

Postavení bronchoskopie v diagnostice solitárních plicních uzlů v roce 2025

Jiří Votruba

Klinika TRN VFN a 1. LF UK Praha

Solitární plicní uzly (SPN – „solitary pulmonary nodule“) jsou stále častější klinickou výzvou a dalších minimálně 30 let budou představovat ohromnou zátěž pro zdravotní systém. Jsou problematické vzhledem k jejich variabilnímu malignímu potenciálu a různorodé etiologii. Počet zachycených uzlů má, a do budoucna i zajisté mít bude, prudce vzrůstající tendenci (1). Děje se tak kvůli rozšířenému využívání výpočetní tomografie a zavedení programů časného zachytu u rizikových pacientů. Přesun primozáchytu bronchogenního karcinomu z centrálních do periferních dýchacích cest je dalším důvodem vzestupu jejich incidence. Odhaduje se, že ročně je na světě detekováno více než 1 milion plicních uzlů, přičemž většina (90–95 %) je benigní etiologie (2). Tradiční diagnostické metody ovšem často postrádají přesnost potřebnou k rozlišení mezi benigními a maligními uzly, což vede často ke zbytečným invazivním zákrokům, či naopak zpoždění v zahájení vhodné léčby. Níže shrnujeme současné poznatky o solitárních plicních uzlech zejména s ohledem na možnost jejich diagnostiky a do budoucna i léčby endobronchiálním přístupem.

Klíčová slova: bronchoskopie, navigační metody, solitární plicní uzly.

The role of bronchoscopy in the diagnosis of solitary pulmonary nodules in 2025

Solitary pulmonary nodules (SPN) are an increasingly common clinical challenge and will continue to place a huge burden on healthcare systems for at least another 30 years. They are problematic due to their variable malignant potential and diverse etiology. The number of detected nodules is rapidly increasing and will certainly continue to do so in the future (1). This is due to the widespread use of computed tomography and the introduction of early detection programs for high-risk patients. The shift in the primary detection of bronchogenic carcinoma from the central to the peripheral airways is another reason for the increase in their incidence. It is estimated that more than 1 million pulmonary nodules are detected worldwide each year, with the majority (90–95%) being benign in etiology (2). However, traditional diagnostic methods often lack the accuracy needed to distinguish between benign and malignant nodules, which often leads to unnecessary invasive procedures or, conversely, delays in initiating appropriate treatment.

Below we summarize current knowledge about solitary pulmonary nodules, particularly with regard to their diagnosis and, in the future, treatment using an endobronchial approach.

Key words: bronchoscopy, navigational methods, solitary pulmonary nodules.

Úvod

Solitární plicní uzly představují významný diagnostický a terapeutický problém v pneumologii. Se stále dostupnější a využívanější výpočetní tomografií (CT) nejen z plicní indikace je plicní uzel čím dál častějším vedlejším nálezem (2, 12, 17).

Ačkoliv většina „incidentálně“ zachycených solitárních plicních uzlů (lépe řečeno vedlejších nálezů charakteru SPN) je benigní etiologie (90–95 %), část z nich může představovat časně stadium primárního bronchogenního karcinomu nebo metastázy jiných malignit. Tato skutečnost nabývá na významu zejména proto, že karcinom plic zaujímá prvenství

v mortalitě na nádorová onemocnění celosvětově, a přitom je ve více než 70 % případů diagnostikován v pozdním stadiu, kdy je již prognóza značně nepříznivá. Naproti tomu v případě jeho záchytu v časném stadiu je onemocnění potenciálně kurabilní a 5leté přežití přesahuje 65 % (13).

SPN jsou detekovány u 1,2 milionu Američanů ročně (2). (Pro Evropu data obtížně hodnotitelná a heterogenní, ale lze je aproximovat dopočtem – populace EU má přibližně 447 milionů (pro rok 2023), odhadovaná incidence SPN: 0,2 % až 0,5 % dospělé populace ročně; v Evropě je tedy ročně diagnostikováno přibližně 700 000 až 1 750 000 případů SPN. Pro Českou republiku s 10,7 miliony obyvatel (pro rok 2023) při použití stejné odhadované incidence můžeme odhadnout 17 000 až 42 000 případů SPN.)

Lékař pak (společně s pacientem) stojí před rozhodnutím, zda přistoupit k invazivnímu ověření etiologie uzlu, což je spojeno s komplikacemi (nejčastěji pneumotorax/krvácení), nebo zda uzel radiologicky sledovat, což je zatíženo stresem z nejistoty biologické povahy SPN, nadměrným zářením a eventuálním zpožděním diagnostiky nádorového onemocnění v časném stadiu. Další možností je radikální řešení – uzel rovnou chirurgicky resekovat. Vždy je přitom třeba mít na paměti, že riziko úmrtí do 30 dní po VTS či VATS lobectomii se pohybuje mezi 0,6 až 1,9 %, při otevřené thorakotomii jsou to 2–3 % (3).

