

Kontrastní vyšetření v rentgenologii

Obecné zásady a kontrastní látky

MVDr. Pavel Proks, Ph.D.

MVDr. Dominik Komenda

Oddělení zobrazovacích metod

Klinika chorob psů a koček

Fakulta veterinárního lékařství

Veterinární a farmaceutická univerzita Brno

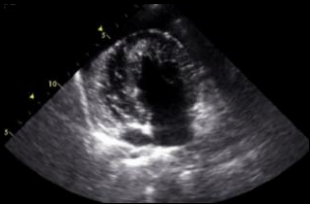
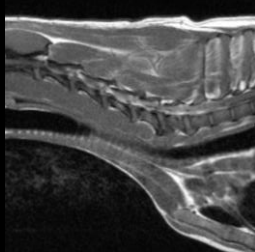
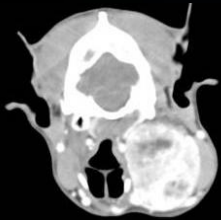
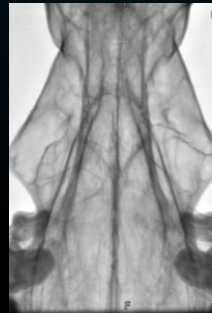
Projekt IVA 2018FVL/1660/11

Tento studijní materiál je určen výhradně studentů FVL a FVHE VFU Brno jako podklad pro přípravu na zkoušku z předmětu Zobrazovací diagnostika a následně pro další rozšiřující studium. Jakékoli šíření tohoto materiálu nebo jeho části bez souhlasu autorů je zakázáno.

Nativní vyšetření vs. kontrastní vyšetření



Využití kontrastního vyšetření



• RTG

• Skiaskopie

• CT

• MRI

• USG

BĚŽNÉ

**V ČR POUZE
OJEDINĚLE,
EXPERIMENTÁLNĚ**

V klinické praxi jsou kontrastní RTG nahrazovány nativním USG vyšetřením.

Kontrastní látky pro jednotlivé modalitty

RTG, skiaskopie

- baryové k. l.
- jodové k. l.
- plyny

USG

- stabilizované „mikrobubliny“ fluoridu sírového

CT

- baryové k. l.
- jodové k. l.
- mléko (do GIT)

MRI

- cheláty gadolinia

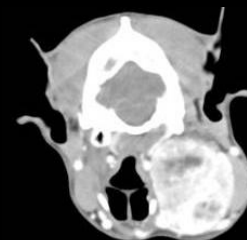
Kontrastnímu vyšetření musí vždy předcházet zhotovení nativních RTG snímků!

PROČ ?

- Případné odhalení patologie na nativním RTG
- Pro nastavení expozičních hodnot
 - negativní kontrastní studie ↓ mAs o 30%
 - pozitivní kontrastní studie ↑ mAs o 30%
- Zhodnocení náplně GIT (superpozice s vyšetřovanými orgány, interference s kontrastním vyšetřením)

K čemu slouží kontrastní vyšetření?

- Vizualizace normálně RTG obtížně zobrazitelných orgánů (jícen)
- Posouzení integrity orgánu (ruptury)
- Posouzení intraluminální patologie (cizí tělesa)
- Posouzení murální patologie (vředy)
- Posouzení extramurální patologie (komprese)
- Posouzení funkce (vylučování)
- Posouzení krevního zásobení tkáně



Dělení kontrastních vyšetření

Časté

- Myelografie
(*velmi časté*)
- Esofagografie
- Gastroenterografie
- Kolonografie
- Uretrografie
- Vylučovací
nefrografie
- Cystografie
- Artrografie
- (Epidurografie)
- (CT kontrastní
vyšetření)

Zřídka používané

- Angiografie
- Dakryocystografie
- Sialografie
- Cholangiografie
- Pozitivní
peritoneografie
- Diskografie
- Vaginografie

Nepoužívané (obsolentní)

- Pneumoperitoneografie
- Pneumoperikardiografie
- Pneumoventrikulografie
- Salpingografie

RTG kontrastní látky

Pozitivní (opacita kovu)

Negativní (opacita plynu)

Baryové (Ba^{56})

Jodové (I^{53})

- práškové
- pasty
- suspenze

Rozpustné v oleji
(vyučovány játry)

Vodorozpustné

Cholegrafické
(vyučované játry)

Urografické
(vyučovány ledvinami)

