

4. fejezet

Klinikai kémiai vizsgálatok

Írta Gaál Tibor, Vajdovich Péter,
Ribiczeyné Sz. Piroska és Szilágyi Attila,
Albert Mihály közreműködésével

A vizsgálatok jelentősége

A klinikai kémiai (röviden kémiai) vizsgálatok ismertetése során a klinikusok által – a hematológiai vizsgálatok mellett – leggyakrabban igényelt kémiai vizsgálatokat foglaljuk össze. A klinikai kémiai vizsgálatok felölelik:¹

- az elektrolitok, a vízháztartás,
- a sav-bázis egyensúly,
- a fehérjék és egyéb nitrogéntartalmú vegyületek,
- a szénhidrát-anyagcsere,
- a lipidek,
- a makro- és mikroelemek,
- az enzimek és
- egyéb vérösszetevők vizsgálatát.

A kémiai összetevők változása a vizsgált folyadékokban különböző betegségek oka, egyszersmind következménye lehet.

A kémiai vizsgálatok többségét vérből (szérumból vagy plazmából), esetenként más biológiai folyadékokból (vizeletből, liquorból, bendőfolyadék-ból stb.) hajtjuk végre.

A kémiai vizsgálatokhoz – szerteágazó jellegük miatt – általános érvényű mintavételi, -tárolási, -küldési szabályok nem adhatók meg. Általános tájékoztatást nyújtanak a bevezető fejezetben foglalt útmutatások (☛ 21. o.), a mintával kapcsolatos sajtóságtudnivalókat az egyes jellemzők mérésének leírása során közöljük.

A mintáról
általában

¹ Más laboratóriumi diagnosztikai könyvekben ettől eltérő csoportosítással is találkozhatunk, pl. idesorolják az endokrinológiai vizsgálatokat, vagy a sav-bázis egyensúly vizsgálatát önálló fejezetben ismertetik.

Az elektrolitok és a vízháztartás vizsgálata

A vizsgálatokról általában

Az elektrolitegyensúly és a vízháztartás mutatói a homeostasis fontos elemei: az izoionia, az izooszmózis, az izovolémia meglétét vagy annak eltéréseit jellemzik. Egy biológiai folyadékminta esetében az elektrolitok meghatározásán elsősorban a minta nátrium-, kálium- és kloridion-tartalmának mérését értjük, más ionokat (kalcium, magnézium) nem veszünk figyelembe, mert mennyiségük elhanyagolhatóan kevés. A hidrogén-karbonát-ionról a sav-bázis egyensúly vizsgálatának ismertetése kapcsán lesz szó (☞ 113. o.)

A szervezet vízháztartására (ún. hidráltsági állapotára) ugyancsak következtethetünk az elektrolitok mérése alapján, mert a biológiai folyadékok elektrolittartalma (főleg a nátriumion mennyisége) szoros kapcsolatban van a vízforgalommal. A vízháztartás állapotának megítélésére más laboratóriumi vizsgálatokat is igénybe vehetünk; ilyen pl. a hematokritérték meghatározása (☞ 44. o.) vagy a vizelet sűrűségének mérése (☞ 209. o.)

NÁTRIUM

Bevezető

A nátriumion (Na^+) az extracelluláris (EC-) tér legfontosabb kationja, a kloridionnal együtt meghatározó szerepet tölt be a vérfolyadék ozmózisnyomásának fenntartásában. A sejtek, az intracelluláris (IC-) tér kicsi és a vérplazma nagy Na^+ -tartalmát az energiaigényes Na-pumpa tartja fenn. A szérum Na^+ -koncentrációjának legfontosabb endogén szabályozása a vesetubulusokban aldoszteron révén valósul meg.

A Na^+ -tartalmat meghatározhatjuk

- lángfotometriás módszerrel,
- ionszelektív elektróda segítségével (ionométerrel) és
- szárazkémiai módszerrel.

A mintáról

A Na^+ -tartalom meghatározását vérszérumból, Li-heparinos plazmából vagy nyálból (elsősorban szarvasmarhában), ritkábban vizeletből végezzük. A mintavétel tudnivalóit ☞ 21. o. (vér) és 200. o. (vizelet).

A mintákat hűtőszekrényben (+4 °C-on) 1–2 napig, mélyhűtve (–18 °C-on) hetekig tárolhatjuk. A mintákat hűtőtáskába téve juttassuk el a vizsgálóhelyre.

A vizsgálat menete

Mivel a mérés kivitelezése speciális laboratóriumi felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

☺ A Na^+ -tartalom *életteni* tartománya plazmában 135–155 mmol/l, a növényevőkre kisebb, a húsevőkre nagyobb értékek jellemzők. A Na^+ -koncentráció ismerete önmagában nem mindig diagnosztikai értékű; az a helyes, ha együtt értékeljük a K^+ -koncentrációval, és kiszámítjuk a Na^+/K^+ arányt (az életteni arányszám: 30:1). A nyál Na^+ -tartalma a plazmáéhoz hasonló, a vizeleté tag határok között mozoghat.

☺ A hyponatraemia gyakori, a hypernatraemia ritkábban előforduló állapot. A *hyponatraemia* általában Na^+ -vesztéssel, ritkábban fokozott hipotóniás folyadékbevitellel, haszonállatokban esetleg csökkent Na^+ -bevitellel, ill. minden fajban a szervezetben belüli folyadékátrendeződéssel áll kapcsolatban. Leggyakoribb okai:

- hasmenés, hányás, izzadás (állatfajonkénti különbségek!), főleg akkor, ha a kialakuló hypovolaemia a Na^+ szempontjából hipotóniás folyadékkal kompenzálódik,
- hiperhidráció (polydipsia, infúzió Na^+ -hiányos oldattal),
- vesekárosodás (az idült veseelégtelenség végső, a heveny veseelégtelenség polyuriás szakasza, amikor a vízvás fokozott),
- diuretikumok hatása,
- Addison-féle betegség (a csökkent tubularis reabszorpció miatt). Az Addison-féle betegségben a plazma Na^+/K^+ aránya általában $< 27:1$.

A *hypernatraemiát* a Na^+ -bevitel és -kiválasztás zavarai egyaránt előidézhetik. Leggyakoribb okai:

- „konyhasómérgezés” (sertés, baromfi) főleg hiányos folyadékfelvétel esetén, hipertóniás sóoldat infúziója,
- hipotóniás folyadékvesztés (diabetes insipidus, hyperventilatio/lihegés, láz, hõguta miatt), csökkent vízvás (vízhiány, ivásképtelenség, központi idegrendszeri károsodás következtében),
- primer hyperaldosteronismus (elméleti jelentőségű).

Az EC-tér Na^+ -egyensúlyát más okból hiperozmotikussá váló plazma esetében kétféle hatás éri, aminek következtében hypo- vagy hypernatraemia egyaránt kialakulhat. Így pl. diabetes mellitus, glükóz- vagy mannitininfúzió okozta hiperozmózis egyik következménye az IC-térből az EC-tér felé irányuló folyadékkiáramlás lesz, ami hyponatraemiára vezethet. Ugyanakkor a másik következmény, hogy a vesetubulusokban tovahaladó hiperozmózisos ultrafiltrátum ozmózisos diuresist okoz, azaz vizet ragad magával az EC-térből, így hypernatraemia is kialakulhat.

Hibaforrások. A lángfotometriás mérési eredményekből lipaemia, ill. extrém hyperproteinaemia esetén tévesen következtethetünk hyponatraemiára (pseudohyponatraemia) a vérfolyadék vizes fázisának beszűkülése miatt (a lángfotométer csak a vizes fázisban levő Na^+ -kat méri). Az ionszelektív elektródás mérésnél ez a hiba nem fordul elő. Monogastricus fajokban nagy mennyiségű vízvás után átmeneti hyponatraemia jelentkezhet. Az eredmények értékelésekor minden esetben mérlegelni kell az esetleges előzetes infúzió hatását.

KÁLIUM

Bevezető A káliumion (K^+) az intracelluláris (IC-) tér legfontosabb kationja, míg az extracelluláris (EC-) térben a koncentrációja a Na^+ -énak alig harmincada (5 mmol/l körüli). A plazma ozmotikus nyomásának kialakításában a szerepe elhanyagolható. A K^+ -hiányos és a K^+ -felesleggel járó állapotok a neuromuscularis irritabilitásra, az izomműködésre hatnak. A vesén keresztül megvalósuló K^+ -ürülés a tubularis epithelsejtek Na/K-ATP-áz aktivitásától függ.

A K^+ -tartalmat meghatározhatjuk

- lángfotometriás módszerrel,
- ionszelektív elektróda segítségével (ionométerrel) és
- szárazkémiai módszerrel.

A sav-bázis egyensúly mérésére hivatott modern vérgáz-analizátorok alkalmasak a K^+ mérésére is (ezekben ugyancsak K^+ -szelektív elektróda van).

A mintáról A K^+ -tartalom meghatározását vérszérumból vagy heparinos plazmából, ritkábban vizeletből végezzük. A mintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. (vér) és 200. o. (vizelet). Hemolizált szérum- vagy plazmaminta általában vizsgálatra nem alkalmas (kivétel a kutya és a macska).

A mintákat hűtőszekrényben (+4 °C-on) 1 napnál hosszabb ideig ne tároljuk (sejteket tartalmazó minták, így főleg vérminták esetén a K^+ -ok kiszabadulhatnak az IC-térből). A minták mélyhűtve (-18 °C-on) hosszabb ideig tárolhatók. A mintákat hűtőtáskába téve, lehetőleg egy napon belül juttassuk el a vizsgálóhelyre.

A vizsgálat menete Mivel a mérés kivitelezése (a Na^+ -éhoz hasonlóan) speciális felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

Értékelés ☺ A K^+ -tartalom *életteni* tartománya plazmában 3,8–6 mmol/l, a legkisebb értékek a macska- és a lófélékre jellemzők.

☹ A K^+ -bevitel és a K^+ -kiválasztás zavara (ellentétben a Na^+ -nal) *egyaránt* előidézheti a kálium-homeostasis eltéréseit. A friss zöldtakarmánnyal természetes úton bevitt kálium, valamint a káliumtartalmú műtrágyázás a növényevőkben okozhat K^+ -túlsúlyt.

A *hypokalaemia* a bevitel hiánya miatt minden állatfajban ritka, inkább a K^+ -vesztés/-kiválasztás fokozódása a fontos etiológiai tényező. Leggyakoribb okok:

- hányás, hasmenés, polyuriás állapotok (főleg macskában),
- hyperaldosteronismus (ritka), hypernatraemiával együtt,
- K^+ -hiányos folyadékterápia hypovolaemiában,
- inzulinterápia, alkalosis (hidrogén-karbonát-bevitel is), egyes diuretikumok, intravénás penicillinterápia, kortikoszteroidok.

A *hyperkalaemia* okai:

- fokozott K^+ -bevitel a takarmánnyal (műtrágyázás!), infúzióval (iatrogen ártalom),
- csökkent kiválasztás (oliguriás állapot, főleg heveny veseelégtelenség, pl. húgycsőelzáródás miatt, húgyhólyag-/ureterrepedés),
- Addison-féle betegség,
- fokozott K^+ -kiáramlás az IC-térből az EC-térbe (az acidosis kompenzálására).

Hibaforrások. Lipaemia, súlyos hyperproteinaemia esetén lángfotometriás meghatározáskor a pseudohyponatraemiához hasonlóan pseudohypokalaemiát észlelhetünk. Alkalosisban a hypokalaemia, acidosisban a hyperkalaemia *nem* a K^+ -háztartás primer zavara miatt alakul ki: a sav-bázis állapot helyreállítása után a K^+ -szint is rendeződik, külön korrekciót csak ritkán igényel. A vér pH-értékének 0,1 értékű csökkenése acidosisban 0,4–0,6 mmol/l K^+ -növekedést is előidézhet. A sejtészteséses állapotok (a hemolízis is) növelik az EC-tér K^+ -koncentrációját. Kutyában és macskában ez nem áll fenn, mivel vörösvérsejtjeik K^+ -tartalma hasonló a plazmáéhoz (kivétel pl. az akita fajta). Leukocytosis, thrombocytosisos vérmintában állás közben a sejtekből sok K^+ szabadulhat fel, ami másodlagos hyperkalaemiát okoz.

KLORIDION

A kloridion (Cl^-) az extracelluláris (EC-) tér legnagyobb mennyiségben előforduló anionja (a második leggyakoribb anionhoz, a hidrogén-karbonát-ionhoz képest a mennyisége négyszeres, 100 mmol/l körüli). A Cl^- transzportja passzív, legtöbbször a Na^+ -ét követi. Ennek megfelelően hypo- és hypernatraemiás kórképekben a Cl^- -koncentráció is változik.

A Cl^- -tartalmat leggyakrabban vérplazmából mérjük, bendőfolyadékban való meghatározása az oltógyomor-helyzetváltoztatás miatti refluxjelenség okán lehet indokolt.

A Cl^- -tartalmat meghatározhatjuk

- ionszelektív elektróda segítségével,
- színreakción alapuló spektrofotometriás módszerrel.

A Cl^- -tartalom meghatározását vérszérumból vagy heparinos plazmából, bendőfolyadékból, ritkábban vizeletből végezzük. A mintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. (vér), 416. o. (bendőfolyadék) és 200. o. (vizelet).

A mintákat hűtőszekrényben (+4 °C-on) 1 hétig, mélyhűtve (-18 °C-on) hosszabb ideig (több hétig) tárolhatjuk. A mintákat hűtőtáskába téve juttassuk el a vizsgálóhelyre.

A Cl^- -tartalmat gyári reagenskészlet felhasználásával mérjük (az útmutatókat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Bevezető

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A leggyakrabban alkalmazott kolorimetriás módszer azon alapul, hogy a minta Cl^- -tartalma reakcióba lép a reagensben lévő higany(II)-tocianáttal. A felszabaduló tiocianátionok (SCN^- , régebbi nevén rodanid) a reagensben lévő Fe^{3+} -kal vérvörös színű vas(III)-tocianátot képeznek. Az oldat színintenzitása a Cl^- -koncentrációval arányos, és spektrofotometriásan mérhető. **Hibaforrás.** A hemolízis a meghatározást zavarja (az eredményt csökkentheti).

Értékelés

☺ A Cl^- -tartalom *életlani* tartománya plazmában 100–115 mmol/l, a növényevőkre a kisebb, a húsevőkre a nagyobb értékek jellemzők. A bendőfolyadék Cl^- -tartalma 15–20 mmol/l.

☹ Az állatokban hypo- és hyperchloraemia egyaránt előfordulhat.

A *hypochloraemia* leggyakoribb okai:

- hányás, oltógyomor-helyzetváltozás (OHV),
- hypoadrenocorticismus,
- minden más hyponatraemiás kórkép (☹ 107. o.).

Amennyiben hyponatraemia nélküli hypochloraemiát észlelünk, szelektív klórvesztésre (hányás, OHV) gondoljunk. Mivel a hypochloraemia gyakran jár alkalosissal, észlelésekor vérgázanalízis ajánlott.

A *hyperchloraemia* okai:

- dehidráció,
- hyperchloraemiás acidosis,
- iatrogen hatás (KCl -, NH_4Cl -applikáció).

A bendőfolyadék Cl^- -tartalmának növekedésére vezető refluxjelenség okai:

- oltógyomor-helyzetváltozás,
- pylorus tájéki vagy vékonybél-szűkület,
- Hoflund-szindróma hátulsó funkcionális stenosisos alakja.

A Na^+ -, a K^+ - és a Cl^- -mérések eredményeit célszerű a HCO_3^- -koncentrációval együtt értékelni, sav-bázis egyensúlyi zavaroknál az *anionrés* (☹ 119. o.) meghatározásához, értékeléséhez lehet felhasználni.

Hibaforrások. Súlyos lipaemia és hyperproteinaemia esetén – a pseudohyponatraemiához és -kalaemiához hasonlóan – pseudohypochloraemiát észlelünk, ha a méréshez nem ionszelektív elektródát használunk.