Definice solitárního plicního uzlu

Solitární plicní uzel (SPN) je definován jako okrouhlá léze obklopená provzdušněným plicním parenchymem o průměru < 3 cm, která

není spojená s jinou patologií – atelaktázou, hilovou či mediastinální adenopatií ani pleurálním výpotkem. Pokud se jedná o větší útvar, hovoříme o plicní mase, pokud se jedná o uzlík pod 3 mm hovoříme o mikronodulu.

Etiologické spektrum

Nejčastější etiologie SPN je shrnuta v tabulce 1 níže.

Na základě systematické analýzy a meta-analýzy dostupných studií lze konstatovat, že celková prevalence plicních uzlů detekovaných pomocí CT vyšetření dosahuje 27 % (95% interval spolehlivosti: 25–29 %). Reálně to znamená, že plicní uzly jsou identifikovány přibližně u 1,6 milionu pacientů ročně jen ve Spojených státech (tj. incidence až 465,7 případů na 100 000 obyvatel ročně!) a jsou detekovány na přibližně 30 % všech CT snímků hrudníku (2, 5, 6, 7, 8, 12).

Retrospektivní studie ze Spojených států dokumentuje nárůst roční míry detekce uzlů pomocí CT hrudníku z 3,9 na 6,6/1000 osobo-roků mezi lety 2006 a 2012. V literatuře se ovšem odhady prevalence solitárních plicních uzlů značně liší a pohybují se v rozmezí 8–51 % (2, 11).

V Evropské unii je screening karcinomu plic postupně zaváděn v několika zemích. Na národní úrovni byly zahájeny screeningové programy v Polsku, Chorvatsku a relativně nově i v České republice (od 1. 1. 2022). Ve Velké Británii funguje regionální screeningový program v oblasti Manchesteru. V dalších 12 evropských zemích probíhají nebo probíhaly pilotní projekty a studie.

Tab. 1. ??? (Upraveno podle 2, 12, 15, 17, 18)

Kategorie	Specifická kategorie	Poznámky	Prevalence	Geografické variace
Maligní				
Primární plicní tumory	Adenokarcinom	Nejčastější podtyp NSCLC, periferní lokalizace v 49–80 % případů	Cca 35–50 % maligních SPN	Zejména v industriálních oblastech
	Dlaždicobuněčný karcinom	Druhý nejčastější podtyp NSCLC, centrálně i periferně lokalizovaný, více asociovaný s kouřením	Cca 22 % maligních SPN	Mírně snižující se prevalence vzhledem k nižšímu obsahu dehtu a nikotinu v cigaretách s filtrem
	Malobuněčný karcinom	Jen vzácně jako SPN	< 5 % maligních SPN	
Metastatické tumory	Sarkomy, melanomy, karcinomy jiné lok. (střevo, prso, ledvina, štítná žláza...)		Cca 20 % solitárních plicních uzlů	Vyšší riziko u pac. s primárním nádorem extrapulm. lokalizace
Benigní				
Granulomatózní	Tuberkulóza	Nejčastější infekční příčina celosvětově	15–25 % všech benigních případů SPN	Zej. endemické oblasti – Afrika, Asie, Jižní Amerika
	Fungální infekce (histoplasmosis, coccidioidomycosis, aspergillosis)	Časté u imunokompromitovaných pacientů	Rozdílné prevalence dle oblastí	Vysoká prevalence v Sev. Americe (histoplazmóza)
Benigní tumory	Hamartomy	Nejčastější benigní plicní tumory, často s tukovou složkou/kalcifikací na CT	Cca 15 % všech benigních SPN's	
Autoimunitní choroby	Granulomatóza s polyangitis, rheumatoidní noduly...	Vzácné případy	< 5 % všech benigních případů SPN's	
Zánětlivá ložiska	Abscesy, organizující se pneumonie, hematomy, hlenové zátky...	Post-infekční či traumatické relativně časté	45 % benigních SPN's	
Vaskulární abnormality	Plicní arteriovenózní malformace, hemangiomy	Jen vzácně	< 5 % všech benigních SPN's	
Vývojové vady	Bronchogenní cysty, pulmonální sekvence...		10–20 % benigních SPN's	

Rizikové faktory a hodnocení pravděpodobnosti malignity

Syntézou dat z dostupných studií (1, 11, 12, 17, 18, 19, 20) je možné odhadnout pravděpodobnost malignity SPN's, viz tabulka 2 níže.