Monomery

Dimery

Ionické

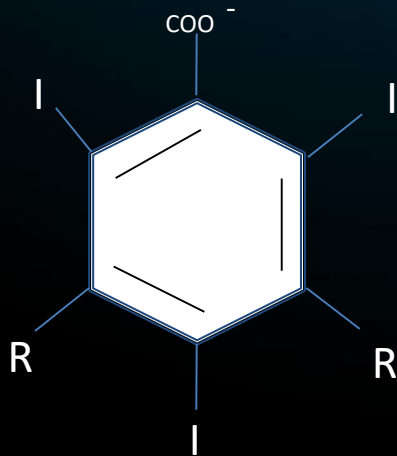
Neionické

Ionické

Neionické

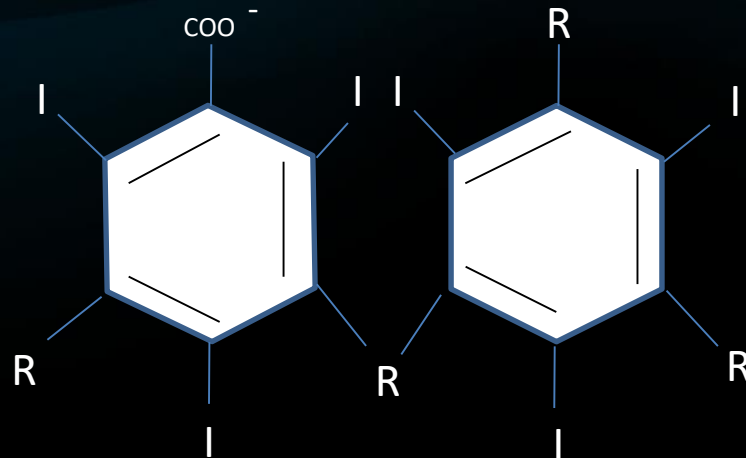
Chemické složení - jodové ionické k. l.

Monomer



iothalamát, diatrizoát, iodamide, metrizoát

Dimer



ioxaglát

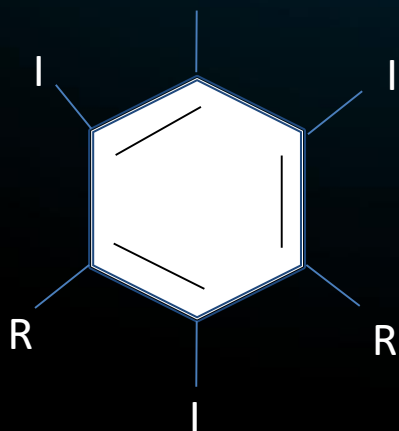
Jedná se o soli sodíku (Na^+) a megluminu (Megl^+) nebo jejich kombinace.
V roztocích disociují, vysoce osmoticky aktivní.

Sodík - vysoce farmakologicky aktivní.

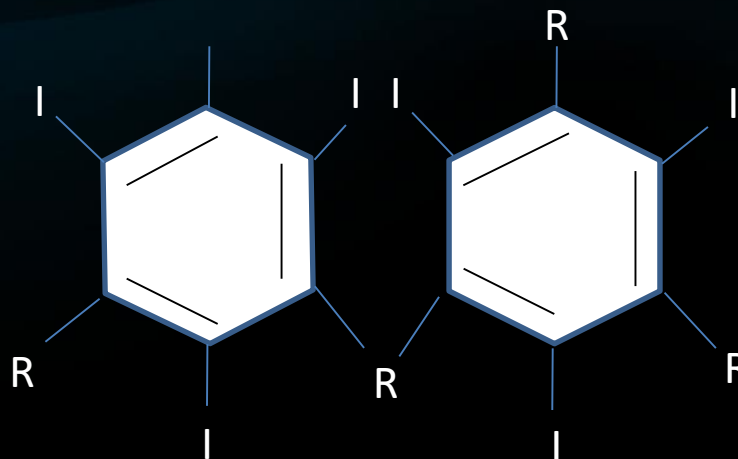
Meglumin- organická látka, zvyšuje viskozitu, má diuretický účinek.

Chemické složení - jodové neionické k. I.

Monomer



Dimer



metrizamid, iohexol, iomeprol, iopamidol, iopentol, iopromide

Obsahují nedisociující organické řetězce.

Vylučování jodových k. l.

Vodorozpustné KL

- vylučovány ledvinami - glomerulární filtrací
- nedochází k reabsorpci k. l.



V malém množství dochází k vylučování vodorozpustných k. l. i játry a žlučí (vazba na sérové proteiny a transport do jater (iodipamid meglumin - cholegrafin)).