OZMOLALITÁS

Bevezető

A homeostasis egyik meghatározó mutatója az *izozmózis*, az ozmotikus viszonyok állandósága. Fenntartásáért az extracelluláris (EC) térben az elektrolitok (Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- stb.), a kis molekulatömegű és vízben jól oldódó molekulák (glükóz, karbamid stb.) felelősek. Fontos szerepe a legnagyobb koncentrációjú Na^+ - és Cl^- -nak van. A biológiai folyadékok (szérum, plazma, vizelet) ozmolalitását mozmol/kg-ban adjuk meg.² (A vizelet

² A molalitás mértékegysége a mol/kg oldószer, az ozmolalitásé ozmol/kg víz (1 mozmol/kg = 10^{-3} ozmol/kg).

ozmolalitását csak különleges esetben mérjük, általában megelégszünk a sűrűség urinométeres vagy refraktométeres meghatározásával.)

Az ozmolalitást meghatározhatjuk

- méréssel (speciális műszerre, ún. ozmométerre van szükség),
- számítással.

Az ozmolalitást szérumból vagy heparinos plazmából egyaránt mérhetjük (mivel az ozmolalitást a valódi oldatokat képező anyagok molekuláinak száma határozza meg, értékét a fehérjetartalom nem befolyásolja). Ritkábban bendőfolyadékot vagy vizeletet is vizsgálunk. A mérést mindig friss mintából végezzük! A mintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. (vér), 416. o. (bendőfolyadék) és 200. o. (vizelet).

A minták nem tárolhatók, mivel a kismolekulájú, könnyen bomló szerves anyagok (glükóz, karbamid) mennyiségének csökkenése meghamisítaná az eredményt.

A mintákat hűtőtáskába téve, azonnal juttassuk el a vizsgálóhelyre.

Az ozmolalitás mérése ozmométerrel

Az ozmométer a folyadékminta – ozmózisnyomástól függő – fagyáspontcsökkenését méri egy nagyon pontos hőmérő segítségével. A készüléket a mérés előtt kalibrálni kell egy 0 ozmol/kg ozmolalitású folyadék (desztillált víz) és egy erősen hiperozmotikus folyadék (pl. ismert koncentrációjú glükóz-infúzió) fagyáspontcsökkenésének mérésével. A korszerű ozmométerek nemcsak a vizsgált minta fagyáspontcsökkenését, hanem az annak alapján számított ozmolalitást is kijelzik. Mivel a mérés kivitelezése speciális felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

Az ozmolalitás meghatározása számítással

A klinikai gyakorlatban jó közelítéssel számíthatjuk ki az ozmolalitást a következő összefüggés alapján:

$$\text{Ozmolalitás} = 2 [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{karbamid}] + [\text{glükóz}],$$

ahol a []-ben szereplő értékeket mmol/l-ben helyettesíthetjük. Az ozmolalitás számítására más közelítő összefüggések is ismertek.

Az ozmotikus rés

Ha ismerjük az ozmolalitás mérés útján meghatározott valódi értékét, akkor kiszámíthatjuk az ún. ozmotikus részt:

$$\text{Ozmotikus rés} = \text{ozmolalitás}_{\text{valódi}} - \text{ozmolalitás}_{\text{számított}}.$$

A mintáról

A vizsgálatok menete

Mi kell hozzá?
Ozmométer, ismert koncentrációjú glükózinfúzió

Az ozmotikus rés általában néhány mozmol/kg , de értékét a nem mért, ozmotikusan aktív szubsztrátok (pl. ketonanyagok, etilén-glikol, mannitinfúzió, tejsav) jelentősen növelhetik. Hasonló hatású a pseudohyponatraemia is.

Értékelés

☺ A plazma/szérum és a bendőfolyadék ozmolalitása *élettani* körülmények között átlagosan 300 mozmol/kg , a vizeleté $500\text{--}1500 \text{ mozmol/kg}$ (macskában nagyobb is lehet). A plazmában az ozmotikus rés kisebb 10 mozmol/kg -nál.

⊗ Az állatokban hipo- és hiperozmolalitás minden biológiai folyadékban előfordulhat.

A plazma *hipoozmolalitásának* oka súlyos hypoglykaemia, hyponatraemia (haemodilutio).

A plazma *hiperozmolalitásának* okai:

- hypernatraemia (hemokoncentráció),
- hyperglykaemia, uraemia,
- endogén/exogén eredetű, nemegyszer toxikus anyagok (tejsav, ketonanyagok, etilén-glikol, mannit stb.).

A *bendőfolyadék* ozmolalitása heveny bendőacidosis (tejsavmérgezés) során az élettani érték másfélszeresére (450 mmoz/kg körüli értékre) is növekedhet.

Ha a *vizelet* ozmolalitása háromszorosa a plazmáénak, akkor a vese koncentrálóképesége megfelelő. A nagyobb vizeletozmolalitás a dehidráció jele; kisebb értéket polydipsia, ADH-hiány és diabetes insipidus esetében kapunk (☛ VIZELETVIZSGÁLAT ÉS A VESEMŰKÖDÉS VIZSGÁLATA, 211. o.).

Hibaforrások. A hyponatraemiát okozó terápiát az értékeléskor figyelembe kell venni.

A sav-bázis egyensúly vizsgálata

A sav-bázis egyensúly vizsgálata alapvetően fontos információkat nyújt a homeostasion belül az isohydría változásáról. Az egyensúlyt befolyásolja a légzési és a keringési rendszer, valamint a vese funkciója, továbbá a bevitt vagy ürített savak és bázisok, a felvett vagy leadott szén-dioxid- (CO_2) és oxigéngáz (O_2) mennyisége. A sav-bázis egyensúly élettani szinten tartása a sejtek működéséhez elengedhetetlen.

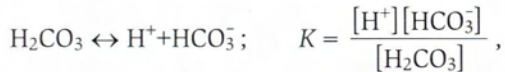
A vizsgálatról általában

A SAV-BÁZIS EGYENSÚLY ELTOLÓDÁSA

Ahhoz, hogy megítéljük a szervezetben uralkodó sav-bázis egyensúlyt, ill. felismerjük annak esetleges megváltozását, ismernünk kell a vizsgálata során mért jellemzők közötti alapvető összefüggéseket.

Bevezető

A sav-bázis egyensúly. Az egyensúlyi folyamat:



ahol a $[\]$ az egyensúlyi koncentrációkat jelöli, mmol/l; a K a H_2CO_3 disszociációállandója.

A testnedvek H^+ -tartalmát a pH-val jellemezzük (ami a $[\text{H}^+]$ negatív logaritmus). Ennek megfelelően átalakítva az előbbi egyenletet:

$$\text{pH} = \text{pK} + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}.$$

A $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ egyensúlyi koncentrációja helyettesíthető a kezdeti koncentrációval (mert a H_2CO_3 gyengén disszociál), ami viszont megadható a CO_2 parciális nyomásával, mivel a H_2CO_3 a CO_2 -ből képződött hidratációval (a vérben a reakciót a karboanhidráz katalizálja). Ezeknek az összefüggéseknek az ismeretében az ún. Henderson-Hasselbach-féle egyenlet:

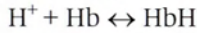
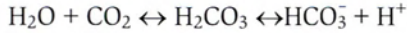
$$\text{pH} = 6,1 + \lg \frac{[\text{HCO}_3^-]}{(p_{\text{CO}_2})^\alpha},$$

ahol a p_{CO_2} a CO_2 parciális nyomása, α a $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ reakció átalakulási foka.

A sav-bázis egyensúly fenntartása. Ha a szervezetet olyan hatás éri, amely a sav-bázis egyensúly eltolódását váltaná ki, ez nem következik be mindaddig, amíg a pufferrendszerek képesek ellensúlyozni (kompenzálni) a hatást.

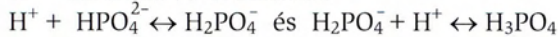
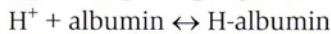
A szervezetben működő legfontosabb pufferrendszerek a következők:
Fizikai-kémiai pufferrendszerek. A sejtműködést elősegítő, a koncentrációviszonyok fenntartásáért felelős pufferrendszerek működésében nem enzimatikus folyamatok és egyes enzimek (a vörösvérsejtekben pl. a karboanhidráz) hatásai is érvényesülnek.

- **Vörösvérsejtek.** A hemoglobinhoz (Hb) 1 mmol O₂ leadását követően 0,35 mmol H⁺ képes kötődni. Ugyanakkor a Hb részt vesz a CO₂ szállításában is: karmabinohemoglobin képződik, és H⁺ szabadul fel.

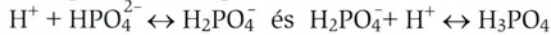
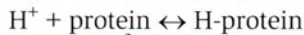


Megjegyzendő, hogy a vörösvérsejtekben is működik a karboanhidráz.

- **Vérplazma.** A vérplazmában a hemoglobinhoz hasonlóan működő fehérje elsősorban az albumin.

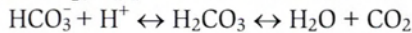


- **Egyéb sejtek**

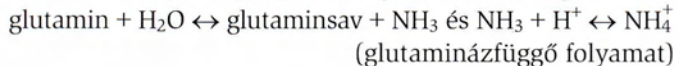
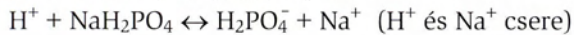
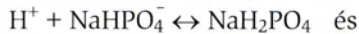
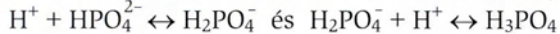
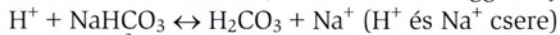
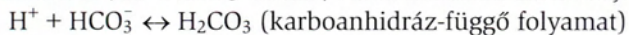


Vitális pufferrendszerek. A vitális pufferrendszerek a szervi kompenzációért felelősek. Ebből a szempontból két szerv tölt be fő szerepet: a tüdő és a vese. Bármelyikük megbetegedése a szervezet pufferolómechanizmusainak jelentős mértékű károsodásával jár.

- **Tüdő.** A savkiválasztás vagy -retenció összefügg a CO₂ fokozott vagy csökkent kiválasztásával. A CO₂ parciális nyomásának változására a légzőközpont hyper- vagy hypoventilációval válaszol.



- **Vese.** A vesében részben enzimatikus, részben nem enzimatikus folyamatok zajlanak, amelyeket a vese tubularis sejtjeinek működése befolyásol. A pufferhatás a H⁺, ill. a HCO₃⁻ ürítése/visszatartása során érvényesül.



A mintáról

A vérmintát anaerob módon, Astrup szerint veszük (☛ 22. o.), speciális heparinozott kapillárisba vagy fecskendőbe. A minta lehet artériás, vénás és kapilláris vér. Az alvadásgátló mindegyik esetben heparin legyen.

Felhasználásig a vérmintát szobahőmérsékleten 20 percig olvadó jégben (0 °C) 2 órán át tárolhatjuk. Ügyeljünk arra, hogy a mintát a vizsgálatig lég-

mentesen zárjuk. A vérminta nem tartalmazhat alvadékot! A mintákat hűtőtáskába téve, azonnal juttassuk el a vizsgálóhelyre.

A vizsgálatot vérgáz-analizátorokkal végezzük. A kapillárisból vagy fecskendőből az automata megfelelő helyére injektáljuk a vérmintát, majd beírjuk a gép által kért, a mintára vonatkozó adatokat (testhőmérséklet, a vérminta típusa stb.). A vérgáz-analizátorok a beépített, különböző ion- vagy gázszelktív elektródáik, valamint fotométereik révén mérik a folyadékokban (a vérben) levő ionok, gázok aktuális mennyiségét, ill. a mért adatokból kiszámolják és kijelzik a jellemző paraméterek értékét.

A vérgáz-analizátorok költséges készülékek, és csak nagy kihasználás esetén működtethetők gazdaságosan. Mivel kevés klinikai laboratóriumban van lehetőség vérgázanalízisre, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

A vérgázanalízis során a következő paraméterek értékeiről kapunk adatokat:

- [Hb] a hemoglobinkoncentráció, g/100 ml, mmol/l, g/l. Élettani értéke 90–190 g/l.
- pH az anaerob módon vett vérminta aktuális pH-értéke. Élettani értéke vénás vérben általában 7,35–7,45.
- p_{CO_2} a CO_2 parciális nyomása, kPa (régebben Hgmm). A sav-bázis egyensúly respirációs oldaláról tájékoztat. Élettani értéke: 4,7–6,0 kPa (35–45 Hgmm).
- p_{O_2} az O_2 parciális nyomása, kPa (régebben Hgmm). Élettani értéke 3,3–6,7 kPa a vénás, 9,3–13,3 kPa az artériás vérben.
- $[\text{HCO}_3^-]$ a HCO_3^- -koncentráció standardértéke, mmol/l. Olyan vérminta plazmájának hidrogén-karbonát-koncentrációját jelenti, amelyet 37°C-on, 5,3 kPa (40 Hgmm) p_{CO_2} mellett teljesen telítettünk oxigénnel. Élettani értéke: 21–27 mmol/l.
- $[\text{TCO}_2]$ a CO_2 összes (totál) koncentrációja a plazmában, mmol/l. A vérből erős savval felszabadított CO_2 -tartalmat jelenti. Élettani értéke 20–35 mmol/l a vénás vérben.
- [ABE] aktuális bázisfelesleg (base excess) vagy -hiány, \pm mmol/l. A vérnek az a bázisfeleslege vagy hiánya, amelyet semlegesíteni vagy pótolni kell ahhoz, hogy a vér pH-értéke ismét 7,40 legyen 5,3 kPa (40 Hgmm) p_{CO_2} mellett. A sav-bázis egyensúly metabolikus oldaláról tájékoztat. Élettani értéke: \pm 3,5 mmol/l. A pozitív érték bázis-, a negatív savfeleslegre utal.
- [SBE] a bázisfelesleg (base excess) vagy -hiány standardértéke, \pm mmol/l. Élettani értéke \pm 3,5 mmol/l.
- SAT az oxigéntelítettség (szaturáció), %. Az oxigenált hemoglobin O_2 -tartalmát fejezi ki az összes O_2 -kapacitás százalékában. Élettani értéke artériás vérben 95–98%.
- O_2CT az összes (totál) oxigéntartalom (O_2Hb és oldott O_2). Élettani értéke artériás vérben 7–10 mmol/l.

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Vérgáz-analizátor

A sav-bázis egyensúlyi állapot elbírálásának lépései:

1. A pH és/vagy a BE alapján megállapítjuk, hogy acidosis vagy alkalosis áll-e fenn. A BE pozitív vagy negatív előjele, ill. a pH = 7,4-tól való eltérése alapján dönthető el, hogy acidosis vagy alkalosis van-e a szervezetben. Ha a pH-érték 7,35–7,45 között van, akkor kompenzált, ha 7,35-nél kisebb vagy 7,45-nél nagyobb, akkor dekompenzált állapotról van szó.
2. Megállapítjuk, hogy a változás metabolikus vagy respirációs irányba mutat-e. A p_{CO_2} kifejezett változása respirációs, a $[\text{HCO}_3^-]$ és a BE paraméterek pedig metabolikus eredetű folyamatra utal. Valószínűleg annak a paraméternek a változása meghatározó, amelyiké az 1. pontban megállapított változás „irányába mutat”. Amennyiben mindhárom paraméter változik, akkor kevert folyamatról vagy kompenzáló hatásokról lehet szó.
3. Kompenzációs folyamat esetén tisztázzuk a kompenzáció hatékonyságát: megállapítjuk annak a komponensnek a változását, amelyik nem az 1. lépésben megállapított változás irányába mutat (pl. változik-e a CO_2 mennyisége, ha az első két lépés alapján metabolikus acidosisra következtünk – a csökkenés kompenzáló hyperventilációra, a növekedés a tüdő pufferolóhatásának elégtelenségére utal).