Klíčové poznámky:

- Rozdíly mezi populacemi:
 - Obecná populace: Nižší riziko malignity (např. 18 % pro noduly > 20–30 mm).
 - Vysoce rizikové skupiny (kuřáci, starší pacienti): Riziko stoupá na 64–85 % u nodulů > 20 mm.
- Dynamika růstu:
 - Noduly s časem zdvojnásobení objemu < 400 dní (rychlejší růst) mají ~ 10% riziko malignity i při menších velikostech (5–10 mm).
- Klinické implikace:
 - Interval sledování: < 6 mm: Nízké riziko; rutinní monitorování; ≥ 8 mm: vhodné zvážit PET-CT/biopsii při podezřelých znacích (např. spikulace, pozitivní dynamika).
 - Vysoce riziková pacient: Aktivní vyšetřování u nodulů > 8 mm kvůli zvýšenému riziku.

Pro další podrobnosti odkazujeme na Doporučení Fleischnerovy společnosti a NCCN protokoly pro screening karcinomu plic.

Rizikové faktory a hodnocení pravděpodobnosti malignity

Hlavním prediktorem malignity je velikost plicního uzlu a dynamika růstu (4). S velikostí uzlu se zvyšuje i pravděpodobnost malignity: u uzlů o velikosti < 5 mm je minimální (≤ 1 %), při velikosti 5–10 mm již stoupá na 6–28 %, u uzlů v rozmezí 11–20 mm je prevalence malignity 33–64 %, a u uzlů o velikosti > 20 mm dokonce 64–82 % (1, 2, 5).

Diagnostický algoritmus

Jak již bylo zmíněno, základní diagnostickou technikou je nativní CT plic, které poskytuje detailní informace o mnoha charakteristikách uzlu. Podle doporučení Fleischnerovy společnosti, která jsou respektována i v ČR, se doporučuje 3D CT hodnocení (transverzální, koronární a sagitální) s měřením uzlu na základě průměru dlouhé a krátké osy, což může vést k užitečnému volumetrickému měření uzlů (adekvátním softwarem) (3, 4). Při jasném podezření na maligní nodule jsou dále doplňovány další diagnostické metody, jako PET/CT, event. invazivní dia-

gnostické metody jako transtorakální biopsie pod CT kontrolou, bronchoskopická biopsie či chirurgická resekce s diagnostickým záměrem – chirurgická intervence je ovšem metodou volby až po selhání méně invazivních biopických metod (bronchoskopie/biopsie pod zobrazovací kontrolou). Lze volit i primárně léčebné výkony – s léčebným cílem se provádí lobektomie se samplingem mediastinálních lymfatických uzlin či sublobární resekce u pacientů neúnosných k většímu rozsahu resekce nebo u stadií T1a (1, 5, 6).

Hodnocení pravděpodobnosti malignity

Hodnocení rizika malignity ložiska musí být komplexní a zahrnuje (2, 7, 9, 10):

- zdravotní profil pacienta (rizikové faktory),
- charakteristiky nodulu na provedeném CT,
- radiologické charakteristiky uzlu zvyšující pravděpodobnost malignity,
- velikost > 8 mm,
- nepravidelný nebo spikulovaný okraj,
- lokalizace v horních lalocích,
- prezence kalcifikací nebo kavitace,
- růst při sledování v čase (volume doubling time).

V klinické praxi byly pro odhad pravděpodobnosti malignity vyvinuty různé predikční modely, které kombinují klinické charakteristiky pacienta s radiologickými nálezy. Tyto modely pomáhají klinikům v rozhodování o dalším postupu vyšetření a léčby (1). Nejčastěji užívanými jsou:

Mayo Clinic model – tento model patří mezi nejznámější a nejpoužívanější modely pro predikci malignity plicních uzlů. Byl vyvinut na základě studie 419 pacientů s nekalcifikovanými uzly o velikosti 4–30 mm.

VA model (Veterans Affairs) – VA model byl vyvinut na nezávislém vzorku válečných veteránů s plicními uzly. Proměnné zahrnují kouření, věk rozdělený do 10letých intervalů, průměr uzlu a počet let od ukončení kouření.

Brockův model (označovaný také jako Brock University model nebo PanCan model) – byl původně vyvinut v rámci studie Pan-Canadian Early Detection of Lung Cancer pro hodnocení rizika malignity uzlů detekovaných při screeningu pomocí nízkodávkové výpočetní tomografie (LDCT). Na rozdíl od jiných predikčních modelů, které byly primárně vytvořeny pro náhodně zjištěné uzly, Brockův model byl cíleně vyvinut pro screeningovou populaci s existujícími rizikovými faktory karcinomu plic (1).