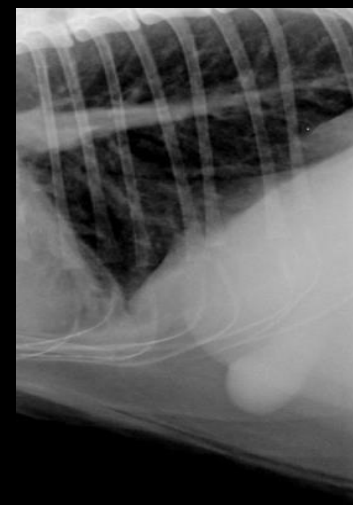
Liposolubilní KL

- vylučovány játry - následně žlučí do GIT

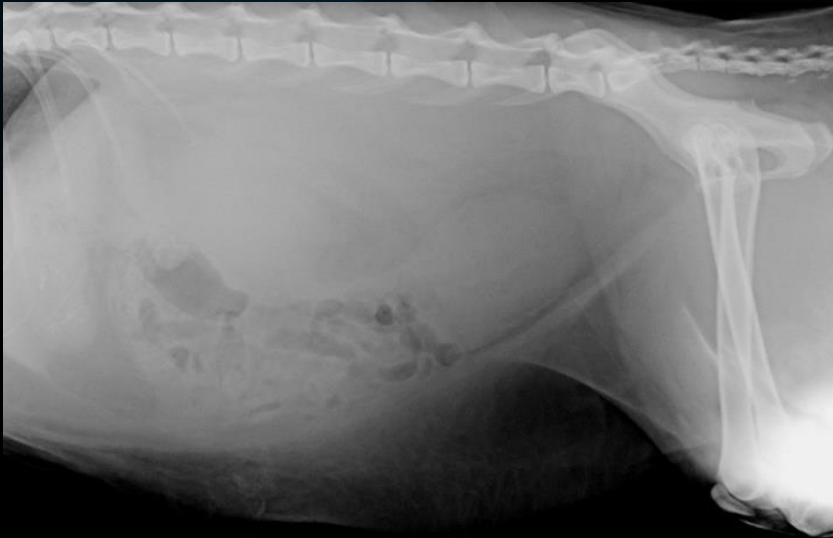
Př. :

Calcium-iopodat - p.o.

Meglumin-iotroxat - i.v.



Vylučování jodových k. I.



Aplikace jodové k. I. do podkoží



RTG dutiny břišní - **vylučovací nefrografie, retrográdní ureterocystografie**

K. I. ve žlučovém měchýři, střevech a ledvinách pochází z předchozího dne.

Vlastnosti jodových k. I.

viskozita

osmolalita

chemotoxicita

LD₅₀

ovlivněny koncentrací k. I.

Vlastnosti jodových k. l.

Viskozita

- ovlivňuje rychlost aplikace (vyšší teplota → nižší viskozita)
- **monomery** (nižší viskozita) vs. **dimery** (vyšší viskozita) při srovnatelné teplotě

Osmolalita

- schopnost táhnout tekutiny přes semipermeabilní membrány
- osmotický tlak je určený počtem rozpuštěných částic v roztoku
- osmolalita krevní plazmy a cerebrospinálního moku je 290 mOsm/kg H₂O
- osmolalita jodových ionických k. l. 5 - 8 x vyšší (hyperosmolální)
- osmolalita jodových neionických k. l. 1 - 2,5 x vyšší (nízko a izoosmolální)

↑ *osmolalita* = ↓ *tolerovatelnost*

Vlastnosti jodových k. I.

Chemotoxicita

- toxický efekt nevysvětlitelný jiným způsobem (osmolalitou)
 - **hydrosolubilita** → rozpustnost ve vodě
 - **liposolubilita** → rozpustnost v tucích
 - toxicita kontrastních látek koreluje s jejich rozpustností v tucích
 - zodpovídá za ↑ toxicitu ionických k. I.
- **Schopnost vázat se na proteiny**
 - ↑ vazba na plazmové proteiny = ↑ chemotoxicita (vylučovány játry)
 - ↓ vazba na plazmové proteiny = ↓ chemotoxicita (vylučovány ledvinami)
- **Schopnost uvolňovat histamin** - charakterizuje alergickou reakci
(% uvolněného histaminu z mastocytů)

Vlastnosti jodových k. I.

LD₅₀

- 21 g jódu / kg hmotnosti (pro myš)
- otrava kontrastní látkou (osmotoxický efekt)
- nevyovídá nic o možné idiosynkratické reakce na jodový kontrast

Obecné maximálně doporučované dávky i.v. aplikace:

Pes - 35 g / pro toto (cca 90 ml dle koncentrace k. I.)

Kočka - 15 ml / pro toto

Bezpečnost jodových k. I. - vedlejší reakce

Vedlejší reakce **závislé**
na množství a koncentraci k. I.

(osmolalita a elektrický náboj)

- Vazodilatace → pocity tepla
→ hypotenze
- Bolestivost
- Deprese srdeční činnosti
(dočasné snížení Ca^{2+} ,
 K^{+} , Mg^{2+} , krátkodobá acidóza)

Vedlejší reakce **nezávislé**
na množství a koncentraci k. I.