Értékelés

☺ **Élettani körülmények között nem észlelhetők jelentős változások.** Ha az extracelluláris (EC-) térben (pl. vér) több H^+ keletkezik, akkor első kompenzációs folyamatként az intracelluláris (IC-) térből K^+ -ok áramlanak ki a H^+ -ok kicserélésére, és a H^+ -ok jutnak az IC-térbe. Fordított a helyzet akkor, ha a bázikus anyagok kerülnek túlsúlyba: K^+ -ok áramlanak az EC-térből az IC-térbe, és a H^+ -ok pedig az IC-térből az EC-térbe vándorolnak. A szervezet az intermedier anyagcsere révén keletkezett savas karakterű CO_2 -tól hyperventilatio útján, a H^+ -októl a vizelettel való fokozott ürítés révén válik meg. Ugyanakkor a vese a bázikus karakterű anyagokat (pl. HCO_3^-) visszatartja. Az élettani folyamatok esetében a paraméterek néha enyhe fokú acidosist vagy alkalosist jelezhetnek, noha az értékek a élettani tartományokon belül maradnak.

☹ **Kóros esetben metabolikus és respirációs acidosis, ill. alkalosis észlelhető.**

Metabolikus acidosis

- **Paraméterek:** $\text{pH} < 7,35$; $[\text{HCO}_3^-] < 21 \text{ mmol/l}$; $\text{BE} < -3,5 \text{ mmol/l}$; $p_{\text{CO}_2} \leftrightarrow$, súlyos acidosisban $> 5,3 \text{ kPa}$ (40 Hgmm), kompenzációs hatások révén csökkenhet is.
- **Kompenzáció:** hyperventilatio, NH_4^+ - (H^+ -) kiválasztás nő, HCO_3^- -retenció.
- **Következmények:** Kussmaul-típusú légzés, hypercalcaemia, hányás, depresszió, hypercalcaemia miatt kialakuló EKG-változások (a szívizom aktivitásának csökkenése: magas, csúcsos T hullám, bradycardia, ventricularis extrasystole, SA-, AV-blokk, kamrafibrilláció).
- **Okai és a javasolt kiegészítő vizsgálatok:** ☞ 4.1. táblázat.
- **A kompenzáció elősegítése:** elsősorban a megfelelő ventilációt kell biztosítanunk, majd ha a $\text{pH} < 7,2$, akkor az alkáliterápiát kell megkezdenünk.

A hiányzó hidrogén-karbonát (mmol/ttkg): $0,3(25 - [\text{HCO}_3^-])$ vagy 0,3BE. Mérési lehetőség hiányában: max. 1 mmol NaHCO_3 /ttkg lassan, tört adagokban, állandó ellenőrzés mellett beadva. Enyhébb esetekben Nalaktát (Ringer-laktát), kivéve: laktacidosis, keringési elégtelenség (oedema kialakulásának veszélye), májelégtelenség, hypoxia, légzési elégtelenség, diabetes mellitus, éhezés.

A metabolikus acidosis oka	Javasolt kiegészítő vizsgálatok (a felsorolt paraméterek mérése)
Diabetes mellitus (kutya, macska)	glükóz, keton, K^+
Addison-féle betegség (kutya, macska)	Na^+ , K^+ , Ht
Veseelégtelenség, renalis tubularis acidosis (kutya, macska, kérődző, ló)	karbamid, kreatinin, Na^+ , K^+ , összfehérje (TP), albumin
Éhezés, malnutritio (kutya, macska, kérődző, ló)	összfehérje (TP), albumin, ketonanyagok (vizeletben is)
Hasmenés, bélgyulladás, ileus, gyomorsavár, ill. -megterhelés (kutya, macska, kérődző, ló, sertés)	Na^+ , K^+ , Cl^- , Ht
Hasnyálmirigy-gyulladás (kutya, macska)	α -amiláz, lipáz, TLI, Ca^{2+} , K^+ , Ht
Obstipatio, vakbél-felfúvódás, meteorismus (ló, kérődző)	Na^+ , K^+ , Cl^- , Ht, vizeletvizsgálat
Toxikózis (acetil-szalicilsav, etilénlikol) (kutya, macska)	Ca^{2+} , K^+ , Ht
Laktacidosis (kérődző, ló)	tejsav
Hypercalcaemiás állapotok (kérődző)	Ca^{2+} , K^+
Septicaemia (minden állatfaj)	Ca^{2+} , K^+ , Ht, hemokultúra
Bendőfelfúvódás (kérődző)	Ca^{2+} , K^+ , Ht, tejsav, bendőtartalom-vizsgálat
Friss zöldtakarmány etetése, műtrágya (kérődző, ló)	Mg^{2+} , Ca^{2+} , anorganikus foszfát (P), K^+

4.1. táblázat.

A metabolikus acidosis okai és a javasolt kiegészítő vizsgálatok

Metabolikus alkalosis

- **Paraméterek:** $\text{pH} > 7,45$; $[\text{HCO}_3^-]$ 22–28 mmol/l; BE 2,5–3,5 mmol/l; $\text{pCO}_2 \leftrightarrow$, kompenzáció esetén nőhet.
- **Kompenzáció:** hypoventilatio, fokozott HCO_3^- -kiválasztás.
- **Következmények:** légzésdepresszió (respirációs acidosis), izomgyengeség, hypocalcaemia (albumin Ca^{2+} -kötő képessége nő), hypokalaemia, a hypokalaemia miatt kialakuló EKG-változások (ritmuszavarok, bifázisos P, QT nő – AV ingerületvezetési zavar, lapos T, U hullám, low voltage, heterotopiák), hányás esetén paradox aciduria jelentkezhet.
- **Okai és a javasolt kiegészítő vizsgálatok:** ➔ 4.2. táblázat.

- *A kompenzáció elősegítése:* általában elég az elektrolitzavart rendezni, esetleg NH_4Cl -infúzió adása.

4.2. táblázat.
A metabolikus alkalosis okai és a javasolt kiegészítő vizsgálatok

A metabolikus alkalosis oka	Javasolt kiegészítő vizsgálatok (a felsorolt paraméterek mérése)
Hányás, oltógyomor-helyzetváltozás (OHV), esetleg gyomorcsavar (kutya, macska, kérődző)	Cl^- , Na^+ , Ht
Hyperaldosteronismus (Conn-szindróma) (kutya, macska)	Na^+ , K^+ , Cl^- , Ht
Krónikus májbetegség (kutya, macska, kérődző, ló)	NH_3 , ALT, ALP, GGT
Hypokalaemia, paradox aciduria (kutya, macska, kérődző)	K^+ , Ht, Ca^{2+}
Iatrogén ártalom (túlzott alkalisálás) (kutya, macska, ló, kérődző)	Ht, Na^+ , K^+ , Ca^{2+}
Diuretikumok túladagolása (kutya, macska)	Ht, Na^+ , K^+

Respirációs acidosis

- *Paraméterek:* $\text{pH} < 7,35$; $p_{\text{CO}_2} > 6$ kPa (45 Hgmm).
- *Kompenzáció:* renalis H^+ -kiválasztás, HCO_3^- -reabszorpció.
- *Következmények:* légzési, majd keringési rendellenesség, hypoxia.
- *Okai:*
 - ♦ a pleuralis üreg betegsége (pl. pleuritis, pneumothorax),
 - ♦ tüdőbetegségek (oedema, emphysema, cor pulmonum),
 - ♦ hypoventilatio,
 - ♦ mellkasi sérülés,
 - ♦ daganat, a központi idegrendszer károsodása, anaesthesia, centrális (szisztémás) és perifériás (mellkasi) izombántalom.
- *A kompenzáció elősegítése:* ventilatio biztosítása, O_2 -belélegeztetés, Na-hidrogén-karbonát adása (csak akkor hatásos, ha a $[\text{HCO}_3^-]$ az élettani érték alatt van!).

Respirációs alkalosis. A legritkább sav-bázis egyensúlyi zavar.

- *Paraméterek:* $\text{pH} > 7,45$; $p_{\text{CO}_2} < 4,7$ kPa (35 Hgmm).
- *Kompenzáció:* renalis HCO_3^- -kiválasztás nő, H^+ -visszatartás.
- *Következmények:* légzési elégtelenség, csökkent perifériás oxigenáció, asphyxia.
- *Oka:* hyperventilatio (pszichogén, hyperthyreosis), oxigéntúladagolás (anaesthesia során). (Gyakori aneszteziológiai hiba, amikor a légzésdepresszió kezelésére a belélegeztetett O_2 nyomását növelik meg anélkül, hogy a ventilációt fokoznák.)
- *A kompenzáció elősegítése:* nyugtatás.

ANIONRÉS

A sav-bázis egyensúly eltolódásának esetei közül a metabolikus acidosis jellemzésére alkalmas mutató a plazma elektrolittartalmából számítható ún. anionrés (*anion gap*), ami a plazma kation- és rutinszerűen mért aniontartalmának különbsége. A különbség abból adódik, hogy a plazma a rutinszerűen mért HCO_3^- és Cl^- -on kívül „egyéb” anionokat (foszfát, szulfát, szerves savmaradékok stb.) is tartalmaz.

$$\text{Anionrés} = ([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{HCO}_3^-] + [\text{Cl}^-]),$$

ahol a [] a mért ionok plazmabeli koncentrációi, mmol/l.

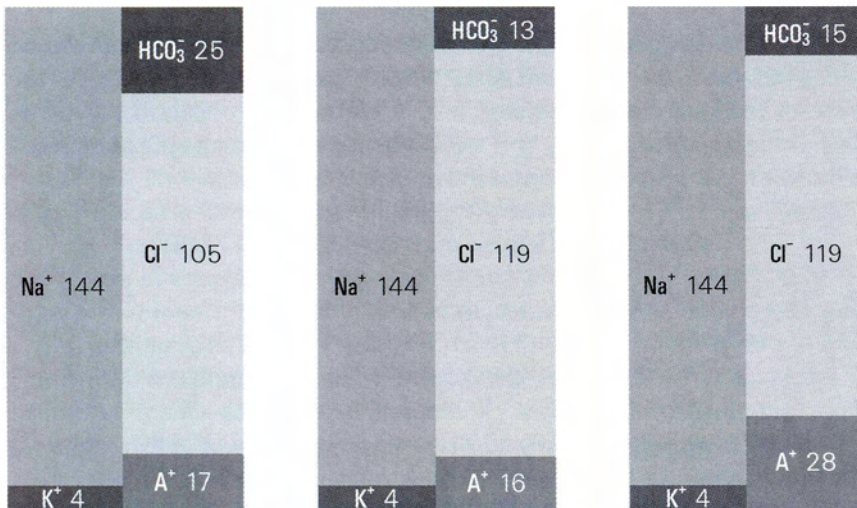
- ☺ Az állatokban az anionrés *élettani* értéke általában 9–18 mmol/l.
- ⊗ A *metabolikus acidosis* okai a plazma elektrolittartalma alapján:
 - hyperchloraemiás acidosis: savas kémhatású sók (pl. NH_4Cl), renalis tubularis acidosis, bélnedvvesztés (hasmenés),
 - emelkedett anionrés-acidosis: veseelégtelenség, laktacidosis, ketonaemia, mérgezések (acetyl-szalicilsav, etanol, metanol, etilén-glikol stb.),
 - renalis tubularis acidosis: a proximális tubularis H^+ -szekréció elégtelensége miatt kialakuló csökkent proximális Na^+ - H^+ -csere, fokozott HCO_3^- -ürítés (alkalikus vizelettel jár).

Bevezető

A számítás menete

Előzetesen mérendő:
 Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^-

Értékelés



4.1. ábra
Metabolikus acidosis kétféle anionréssel

a) élettani sav-bázis egyensúlyi állapot és anionrés

b) metabolikus acidosis, élettani anionrés, hyperchloraemia

c) metabolikus acidosis, nagyobb anionrés, normochloraemia

Jelmagyarázat: A^- az anionrés, az ionok melletti számértékek az ionkoncentrációk mmol/l-ben.

A VIZELETTEL TÖRTÉNŐ NETTÓ SAV-BÁZIS (NSB) ÜRÍTÉS

Bevezető A vizeletből végzett NSB-vizsgálat elsősorban kérődzők esetében használatos a takarmányozással kapcsolatos savterhelés kimutatására. A NSB meghatározásának állományvizsgálatok esetén van jelentősége, ugyanis egy-egy állat vizeletének vizsgálatával nem utalhatunk latens takarmányártalomból következő, állományszinten jelentkező savterhelésre.

A Kutas-féle vizelettitrálásos módszer kellő pontosságú, egyszerű és gyors eljárással tájékoztat a sav-bázis egyensúly állapotáról. Ha a vizeletben levő puffermechanizmusokat kiiktatjuk, akkor a pufferek által „rejtett” H^+ -ok titrálhatóvá válnak.

A mintáról A vizeletminta-vétel tudnivalóit ➔ 200. o. A vizeletminta max. 24 óráig tárolható 2–4 °C-on, lezárt edényben.

A vizsgálat menete A vizsgálat elve, hogy a mintából ismert mennyiségű erős savval (sósavoldat) és párologtatással eltávolítjuk a vizelet CO_2 -tartalmát, és formaldehidoldattal felszabadítjuk az NH_4^+ formában ürített H^+ -t. A savfelesleget lúgos visszatitrálással határozzuk meg. A titrálást a vér élettani kémhatásának megfelelő értékig (pH = 7,4) végezzük.

Mi kell hozzá?
Elektromos pH-mérő,
0,1 mol/l-es
NaOH-mérőoldat,
1 mol/l-es HCl-oldat,
fenolvörös-indikátor,
univerzálindikátor-
papír,
16–20%-os
formaldehydoldat

A vizsgálandó vizelet 10 ml-éhez bürettából annyi 1 mol/l-es HCl-oldatot adunk, hogy a pH-értéke 4 alá csökkenjen (univerzálindikátor-papírral követjük). Feljegyezzük a felhasznált HCl-oldat mennyiségét.

A HCO_3^- -ből felszabadult CO_2 eltávolítására a vizeletet óvatosan gőzölésig melegítjük. Lehűlés után 10 ml 16–20%-os formaldehydoldatot és 5 csepp fenolvörös-indikátort adunk az elegyhez. A citromsárga oldatot 0,1 mol/l-es NaOH-oldattal színátcsapásig (pH = 7,4) titráljuk. Elektromos pH-mérő birtokában a titrálás végpontja pontosabban megállapítható.

Számítás:

$$NSB = 10(10 \times \text{fogyott ml HCl} - \text{fogyott ml NaOH}),$$

ahol NSB a nettó sav-bázis ürítés, mmol/l.

Értékelés

- ☉ Kérődzőkben a NSB-ürítés *élettani* értéke 50–150 mmol/l.
- ☉ Az élettaninál kisebb értékek – különösen, ha negatívak – *latens acidosisra* utalnak. A vizeletvizsgálat során először a vizelet aktuális pH-értékét állapítjuk meg. Ha egy növényevő állat vizeletének pH-értéke jelentősen savi karakterű, akkor metabolikus acidosisra gyaníthatunk: elsősorban ketosisra, másodsorban laktacidosisra gondolhatunk. Ebben az esetben felesleges az NSB-vizsgálat, hiszen a savterhelés egyértelmű. Ha viszont a vizsgált állatok vizeletének pH-értéke nem tér el jelentősen az élettanitól, akkor érdemes a latens savterhelést az NSB-vizsgálattal igazolni.

A fehérjék és egyéb nitrogéntartalmú vegyületek vizsgálata

A szervezet nitrogénforgalmáról a vér nitrogéntartalmú vegyületeinek vizsgálata jó tájékoztatást nyújt. A vérplazmából a fehérjéket és a fehérjék bomlástermékeit határozzuk meg.

A véralvadásban és a gyulladásban szerepet betöltő egyéb fehérjék (fibrinogén, akutfázis-fehérjék) vizsgálatát ➔ A HAEMOSTASIS VIZSGÁLATA, 98. o. és EGYÉB, RITKÁBB VIZSGÁLATOK, 393. o.)