I přes celosvětově stále rostoucí incidenci solitárních plicních uzlů data ukazují na nedostatečnou informovanost odborníků a dokonce i odborných společností ohledně doporučených postupů jejich managementu. Mnoho pacientů se solitárním plicním uzlem není odesláno k adekvátnímu vyšetření a nejsou řádně klinicky ani radiologicky sledováni. Může se tak promarnit šance na včasnou diagnostiku primárního bronchogenního karcinomu.

Diagnostika solitárních plicních uzlů představuje komplexní problematiku vyžadující multidisciplinární přístup. S rostoucím využíváním moderních zobrazovacích metod a zaváděním screeningových progra-

Tab.2. ???

Velikost nodulu	Pravděpodobnost malignity	Klíčové podpůrné studie
< 5 mm	≤ 1 %	NELSON studie, PubMed revize
5–10 mm	1–5 %	NELSON studie, doporučení ACCP
9–15 mm	~ 6 %	Velká retrospektivní kohorta (11) (n = 23 780)
> 15–20 mm	~ 12 %	Velká retrospektivní kohorta (11) (n = 23 780)
> 20–30 mm	~ 18 %	Velká retrospektivní kohorta (11) (n = 23 780)
> 20 mm (vysoce rizikové skupiny)	64–85 %	Swensen et al. (kuřáci/ vysoce rizikové skupiny)

mů se zvyšuje incidence detekce plicních uzlů, což klade vyšší nároky na klinický management těchto nálezů.

Pro optimální diagnostický přístup je klíčové zhodnocení rizikových faktorů malignity, využití vhodných zobrazovacích a invazivních metod, a v případě potřeby kombinace různých diagnostických technik. Cílem je včasná identifikace maligních uzlů při současné minimalizaci invazivních výkonů u benigních lézí.

Klíčovou otázkou u SPN je, u kolika z nich se zbytečně snažíme o invazivní diagnostiku při podezření na malignitu, ačkoliv jsou ve skutečnosti benigní. Dostupná data naznačují, že toto číslo je značné (2, 5, 6, 9, 16). Jak již bylo zmíněno, většina (90–95 %) incidentálně zachycených solitárních plicních uzlů je benigní etiologie. To znamená, že existuje značné riziko zbytečné invazivní diagnostiky. Americká studie National Lung Screening Trial (NLST) zjistila, že ačkoliv bylo pozitivních 25 % screeningových nálezů, 96 % vyhodnocených uzlů bylo ve skutečnosti benigních. To představuje velmi vysokou míru falešně pozitivních výsledků. Ve studiích s využitím nízkodávkové výpočetní tomografie (LDCT) byl pozitivní nález detekován ve 39,1 % případů, přičemž plicní karcinom byl potvrzen pouze ve 3,6 %. U skia-gramů hrudníku byla pozitivita 16 %, s potvrzením karcinomu v 5,5 %. I zde tedy byla míra falešně pozitivních výsledků výrazně vysoká (2). Studie zkoumající chirurgické resekce uvádějí, že maligní onemocnění se vyskytuje u přibližně 40 % pacientů, kteří podstoupili chirurgický zákrok. To znamená, že až 60 % pacientů může být podrobeno zbytečnému invazivnímu výkonu (2, 5, 9, 16).

Druhým zásadním problémem je, kolik uzlů považovaných za benigní se později ukáže jako maligní. V jedné studii bylo z 26 uzlů, které po dobu 2 let nejevily žádné známky růstu (což je běžně považováno za znak benignity), 9 maligních. Absence růstu tedy predikuje benigní lézi pouze v 65 % případů. Často se také tvrdí, že neměnný obraz uzlíku po dobu 2 let je známkou jeho benignity. Toto tvrzení je však nutno brát s určitou rezervou, protože až 35 % uzlů, které nevykazují růst, může být ve skutečnosti maligních (17).

Takový diagnostický proces je nutně komplexní a leckdy zatěžující jak pro pacienta, tak zdravotnický personál i zdravotnickou ekonomiku. Medián počtu vyšetření je 4, přičemž běžně dostáváme i neprůkazné výsledky testů (např. bronchoskopické či jiné biopsie) (12).

Zvyšování povědomí a vzdělávání praktických lékařů, internistů, pneumologů, radiologů, onkologů a chirurgů o problematice SPN by mohlo zlepšit strategii jejich diagnostiky a terapie, což v konečném důsledku přispěje k lepší prognóze pacientů s plicním karcinomem v časném stadiu.

Invazivní diagnostické přístupy

Transthorakální (správněji, i když málo rozšířeně transparietální) jehlová biopsie

Transparietální plicní punkce (transthorakální jehlová biopsie, TTNB) je validním postupem pro histologickou diagnózu SPN. Tato metoda bývá často používána s úspěchem (až 91 %), nicméně pacienti s emfyzémem jsou predisponováni ke zvýšenému riziku pneumotoraxu po punkci. Přítomnost bronchogramu v SPN může indikovat riziko

závažných komplikací, jako je masivní hemoptýza nebo vzduchová embolie (5).