- Nauzea, vomitus
- Alergická (hypersenzitivní) reakce
(*chybí důkazy o přítomnosti
antigenu, pravá příčina není
objasněna, jsou nepředvídatelné*)
- Kopřivka, bronchospasmus,
laryngospasmus

Bezpečnost jodových k.l. - vedlejší reakce

Lehké

nauzea, vomitus, pruritus, hypersalivace

Střední

tachykardie, hypotenze, zvracení, laryngospasmus, bronchospasmus, faciální edém

Těžké

kardiovaskulární selhání, zástava dechu, anafylaktický šok, hypotenzní šok, křeče, k. l. indukované selhání ledvin

Incidence vedlejších příznaků u zvířat není spolehlivě zmapována.

Nízko osmolální - 4 x nižší incidence vedlejších příznaků než hyperosmolální

V humánní medicíně - incidence středně těžkých reakcí cca 1%

- mortalita 1 : 10 000 – 1 : 169 000 (průměrně 1 : 75 000)

- chybí důkazy o rozdílené mortalitě nízko- a hyperosmolálních k. l.

Bezpečnost jodových k. I. - vedlejší reakce

Chemotoxicita k. I.

- je nepřímo úměrná k rozpustnosti kontrastní látky (určeného délkou postranního řetězce)
- \uparrow Na^+ (disociace z ionických kontrastních látek) nepříznivě působí na pacienty s onemocněním srdce, jater a ledvin
- \uparrow koncentrace Na^+ zvyšuje negativní účinky způsobené osmotickou aktivitou (vazodilatace)
- ojediněle toxicita způsobená I^-
- způsobená navázáním molekul kontrastní látky nebo její části na enzymatické proteiny (indikátorem chemotoxicity je inhibice acetylcholinesterázy)

Ionizace k. I.

- ionické k. I. se v krvi rozkládá na ionty, které potom mění základní fyziologické reakce
- \uparrow Na^+ , elektrolytová dysbalance, kardiotoxicita

Bezpečnost jodových k. I. - vedlejší reakce

Hyperosmolarita k. I.

→ především iodové ionické k. I.

- zvyšuje permeabilitu kapilár, poškozují endotel cév a zvyšuje riziko tvorby krevních sraženin
- zvyšují permeabilitu cév a tím zvyšují propustnost hematoencefalické bariéry
- poškozují červené krvinky, které zvyšují riziko tvorby trombů v kapilárách
- způsobuje vasodilataci cév, hypotenzi
- pocity tepla při aplikaci
- zvyšují diurézu
- akutní renální selhání (predisponující faktory - renální insuficience, dehydratace, kongestivní srdeční selhání, cukrovka, multipní myelom)
- nauzea, vomitus, mdloby, bolesti hlavy

Kontraindikace jodových k. I.

Absolutní kontraindikace

- známá přecitlivělost na jodové k. I.
- anurické selhání ledvin
- šokový stav (dehydratace)
- výrazná urémie (urea ≥ 17 mmol/l, kreatinin ≥ 350 μ mol/l)

Relativní kontraindikace

- uremie
- onemocnění ledvin, srdce, jater, CNS
- diabetes mellitus, multipní myelom, feochromocytom, astma, thyreotoxikóza

Scintigrafie s radioaktivním jodem by se neměla provádět min. 2 měsíce po podání jodové k. I.

K. I. indukované selhání ledvin (CIN)

Akutní zhoršení funkce ledvin vzniklé po podání jodové k. I., když byla vyloučena jiná příčina zhoršení funkce ledvin.

Definice:

- zvýšení sérové hladiny kreatininu o více než 25% nebo o 44 $\mu\text{mol/l}$ během 48-72 h oproti hladině kreatininu před podáním jodové k. I.

Patogeneze:

- není přesně známa
- incidence u zvířat není známa
- rizikovější intraarteriální podání jodové k. I.

Predispoziční faktory:

- diabetická nefropatie, dehydratace, geriatrický věk, vysoká dávka jodové k. I., dekompenzovaná kardiomyopatie, nefropatické léky (NSAID, cytostatika, gentamycin)

Prevence nežádoucích účinků

Alergologická
anamnéza

Příprava pacienta
(hydratace)

Zahřáté na tělesnou
teplotu

Přiměřené množství
kontrastní látky

Premedikace
(kortikosteroidy,
antihistaminika)

Uchovávání kontrastních látek

- Chránit před světlem (citlivost zejména na ultrafialovou složku s vlnovou délkou delší než 450 nm), světlo může indukovat pokles pH a uvolňování anorganického jódu
- Nevystavovat RTG paprskům (citlivost na RTG paprsky však relativně malá)
- Uchovávat při pokojové teplotě (krystalizace při nízkých teplotách!)

Stabilita

V přípravcích jsou podpůrné stabilizační látky, které mohou vést rovněž k rozvoji nežádoucích reakcí.