A vizsgálatokról általában

ÖSSZFEHÉRJE

Az összfehérje-tartalom (*total protein*, TP) a vérben különböző élettani szerepet betöltő proteinek (albumin, transzportfehérjék, alvadási faktorok, humorális ellenanyagok, proteohormonok) összességét jelenti. A klinikai laboratóriumi diagnosztikában dehidráció, proteinvesztéses állapotok (hepatosis, nephritisek, enteropathiák), helyi és generalizált oedemák, gyulladások, fertőzések, immunológiai betegségek, daganatok felismerésére, ill. gyanúja esetén vizsgáljuk.

Az összfehérje-tartalom mérhető szérumbeli értéke gyakorlatilag a szérum albumin- és globulintartalmának összegéből adódik. Ha vérplazmából mérjük, akkor ehhez még a plazmafehérjék kb. 5%-át (1–7 g/l) képező fibrinogéntartalom tevődik.

Az összfehérje-tartalom meghatározható

- refraktométeres módszerrel és
- az ún. biuretreakció alapján spektrofotometriás módszerrel.

Az összfehérje-tartalmat szérumból, esetleg heparinnal vett plazmából vizsgáljuk. A mintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

A minta mélyhűtve (–18 °C-on) 14 napig tárolható. A mélyhűtött szérumintát hűtőtáskában küldjük a vizsgálóhelyre.

Az összfehérje-tartalom spektrofotometriás mérése

Az összfehérje-tartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Az ún. biuretreakcióban Cu^{2+} -ok kapcsolódnak a fehérjék peptidkötéseikhez. A keletkező ibolyaszínű komplex színintenzitása a fehérjekoncentrációval arányos.

Bevezető

A mintáról

A vizsgálatok menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Hibaforrások. Az erősen hemolitikus minta nagyobb eredményt ad, mert a hemoglobinnak jelentős saját elnyelése van a mérési hullámhosszon. Zavaró lehet a lipaemia és a nagy bilirubintartalom is.

Az összfehérje-tartalom refraktométeres mérése

Mi kell hozzá?
Refraktométer

A szérum összfehérje-tartalmának mérésére alkalmas, kalibrációs skálával ellátott, ún. klinikai refraktométert használunk, amellyel egy csepp mintából azonnal eredményt kaphatunk. A mérés kivitelezése során kövessük a refraktométerhez mellékelte leírásban foglalt útmutatást.

Értékelés

☉ Az összfehérje-tartalom *életlani* értéke szérumban, ill. plazmában 60–90 g/l.
☉ Az összfehérje-tartalom (TP) az életlani értéknél nagyobb vagy kisebb is lehet.

A *hyperproteinaemia* okai:

- dehidráció (relatív),
- gyulladások,
- autoimmun kórképek,
- neoplasmák (lymphomák, myelomák).

A *hypoproteinaemia* okai:

- hiperhidráció (relatív),
- csökkent képzés (hosszan tartó éhezés, krónikus felszívódási zavarok, hepatopathiák),
- fokozott fehérjevesztés (vese, bél),
- sequestratio (testúri folyadékgyülemek, pl. mell-/hasvízkór, oedemák),
- fokozott felhasználás (vemhesség, daganatok),
- testúri vérzések,
- égés.

ALBUMIN

Bevezető

Az albumin a májban szintetizálódó, az összfehérje-tartalom jelentős, 30–40%-át képviselő szérumfehérje-frakció. Élettani feladata a vér kolloid-ozmotikus (onkotikus) nyomásának fenntartása, egyes molekulák transzportja (pl. a szabad bilirubin, a szabad zsírsavak, a tiroxin egy részének szállítása). A keringésben levő kalcium mintegy 50%-a albuminhoz kötött.

Az albumintartalom meghatározható

- a brómkrezolzöld-albumin-komplex spektrofotometriás mérésével,
- szérumelektroforézissel.

A mintáról

Az albumintartalmat szérumból vizsgáljuk, de megfelel a heparinos plazma is. A mintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

Hibaforrás. A heparin túladagolása hamis eredményt adhat.

A minta mélyhűtve (-18 °C -on) 14 napig tárolható. A mintákat hűtőtáskában juttassuk el a vizsgálóhelyre.

Az albumintartalom spektrofotometriás mérése

Az albumintartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A brómkrezoljöld (BCG) és az albumin kapcsolódásából képződő zöld színű komplex színintenzitása az albuminkoncentrációval arányos.

A vizsgálatok menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Az albumintartalom mérése szérumelektroforézissel

A fehérjefrakciók a molekulatömegüknek és felületi töltésüknek megfelelően vándorolnak az elektromos térben. Az elektroforetogram első fehérjecsúcsa az albumin. A csúcs alatti terület az albumin koncentrációjával arányos. Mivel a mérés kivitelezése és értékelése speciális laboratóriumi felszerelést (elektroforetikus készüléket és denzitómétert) igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

Mi kell hozzá?
Elektroforetikus
készülék,
denzitóméter

- ☺ Az albumintartalom *életani* értéke szérumban, ill. plazmában 25–45 g/l.
- ⊗ A 15 g/l-nél kisebb szérumbeli albuminérték generalizált oedema kialakulásához vezet, ill. fordítva is igaz: ha generalizált oedemában 15 g/l-nél kisebb értéket mérünk, akkor az oedema hátterében nagy valószínűséggel albuminhiány áll. Az albuminhiányos állapot következménye hypocalcaemia kialakulása.

Az albumin mennyisége abszolút és relatív módon változhat.

A *hyperalbuminaemia* okai:

- az abszolút növekedés (fokozott májbeli szintézis miatt) ritka (pl. krónikus szteroidterápia hatására),
- dehidráció (relatív).

A *hypoalbuminaemia* okai:

- az abszolút albuminhiány okai:
 - ◆ csökkent májbeli képzés,
 - ◆ elégtelen fehérjebevitel,
 - ◆ krónikus felszívódási zavar,
 - ◆ a testüregekben való felhalmozódás,
 - ◆ fokozott albuminvesztés (nephrosis-szindróma),
 - ◆ krónikus enteritis, égés, szepszis, DIC,
- a relatív albumincsökkenés oka: dehidráció.

Értékelés

KARBAMID

Bevezető A karbamid (urea) az emlősökben a fehérje-anyagcsere végterméke; a májban termelődik a toxikus ammóniából az energiaigényes ornitinciklus (karbamidciklus) során. A vérben mérhető értékét a májbeli szintézis és a vesén keresztüli filtráció és reabszorpció egyensúlya határozza meg.

A táplálékkal/takarmánnyal felvett fehérje mennyisége a vér és a tej karbamidszintjét jelentősen befolyásolja. A karbamidtartalom kérődzőkben a fehérjeellátás, monogastricus fajokban (elsősorban kisállatokban) a veseműködés fontos mutatója (☛ 234. o.). Utóbbi vizsgálatára célszerű a karbamidtartalmat a kreatinintartalommal együtt meghatározni és értékelni.

A karbamidtartalom hasúri folyadékban való mérésének indoka annak megállapítása, hogy keveredett-e vizelet a folyadékhoz.

A karbamidtartalom meghatározható

- enzimatiskus úton spektrofotometriás módszerrel,
- tesztcsfkokkal.

Egyes szakkönyvek BUN- (*blood urea nitrogen*) értéket adnak meg karbamid helyett. Az átszámítási képlet: $BUN [mmol/l] \cdot 2,14 = \text{karbamid} [mmol/l]$.

A mintáról A karbamidtartalmat teljes vérből, szérumból vagy plazmából, tejből, hasúri folyadékból egyaránt meghatározhatjuk.

A *vérvétel* zárt rendszerű módja ajánlatos, hogy csökkentsük a levegővel való kontamináció lehetőségét. Antikoagulánsként az ammónium-heparinaton kívül bármelyik szer megfelel. A vérmintavétel tudnivalóit ☛ 21. o.

Teljes vért karbamidméréshez ne tároljunk. A centrifugált plazma- vagy szérumminta $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on egy hétig, $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on két-három napig tárolható aseptikus körülmények között. A levegőből bekerülő ubiquiter baktériumok tárolás közben bonthatják a karbamidot.

A *tejmintavétel* a fejés közben lehetséges. Ugyancsak ajánlatos a mintavételi edény gyors lezárása. A tejminta aseptikusan $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on egy napig tárolható.

A *hasúri folyadékot* lege artis végzett punctióval fecskendőbe szívjuk le. A hasúri folyadékot lehetőleg azonnal vizsgáljuk, ne tároljuk.

A mintákat hűtőtáskába téve, lehetőleg azonnal juttassuk el a vizsgálóhelyre.

A vizsgálatok menete

A karbamidtartalom enzimatiskus, spektrofotometriás mérése

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A karbamidtartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A karbamidból képződött ammónia α -ketoglutarásvval glutamátot képez. A $NADH + H^+ \rightarrow NAD$ kapcsolt reakció fotometriásan mérhető: az abszorbaneciacsökkenés arányos a minta karbamidtartalmával.

Hibaforrások. Erősen hemolitikus minta esetén nagyobb értéket kapunk. Lipaemia a mérést zavarja.

A karbamidtartalom meghatározása tesztcsíkkal (szemikvantitatív)

A tesztcsíkot a mintába mártjuk, és az előírt idő elteltével az elszíneződést az összehasonlító színskálával összevetve állapítjuk meg a karbamidtartalmat. A közkedvelt gyorsreagens-csíkok között van olyan, amelyikhez egy csepp teljes vér elegendő, és a meghatározás 1 perc alatt elvégezhető. Tesztcsíkok csak vér (-plazma, -szérum) karbamidtartalmának mérésére készülnek, más biológiai folyadékok vizsgálatakor ezek elszíneződése jelentősen módosul.

Hibaforrások. Erősen hemolitikus minta esetén nagyobb értéket kapunk. Lipaemia a mérést zavarja.

Mi kell hozzá?
Tesztcsik

☉ A karbamidtartalom *életlani* értéke *vérben* (szérumban, ill. plazmában) 3–11 mmol/l, *tejben* hasonló, *hasúri folyadékban* nem nagyobb a vérbeli értéknél.

☉ A *vér* karbamidtartalmának értékelése során figyelemmel kell lennünk arra, hogy azt számos külső (extrarenalis) tényező befolyásolja. (A veseműködéssel kapcsolatos részleteket ➔ 234. o.).

A vérkarbamid *növekedésének* (uraemia) okai:

- fokozott fehérjebevitel vagy fehérjekatabolizmus a szervezetben (láz, trauma, vérzések is, pl. a bélcsatorna üregében),
- energiahányos állapot (kérődzőkben, a tej karbamidtartalmának egyidejű növekedésével),
- dehidráció, oliguriás állapotok,
- csökkent glomerularis filtráció,
- fokozott tubularis reabszorpció,
- vizelet kijutása a hasüregbe.

A vérkarbamid *csökkenésének* okai:

- csökkent fehérjebevitel,
- csökkent képzés súlyos májfunkciózavar miatt (veleszületett sönt, elhúzódó zsírmáj vagy idült májcirrhosis, sokszor a vér ammóniatartalmának egyidejű növekedésével),
- hiperhidráció, fokozott diuresis (pl. hyperadrenocorticismus vagy diabetes insipidus miatt).

Karbamidvizsgálat tejben. Tehenekben a tej és a vér karbamidtartalma szoros összefüggést mutat. A tej karbamidtartalmából a fehérje-/energiaellátottság mértékére következtethetünk: a nagyobb értékek a fehérjetületés vagy/és az energiahány, míg a kisebb értékek a fehérjehiány vagy/ és az energiafelesleg jelzői [➔ ELLENŐRZŐ (SZŰRŐ-) VIZSGÁLATOK, 455. o.].

Karbamidvizsgálat a hasúri folyadékban. A punctatum karbamidtartalma alapján eldönthetjük, hogy a hasúri folyadékhoz keveredett-e vizelet.

Értékelés

A vérplazmáénál nagyobb karbamidérték vizelet jelenlétére utal. (A kreatininmérés megbízhatóbb eredményt ad, ➔ 127. o.)

KREATININ

Bevezető A *kreatinin* a nem fehérje természetű, nitrogéntartalmú anyagok (NPN) egyik képviselője, ami az izomműködés során kreatinból és kreatin-foszfáttól képződik, majd a vérbe jut. Kis molekulatömegű anyag lévén a veseglomerulusban teljesen filtrálódik, ezt követően a tubulusban gyakorlatilag sem szekréciója, sem reabszorpciója nincs. Ezért állandó izombeli képződést feltételezve a vér kreatininkoncentrációja a *glomerulusfiltráció közvetlen jelzője*. A veseműködés megítélésére a vérbeli kreatininkoncentráció a karbamiddal együtt széles körben vizsgált és ahhoz általában hasonlóan változó mutató. A karbamid- és a kreatininmeghatározás közötti fő különbségek a következők:

- a vér (vérplazma/-szérum) kreatininkoncentrációját alig befolyásolja extrarenalis tényező, néhány ritka helyzettől eltekintve (pl. fokozott izomműködés, -károsodás) az izmokban a kreatininképződés állandó;
- a vér (vérplazma/-szérum) karbamidtartalmát jelentősen növelhetik vagy csökkenthetik extrarenalis hatások: pl. a nagymérvű fehérjefelvétel, a fokozódó proteolitikus folyamatok (testszerte bárhol) növelik, míg a hiányos fehérjebevitel vagy a májelégtelenség csökkenti a karbamidszintet;
- a vér kreatininkoncentrációja később kezd növekedni veseelégtelenség esetén, mint a karbamidé, ugyanakkor a növekedése tartós. Ezzel szemben a karbamidkoncentráció a vesebetegség elején gyorsan nő ugyan, de a betegség miatt étvágytalanná váló állat vérében fokozatosan csökkenhet, mert nincs fehérjeszubsztrát a karbamidképződéshez;
- a kreatininméréshez nincs forgalomban gyors meghatározásra használható tesztcsík, a mérést laboratóriumi körülmények között kell elvégezni.

A kreatinint nemcsak vér, hanem egyéb folyadékmintákból (vizelet, hasúri folyadék) is gyakran meghatározzuk. A *hasúri folyadék* kreatinintartalmát (annak karbamidtartalmához hasonlóan) azért vizsgáljuk, hogy igazolhassuk abban a vizelet jelenlétét. A *vizelet* vizsgálatakor nem közvetlenül a kreatininkoncentrációból vonunk le következtetéseket, hanem – a kreatininürítés viszonylagos állandóságát kihasználva – a kreatininre vonatkoztatva adjuk meg egyes összetevők ürülő mennyiségét. A *kreatininürítés* (ún. kreatinin-clearance) vizsgálata körülményes eljárás, leírását l. az élet-tani szakkönyvekben.

A kreatinintartalom meghatározható (minden folyadékminta esetén):

- nem specifikus színreakción (a pikrinsavas Jaffé-reakción) alapuló spektrofotometriás módszerrel,
- specifikus enzimatis reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel (pontosabb, de drágább eljárás).

A mintáról

A kreatinintartalom szérumból és heparinos plazmából, hasúri folyadékból, vizeletből egyaránt mérhető. A mintavétel tudnivalóit ➤ 24. o. (vér), 396. o. (hasúri folyadék) és 200. o. (vizelet).

A szérum-, plazma-, hasúri folyadék- vagy vizeletminta szobahőmérsékleten nem, hűtőszekrényben (+4 °C-on) 1 napig, mélyhűtve (-18 °C-on) néhány hétig tárolható. A mintákat hűtőtáskában szállítsuk a vizsgálati helyre.

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A kreatinintartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Hasúri folyadék vizsgálatakor gyakran, vizeletminta esetén minden esetben hígítani kell a mintát (1:10–1:50 arányban).

Hibaforrások. Hemolízis, icterus a meghatározást zavarja, esetükben tévesen kis értékeket mérhetünk. Ketonanyagok jelenlétekor a Jaffé-reakcióval tévesen nagy kreatininértékek adódhatnak.