Perkutánní biopsie plicních lézí má jednu z nejvyšších četností komplikací mezi výkony prováděnými radiology, s obecně přijímanou mírou komplikací až 40 %. Pleurální recidiva nebo implantace nádorových buněk v dráze bioptické jehly byla zaznamenána u 8,6 % pacientů, kteří podstoupili biopsii tenkou jehlou, zatímco u těch, kteří byli vyšetřeni jinými diagnostickými modalitami, to bylo pouze 0,9 % (1, 5).

Bronchoskopické metody

Stále častěji se tedy logicky snažíme o bezpečnější postup, než je TTNB, jakým je endobronchiální přístup využívající flexibilní videobronchoskopii, ať už se skioskopem, nebo bez něj.

Konvenční bronchoskopie má při absenci endobronchiální patologie relativně nízkou diagnostickou efektivitu. Diagnostický zisk závisí především na velikosti uzlu – pro uzly o velikosti < 2 cm činí citlivost asi 34 %, u lézí o velikosti > 2 cm pak dosahuje 63 %. Výťažnost souvisí také se vzájemnou polohou průdušky a SPN. Pokud existuje bronchus vedoucí do léze (tzv. typ I), je diagnostický zisk až 60 %. Pokud bronchoskop s lézí pouze sousedí (typ III), citlivost metody činí jen asi 25 % (3).

Důležitý je i typ bioptického nástroje, kdy nejvyšší doloženou výťažnost má kombinace biopsie klíčkové a jehlové biopsie. Podstatný je také počet odebraných vzorků, kdy pokud je odebrán jen jeden, je výťažnost kolem 25 % a 40–50 % při odebrání 6 vzorků. V poslední době, kdy je možno využívat transbronchiální kryobiopsii tenkým kryokatétrem (1,1 mm), se tato možnost biopsie ukazuje jako velmi efektivní a může zvýšit pravděpodobnost diagnostického úspěchu až o 20 % (1, 2, 3, 4).

Zajímavými novými bioptickými nástroji jsou katétry GeneCut, které po napojení na odsávací systém odstrouhávají materiál, který se sbírá na filtru odsávačky.

Nyní se tedy začneme zabývat metodami endobronchiální navigace. Tyto metody jsou recentně využívány a kultivovány stále častěji. Můžeme je rozdělit na metody navigace k lézi a takzvaného point monitoringu (konfirmace správného místa biopsie).

Nejčastěji používanými metodami jsou (7, 8, 12):

1. radiální endobronchiální ultrazvuk (EBUS) a další metody point monitoringu,
2. virtuální navigovaná bronchoskopie (VNB),
3. elektromagneticky navigovaná bronchoskopie (ENB),
4. robotická bronchoskopie,
5. navigace pomocí cone-beam CT.

Tyto metody využívají dosti různé principy, mají však podobné výsledky.

1. Radiální EBUS je metoda point-monitoringu, která vyžaduje tenký bronchoskop (průměr 4 mm) a miniaturní radiální ultrazvukovou sondu (20 MHz). K vlastní navigaci je nutné použít skioskopii a k usnadnění správného zavádění obvykle potřebujeme vodící katétr guide sheet (GS) spolu s naváděcím zařízením se 2 klouby umožňujícím zavádění do užších periferních bronchiálních větví (CC-6DR-1). Za skioskopické kontroly se GS se zavedeným naváděcím zařízením

nasměruje do místa patologie viděné na skioskopii a poté se na místo CC-6DR-1 zavede rEBUS sonda. Tím verifikujeme správné místo odběru a provádíme biopsii (Obr. 1, 2).

Studie provedená v roce 2011 prokázala souhrnnou diagnostickou senzitivitu 73 % a novější studie z roku 2017 uváděla diagnostickou efektivitu u 70,6 % pacientů.

Metaanalýza odhalila, že diagnostický úspěch měla konfirmace pomocí rEBUS asi u 70 % (14).

2. Virtuální bronchoskopická navigace je jednou z metod, které se v současnosti klinicky používají ke zlepšení diagnostického výnosu u periferních plicních lézí. Skenovaná data z multidetektorového CT hrudníku získaná od pacientů před bronchoskopií jsou přenesena na pracovní stanici, na které software VBN automaticky vytvoří virtuální bronchoskopické snímky. Se stejným rozsahem hodnot pixelů endobronchiálního povrchu poskytuje 3rozměrná rekonstrukce simulaci endobronchiálního zobrazení a dají se tak získat po sobě jdoucí snímky vytvářející vjem podobný klasickému bronchoskopickému obrazu na monitoru umístěném vedle videobronchoskopické obrazovky. Podle CT hrudníku lze pak správnou dráhu bronchoskopu určit kalibrací plicních lézí. V současné době může technologie virtuální navigace dosáhnout bronchu 0 až 6 řádu (1). Diagnostická výtěžnost v případě, že užíváme kombinace VBN + EBUS, je vyšší než u pacientů, u kterých provádíme prostou rEBUS konfirmaci (7, 8), i když u několika studií tento rozdíl nebyl statisticky příliš významný. Užití VBN však jistě zkracuje dobu vyšetření, neboť se do blízkosti léze dostaneme dříve.