Stabilita garantována výrobcem většinou 3 - 5 let

Vodorozpustné jodové k. I. ionické

Účinná látka	Přípravek	Vlastnosti			Indikace	
		dimer/monomer	atomy jódu	osmolarita (mOsm)	angiografie / cystografie	GIT
iothalamová kyselina	Conray	monomer	3	hyper (1500)	+	-
natrium/meglumin/oxitalamová kyselina	Telebrix	monomer	3	hyper (1500)	+	+
natrium/meglumin diatrizoat	Urografin	monomer	3	hyper (1500)	+	-
natrium/meglumin diatrizoat	Gastrografin	monomer	3	hyper (1500)	-	+
iodamide	Uromiro	monomer	3	hyper (1500)	+	-
metrizoat	Isopaque	monomer	3	hyper (1500)	+	-
natrium/meglumin ioxaglat	Hexabrix	dimer	6	hypo (600 – 700)	+	-

Osmomolalita krevní plazmy a mozkomíšního moku je 290 mOsm/kg H₂O.

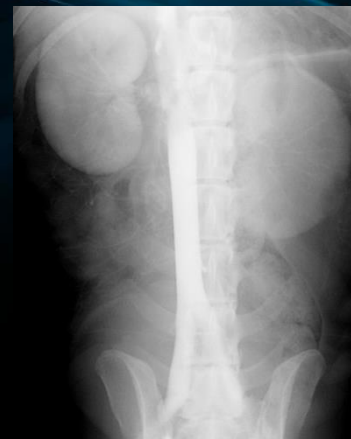
Vodorozpuštěné jodové k. I. - neionické

Účinná látka	Přípravek	Vlastnosti			Indikace	
		dimer/monomer	atomy jódu	osmolarita (mOsm)	angiografie / cystografie	GIT
iobitridol	Xenetix	monomer	3	hypo (600 - 700)	+	-
iohexol	Omnipaque	monomer	3	hypo (600 - 700)	+	-
iomeprol	Iomeron	monomer	3	hypo (600 - 700)	+	-
iopamidol	Scanulax, Iopamigta	monomer	3	hypo (600 - 700)	+	-
iopentol	Imagopaque	monomer	3	hypo (600 - 700)	+	-
iopromide	Ultravist	monomer	3	hypo (600 - 700)	+	-
iodixanol	Visipaque	dimer	6	Izo (300)	+	+
iotrolan	Isovist	dimer	6	Izo (300)	+	+
ioversol	Optiray	monomer	3	Izo (300)	+	-
metrizamid	Amipaque	monomer	3	hypo (600 - 700)	+	-

Jodové k. l. - ionické

Indikace:

- Angiografie
- Vylučovací nefrografie
- Artrografie
- Fistulografie
- Uretrografie
- Vaginourethrografie
- Cystografie (v ředěné formě)
- Kontrastní vyšetření GIT

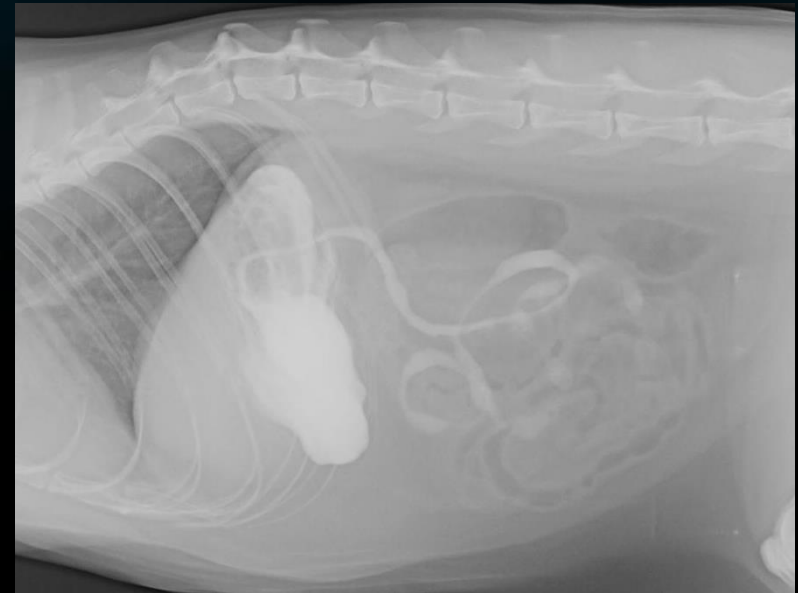


Telebrix – 300 - 380 mg/ml, lze ředit fyziologickým roztokem na odpovídající koncentraci

Jodové k. I. - ionické

Kontrastní vyšetření GIT:

- Nižší kontrast než baryové k. I.
- Osmoticky aktivní - dehydratace, projímavé účinky
- V průběhu pasáže GIT se ředí
- Ve srovnání s baryovými k. I. zrychlená pasáž
- Při aspiraci hrozí riziko edému plic!