Értékelés

☺ A kreatinintartalom *életlani* értéke a *vérplazmában/-szérumban* állatfajtól függően 40–180 μmol/l körüli. *Hasúri folyadékban* ehhez hasonló vagy kisebb kreatinintartalom mérhető, ha nem keveredik hozzá vizelet. A *vizelet* kreatinintartalma 10–100-szorosa a vérplazmáénak, koncentrációja a vízháztartás függvényében tág határok között változik.

☹ A *vérbeli* kreatinintartalom növekedhet vagy csökkenhet.

A *hypercreatininaemia* okai:

- csökkent glomerularis filtráció (prerenalis, renalis vagy postrenalis veselégtelenség miatt),
- fokozott izombeli kreatininképződés (ritka oktatni tényező).

Hibaforrás. Nagyobb izomtömegű állatokban életlani jelenség is lehet a vér nagyobb kreatinintartalma.

A *hypocreatininaemiának* nincs diagnosztikai jelentősége, ez az állapot senyvességgel, haemodilútióval vagy a minta hosszas tárolásával állhat kapcsolatban.

Kreatininvizsgálat a hasúri folyadékban. A kreatinintartalom növekedésének (a vérbelinél nagyobb koncentrációnak) kizárólagos oka vizelet megjelenése a hasüregben (pl. húgyhólyag- vagy ureterpedés miatt, legtöbbször traumás háttérrel). Mivel a vizelettel nem keveredett hasúri punctatum kreatinintartalma hasonló vagy kisebb, mint a vérplazmáé, csak az ennél nagyobb értéknek van diagnosztikai jelentősége (mindig hasonlítsuk a plazmakreatininhez a hasúri folyadék kreatinintartalmát!). Mivel a kreatinin kevésbé diffúzióképes, mint a karbamid, lassabban szívódik fel a hasúri tartalomtól, így biztosabban jelzi a vizelet hasüregbe jutását, mint a karbamid.

Kreatininvizsgálat vizeletben. Önálló jelentősége sem a csökkenésnek, sem a növekedésnek nincs, mivel a vizelet kreatinintartalma a szervezetben fennálló térfogatviszonyok szerint változik. A vizeletkreatinint azért mérjük, hogy arra vonatkoztatva adjuk meg néhány ürülő anyag (pl. hormonok, fehérje, enzimek) mennyiségét, amit ugyancsak befolyásol a vízháztartás állapota.

AMMÓNIA

Bevezető Az ammónia a gyomor-bélcsatornában (kérődzőkben az előgyomrokban és a vastagbélben, monogastricus fajokban az utóbbi helyen) képződik bakteriális tevékenység eredményeként. A veszélyes sejtmérget a máj detoxikálja a karbamid- (ornitin-) ciklusban. A vér ammóniatartalmából a májfunkció károsodásának mértékére következtethetünk.

Az ammóniatartalom meghatározható

- enzimatis, spektrofotometriás módszerrel,
- szárazkémiai gyorsanalizátorral.

A mintáról Az ammóniatartalmat teljes vérből vagy plazmából határozzuk meg. A vért zárt rendszerben (anaerob módon), EDTÁ-s csőbe vegyük, és a lezárt vércsővet *azonnal* tegyük jégkockák közé. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 23. o.

A minta nem tárolható, a meghatározásig 1/2-1 óránál több nem telhet el. Egyes szerzők a szakszerűen vett és elválasztott plazmát $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on zárt csőben 10-14 napig eltarthatónak tartják.

A vizsgálatok menete A mérés előtt ajánlatos a konzultáció a laboratóriummal. Az ammóniamérést tiszta levegőjű (dohányfüsttől mentes) laboratóriumban kell végrehajtani, ahol vizeletvizsgálatokat nem végeznek.

Hibaforrások. Az ammóniamérés az egyik legnagyobb gondosságot igénylő laboratóriumi meghatározás, amelyben a preanalitikai hibák gyakori okai a hamis eredményeknek. A környezetből származó bármilyen ammóniakontamináció meghamisítja az eredményt. A heparin (elsősorban az ammónium-, de a Li- és a Na-heparinát is) a mérést zavarja. Lipaemia és hemolízis a teljes vérből végzett szárazkémiai gyorsvizsgálatot nem, a plazmából való spektrofotometriás mérést zavarja.

Az ammóniatartalom mérése enzimatis, spektrofotometriás módszerrel

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Az ammóniatartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A különböző reagenskészletekben az ammóniamérés alapja egy enzimatis reakció, amely során a $\text{NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD}$ kapcsolt reakció spektrofotometriásan követhető.

Az ammóniatartalom mérése szárazkémiai gyorsanalizátorral

Mi kell hozzá?
Szárazkémiai
gyorsanalizátor,
speciális tesztsík

A leginkább ajánlható eljárás, mert teljes vérből, közvetlenül a vérvétel után, az állat mellett 3 perc alatt eredményt kapunk. A reakció során a tesztsíkon erősen lúgos közegben szabadul fel a vér (vérplazma) ammóniatartalma,

ami a reagenszóna elszíneződését eredményezi. A reflexiós fotométer elvén működő analizátor az elszíneződés mértékét méri.

- ☺ Az *életlani* éhgyomri érték minden állatfajban < 80 $\mu\text{mol/l}$.
- ⊗ A *hyperammonaemia* okai:
 - veleszületett portoszisztémás sönt (ír juhászkyutyában, carn-terrierben gyakori),
 - veleszületett enzymopathia (ritka),
 - szerzett, súlyos, diffúz májkárosodás (zsírmáj, toxikus májdystrophia, cirrhosis),
 - ammóniamérgezés (pl. karbamidtületetés miatt szarvasmarhában).

A vér nagy ammóniatartalmához gyakran csökkent karbamidtartalom társul. Hyperammonaemia esetén a vizeletüledékben ammónium-urát-kristályok jelenhetnek meg (dalmata kutyában életlani lelet).

Értékelés

AMMÓNIATOLERANCIA-TEST

Kutyában (ritkán macskában) a vizsgálatot célszerű elvégezni akkor, ha az ammóniakoncentráció kissé ugyan meghaladja a határértéket, de az ALT és az alkalikus foszfatáz aktivitása, valamint a bilirubinszint nem kóros. A vizsgálatot epesav-meghatározással érdemes kiegészíteni.

Bevezető

A mintavétel tudnivalóit ➔ 23. és 128. o.

A mintáról

A kutyát vagy a macskát 12 óráig éhezettjük, majd alapvérmintát gyűjtünk. Ezután p. os beadunk 100 mg/kg (max. 3 g) ammónium-kloridot 20–50 ml vízben feloldva (töményebb oldat hányást okozhat). Kölyökkutyának rektálisan adjuk be az oldatot fecskendőből vizeletfogó katéter segítségével (a végbelet előzetesen beöntéssel célszerű kiüríteni). 30 perc múlva EDTÁ-s csőbe vérmintát veszünk, és mindkét mintából elvégezzük az ammóniameghatározást (➔ 128. o.).

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Ammónium-klorid,
vizeletfogó katéter

- ☺ *Egészséges* egyedekben a 30 perces minta ammóniatartalma kevesebb, mint az alapérték kétszerese.
- ⊗ *Kóros* esetben a terhelést követően legalább kétszeres ammóniatartalom-növekedést észlelünk (kutyában legkevesebb 120 $\mu\text{mol/l}$, macskában 180 $\mu\text{mol/l}$ értéket).

Értékelés

A szénhidrát-anyagcsere vizsgálata

A vizsgálatokról általában

Az állati szervezetben az energiatermelés egyik forrása a glükóz, ezért a vér glükóztartalma a szénhidrát-anyagcsere talán leggyakrabban vizsgált diagnosztikai mutatója. A vérglükóz aktuális értéke fontos jellemzője a nagyszámú szénhidrátépítő és -lebontó anyagcsere-folyamat egyensúlyi állapotának. Az anaerob energiatermelés jelentőssé válását a laktátkoncentráció meghatározásával igazolhatjuk. Ha az energiaszolgáltatás a zsírszövet lebontásával valósul meg, jó tájékoztatást nyújt a ketonanyagok vizsgálata (☛ 140. o.)

GLÜKÓZ

Bevezető

A szénhidrátok transzportja a szervezetben főleg a vércukor (a plazma glükóztartalma) révén valósul meg. A plazma glükóztartalma meglehetősen állandó és folyamatos energiaforrást képvisel a monogastrius fajokban minden szövet számára, különösen az ún. obligát glükózfogyasztó szövetek esetében (agy- és idegszövet, vörösvérsejtek, a vese velőállománya, here). A tejlő állatokban – elsősorban tehénben – kiemelendő a tejmirigy óriási glükózigénye. A szerv a felvett glükózt a laktóz bioszintézisére fordítja.

A glükóztartalom meghatározható

- enzimatis reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel,
- enzimatis úton tesztcsíkokkal.

A mintáról

A glükóztartalmat vérplazmából határozzuk meg. A vérmintát éhgyomorra vesszük. A kapilláris vért azonnal a fehérjementesítő oldatba pipettázzuk, a vénás vérhez pedig nemcsak antikoagulánst (pl. EDTA), hanem glikolízisgátlót (NaF) is kell adni. Fontos, hogy a vérmintát a vérvételt követően minél előbb centrifugáljuk. A vérmintavétel tudnivalóit ☛ 23. o.

A vénás vérminta hűtőszekrényben (+4 °C-on) 48 óráig eltartható, a plazma mélyfagyasztva (-18 °C-on) is csak max. 48–72 óráig tárolható.

A vizelet glükóztartalmának mérését ☛ VIZELETVIZSGÁLATOK ÉS A VESEMŰKÖDÉS VIZSGÁLATA, 216. o.

A vizsgálatok menete

A glükóztartalom spektrofotometriás mérése

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A glükóztartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban). A legelterjedtebb a glükózoxidáz-peroxidázos (GOD-POD), ill. a hexokinázos meghatározás.

A glükóztartalom meghatározása tesztcsíkkal (szemikvantitatív)

A tesztcsíkok is enzimatisus módszereken alapulnak. A tesztcsíkot teljes vérbe vagy plazmába mártjuk, és az elszíneződést az összehasonlító színskálával összevetve állapítjuk meg a glükóztartalmat.

A glükózkoncentráció tájékoztató mérésére többféle tesztcsíkot használhatunk. Forgalmaznak olyan tesztcsíkokat is, amelyekkel egy csepp teljes vérből állapíthatjuk meg a glükóztartalmat, szárazelemmel működő készülék segítségével. A cukorbeteg emberek számára gyártott, az állatorvosi gyakorlatban is jól használható kis készülékeket ilyen tesztcsíkok felhasználásával működtethetjük. A gyors és egyszerű módszer pontos eredményt ad. A készülékek digitális kijelzőjén a glükózkoncentráció jelenik meg (☞ **KLINIKAI ENDOKRINOLÓGIA**, 7.1. ábra, 265. o.).

Mi kell hozzá?
Tesztcsík

☺ A plazma glükóztartalmának *életteni* értéke monogastricus állatokban 3–6 mmol/l, kérődzőkben 2–4 mmol/l, madarakban (8–9 mmol/l). A vörösvérsejtekben a glükózkoncentráció az extracelluláris (EC-) térhez képest kisebb.

☹ Az állatokban hypo- és hyperglykaemia egyaránt előfordulhat.

A hypoglykaemia okai:

- energiahányos állapot (szarvasmarhák zsírmájbetegsége, ketosisa, juhok vemhességi toxikózisa, szopós malacok, kistestű kölyökkutyák, kimérült vadászkutyák, éhező állatok hypoglycaemiája),
- inzulintúladagolás,
- β -receptor blokkolók és anabolikus szteroidok hatása,
- hypoadrenocorticismus (Addison-kór),
- hyperthyreosis.

A hyperglykaemia okai:

- diabetes mellitus (latens forma is),
- stressz (macska!),
- idegrendszeri kórképek (veszettség, Aujeszky-betegség, agyvelőgyulladás),
- heveny májelégtelenség (májgyulladás, daganat),
- iatrogén ártalom (xilazinhatás, glükózinfúzió, glükokortikoid),
- hyperadrenocorticismus (Cushing-szindróma).

Értékelés

GLÜKOHEMOGLOBIN

A glükohemoglobin úgy képződik, hogy a hemoglobin primer aminocsoportjaihoz nem enzimatisusan glükóz kötődik (glükohemoglobin, ún. glükált hemoglobin). A glükohemoglobin-tartalomról következtethetünk a glükózanyagcsere működésére oly módon, hogy – a vörösvérsejtek hosszú

Bevezető

élettartamának megfelelően – az eredmények egy, a mintavétel előtti 8–12 hetes időszak glükózviszonyait tükrözik.

A glükohemoglobin-tartalmat színreakción alapuló spektrofotometriás módszerrel határozzuk meg.

A mintáról

A méréshez heparinos vagy EDTÁ-s csőben vett plazmát használunk. Centrifugálás után a vörösvérsejtekből hemolizátumot készítünk.

Az EDTÁ-val vett teljes vér hűtőszekrényben (+4 °C-on) 1 hétig eltartható.

A vizsgálat menete

Először meghatározzuk a minta összhemoglobin-tartalmát (☞ 46. o.), és a hemolizátumot a megfelelő hemoglobinkoncentrációra állítjuk be.

A glükohemoglobin-tartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A mérés azon alapul, hogy a hemoglobinhoz kötött glükóz savas, katalitikus hőkezeléssel lehasítható, és a keletkezett vegyület tiobarbitursavval spektrofotometriásan jól mérhető adduktumot ad. A glükohemoglobin mennyiségét az összes hemoglobin mennyiségének arányában adjuk meg.

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

☺ *Élettani* körülmények között a vörösvérsejtek glükohemoglobintartalma az összhemoglobin-tartalom 5–6%-a, és megközelítőleg 8% optimálisan beállított diabetesben is.

☹ A 12% feletti glükohemoglobinérték nem megfelelő glükózanyagcserére utal. Az eredmények egy hosszabb időszakot, kutyánál közel 14 hetes viszonyokat tükröznek.

A glükohemoglobin-, valamint a fruktóz-amin-érték ismerete (☞ KLINIKAI ENDOKRINOLÓGIA, 266. o.) lehetőséget ad az élettani glükózszint ellenőrzésére. A glükózvizsgálatot ugyan nem helyettesíti, de jelentősége van a diabetes diagnosztizálásában, ill. az állapot stabilizált voltának monitorozásában is.

Hibaforrások. Hamis eredményt kapunk, ha hemolitikus folyamat, haemoglobinopathia vagy veseelégtelenség áll fenn.

LAKTÁT

Bevezető

A tejsav a szénhidrát-anyagcserében az anaerob glikolízis végterméke. A laktátképzés élettani állapotban alacsony szintű. A tejsavmennyiség legnagyobb része az oxigénadósság állapotában az izomsejtekben keletkezik (egy része az erythrocytákba jut), és a májban bomlik el. Mivel a vér laktátkoncentrációja jól tükrözi a tejsav keletkezése és eliminálása közötti egyensúlyi állapotot, az izomterhelés vizsgálatára jól használható.

A laktáttartalmat enzimátikus reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel határozzuk meg.

A minta stabilitásának megőrzése a mérés egyik legnagyobb nehézsége. A laktátérték *in vitro* növekedését a glükolitikus aktivitás csökkentésével lehet meggátolni, ezért a vérmintát lehetőleg fehérjementesítéssel vagy nátrium-fluoridos (NaF) vérvételi csőbe vegyük, és gyorsan centrifugáljuk. A mérést a fehérjementesített felülszóból/plazmából frissen vagy rövid ideig tartó mélyhűtés után végezhetjük el.

A minta hűtőszekrényben (+4 °C-on) 1-2 óráig, mélyhűtve (-18 °C-on) 1-2 napig tárolható.

A laktát tartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A minták vizsgálatára a legelterjedtebb az enzimátikus (végpontos) UV módszer, amelynek elve a laktát → piruvát átalakulás a $\text{NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD}$ kapcsolt reakció mellett.