3. Elektromagnetická navigační bronchoskopie (ENB) je doporučována pro periferní léze obtížně dosažitelné pouze s konvenční bronchoskopií. Stejně jako u mnoha dalších moderních diagnostických modalit je diagnostický přínos, senzitivita a negativní prediktivní hodnota (NPV) ENB ještě ne zcela jistá a musí být stanovena prospektivními studiemi, zejména proto, abychom mohli věřit nemalignímu výsledku vyšetření. Bylo publikováno více než 220 studií ENB; většina z nich však byla retrospektivních, monocentrických a prováděných v nejšpičkovějších centrech. Kromě toho je dlouhodobé sledování při biopsii negativních nebo neurčitých diagnóz často obtížné. Zobecnění diagnostických údajů o výtěžnosti v literatuře ENB tedy není možné.

NAVIGATE je rozsáhlá multicentrická kohortová studie, která prospektivně vyhodnocuje diagnostický výnos ENB s důsledným sledováním, aby se zajistilo, že negativní nebo neurčité výsledky budou skutečně negativní. Průměry SPN ve studii jsou méně než 2 cm. Jsou k dispozici výsledky po 12 měsících, které prokazují úspěšnost 73 %. U pacientů s malignitou byla senzitivita a NPV 69 %, respektive 56 %. Mezi komplikace spojené s ENB patřil pneumotorax (2,9 %), závažné krvácení (1,5 %) a respirační selhání (0,7 %).

Uvádím ještě starší studie – studie provedená v roce 2011 uvedla souhrnnou senzitivitu 73 % a novější studie z roku 2017 uváděla diagnostickou efektivitu u 70,6 % pacientů (14).

Virtuální i elektromagnetická navigace bez tomosyntézy však trpí nedostatkem – takzvané CT to body divergence, což je chyba vzniká tím, že CT hrudníku je zaznamenáváno v maximálním nádechu, kdežto bronchoskopie je pak prováděna při klidném dýchání. Tento rozdíl pak může způsobit lokalizační chybu až 4 cm (8, 12).

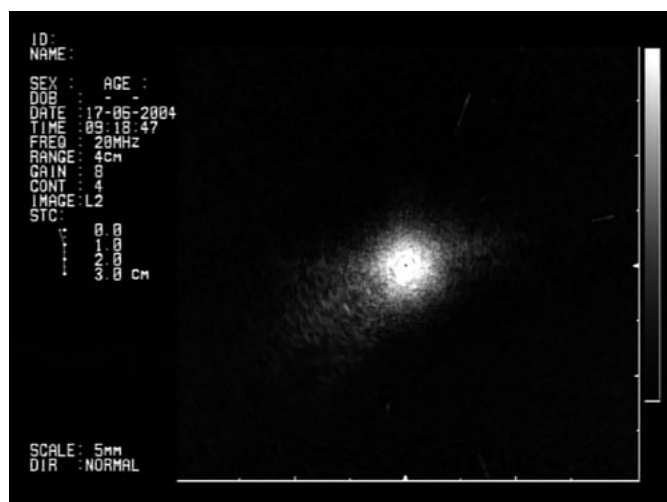
Významným diferenciativním nástrojem, který se může projevit jako principiální výhoda, je využití tomosyntézy. Spojení zobrazení skioskopu se zobrazením elektromagnetické navigace nám může umožnit odstranění zásadní nevýhody EMN, což je CT to body divergence – tedy artefaktů, které znemožňují správnou instalaci CT do obrazu EMN. Tento systém je nově inkorporován do systému Illumisite a jeho diagnostická úspěšnost pro uzly mezi 0,6–2 cm je popisována až na 82 % (8).

Existuje i systém tomosyntézy, který není spojený s EMN navigací – systém Bodyvison. Tento systém využívá speciálního softwaru ve spojení s daty získanými výkyvem skioskopu 60 stupňů na obě strany. Dle dostupných zpráv i zatím limitované osobní zkušenosti lze tímto systémem efektivně limitovat CT to body divergence problém a zároveň získat obraz nástroje v lézi s vysokou přesností.

