynů.

KOREKCE MĚŘENÝCH HODNOT

- Všechny CO, který přestoupí přes alveolokapilární membránu, se váže na hemoglobin, hodnota TL_{CO} je tudíž závislá na množství hemoglobinu v krvi, a proto musí být každé měření korigováno na aktuální hodnotu hemoglobinu. Není-li tento parametr v době vyšetření znám, musí být ve výsledku měření výslovně poznamenáno, že hodnota TL_{CO} není na množství Hb korigována.
- Obsah CO v krvi je u zdravého člověka nulový, ale stoupá např. u kuřáků, korekce na zpětný tlak CO je možná, je-li známa hodnota karboxyhemoglobinu – COHb (TL_{CO} je vyšší o přibližně 1 % na každé 1 % COHb). Přenosné analyzátoře CO ve vydechovaném vzduchu jsou v ČR dostupné a ve srovnání s přístrojem pro měření TL_{CO} zanedbatelně levné. Proto tento dokument doporučuje rutinní měření vydechovaného CO před každým vyšetřením TL_{CO}.

HODNOCENÍ VYŠETŘENÍ TL_{CO}

- Hodnocení měření transferfaktoru je poměrně složité vzhledem ke komplexitě procesu výměny plynů. Základní hodnocení musí obsahovat míru změny TL_{CO} a analýzu možné etiologie, která k abnormálnímu výsledku vedla. TL_{CO} není primárně měřeným parametrem, ale je výsledkem součinu transferkoeficientu (nebo také faktoru Kroghové – K_{CO}) a alveolárního objemu (VA), které jsou nezávislé, ale paralelně získány v průběhu standardního manévru maximálního nádechu. K_{CO} vyjadřuje rychlost přestupu plynu přes alveolokapilární membránu a jeho vazbu na hemoglobin, zatímco VA označuje objem vzduchu, do kterého je CO distribuován a nahrazuje tak orientačně (v klinické praxi nejspolehlivější) plochu alveolokapilární membrány. Pokles TL_{CO} může být tudíž způsoben variací různých hodnot K_{CO} a VA. K_{CO} je někdy vyjadřován jako poměr transferfaktoru k alveolárnímu objemu (TL_{CO}/VA), což je však pouze zcela zavádějící matematická obměna výše popsané závislosti (TL_{CO} = K_{CO} × VA), která je řadou lékařů *mylně* interpretována jako korekce měření na aktuální objem plic. Tento poměr by se tudíž neměl vůbec používat.
- Hodnota TL_{CO} je enormně závislá na míře inflace plic, přičemž je zcela zásadní, z jakého důvodu dochází k poklesu alveolárního objemu (pulmonální versus extrapulmonální restrikce). Dalšími faktory, které významně ovlivňují TL_{CO} je počet a funkce alveolů, a míra nehomogenity ventilace a perfuze (zejména míra obstrukční ventilací poruchy). Hodnocení samotného TL_{CO} je obvykle zavádějící a mělo by být doplněno o analýzu etiologie, respektive patofyziologického vzoru poruchy výměny plynů. Jednoduchý návod k hodnocení je znázorněn v tabulce 10.7.

NÁLEŽITÉ HODNOTY

- Jako **náležité hodnoty** jsou doporučovány hodnoty ERS z roku 1995 přesto, že by s ohledem na změny antropometrických parametrů populace měly být každých 10 let stanoveny nové.
- **Normální rozmezí** je horními a dolními limity normy.
- K hodnocení **stupně poruchy** je doporučováno schéma na obrázku 10.3.

LITERATURA

1. Fišerová J, Chlumský J, Satinská J, editors. Funkční vyšetření plic. 2nd ed. Praha: GEUM; 2004.
2. Guidelines for methacholine and exercise challenge testing. The official statement of the ATS. Am J Respir Crit Care Med. 2000;161:309–29.
3. McIntyre N, Crapo RO, Viegi G, et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. Eur Respir J. 2005;26:720–35.
4. Miller M, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. Eur Respir J. 2005;26:319–38.
5. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function tests. Eur Respir J. 2005;26:948–68.
6. Wanger J, Clausen JL, Diates A, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. Eur Respir J. 2005;26:511–22.

TABULKY A OBRÁZKY

■ **Tabulka 10.1** Hodnocení tíže obstrukční ventilační poruchy

Lehká	$60 \% \leq FEV_1 < LLN$ nebo $60 \leq FEV_1/SVC < LLN$
Středně těžká	$45 \% \leq FEV_1$ (FEV_1/SVC) $< 60 \%$
Těžká	FEV_1 (FEV_1/SVC) $< 45 \%$

■ **Tabulka 10.2** Hodnocení reaktivity dýchacích cest

Interpretace	PC ₂₀ (mg/ml)
středně těžká až těžká hyperreaktivita	$< 1,0$
lehká hyperreaktivita	1,0–4,0
hraniční reaktivita	4,0–16,0
normální reaktivita	$> 16,0$

■ **Tabulka 10.3** Hodnocení tíže restriktivní ventilační poruchy

Lehká	$60 \leq SVC$ (TLC) $< LLN$
Středně těžká	$45 \leq SVC$ (TLC) $< 60 \%$
Těžká	SVC (TLC) $< 45 \%$