A másik, kevésbé elterjedt enzimátikus, spektrofotometriás módszer alapja, hogy a tejsav laktát-oxidáz enzim jelenlétében piruvát és H_2O_2 képződése mellett oxidálható. A H_2O_2 a hozzáadott kromogén prekursor jelenlétében rózsaszínű oldatot képez, amelynek színintenzitása jól mérhető.

☺ A nyugalmi tejsavérték lóban 1-2 mmol/l, és 10 mmol/l fölé is növekedhet a verseny-igénybevétel hypoxiás szakaszaiban.

☹ A *hypolactacidaemiának* nincs gyakorlati jelentősége.

A *hyperlactacidaemia* leggyakoribb okai:

- kérődzők heveny bendőacidosis (lactacidaemiája),
- myopathiák (főleg izomdystrophia),
- májelégtelenség,
- hematológiai betegségek (akut leukaemiák, neoplasticus betegségek, neuromuscularis betegségek).

Versenylovak és agarak esetében az igénybevétel mértékének és az állat metabolikus érzékenységének jó jellemzője a tejsav-koncentráció munkavégzés hatására bekövetkezett növekedése a vérben, ill. az alapállapotra való visszaállás ideje. A tejsavérték fontos mutatója az állat felkészítettségének [☞ ELLENŐRZŐ (SZŰRŐ-) VIZSGÁLATOK, 458. o.].

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

A lipidek vizsgálata

A vizsgálatokról általában

A szervezetben (és a vérérszumban) a lipidek nem képeznek kémiaiilag egységes vegyületcsoportot, de közös tulajdonságuk, hogy apolárisak és csak szerves oldószerekben oldódnak. Vizes közegben speciális fehérjékhez kötődve, lipoprotein formájában szállítódnak.

Diagnosztikai szempontból a lipidek csoportjának legfontosabb tagjai a trigliceridek, a koleszterin és a szabad zsírsavak, de ide sorolható a másutt tárgyalt karotin is (☛ 166. o.). A trigliceridekből származó zsírsavak optimális körülmények között glükóz képzésével energiát is szolgáltatnak, és a glicerint is a glükoneogenezisben hasznosul. Ha a zsírsavak oxidációs végterméke (az acetyl-Co-A) nem juthat a citrátkörbe, a felesleges ketonanyagokká kondenzálódnak.

A ketonanyagok kis mennyiségben a vázizomban és a központi idegrendszerben használódnak fel, nagy mennyiségben azonban (főleg kóródzók esetében) kóros állapotot idéznek elő. A diagnosztikailag jelentős ketonanyagok megjelenése a zsír- és szénhidrát-anyagcsere egymásra hatásának következménye, de mivel kiindulóanyagaik zsírok (trigliceridek), mérésüket ebben az alfejezetben ismertetjük.

TRIGLICERIDEK

Bevezető

A táplálékkal felvett neutrális zsírok a bélcsatornában epesavak jelenlétében a pancreas lipáz hatására 2-monoacil-gliceridekre és szabad zsírsavakra bomlanak. A felszívódott termékek a vékonybél mucosában trigliceridekké (triacil-glicerolok, TG) reszintetizálódnak, beépülnek a chylomyronokba, és a nyirokereken keresztül kerülnek a vérkeringésbe. A trigliceridek a szövetekben a lipoprotein-lipáz révén bontódnak le. A felszabaduló zsírsavakat elsősorban a zsírsejtek veszik fel, ott belőlük ismét trigliceridek képződnek, és mint energiaszolgáltató anyagok tárolódnak. A glicerint részben a glükoneogenezisben használódnak fel. A triglicerid tartalmú chylomyronok egy része a májba kerül, ahol szintén glicerintre és zsírsavra hidrolizálódnak. A hepatocytákban is végbemegy reszintézis neutrális zsírokká. Ezek pre- β -lipoproteinként (VLDL, *very low density lipoprotein*) kerülnek a plazmába, és zsírsavrészük főleg az izomsejtek energiaellátását szolgálja. A plazmatrigliceridek másik része a zsírraktárakból mobilizálódtott hosszú szénláncú zsírsavak (FFA vagy NEFA) májbeli reszintéziséből származik.

Elsősorban a trigliceridek jelenléte felelős a sok vizsgálatot lehetetlenné tevő „lipaemiás” plazma kialakulásáért, ami az eleség felvétele után ragadozókból gyakori.

A trigliceridtartalmat specifikus enzimatis reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel mérjük.

A trigliceridtartalmat szérumból, esetleg heparinos plazmából határozzuk meg. A vérmintát – elsősorban húsevőkben – legalább 12 órás éhezés után kell venni, hogy a mért értékeket a takarmánnyal (eleséggel) felvett zsír ne befolyásolja (alimenteris vagy postprandialis lipaemia ne alakulhasson ki). A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

A minta hűtőszekrényben (+4 °C-on) egy napig, mélyhűtve (-18 °C-on) 1–2 hétig tárolható. A mélyhűtött minta csak egyszer engedhető fel.

A trigliceridtartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Az enzimatis (végpontos) módszerek a hidrolitikus bontás során keletkezett glicerint közvetett mérésén alapulnak. A glicerint bonyolult folyamatot követően a $\text{NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD}$ kapcsolt reakció spektrofotometriás mérésével határozzuk meg: az abszorbanciacsökkenés arányos a minta trigliceridtartalmával.

☺ A plazma trigliceridtartalmának *életlani* értéke húsevőkben 0,5–1,6 mmol/l, lóban 0,4 mmol/l, szarvasmarhában még kisebb, 0,1–0,4 mmol/l.

☹ *Kóros* állapotban a trigliceridérték az életlani értéknél kisebb vagy nagyobb is lehet.

A *csökkent* trigliceridkoncentráció okai:

- a máj anyagcsere-folyamatainak zavara,
- szubsztráthiány (éhezés).

A *megnövekedett* trigliceridkoncentráció okai (gyakran nagy koleszterinértékkel társulva):

- primer hyperlipoproteinaemia,
- szekunder hyperlipoproteinaemiák (diabetes mellitus, nephrosis-szindróma, krónikus veseelégtelenség, akut pancreatitis).

Hibaforrások. Heparin intravénás adását követően tévesen kis trigliceridértéket kapunk, mert a heparin aktiválja a lipoprotein-lipázt, ami csökkenti a triglicerid mennyiségét a plazmában. Más, glicerinképződéssel járó folyamatok, pl. a fokozott zsírszöveti lipolízis tévesen nagy eredményt adhatnak.

KOLESZTERIN

A plazma koleszterintartalmának 80%-a a szervezetben (a májban és a bélnyálkahártyában) szintetizálódik, a többi a felvett takarmányból (eleségből)

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

Bevezető

származik. A koleszterin a sejtekben a membrán fontos alkotóeleme, a szteroidhormon-szintézis kiinduló vegyülete és az idegek mielinhüvelyének felépítésében is részt vesz. A koleszterin kiindulóanyaga az epesavak és a D₃-vitamin képződésének is.

A koleszterin a plazmában lipoprotein formában fordul elő, az ultracentrifugálással elkülöníthető VLDL-, LDL- és HDL-frakciók részeként. A plazmában a két utóbbi frakció a meghatározó, gyakorlatilag ezek teszik ki az „összkoleszterin” (*total cholesterol*, TCh) mennyiségét. A frakciók arányát – tekintve, hogy nem állandó az összetételük – gyakran a különböző izolátumokban meghatározott koleszterintartalom alapján adjuk meg, a VLDL-, LDL- és HDL-koleszterinértékben kifejezve.

A koleszterintartalmat specifikus enzimátikus reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel mérjük.

A mintáról

A koleszterintartalmat szérumból vagy heparinos plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. A mintát hűtve szállítjuk.

A minta hűtőszekrényben (+4 °C-on) néhány óráig, mélyhűtve (-18 °C-on) egy hétig tárolható.

Hibaforrás. A mélyhűtött minta ismételt felengedtetése a VLDL-frakciót károsítja, és az LDL-értékeket növeli.

A vizsgálatok menete

Az összkoleszterin-tartalom mérése

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatókat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A specifikus enzimátikus (végpontos) módszer alapja a koleszterinészterek enzimes hidrolízise. A szabaddá vált koleszterin – többlépéses oxidációval átalakítva – színes vegyületet képez, amely spektrofotometriásan mérhető.

Hibaforrás. Lipaemia esetén téves eredményt kapunk. A nagy trigliceridtartalmú lipaemiás mintákat élettani NaCl-oldattal hígítva kell megmérni.

A HDL-koleszterinérték meghatározása

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
magnézium-fosfor-
volframát,
reagenskészlet

A chylomycron, valamint a VLDL- és LDL-frakciókat a plazmából magnézium-fosfor-volframát reagenssel csapjuk ki, majd centrifugáljuk. A HDL-frakciót a felülúszó tartalmazza, ami a szokásos koleszterinmérési módszerekkel meghatározható.

Hibaforrás. L. előbb.

Az LDL-koleszterinérték meghatározása

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Először megmérjük a plazma összkoleszterin-tartalmát, majd az LDL-frakciót citráttal pufferolt heparinnal kicsapjuk. A csapadék centrifugálása után

a felülúszóban főleg a HDL-frakció marad, ami a reagenskészlet segítségével mérhető.

LDL-koleszterin = összkoleszterin - a felülúszóban levő HDL-koleszterin.

Hibaforrás. L. előbb.

- ☺ A vérplazmában az összkoleszterin-tartalom *életteni* értéke kutyában 2,5–8 mmol/l, macskában 2–6,5 mmol/l, növényevőkben 1,5–5 mmol/l.
- ☹ *Kóros* állapotban az összkoleszterin-érték az életteni értéknél kisebb vagy nagyobb is lehet.

A *hypocholesterinaemia* okai:

- fehérjevesztéses enteropathia,
- májelégtelenség,
- malnutritio,
- daganatos betegség,
- hyperthyreosis.

A *hypercholesterinaemia* okai (gyakran nagy trigliceridértékekkel együtt):

- nagy zsírtartalmú diéta,
- hypothyreosis,
- hyperadrenocorticismus,
- diabetes mellitus,
- nephrosis-szindróma,
- cholestasis.

Humán vonatkozásban ma már közismert, de nem minden pontjában tisztázott a kapcsolat a hypercholesterinaemia, az arteriosclerosis és az ischaemiás szívbetegség között. Ezek az összefüggések a háziállatok esetében nem bírnak gyakorlati jelentőséggel.

SZABAD ZSÍRSAVAK

A vérpályában – életteni viszonyok között kis mennyiségben – keringő szabad zsírsavak (*free fatty acids*, FFA; *non esterified fatty acids*, NEFA) a zsírszöveti lipolízis termékei.

Ha a szénhidrátokból nyerhető energia már nem fedezi a szervezet igényét, a zsírsejtekben fokozódik a trigliceridek hidrolízise, a plazmában a szabad zsírsavak és a glicerol koncentrációja nő. A szabadzsírsav-érték növekszik a sejtszételéssel járó folyamatokban is. Gyakori, hogy energiahiányos állapotban a szabadzsírsav-koncentráció nő, de az összlipid-koncentráció mégis kisebb értéket mutat a többi lipidfrakció (főleg a TG és a TCh) mennyiségének csökkenése miatt.

A vizsgálatnak különös jelentősége van a kérődzők energiahiányos anyagforgalmi zavarai esetén. A nagyfokú energiahiány ellensúlyozására jelentős

Értékelés

Bevezető

zsírmobilizáció indul meg, ezért a szabadzsírsav-koncentráció növekedése az energiahány egyértelmű jellemzője.

A szabadzsírsav-tartalmat komplexképzésen vagy enzimátikus reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel mérjük.

Az enzimátikus módszerek több változata ismert, ezekhez többféle gyári reagenskészlet van forgalomban. A kapható gyári diagnosztikai készletek azonban igen drágák, ezért a komplexképzésen alapuló spektrofotometriás módszert ismertetjük.

A mintáról

A szabadzsírsav-tartalmat szérumból vagy heparinos plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. A mintákat hűtve kell eljuttatni a vizsgálati helyre.

A minta hűtve sem tárolható hosszabb ideig, a mérést a mintavételtől számított legrövidebb időn belül igyekezzünk elvégezni.

A minta centrifugálás után +4 °C-on néhány óráig, mélyhűtőben (-18 °C-on) egy hétig tárolható. A mélyhűtött mintából a felengedtetés után a meghatározást azonnal el kell végezni.

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Kémcsőrázató,
spektrofotométer,
rézreagens,
kirázóreagens,
DEDTC-reagens,
standardoldat

A reagensok készítése:

- rézreagens: 10 ml 1 mol/l-es vizes réz(II)-nitrát-oldathoz 5 ml trietanol-amint adunk, és 100 ml-es mérőlombikban telített nátrium-klorid-oldattal (kb. 30 g/100 ml) jelig töltjük;
- kirázóreagens: kloroform és heptán 1:1 arányú elegyéhez 2% metanolt adunk;
- DEDTC-reagens: 0,2 g Na-dietil-ditiokarbamatot oldunk 100 ml butanolban;

A standardoldat készítése: 1 mmol/l palmitinsav vagy sztearinsav, a kirázóelegyben feloldva. A törzsoldat mélyhűtőben tárolandó, és a felhasználás előtt a szerves oldószerkelettel tovább hígítható.

A kémiai (komplexképzésen alapuló) módszer lényege, hogy a szabad zsírsavak réz(II)-nitráttal képzett komplexei (elszappanosítás) szerves oldószerkeletben kirázhatók, és dietil-ditiokarbamat-reagenssel spektrofotometriásan mérhető sárga vegyületet alkotnak.

Jól zárható centrifugacsőben a következő három elegyet állítjuk össze: 1,0 ml rézreagenshez 0,5 ml mintát, 0,5 ml standardoldatot, ill. 0,5 ml desztillált vizet és 4 ml kirázóreagenst adunk. A centrifugacsövek tartalmát 1 percig Vortex-készüléken rázatjuk, majd 3000 1/min fordulatszámra óvatosan centrifugáljuk. A felül elhelyezkedő szerves fázisból 2 ml-t kémcsőbe viszünk, és 0,2 ml DEDTC-reagenst mérünk hozzá. A sárga színű oldat extinkcióját 437 nm-en a vakkal szemben spektrofotométerrel mérjük.

Hibaforrás. A plazma szabadzsírsav-tartalma a mélyfagyasztott minta többszöri felengedtetése során jelentősen csökken.

- ☺ A plazma szabadzsírsav-tartalmának *életteni* értéke szarvasmarhában 0,2 mmol/l-nél kisebb.
- ☹ Az életteni értéknél nagyobb (akár többszörös) szabadzsírsav-tartalom az energiahány jellemezője. (A szabadzsírsav-tartalom csökkenésével nem találkozunk.)

A *hyperlipidaemia* elsősorban tejelő tehenekben az ellés körüli időszakban fordulhat elő. Lovak esetén a megerőltető verseny munka következtében az izomsejtből kiszabaduló szabad zsírsavak mennyisége nő.

ÖSSZLIPID

Az állati szervezetben a lipidanyagok csoportjába a szerves oldószerekben oldható, kémiai összetételében és életteni funkciójában egyébként egymástól eltérő vegyületcsoportok tartoznak (trigliceridek, foszfolipidek, koleszterin és koleszterinészterek, szabad zsírsavak, zsíroldható vitaminok, szteroidok stb.). Bár a vizsgálat elveszítette korábbi jelentőségét, esetenként indokolt lehet a lipidalkotók együttes, nem differenciált meghatározása.

Az összlipid tartalmat komplexképzésen alapuló spektrofotometriás módszerrel mérjük. A kereskedelemben többféle, meglehetősen drága gyári reagenskészlet van forgalomban, ezért a saját laboratóriumunkban készített színreagenssel kivitelezhető módszert ismertetjük.

