Vyšetření zánětu	
1	**Obecný úvod k zánětu**
1. Vysvětlit, co je zánět, jaké má typy, shrnout jeho patofyziologii a děje, které využíváme pro zobrazení *2. Vysvětlit návaznost diagnostiky a lokalizace zánětu na terapii.* *3. Vysvětlit, jak dělíme metody NM používané pro lokalizaci zánětu.*	**Definice zánětu** • zánět je obranná reakce na infekci, poškození tkáně, cizorodý materiál nebo autoimunitní podnět • průkaz, charakterizace a lokalizace zánětu je zásadní pro terapii **Základní typy:** • infekční × sterilní (např. autoimunitní). • akutní × chronický; **Patofyziologie** • vazodilatace, zvýšená perfuze • zvýšená kapilární permeabilita • chemotaxe, adheze a migrace leukocytů do ložiska. **Klinický význam** • NM pomáhá hlavně lokalizací místa zánětu • přesná **lokalizace** rozhoduje o terapii: ○ antibiotika/protizánětlivá léčba, ○ drenáž abscesu, chirurgická revize, odstranění infikovaného materiálu ○ imunosupresivní léčba **Metody NM** • specifické (jen pro zánět) = značené leukocyty • nespecifické (využívají se i pro jiné indikace) = FDG PET, 3fázová scintigrafie skeletu • nepoužívané = ^{67}Ga (horší fyzikální vlastnosti, nižší kvalita obrazu, vyšší radiační zátěž) **Specifické druhy zánětů, významné v NM** • kardiovaskulární záněty • sarkoidoza • osteomyelitida a její dif. dg. • IBD
Shrnutí	**Zánět je obranná reakce napoškození tkáně. Jeho podkladem je vazodilatace, zvýšená perfuze a kapilární permeabilita, chemotaxe a migrace leukocytů do ložiska. V nukleární medicíně využíváme zejména migraci značených leukocytů, zvýšený metabolismus aktivovaných zánětlivých buněk při ^{18}F-FDG PET/CT a změny perfuze či kostní přestavby. Přesná lokalizace zánětu je klinicky zásadní, protože rozhoduje o způsobu léčby.**

Vyšetření zánětu	
2	**Značené leukocyty: princip, radiofarmakum a indikace**
4. Vysvětlit mechanizmus zobrazení značenými leukocyty, pro jaký typ zánětu je vyš. vhodné?	**Mechanismus zobrazení** • zánět vede k vazodilataci, zvýšené perfuzi, zvýšené permeabilitě kapilár a migraci leukocytů do postižené tkáně. • scintigrafie značenými leukocyty zobrazuje migraci granulocytů. • Princip: reinjekce označených leukocytů pacientovi, cirkulují a migrují do míst, kam by migrovaly i neznačené leukocyty. Zobrazuje se tedy buněčná zánětlivá odpověď, nikoli bakterie samotné. • metoda je nejvhodnější pro aktivní bakteriální, neutrofilní zánět. Méně vhodná je u sterilního zánětu, granulomatózních zánětů, některých chronických nízkoaktivních infekcí a u těžké leukopenie.