K. I. v žaludku a proximální části tenkých střev

Jodové k. I. - neionické

- Stejné indikace jako jodové ionické k. I. (v průběhu pasáže GIT se méně ředí)
- Nižší riziko nežádoucích reakcí



Myelografie (jsou-li určeny k intrathekální aplikaci)

Epidurografie (jsou-li určeny k intrathekální aplikaci)

(Diskografie)



Myelografie

Olejové jodové k. I.

- dnes nepoužívané (př. Lipidol®)
- vazba na sérové proteiny-vylučovány játry (žlučí)
- časté nežádoucí reakce

Indikace:

- Kontrastní vyšetření žlučového měchýře - vazba na proteiny - vylučovány žlučí
- Kontrastní vyšetření lymfatického systému

Baryové kontrastní látky

Baryum sulfát

Indikace:

- vyšetření GIT

Výhody:

- biologicky inertní (vylučuje se v nezměněné podobě)
- nevstřebává se z GIT
- vysoce opakní
- vysoká adheze ke sliznicím
- není hypertonický (osmoticky aktivní)
- antacidum
- adsorbens



Baryové k. I.

Baryum sulfát

Kontraindikace:

- ruptury GIT!

relativní kontraindikace - ruptura žaludku a střeva

absolutní kontraindikace - ruptura jícnu

Nevýhody:

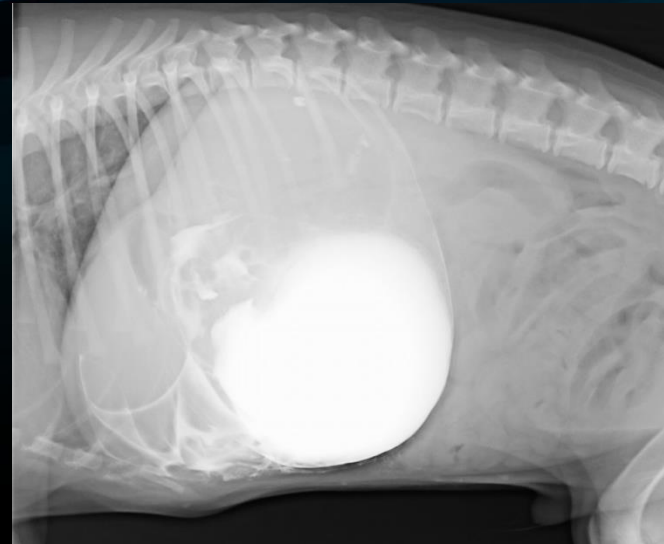
- Při kontaktu se serózami způsobuje granulomatózní zánět a následné adheze
- Znemožňuje bezprostřední endoskopické a ultrasonografické vyšetření
- Asfyxie - při aspiraci většího množství k. I.
- Může způsobovat obstipace (velmi obezřetné použití u plazů!)



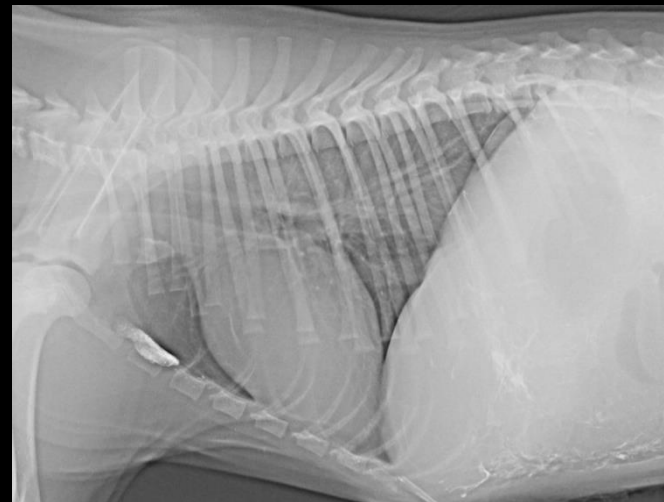
Baryová k. I. se zobrazuje jako hyperchogenní linie s anechogenním stínem

Baryové k. I.