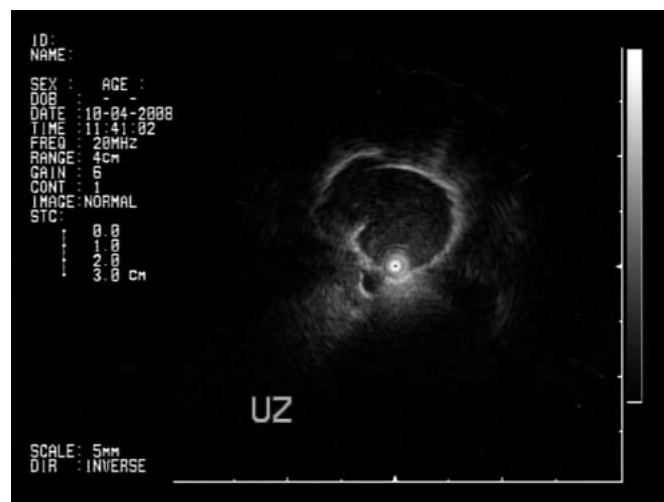
Roboticky navigovaná bronchoskopie

Robotická chirurgie je postupně zaváděna napříč mnoha obory, její indikace se již týká urologie, gynekologie, gastroenterologie i hrudní chirurgie. Nabízí potenciální výhody ve zlepšené obratnosti a zároveň dobré vizualizaci při zachování minimálně invazivních přístupů. Časné preklinické i klinické zkušenosti s robotickým endoskopem v převážně

Obr. 1. ???



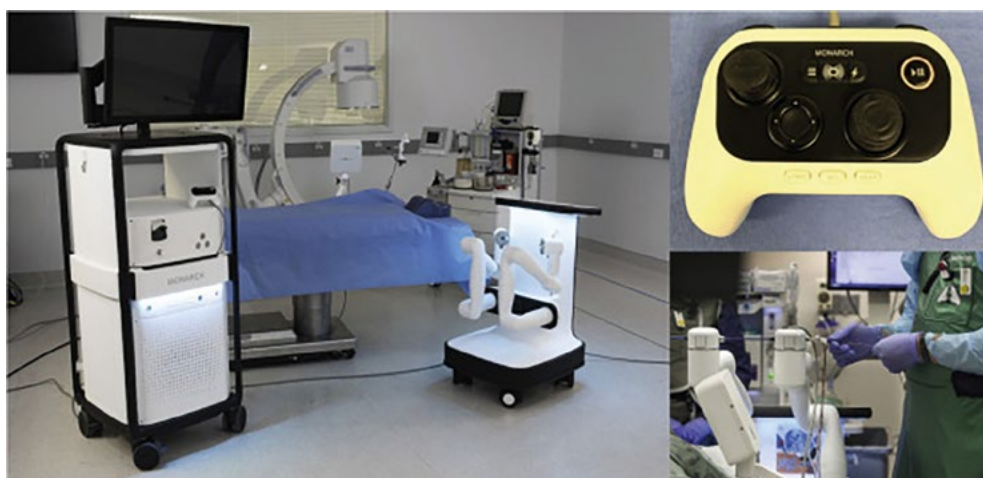
Obr. 2. ???



Obr. 4. ???



Obr. 3. ???



amerických centrech jsou však zatím nejednoznačné. Diagnostická účinnost v malých studiích se pohybuje mezi 40 a 80 % pro uzly, které jsou velikosti 0,8–2 cm (14). Na jednoznačnější výsledky a zejména výsledky kombinace s metodami bodové monitorace, jako je konfokální mikroskopie, OCT, či rEBUS si v evropských podmínkách ještě budeme muset počkat. V Evropě však již má CE značku robotický systém ION.

Využití cone-beam CT v bronchologické navigaci

Výpočetní tomografie s využitím kuželovitého svazku (CBCT) je dobře zavedenou zobrazovací metodou s mnoha osvědčenými aplikacemi v mnoha klinických oborech. V poslední době se CBCT objevil jako důležitý zobrazovací nástroj pro bronchoskopisty, primárně používaný během transbronchiální biopsie periferních plicních lézí. Pro tuto aplikaci se CBCT osvědčilo při navigaci zařízení k cílové lézi, při

potvrzování polohy nástroje v lézi a také při akvizici tkáně. Kromě toho již CBCT hraje důležitou roli ve studiích hodnotících bronchoskopickou ablací tím, že pomáhá určit umístění ablační sondy vzhledem k cílové lézi. Univerzálnější přijetí této technologie pro bronchoskopisty zatím omezuje cena zařízení, nikoliv radiační zátěž, která je vcelku nízká.