5. Vysvětlit principy značení leukocytů, pojmenovat/zařadit RF. .	**Radiofarmaka a mechanismy značení** • **in vitro značení:** standardní metoda. Po odběru krve se izolují autologní leukocyty, mimo tělo se označí radiofarmakem a po kontrole kvality se reinjikují pacientovi. o ^{99m}Tc-HMPAO značené leukocyty: nejčastější volba. Lipofilní komplex proniká do buňky, intracelulárně se mění na hydrofilní formu a zůstává zachycen v leukocytu. Výhodou metody je dobrá dostupnost, nižší radiační zátěž a vhodná energie pro SPECT/CT. • **in vivo značení:** radiofarmakum **(značená protilátka nebo její fragment)** se podává přímo pacientovi a váže se na granulocyty přímo v těle pacienta. U leukocytů se používá méně často než in vitro značení o protilátky jsou monoklonální, z myších kulturpři opakovaném podání mohou indukovat tvorbu HAMA (human anti-mouse antibodies) s rizikem anafylaktické reakce
6. Vyjmenovat hlavní indikace vyšetření.	**Hlavní indikace** • osteomyelitida periferního skeletu. • infekce kloubních náhrad – odlišení septického a aseptického uvolnění. • diabetická noha – odlišení osteomyelitidy od infekce měkkých tkání a od Charcotovy osteoartropatie. • infekce cévních protéz a jiných cizorodých materiálů. • nitrobřišní absces nebo pooperační infekce při nejasném nálezu na UZ/CT. • u infekční endokarditidy • doplňková metoda u IBD
Shrnutí	**Scintigrafie značenými leukocyty zobrazuje migraci autologních granulocytů do místa aktivního zánětu, vhodná pro bakteriální neutrofilní infekce. Základní metodou je in vitro značení leukocytů, ; in vivo značení využívá značené anti-granulocytární protilátky nebo jejich fragmenty, mohou vést k tvorbě HAMA protilátek a při opakovaném použití k anafylaktické reakci. Hlavní využití je u osteomyelitidy, infekce kloubních a cévních protéz, diabetické nohy, nitrobřišních abscesů či pooperačních infekcí, dále u infekční endokarditidy a doplňkově u IBD.**

Vyšetření zánětu	
3	**Značené leukocyty: příprava pacienta a provedení vyšetření**
7. Popsat přípravu pacienta před vyš. značenými leukocyty. *8. Vysvětlit průběh vyšetření.* *9. Vysvětlit výhody a nevýhody značení in vivo a in vitro.*	**Příprava pacienta:** • speciální příprava obvykle není nutná; pacient by měl být nalačno (ovlivnění účinnosti značení). • před vyšetřením by měly být známy hodnoty krevního obrazu. **Provedení vyšetření** • **in vitro:** ○ odebere se žilní krev, leukocyty se separují a označí radiofarmakem; ○ po kontrole kvality se značené buňky podají zpět intravenózně. ○ vyšetření je časově delší: pacient přichází na odběr, následně čeká na přípravu radiofarmaka a poté se provádí reinjekce a zobrazení. • **in vivo:** ○ stanovuje se hladina HAMA protilátek ○ aplikuje se standardně připravené RF (značená protilátka) • snímkuje se obvykle časně a opožděně – obvykle se volí intervaly 0,5 – 4 hod, obvykle se doplňuje akvizice po 24 hod. • podle lokalizace a klinické otázky se doplňuje SPECT/CT, které zlepšuje anatomickou lokalizaci ložiska a odlišení kostní či měkkotkáňové infekce.
Shrnutí	**Pacient má být lačný a před vyšetřením mají být známy hodnoty krevního obrazu. U in vitro postupu se odebere žilní krev, separují a označí leukocyty, po kontrole kvality se reinjikují a následně se provádí časné i pozdní zobrazení. U in vivo postupu se podává standardně připravené radiofarmakum a kontroluje se přítomnost HAMA protilátek. Snímkování probíhá obvykle v intervalech 0,5–4 hodiny a často také po 24 hodinách; podle klinické otázky se doplňuje SPECT/CT k přesné anatomické lokalizaci nálezu.**

Vyšetření zánětu	
4	**Značené leukocyty: interpretace vyšetření, alternativy**
10. Shrnout interpretaci vyšetření. Zmínit specifické termíny používané v nálezech.	**Interpretace** • hodnotí se lokalizace, intenzita a hlavně dynamika akumulace mezi časným a pozdním zobrazením. • lze hodnotit vizuálně, popř. srovnáním číselných hodnot aktivity v ROI nad místem susp. zánětu. • pro infekci svědčí ložisková akumulace, která v čase přetrvává nebo narůstá. • při dg. osteomyelitidy lze doplnit scintigrafii kostní dřeně – v místě zánětu je redukovaná, je zde defekt • obecně je metoda méně senzitivní, ale specifická.