- Riziko vzniku granulomatózních zánětů! (při kontaktu se serózami)
- Uniklou k. I. nutné odstranit do 1 - 3 hod
- Baryový kontrast je vychytáván makrofágy a transportován do regionálních mízních uzlin

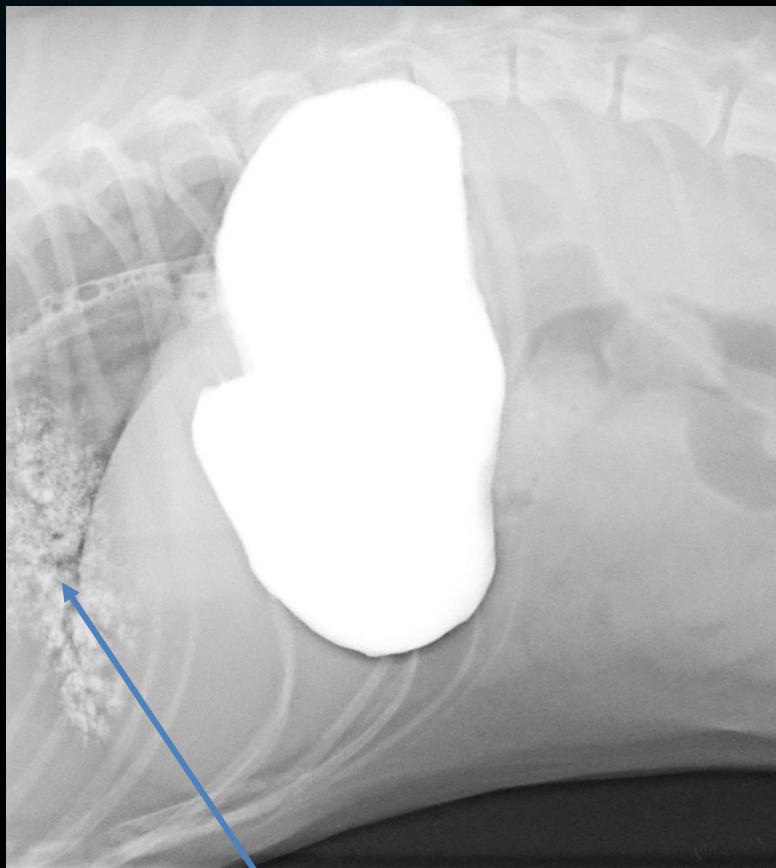


Unikající kontrast z perforovaného žaludku.



K. I. ve sternální mízní uzlině.

Baryové k. I.



Riziko představuje vomitus a následná aspirace k. I.

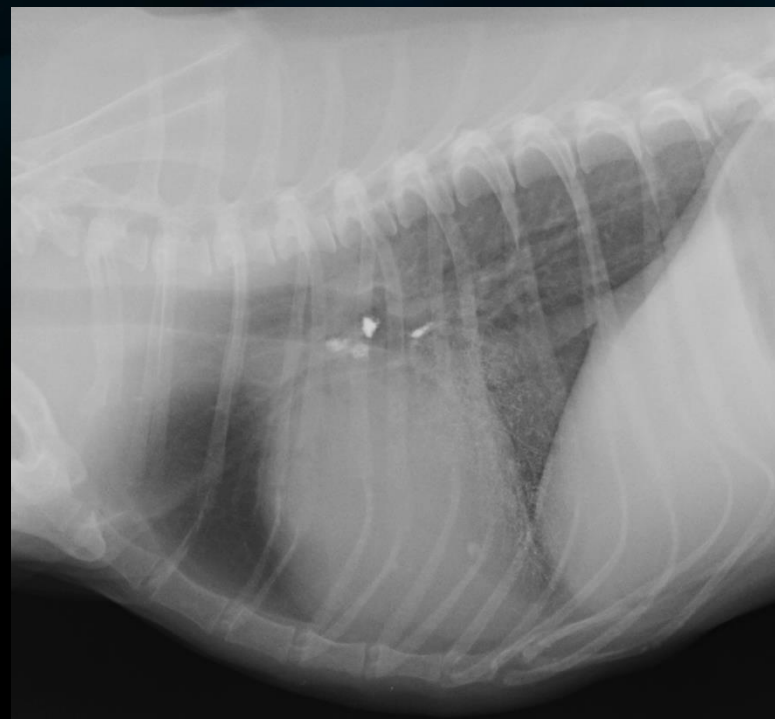


Aspirace baryové k. I. v průdušnici

Baryové k. I.



Aspirace baryové k.I. - kontrastní látka v průduškách a alveolech



Stejný pes za 2 roky – k. I. v mizních uzlinách imituje kalcifikaci mizních uzlin (imitace histoplasmosy)

Baryové k. I.