■ **Tabulka 10.4** Posouzení hyperinflace

RV – norma	do ULN
RV/TLC – norma	do ULN

■ **Tabulka 10.5** Hodnocení tíže hyperinflace

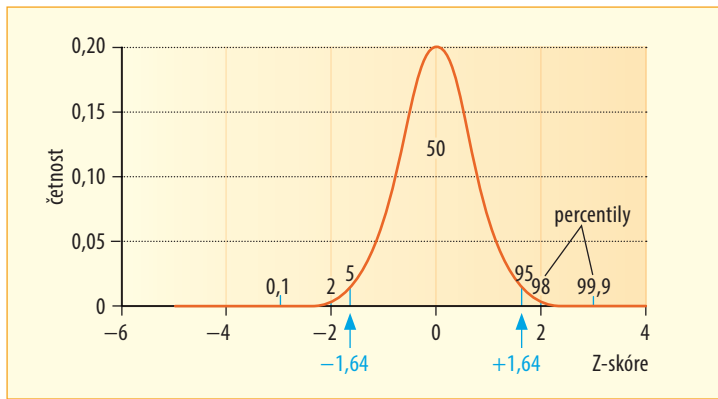
Plicní hyperinflace	RV	RV/TLC
lehká	ULN–175 %	ULN–50 %
středně těžká	176–250 %	51–65 %
těžká	nad 250 %	nad 65 %

■ **Tabulka 10.6** Stupně poruchy transferfaktoru

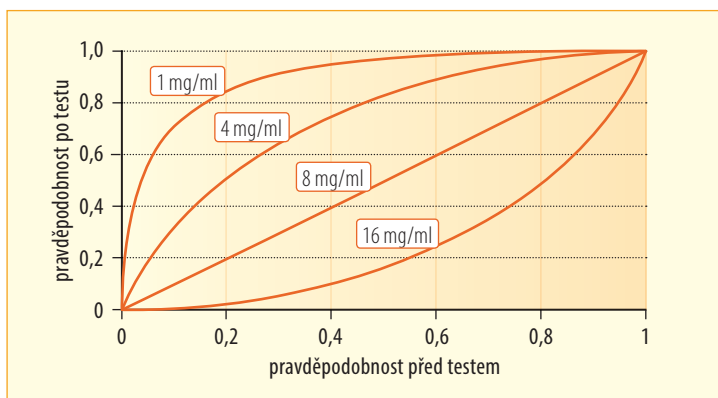
Lehké snížení TL _{CO}	LLN–60 % normy
Středně těžké snížení TL _{CO}	59–40 % normy
Těžké snížení TL _{CO}	$\leq 39 \%$ normy

■ **Tabulka 10.7** Jednoduché schéma hodnocení patofyziologického vzoru poruchy výměny plynů. TL_{CO} (54–59 % normy) při různých patologiích/různých vzorech K_{CO} and VA

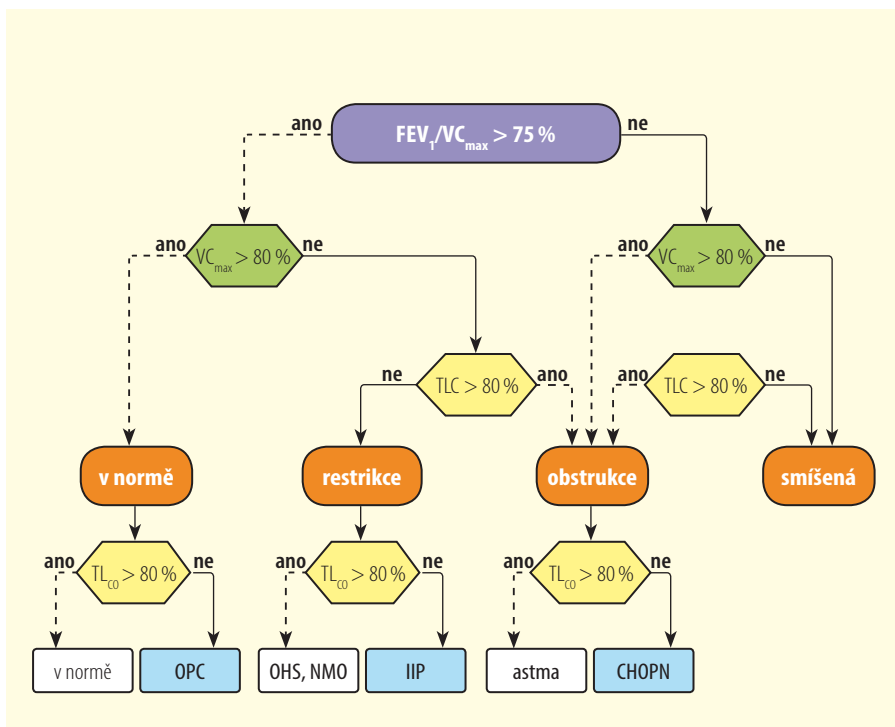
Diagnóza	TL _{CO} (%)	K _{CO} (%)	VA (%)	Poznámka
dysfunkce dýchacích svalů	59	120	50	malá expanze alveolů
PE	58	111	51	ztráta alveolů
IPF	54	84	66	ztráta alveolů + poškození kapilár
emfyzém	54	59	91	ztráta alveolů + V/Q dysbalance
PAH	56	58	96	poškození kapilár



Obr. 10.1 Parametry plicních funkcí ve zdravé populaci



Obr. 10.2 Interpretace výsledku bronchokonstrikčního testu metacholinem s ohledem na změnu pravděpodobnosti stanovení diagnózy asthma bronchiale



Obr. 10.3 Zjednodušený algoritmus hodnocení vyšetření plicních funkcí. Schéma nevylučuje ani nenahrazuje diagnostická či monitorovací schémata pro jednotlivá plicní nebo mimoplicní onemocnění. OPC – onemocnění plicní cirkulace, OHS – onemocnění hrudní stěny, NMO – neuromuskulární onemocnění, IIP – idiopatické intersticiální pneumonitidy