11. Vyjmenovat alternativy, popsat stručně výhody a nevýhody.	**Alternativy scintigrafie značenými leukocyty** • **^{18}F-FDG PET/CT:** vysoká citlivost a celotělové zobrazení, vhodné např. u FUO a vaskulárních graftů ; nevýhodou je nižší specificita při sterilním zánětu a pooperačních změnách. • **třífázová scintigrafie skeletu:** velmi citlivá na kostní přestavbu, ale má nízkou specificitu pro infekci. • **MR:** výborné anatomické rozlišení měkkých tkání a kostní dřeně, užitečná u osteomyelitidy a spondylodiscitidy; limitací mohou být artefakty z kovu, obecné kontraindikace MR a horší odlišení časných pooperačních změn. • **CT/USG:** rychlé a dostupné metody pro abscesy, kolekce a navigaci punkce; nevýhodou je nižší schopnost odlišit aktivní infekci od sterilních pooperačních nebo reaktivních změn.
Shrnutí	**Pro infekci svědčí ložisková aktivita, která v čase přetrvává nebo narůstá. Hlavními alternativami jsou ^{18}F-FDG PET/CT, scintigrafie skeletu, MR, CT a UZ.**

Vyšetření zánětu	
5	**FDG PET v diagnostice zánětu**
1. *Vysvětlit mechanizmus zobrazení zánětu při použití FDG.* 2. *Vysvětlit hlavní indikace a roli FDG PET u zánětu.* 3. *Diskutovat výhody a nevýhody FDG PET u zánětu.*	**Mechanismus zobrazení** • zánětlivá tkáň má často zvýšený metabolismus glukózy. Důvodem je aktivace zánětlivých buněk, zejména leukocytů a makrofágů. • na PET/CT se aktivní zánět zobrazí jako **ložisko zvýšené akumulace FDG**. • FDG tedy nezobrazuje přímo bakterie, ale **metabolickou aktivitu zánětlivé reakce**. • zánět může být infekční i aseptický. Pozitivní FDG nález neznamená automaticky bakteriální infekci. **Hlavní obecné indikace** • **obecně FDG není metoda pro každé podezření na zánět, ale pro specifické situace a definované klinické otázky.** Často také zjišťujeme zánět jako vedlejší nález u onkologického vyšetření. • horečka nejasné etiologie / zánět nejasné lokalizace, • kardiovaskulární záněty • spondylodiscitida a některé formy chronické osteomyelitidy, • sarkoidóza **Výhody** • vysoká senzitivita, • celotělové zobrazení při nejasné lokalizaci zánětu, • dobré prostorové rozlišení, • hybridní PET/CT umožní spojit metabolickou informaci s anatomií, • užitečné zejména tam, kde konvenční zobrazování nemá jasný nález **Limity** • horší specificita: FDG se akumuluje i v nádorech a aseptických zánětech, • fyziologická akumulace komplikuje hodnocení mozku, ledvin, střev, svalů a hlavně myokardu, • pooperační změny a hojení mohou být falešně pozitivní, • vyšší cena a horší dostupnost oproti základním zobrazovacím metodám, • interpretace musí vždy vycházet z kliniky, laboratorních hodnot, CT korelátu a znalosti časového odstupu od operace nebo výkonu.
Shrnutí	**^{18}F-FDG PET/CT zobrazuje zvýšený glukózový metabolismus aktivovaných zánětlivých buněk, nikoli původce infekce. Je vhodné zejména při horečce nejasné etiologie, zánětu nejasné lokalizace, kardiovaskulárních infekcích, spondylodiscitidě, vybraných chronických osteomyelitidách a sarkoidóze. Hlavní výhodou je vysoká senzitivita, celotělové zobrazení a přesná anatomická lokalizace pomocí PET/CT. Hlavním limitem je nižší specificita, protože FDG se akumuluje také v nádorech, aseptickém zánětu, pooperačních a hojivých změnách...; interpretace proto musí vždy vycházet z kliniky, laboratorních hodnot a CT korelátu.**

Vyšetření zánětu	
6	**Kardiovaskulární záněty**