Závěr

Navigační metody v bronchoskopii mají při svém použití celou řadu překážek. Procedurální problémy, které brání přesnému plánování virtuálních cest k uzlu, jako nízká kvalita CT vyšetření, fyzické překážky, jako je hlenová zátka v menších dýchacích cestách, i CT to body divergence. Zejména v dolních lalocích může být někdy rozdíl v reálném a virtuálním cíli až 3 cm. Proto jsou rozvíjeny nové zobrazovací techniky, jako je cone-beam CT a shape sensing robotické systémy, které překonávají problémy s nádechem

i CT-to-body divergence a mohou výrazně zvýšit diagnostickou přesnost vyšetření. Dodatečné potvrzení polohy uzlu dnes dosahujeme většinou pomocí rEBUS, což může přispívat k ještě dalšímu navýšení diagnostické výtečnosti. V neposlední řadě je také nutné zlepšit v krátké budoucnosti

lokalizaci uzlů s průkazem nástroje v lézi (tool in lesion), aby bylo možné v budoucnu bezpečně aplikovat lokální ablativní terapii s minimálním poškozením zdravé plicní tkáně. Je to budoucnost, která je pro pacienty velmi nadějná a je také potěšitelná pro intervenční bronchology.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti: Publikace byla zpracována s využitím uvedené literatury a nebyla publikována ani zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Žádný. **Financování:** Ne. **Poděkování:** N/A. **Registrace v databázích:** N/A. **Projednání etickou komisí:** N/A.

LITERATURA

1. Chen S, Lin W, Liu W, et al. Pulmonary nodule malignancy probability. Clin Radiol. 2025;82:106788.
2. Chen D, Li W, Liu S, et al. Prevalence and management of pulmonary nodules: a systematic review and meta-analysis. J Thorac Dis. 2024;16(7):4619-4632.
3. Brunelli A, Dinesh P, Woodcock-Shaw J, et al. Ninety-day mortality after video-assisted thoracoscopic lobectomy: incidence and risk factors. Ann Thorac Surg. 2017;104(3):1020-1026.
4. Morris M, Habib S, Do Valle M, et al. Economic evaluation of a novel lung cancer diagnostic. J Health Econ Outcomes Res. 2024;11(2):74-79.
5. Constantinescu A, Stoicescu E, Iacob R, et al. CT-guided transthoracic core-needle biopsy. J Clin Med. 2024;13(23):7330.
6. Kim S, Mok J, Jo E, et al. The additive impact of transbronchial cryobiopsy using a 1.1-mm diameter cryoprobe on conventional biopsy for peripheral lung nodules. Cancer Res Treat. 2023;55(2):506-512.
7. Kho S, Lee J, Santorini T, et al. Performance of radial EBUS in tuberculosis-endemic regions. J Thorac Dis. 2023;15(11):6072-6083.
8. Hiddinga B, Slebos D, Koster T, et al. Additional diagnostic value of virtual bronchoscopy navigation. Lung Cancer. 2023;177:37-43.
9. Hao M, Fang Z, Ding J, et al. Effects of preoperative needle biopsy for lung cancer on survival and recurrence: a systematic review and meta-analysis. Surg Today. 2022;52(11):1832-1840.
10. Karnatapu S, Ekechukwu K, Doke S, et al. Application of radiology in management of incidental lung nodule. Ann Case Rep. 2022;7(3):1-8.
11. Vachani A, Zheng C, Liu I, et al. The probability of lung cancer in incidentally detected pulmonary nodules. Chest. 2022;161(2):562-571.
12. Mazzone P, Lam L. Evaluating the patient with a pulmonary nodule. JAMA. 2022;327(3):264-273.
13. Thandra K, Barsouk A, Saginala K, et al. Epidemiology of lung cancer. Contemp Oncol (Pozn). 2021;25(1):45-52.
14. Fiorelli A, Santini M, Vicidomini G, et al. Pulmonary hamartoma associated with lung cancer. Lung. 2021;199(4):369-378.
15. Toyoda T. Is needle biopsy a risk factor of pleural recurrence after surgery for non-small cell lung cancer? J Thorac Dis. 2020;12(5):2635-2643.
16. Zhang R, Tian P, Qiu Z, et al. Growth features of pulmonary nodules. J Thorac Dis. 2020;12(5):2019-2030.
17. MacMahon H, Naidich D, Goo J, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images. Radiology. 2017;284(1):228-243.
18. Choi H, Ghobrial M, Mazzone P. Models to estimate malignancy probability in pulmonary nodules. Ann Am Thorac Soc. 2018;15(10):1117-1126.
19. Callister M, Baldwin D, Akram A, et al. British Thoracic Society guidelines for the investigation and management of pulmonary nodules. Thorax. 2015;70(Suppl 2):ii1-ii54.
20. Gould M, Donington J, Lynch W, et al. Evaluation of individuals with pulmonary nodules: when is it lung cancer? Chest. 2013;143(5 Suppl):e93S-e120S.