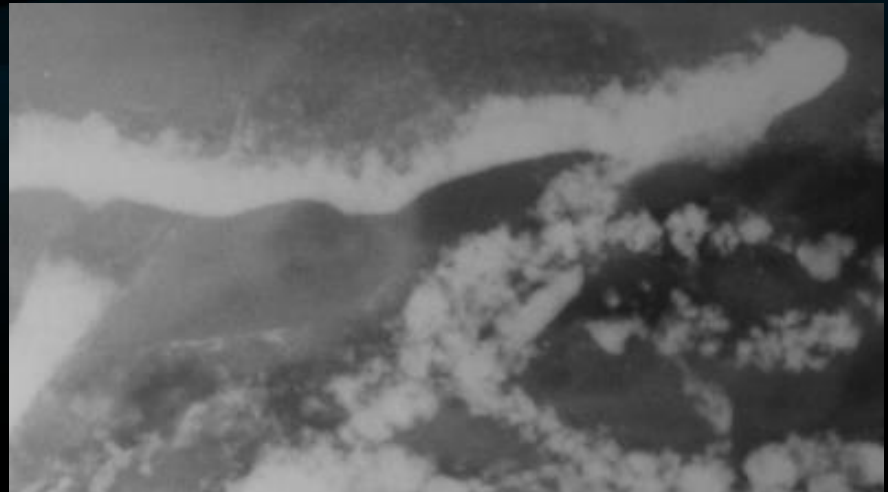
- **Prášková forma** - (E-Z-HD®) 98 % w/w - pro přípravu suspenze - riziko precipitace v GIT
- **Pasta** - (Microtrast®) 70% w/w - pro kontrastní vyšetření morfologie a funkce hltanu a jícnu (motilita, slizniční defekty, intraluminální obstrukce)
- **Suspenze** - (Micropaque®) w/v - indikace kontrastní vyšetření morfologie a funkce hltanu, jícnu, žaludku, tenkého a tlustého střeva
- **BIPSD** (baryem impregnované polyethylenové radioopakní kuličky) - hodnocení pasáže GIT



w/v (hmotnost - *weight* - barya rozpuštěného ve vodě vytvoří určitý objem - *volume* - *suspenze*)
w/w (hmotnost - *weight* – barya rozpuštěného ve vodě vytvoří určitou hmotnost - *weight* - *pasta*)

Pozn.: paraben (součást baryových k. I.) je považován za potenciální alergen

Baryové k. I.



Precipitace barya (suspenze vyrobená z prášku bez obsahu stabilizátorů)

Negativní kontrastní látky

Opacita plynu

- používá se nejčastěji atmosferický vzduch, oxid uhličitý
- méně časté použití oxidu dusného a kyslíku

Atmosférický vzduch

- horší rozpustnost v tekutinách
- riziko plynové embolie
- levný

CO₂, NO

- vyšší rozpustnost v tekutinách
- nižší riziko plynové embolie
- horší manipulovatelnost

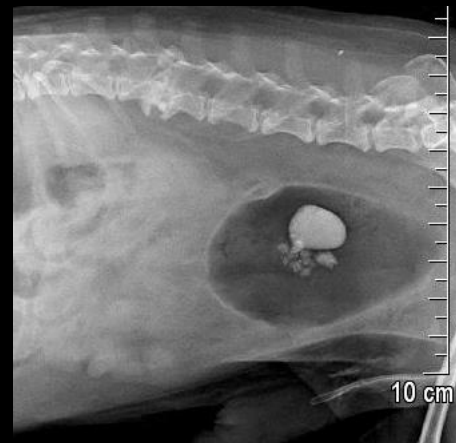


Negativní k. I. v jaterních cévách

Negativní k. l.

Indikace:

- Kontrastní vyšetření GIT (žaludek, kolon)
- (Vagino)uretrocystografie
- Dvojitě kontrastní studie (GIT, uropoetický aparát)

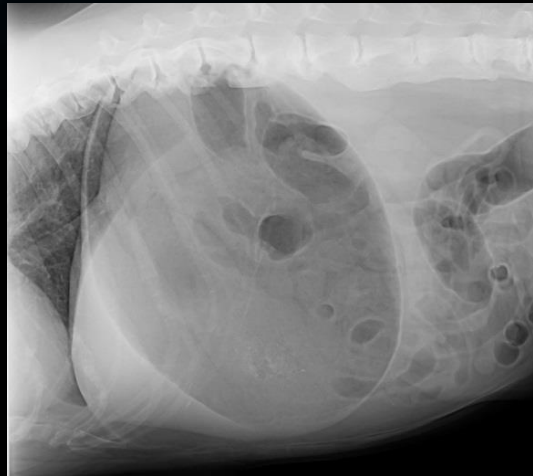


Kontrastní studie

- Pozitivní kontrastní studie - pozitivní k. l. (baryové, jodové)
- Negativní kontrastní studie - negativní k. l. (vzduch, CO₂)
- Dvojitě kontrastní studie - kombinace pozitivní k. l. a negativní k. l.



Pozitivní kontrast



Negativní kontrast



Dvojitý kontrast

Kontrastní studie - využití

<i>Využití</i>	Pozitivní k. s.	Negativní k. s.	Dvojité k. s.
Poloha orgánu	Ano	Ano	Ne
Integrita orgánu (ruptura)	Ano	Ne	Ne
Intraluminální patologie	Ano	Ano	Ano
Intramurální patolgie	Ano	Ano	Ano
Extramurální patologie	Ano	Ano / Ne	Ano / Ne