1. *Vysvětlit důvody a provedení specifické přípravy pacienta před FDG PET srdce pro podezření na zánět/tumor.* 2. *Vysvětlit jak vzniká infekční endokarditida a co tvoří základ diagnostiky.* 3. *Vysvětlit, kdy lze k dg. IE použít FDG PET a jak se na obraze projeví.* 4. *Vysvětlit, jak se vaskulitidy dělí, a u kterých typů se využívá FDG PET.*	**Kardiovaskulární záněty** • záněty (tumory) v oblasti srdce vyžadují pro vyš. s FDG specifickou přípravu. Cílem je zachytit fokálně zvýšenou akumulaci. K jejímu odlišení musí být suprimovaná akumulace ve zdravém myokardu. Samotné lačnění obvykle nestačí. Týká se infekční endokarditidy, peri/myokarditid, sarkoidozy srdce, vzácně tumorů srdce • **nutný přesmyk metabolizmu myokardu na β-oxidaci mastných kyselin** o 24 hodin HFLC dieta (high fat low carbohydrate) – omezení příjmu sacharidů, maximum tuků a proteinů o prodloužené lačnění – cca 12 bod (poslední jídlo podat večer před vyš. podle speciální diety) • **infekční endokarditida** o infekce endokardu, nejčastěji chlopní. o často postiženy jako vegetace – směs fibrinu, regresivní tkáně, bakterií a zánětlivého infiltrátu. o základ diagnostiky tvoří: o klinický obraz, o hemokultury, o echokardiografie. o IE obvykle nevzniká na zdravé chlopni, obvykle na nějak změněné o chlopenní vada (stenóza, regurgitace) o terén chlopenní náhrady o FDG PET/CT není první vyšetření u každého pacienta s podezřením na endokarditidu. Využívá se hlavně v nejasných případech, zejména u protetických chlopní a implantovaného materiálu (stimulátory, pacemakery). Lze využít i scintigrafii značenými leukocyty. o „jícnové echo + klinika + hemokultura = základ; nejasné případy = PET/CT nebo značené leukocyty o známkou IE je fokální hyperaktivita v oblasti chlopenního aparátu, dg. podporuje i zobrazení septických embolů (slezina) • **vaskulitidy** • existuje řada typů vaskulitid, dělíme podle klinických kritérií a diametru postižených cév • pro PET jsou relevantní vaskulitidy velkých cév, kvůli rozlišení kamery. Změny drobných tepen v současnosti zobrazovat detailně nelze, je možné zobrazit orgánové projevy. • klinika nespecifická, častá příčina FUO (teploty, zánětlivá aktivace, bez dalších příznaků). • vyšetřujeme hlavně aortitidy a postižení jejích větších větví. Bez specifické přípravy, běžný onkologický protokol. • obraz difuzně zvýšení akumulace ve stěně cév, ev. ztluštění na CT o **velkobuněčná arteritis** – typicky starší pacienti, patří sem temp. arteritis, . Asociuje se s kloubním postižením (polymyalgia rheumatica). o **Takayasu arteritis** – spíše mladší pacienti, působí stenozy o **infekční aortitidy, infekce/zánět aneuryzmat** – spíše vzácné

5. *Vyjmenovat další kardiovaskulární záněty, kdy se může FDG PET uplatnit.*	• odlišit od sebe jen dle PET nelze • **peri/myokarditidy** – FDG PET může pomoci s diagnózou • postižení srdce při **sarkoidoze** – možná příčina komorových arytmiií, FDG může oproti MR ukázat aktivní zánět. • **záněty cévních náhrad** – cévní náhrada je cizorodý materiál, může dojít k uchycení a růstu bakterií a zánětlivé reakci. Obtížně zobrazitelné, důležité pro další léčbu – atb/explantace materiálu.
Shrnutí	**^{18}F-FDG PET/CT u kardiovaskulárních zánětů zobrazuje ložiskově nebo difuzně zvýšený metabolismus aktivovaného zánětu v oblasti srdce, chlopní, cévní stěny nebo cévních náhrad. U srdečních indikací je nutná specifická příprava se supresí fyziologické akumulace FDG v myokardu, obvykle HFLC dieta a prodloužené lačnění. Metoda se využívá hlavně u nejasné infekční endokarditidy, zejména při protetických chlopních a implantovaném materiálu, dále u vaskulitid velkých cév, zánětu cévních protéz, perimyokarditid a srdeční sarkoidózy. Hlavní přínos je přesná lokalizace aktivního zánětu a odlišení lokálního, systémového nebo materiálového postižení, což ovlivňuje volbu antibiotické, imunosupresivní, intervenční nebo chirurgické léčby.**