A összlipid tartalmat sérumból vagy heparinos plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. A mintákat hűtve kell eljuttatni a vizsgálati helyre.

A minta mélyfagyaszttva (-18 °C-on) tárolható, egyszeri felengedtetéssel 2 hétig stabil.

A színreagens készítése: 20 ml 0,6%-os vanillinoldatot és 80 ml tömény foszforsavoldatot összekeverünk.

A standardoldat készítése: 0,2 g koleszterolt oldunk 100 ml abszolút alkoholban (megfelel 2,6 g/l összlipidértéknek).

A szulfo-foszfo-vanillines reakció során képződő rózsaszínű komplex spektrofotometriásan mérhető.

Hóálló és lazán lefedhető kémcsőben a következő három elegyet állítjuk össze: 2 ml tömény kénsavoldathoz 0,1 ml mintát, 0,1 ml standardoldatot, ill. 0,1 ml tömény kénsavoldatot adunk (utóbbi lesz a reagensvak). Alapos összekeverés után a kémcsöveket 10 percre forrásban levő vízbe tesszük, ezután 5 perc alatt hideg vízben lehűtjük. A reakcióelegyekből 0,1 ml-t másik kémcsőbe viszünk át, és hozzáadunk 2,5 ml színreagenst. Összekeverjük, és szobahőmérsékleten 30 percig állni hagyjuk. A minták extinkcióját száraz küvettában, 546 nm-en a reagensvakkal szemben spektrofotométerrel mérjük.

Értékelés

Bevezető

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Vízfürdő,
spektrofotométer,
tömény kénsavoldat,
tömény foszforsavoldat,
0,6%-os vanillinoldat,
színreagens,
standardoldat

Értékelés

☉ A plazma összlipidtartalmának *életteni* értéke kutyában 5–7 g/l, szarvasmarhában 2–4 g/l, lóban 3–7 g/l.

⊗ Az összlipidtartalom csökkenése és növekedése egyaránt előfordulhat.

A *hypolipidaemia* okai:

- a pancreas elégtelen működése,
- malabsorptio,
- éhezés.

A *hyperlipidaemia* leggyakoribb okai:

- nagy zsírtartalmú diéta,
- diabetes mellitus,
- hypothyreosis,
- hyperadrenocorticismus,
- nephrosis-szindróma,
- septicæmia.

KETONANYAGOK

Bevezető

Az állati szervezetben előforduló ketonanyagok közül legfontosabb az acetecetsav (3- vagy β -ketovajsav) és a 3-hidroxi-vajsav (β -hidroxi-vajsav, β -hidroxi-butirát), kevésbé jelentős az aceton és az izopropanol. Hazánkban elsősorban az acetecetsav-tartalom meghatározása terjedt el, a nemzetközi gyakorlatban inkább a ketonanyagok 80%-át kitevő β -hidroxi-vajsav koncentrációját mérik.

Monogastricus állatokban a ketogenezis kizárólagos színtere a máj, a termelődött vegyületek mennyisége csekély és a plazmában mérhető koncentrációja is kicsi. Kérődzőkben azonban több helyen (a bendő falában, a májban és a tejmirigyben) termelődnek ketonanyagok, de a perifériás szövetekben – különösen az egészséges, szénhidrátokkal megfelelően ellátott (energiaegyensúlyban levő) szarvasmarha szervezetében jelentős mértékben oxidálódnak is. Ha a ketogenezis fokozódásával a termékek hasznosítása nem tud lépést tartani, a ketonanyagok felszaporodnak a vérben (ketonæmia), megjelennek a vizeletben (ketonuria) és a tejben is (ketolactia).

A ketonanyagok meghatározhatók:

- színreakción alapuló spektrofotometriás módszerrel (kizárólag az acetecetsav),
- enzimatis reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel (az acetecetsav és a 3-hidroxi-vajsav egyaránt),
- kvalitatív (szemikvantitatív) módszerekkel különböző biológiai folyadékokból, pl. Ross-reagens, Rothera-próba, tesztcsíkok (az acetecetsav és az aceton).

A szemikvantitatív módszerek jelentősége abban van, hogy segítségükkel a vizeletből a ketonanyagok már akkor kimutathatók, amikor a vérben kvan-

titatív mérhető értékek még nem jelzik az állapot súlyosságát. A tejből végzett szemikvantitatív vizsgálatnak is nagy a gyakorlati diagnosztikai jelentősége, a ketolactia ugyanis a nagyfokú ketogenezis mutatója.

Általában az a tapasztalat, hogy a vizelet ketonanyag-tartalma ketosisos tehénben a legnagyobb, ehhez képest a vérplazmában és a tejben jóval kisebb értékek mérhetők. A gyakorlati körülmények között kivitelezhető szemikvantitatív módszerekkel (helyszíni próbákkal) mindhárom biológiai folyadék ketonanyag-tartalma egyszerűen vizsgálható.

A ketonanyagokat vérből/plazmából, vizeletből és tejből határozzuk meg. A mintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. (vér), 200. o. (vizelet) és 246. o. (tej).

A mintáról

A mérést háromféleképpen előkészített vérmintából végezhetjük:

- triklór-ecetsavval fehérjementesített teljes vérből (a színreakción alapuló spektrofotometriás módszerhez),
- perklórsavval fehérjementesített teljes vér felülúszójából, amit KOH-dal semlegesíteni kell,
- Li-heparinos plazmából. A plazmából a mérést a legrövidebb időn belül el kell végezni.

A fehérjementesített felülúszó mélyfagyasztva ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on) 1–2 hétig tárolható.

Az acetecetsav-tartalom színreakción alapuló spektrofotometriás mérése (szelektív)

A vizsgálatok menete

A diazoeagens készítése: 20 ml *p*-nitro-anilin-oldat + 3 ml nátrium-nitrit-oldat + 7 ml 0,2 mol/l-es nátrium-acetát-oldat (az oldat mennyisége a mintaszámtól függ, de a megadott arányokat tartsuk be).

Az acetecetsavat diazoreagenssel kezeljük, és képződött származékot etil-acetátban rázzuk ki. A sárga színű szerves fázist spektrofotometriásan mérjük.

4 ml hideg 5%-os triklór-ecetsavhoz 1 ml teljes vért adunk, és 3000 1/min fordulatszám mellett 5 percig centrifugáljuk. Lezárható kémcsőbe 1 ml 1,4 mol/l-es nátrium-acetát-oldatot teszünk, és hozzáadunk 1 ml felülúszót. 3 ml frissen készített diazoreagenssel összerázzuk, és 30 percig szobahőmérsékleten állni hagyjuk. A reakciót 1 ml 5 mol/l-es sósavoldat hozzáadásával állítjuk le, az elegyet összerázzuk, és 5 percig jégfürdőn tartjuk. Ezután 4 ml etil-acetátot adunk hozzá, 1–2 percig Vortex-keverőn rázatjuk, majd a felső fázis letisztulása után 455 nm-en vakkal szemben spektrofotométeren mérjük. Számítás:

Mi kell hozzá?

Kémcsőrázó,
jégfürdő,
spektrofotométer,
0,05%-os *p*-nitro-anilin-oldat, 0,5%-os nátrium-nitrit-oldat, 0,2 mol/l-es és 1,4 mol/l-es nátrium-acetát-oldat, 5 mol/l-es sósavoldat, 5%-os triklór-ecetsav-oldat, etil-acetát

$$[\text{acetecetsav}] = E_{455} \cdot 1,372,$$

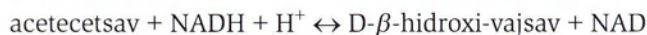
ahol [acetecetsav] az acetecetsav-koncentráció, mmol/l, E_{455} a 455 nm-en mért extinkcióérték.

Az acetecetsav- és a β -hidroxi-vajsav-tartalom enzimátikus, spektrofotometriás mérése

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Az acetecetsav és 3-hidroxi-vajsav mérését gyári reagenskészlet felhasználásával is elvégezhetjük (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A két legfontosabb ketonanyagra a következő enzimátikus egyensúlyi reakció áll fenn:



β -hidroxi-butirát-dehidrogenáz enzim jelenlétében a reverzibilis reakció $\text{pH} = 7,0$ értéknél a β -hidroxi-vajsav, magasabb pH -értékeknél ($\text{pH} > 7,6$) az acetecetsav irányába tolódik el. Attól függően, hogy a pH -t milyen értékre állítjuk be, az acetecetsav vagy a β -hidroxi-vajsav mennyisége mérhető a $\text{NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD}$ kapcsolt reakció spektrofotometriás mérésével.

Értékelés

☺ A plazma ketonanyag-tartalmának *életteni* értéke tehénben legfeljebb 0,35 mmol/l acetecetsav, ill. 0,85 mmol/l β -hidroxi-vajsav, juhban 0,55 mmol/l β -hidroxi-vajsav és kecskében 0,90 mmol/l β -hidroxi-vajsav.

☹ A *ketonaemia okai*:

- diabetes mellitus monogastricus állatokban;
- kérődzők és monogastricus állatok energiahányos állapota, ketosis, zsírmájbetegség.

A fokozott *ketogenezis* a májban és a csökkent perifériás ketolízis eredményeként szarvasmarhában (tejelő tehénben) gyakran 0,35 mmol/l fölötti acetecetsav- és 1,00 mmol/l fölötti β -hidroxi-vajsav-koncentráció mérhető. A vizeletben ezen értékek kétszerese, a tejben ötöde mutatható ki (a vér-vizelet-tej ketonanyag-koncentráció aránya általában 5:10:1).

A *diabeteses ketoacidosis* megállapítása kisállatoknál lényeges az eredményes kezelés kijelöléséhez.

A *ketosis* az egyik leggyakoribb anyagforgalmi zavar a kérődzőkben, a bőtejelő tehén és a vemhes (főleg ikervemhes) anyajuh számára szinte életteni rizikófaktor speciális szénhidrát-metabolizmusuk gyakori zavara. A veszélyeztetett időszakokban ajánlatos a vizelet (és tehénben a tej) szemikvantitatív ellenőrzése, és gyanú esetén a vérminta analitikai vizsgálata.

A makroelemek vizsgálata

A makroelemek vagy ásványi anyagok az állati szervezet anorganikus alkotóinak fontos csoportját képezik. A vérplazma kalcium- (Ca), magnézium- (Mg) és foszfor- (P) tartalmának mérése elengedhetetlen a csontrendszer szervetlenanyag-forgalmának vizsgálatához.

A különféle kémiai kötésekben előforduló elemek (össz-, ill. ionizált kalcium és magnézium, foszfor) koncentrációjának ismerete a kisállatok igen sok kórformájának diagnosztikájában tölt be jelentős szerepet. Mivel a csontképző elemek a takarmánnyal (eleséggel) kerülnek a szervezetbe, így egyes állatfajok – a nagy fejlődési erélyű húshibridek, a tejelő tehenek – esetében sokszor szükség van a makroelem-ellátottság ellenőrzésére és a gyakori hiánybetegségek felderítését elősegítő diagnosztikai vizsgálatok elvégzésére.

A vizsgálatokról általában

KALCIUM

Az állati szervezet kalciumtartalmának 99%-a a csontállományban található, ahonnan szükség esetén könnyen mobilizálódik.

Bevezető

A plazmában a kalcium három kötési formában található:

- 50% biológiailag aktív ionizált kalcium,
- 40% fehérjéhez (albuminhoz) kötött és
- 10% szervetlen és szerves komplexeket (foszfát, hidrogén-karbonát, citrát, laktát) alkot.

A kalcium- és a foszfátanyagcsere szabályozása szorosan kapcsolódik egymáshoz, ezért a két alkotó plazmabeli koncentrációját és vizelettel való kiválasztását mindig együtt kell vizsgálni.

A kalciumforgalom szabályozásában három hormon vesz részt: a parathormon (PTH), a D₃-vitamin és a kalcitonin. Az állatok makroelem-anyagszerezavarai kialakulásának megakadályozásában a megfelelő ellátottság elsődleges fontosságú, a hiányok/feleslegek mégis igen gyakoriak.

A kalciumtartalmat mérhetjük

- lángfotometriás módszerrel,
- atomabszorpciós spektrofotometriás módszerrel,
- komplexképzésen alapuló kolorimetriás módszerrel,
- ionszelektív elektróda segítségével és
- szárazkémiai módszerrel.

A mintáról

A kalciumtartalmat szérumból és heparinos plazmából határozhatjuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. Oxalát-, citrát- és EDTA-tartalmú alvadásgátlót használni tilos! A mintát hűtve szállítsuk a vizsgálati helyre.

Az ionizált kalcium méréséhez a vérmintát anaerob módon kell venni, alvadásgátlóként kalciummal telített Na-heparinátot kell használni.

A mélyhűtött minta (-18 °C-on) több hétig tárolható.

A vizsgálat menete

Mivel a mérés kivitelezése speciális laboratóriumi felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

A szérum/plazma kalciumkoncentrációja a minta megfelelő hígítása után lángfotométerrel, ill. atomabszorpciós spektrofotométerrel mérhető.

A szárazkémiai analizátorok az összkalcium-tartalom mérésére, a kalcium-szelektív elektródát tartalmazó speciális készülékek, az ún. ionométerek az ionizált Ca mérésére alkalmasak.

Elterjedtek a végpontos, spektrofotometriás, *o*-krezolftalein-komplexonnal, metil-timolkék- vagy Arsenazo(III)-festékkel végzett meghatározások is.

Hibaforrások. Hamis eredményeket kapunk, ha a mérések kivitelezése során nem egyszer használatos műanyag edényeket és pipettahegyeket, ill. kétszeresen desztillált vízzel átöblített üvegedényeket használunk.

Értékelés

☉ A plazma összkalcium-tartalmának *életteni* értéke szarvasmarhában és húsevőkben 2–3 mmol/l, lóban 2,5–3,5 mmol/l.

☹ Az állatokban hypo- és hypercalcaemia egyaránt előfordulhat.

A *hypercalcaemia* okai:

- hyperalbuminaemia,
- hyperparathyreoidismus,
- thyrotoxicosis,
- polydipsia/polyuria,
- fokozott osteolysis (pl. csontmetastasisok), húgykőesség.

A *hypocalcaemia* okai:

- elégtelen Ca-felszívódás,
- hypoalbuminaemia,
- D₃-vitamin-hiány,
- krónikus veseelégtelenség,
- akut pancreatitis.

Szarvasmarhában a súlyos kalciumhiány az egyik oka az ellési bénulásnak, a rachitisnek, az ostemalaciának, az osteoarthrosinak; a laktációban levő, kis testű húsevőkben az eclampsiónak. Az elléssel és a meginduló tejtermeléssel kapcsolatos hasonló szindrómákat tapasztalhatunk anyajuhok és frissen ellett kancák esetében is.

Hibaforrások. Megfelelő összkalcium-tartalom esetén téves hypocalcaemiát diagnosztizálhatunk, mivel alkalosisban is lehetnek tetaniás tünetek (ekkor az ionizált kalcium koncentrációja csökken, az albuminhoz kötött kalcium-tartalom nő. Acidosisban a helyzet fordított).

ANORGANIKUS FOSZFÁT (FOSZFOR)

Az állati szervezetben lévő anorganikus foszfátok (PO_4^{3-}) jelentős résztvevői a primer/szekunder foszfát-pufferrendszereknek, az energiatermeléssel kapcsolatos metabolikus folyamatoknak és összetevői a csontszövetnek is. A plazma foszforkoncentrációját szintén a parathormon (PTH) és a D_3 -vitamin szabályozza, de közvetett módon, a csontszövetből felszabadított foszfor (P) mennyisége és a vesék foszforkiválasztásának befolyásolása révén.

A foszfortartalmat komplexképzéssel alapuló spektrofotometriás módszerrel mérjük.

A foszfortartalmat szérumból vagy plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. A vért 2 órán belül le kell centrifugálni.

A mélyhűtött minta ($-18\text{ }^\circ\text{C}$ -on) több hétig tárolható.

A foszfortartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A foszfortartalom meghatározására legelterjedtebb az a kémiai módszer, amely a kénsavas közegben létrejövő foszfor-molibdenát-komplex mérésén alapul. A megvalósítás lehetőségei:

- a komplexet Fe^{2+} -sóval molibdénkékké redukáljuk, és az oldat színintenzitását 620 nm-en spektrofotometriásan mérjük;
- a komplex kialakulását követjük (kinetikus reakció) a saját elnyelési hullámhosszán (340 nm) végzett spektrofotometriás méréssel. Előnye, hogy csak egy reagensre van szükség.

Hibaforrások. Hemolizált mintát egyáltalán ne használjunk, tévesen nagy eredményt ad! Hamis eredményeket kapunk, ha a mérések kivitelezése során nem egyszer használatos műanyag edényeket vagy kétszeresen desztillált vízzel átöblített üvegedényeket használunk.

☺ A plazma anorganikus foszfáttartalmának *életteni* értéke a legtöbb állatfajban 0,8–3 mmol/l. Intracellulárisan (a vörösvérsejtekben is) a megadott értékek többszöröse található.

⊗ Az állatokban hypo- és hyperphosphataemia egyaránt előfordulhat.

A *hyperphosphataemia* okai:

- fiatal állatoknál a csontrendszer fejlődése,
- krónikus veseelégtelenség (főleg kisállatokban),
- túlzott bevitel (csak húsetetés kutyában),
- hypocalcaemiás állapotok.

Malacokban gyakran észlelhető nagy ($> 5\text{ mmol/l}$) foszfát- (foszfor) koncentráció klinikai következmények nélkül.

Bevezető

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

A hypophosphataemia okai:

- primer hyperparathyreoidismus,
- D₃-vitamin-hiány,
- malabsorptiós szindrómák.

MAGNÉZIUM

Bevezető

A szervezet magnézium- (Mg) készletének 70%-a a csontokban, a többi a lágy szövetekben, elsősorban az izomban található. A magnézium részt vesz a szénhidrátok foszforilálásában (az ATP Mg-hoz kötött formában tárolódik) és egyes enzimek aktivátora vagy inhibitora. Befolyásolja a neuromuscularis ingerelhetőséget: túlsúly csökkenti, hiánya pedig növeli a görcskészséget. A magnézium a csontképzés fontos eleme, nagyobb része a hidroxipapatit felületén mobilizálhatóan kötődik, kisebb hányada a kristályokba épül be. A vérben a koncentrációja az intracelluláris (IC-) térben nagyobb, mint az extracelluláris (EC-) térben. A plazmában fehérjéhez kötött, de főleg ionos formában fordul elő. A vérpályában a kalciumérték csökkenésekor a magnéziumérték nő.

A magnéziumtartalmat mérhetjük

- atomabszorpciós spektrofotometriás módszerrel,
- komplexképzésen alapuló spektrofotometriás módszerrel,
- szárazkémiai analízissal.

A mintáról

A magnéziumtartalmat szérumból vagy plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

A minta hűtőszekrényben (+4 °C-on) 2-3 napig, mélyhűtve (-18 °C-on) 2-3 hétig tárolható. A mélyhűtött mintákat hűtőtáskába téve juttassuk el a vizsgálóhelyre.

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A szérum/plazma magnéziumkoncentrációja a minta megfelelő hígítása után atomabszorpciós spektrofotométerrel mérhető. Mivel a mérés kivitelezése speciális laboratóriumi felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

A kisebb laboratóriumokban elterjedt a direkt festékkötéses meghatározás is készen kapható xilidilkék-reagens segítségével. A mélykék színű komplexet spektrofotometriásan mérjük.

Hibaforrás. A mérést a hemolízis zavarja.

Értékelés

- ☺ A plazma magnéziumtartalmának *életteni* értéke a legtöbb állatfajban 0,8–2,0 mmol/l.
- ☹ A magnéziummetabolizmus zavarai monogastrius állatokban ritkák, de a kérődzőkben a hiányállapot gyakori.

A *hypomagnesaemia* okai:

- hiányos magnéziumbevitel,
- malabsorptiós szindrómák,
- fokozott renalis elimináció.

A *hypermagnesaemia* okai:

- veseelégtelenség,
- fokozott magnéziumbevitel,
- ellési bénulás.

A mikroelemek vizsgálata

A vizsgálatokról általában A mikroelemek (nyomelemek) a szervezetben igen kis mennyiségben előforduló fémek, amelyek azonban az élettani folyamatokban alapvető fontosságú feladatokat töltenek be. Többnyire fehérjéhez kötődnek, esetenként az enzimfehérjék működéséhez nélkülözhetetlen aktivátorok vagy prosztesztikus csoportok. A nyomelemeket az állat általában a takarmánnyal (eleséggel) veszi fel. A mikroelem-meghatározásoknak két esetben van létjogosultsága: egyfelől a hiánybetegségek diagnosztikájában, másfelől mérgezési tünetek esetén a túladagolás bizonyításában.

RÉZ

Bevezető Az állatok számára életfontosságú nyomelemek közül a réz (Cu) anyagforgalmi szempontból különleges helyet foglal el. Metabolizmusát több szervetlen anyag (pl. kén, molibdén) befolyásolja. Attól függően, hogy a rézforgalmi zavar kialakulásában az antagonisták szerepet játszanak-e, *elsődleges* és *másodlagos* rézhiányt különböztetünk meg.

A rézellátottság zavarai elsősorban kérődzőkben fontosak, és takarmányozási hibák következményei. A plazmában a réztartalom értéke gyorsan változik, ezért az ellátottság megítélésére a májból végzett vizsgálat ajánlható.

A mikroelem szervezeten belüli szállítását a cöruoplazmin-Cu és a Cu-albumin-komplexek teszik lehetővé. A réz enzimek aktivátora és a prosztoglandinok szintéziséhez nélkülözhetetlen.

A pigmentált állati szőrben a réz akkumulálódik.

A réztartalmat mérhetjük

- atomabszorpciós spektrofotometriás és
- komplexképzésen alapuló spektrofotometriás módszerrel.

A mintáról A réztartalmat vérszérumból, heparinos plazmából vagy májbiopátumból, esetleg pigmentált szőrből határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit → 24. o.

A májbiopátumot kisállatokból célszerűen ultrahang-irányítással vegyük, nagyállatok esetén erre nincs szükség.

A szőrminta nem szennyezett, pigmentált fedőszőr legyen.

A minták hűtőszekrényben (+4 °C-on) 2 napig, mélyhűtve (-18 °C-on) több hétig tárolhatók. A mintákat hűtőtáskába téve juttassuk el a vizsgálóhelyre.

A réztartalom meghatározására a legpontosabb módszer az atomabszorpciós spektrofotometriás mérés. Mivel a mérés kivitelezése speciális laboratóriumi felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

A szérum- vagy plazmaminta rézkoncentrációja mérhető spektrofotometrián is, komplexképző vegyület (3,5-DiBr-PAESA) színintenzitásának követésével.

Hibaforrások. A mérésekhez hemolizált minta nem használható. A vizsgálatokat egyszer használatos műanyag edényekben vagy sósavas oldattal átöblített üvegedényekben végezzük, amelyek rézzel még nyomokban sem szennyeződhetnek.

☺ A szérum/plazma réztartalmának *életteni* értéke a legtöbb állatfajban 10–30 $\mu\text{mol/l}$, a májban tehének esetében 1,23–1,33 $\mu\text{mol/kg}$ szárazanyag, a pigmentált fedőszőr kielégítő réztartalma 90 $\mu\text{mol/kg}$.

☹ A *hypocupraemia* a kérődzők betegsége. A rézhiány következménye bárányban újszülöttkori ataxia, borjúban anaemia. A felnőtt állatokban a hiány csontfejlődési rendellenességet, szívizomfibrosist és korai magzatelhalást okoz.

A *hypercupraemia* a mikroelemre érzékeny juhok betegsége, ha tartósan nagy réztartalmú tápot kapnak (pl. sertéstápot). A felvett réz egy határig a máj raktározza, de ezután a réz a vérpályába kerül, és akut haemolyticus anaemiát okoz. A jelenséget nagy szérumbeli rézkoncentráció (100 $\mu\text{mol/l}$) és AST-érték kíséri.

A réztoxikózisra a juhok jóval érzékenyebbek, mint a szarvasmarhák.

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

KOBALT

A kobalt (Co) mint mikroelem a B₁₂-vitamin alkotórésze, hiánya elsősorban a kérődzők (szarvasmarha, juh) bendőjében a bakteriálisan képződő B₁₂-vitamin-szintézist veszélyezteti. A megfelelő kobaltmennyiséget az állat a takarmánnyal veszi fel. Az állat ellátottsági szintje pigmentált szőrből is ellenőrizhető.

A kobalttartalmat atomabszorpciós spektrofotometriás módszerrel mérhetjük.

A kobalttartalmat szérumból, esetleg pigmentált szőrből határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. A szőrminta nem szennyezett, pigmentált fedőszőr legyen.

A minták hűtőszekrényben (+4 °C-on) 2 napig, mélyhűtve (-18 °C-on) hosszabb ideig (több hétig) tárolhatók. A mintákat hűtőtáskába téve juttassuk el a vizsgálóhelyre.

Bevezető

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Atomabszorpciós spektrofotométer

Értékelés

A szérum igen kis kobaltkoncentrációjának meghatározására a legpontosabb módszer az atomabszorpciós spektrofotometriás mérés. Mivel a mérés kivitelezése speciális laboratóriumi felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

- ☺ A kobalt ultramikroelemnek tekinthető, a szérum kobalttartalmának *élet-tani* értéke a legtöbb állatfajban egy-két nagyságrenddel kisebb, mint a réz esetében (☛ 149. o.). A májbióptátum és a fedőszőr vizsgálatával nyert eredmények nagy szórást mutatnak, értékelésükkel kapcsolatban konzultáljunk a mérést végző szakemberrel.
- ☹ *Kobalthiányos* állapot esetén a kontrollokhöz képest jóval kisebb számbeli értékek mérhetőek. A hiányállapot klinikai jelei: elégtelen növekedési erély, súlyvesztés, anaemia. *Kobalttöletetés* (mérgezés) nagyon ritkán fordul elő.

SZELÉN

Bevezető

A szelén (Se) létfontosságú mikroelem, közvetett módon az antioxidáns glutation-peroxidázok (GSH-Px-ek) koenzimjeként a sejtek biológiai membránját védi úgy, hogy a káros szerves peroxidegyületeket kevésbé ártalmas hidroxisavakká alakítja át. A szervezetben létezik egy szelént nem tartalmazó GSH-Px (ún. glutation-S-transzferáz) enzim is, amelynek aktivitása független a szövetek és a vér szeléntartalmától. Elterjedt eljárás, hogy a szelénkoncentrációt a GSH-Px-aktivitás mérésével *közvetve* állapítjuk meg. Az állat ellátottsági szintje pigmentált szőrből is ellenőrizhető.

A szeléntartalmat atomabszorpciós spektrofotometriás módszerrel, a GSH-Px-aktivitást kinetikus spektrofotometriás módszerrel mérhetjük.

A mintáról

A szelén mennyiségét direkt módon szérumban és pigmentált szőrben, a GSH-Px-aktivitást teljesvér-hemolizátumban, hemolizált vörösvérsejtekben vagy heparinos plazmában mérhetjük. A leggyakrabban teljesvér-hemolizátumot vizsgálunk. A vérmintavétel tudnivalóit ☛ 24. o. A szőrminta nem szennyezett, pigmentált fedőszőr legyen.

A mintavétel módjára, a lizátumok előállítására, tárolására és szállítására vonatkozó útmutatásokat az alkalmazott módszerek pontos leírásai tartalmazzák.

A teljesvér-mintákat azonnal fel kell dolgozni, azok nem tárolhatók. A szérum, a plazma és a hemolizátum mélyhűtve (–18 °C-on) egy-két hétig tárolható. A mintákat hűtőtáskába téve juttassuk el a vizsgálóhelyre.

A szeléntartalom mérése

A meghatározás közvetlen módja – bonyolult előkészítő eljárások után – a minták atomabszorpciós spektrofotometriás mérése. Mivel a mérés kivitelezése speciális laboratóriumi felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

A vizsgálatok menete

Mi kell hozzá?
Atomabszorpciós
spektrofotométer

A GSH-Px-aktivitás mérése

A szeléntartalom közvetett mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Az enzimatis, kinetikus módszert követve lényegében a $\text{NADPH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NADP}$ kapcsolt reakció spektrofotometriás mérésével határozzuk meg az aktivitásértéket, ill. a vele arányos szelénkoncentrációt.

© A teljesvér-hemolizátum szeléntartalmának *életlani* értéke a legtöbb állatfajban 5–10 nmol/l.

A GSH-Px *életlani* aktivitása szarvasmarha vörösvérsejt-hemolizátumában 30–40 U/ml, juhéban 70–80 U/ml.

⊗ A szelénellátottság romlása, ill. *szelénhiány* esetén csökkent szelénkoncentrációk és kisebb GSH-Px-aktivitások mérhetők. A hiányállapot több klinikai kórkép előidézője lehet.

Szelénmérgezés (*szelenosis*) esetén a nyomelem koncentrációja először a szérumban, majd a teljesvér-hemolizátumban, végül a fedőszőrben is jelentősen növekszik.

Értékelés

VAS

A vasfelszívódás függ a takarmány/táplálék vastartalmának minőségétől (amelyet egyéb makro- és mikroelemek is befolyásolnak). Az élő szervezet a vasat a természetben általában előforduló Fe^{3+} -vegyületekből veszi fel, de Fe^{2+} formájában szívódik fel a bélnyálkahártyán keresztül. A Fe^{3+} -okat komplex vegyületeiből a gyomor sósavtartalma szabadítja fel, majd a duodenumban (C-vitamin, cisztein és glutation hatására) redukálódnak Fe^{2+} formává. A táplálék nagy foszfortartalma megköti a vasat, így csak kevesebb képes felszívódni. Az enterocytákban a vastartalom ismét Fe^{3+} -ná oxidálódik, és ebben a formában szállítódik.

A transzportmechanizmus fő eleme a *transzferrin*, amelynek működését főként az ATP, a citrát, a cöruoplazmin és természetesen termelődésének helye, a máj befolyásolja. A transzportfunkció zavarát (pl. idült gyulladással vagy daganatos folyamatokban) a traszferrinkoncentráció és a vaskötő kapacitás csökkenése jelzi.

A vas a lépben, a májban és a csontvelőben tárolódik, ferritin és hemoszi-

Bevezető

derin formájában (az utóbbi forma vastartalma kevésbé képes részt venni az újrahasonulásban). Az erythroid sejtekben a ferritin 80–90%-ban a hem szintézisre használódik fel. Vashiányos anaemiában a csontvelő kisebb számban tartalmaz siderosomával ellátott sejteket.

A szérumvas-koncentrációt komplexképzésen alapuló spektrofotometriás módszerrel mérjük.

A mintáról

A vastartalom meghatározását szérumból végezzük. A vérmintavétel tudni-valóit ➔ 24. o. A vérvétel során figyelemmel kell lenni arra, hogy a minták vasszennyezettségét elkerüljük, tehát a tűk, fecskendők egyszer használata-
tosak legyenek. Az EDTÁ-s plazma vizsgálatra nem használható.

A szérum (lehetőleg műanyag csőben) hűtve tárolható és szállítható.

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A szérumvas-koncentráció mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A szérumminta Fe^{3+} -tartalmát redukálószerrel (aszorbinsavval) Fe^{2+} -ká alakítjuk, és egy kelátképző vegyület segítségével létrehozott komplex spektrofotometriás mérésével állapítjuk meg a vaskoncentrációt. A vastartalmat mindig együtt határozzuk meg a teljes vaskötő kapacitással (➔ 153. o.).

Hibaforrások. A legveszélyesebb hibaforrás a vak-, a standard- és a mintaoldatok, valamint a mintavételi vagy a laboratóriumi eszközök vasszennyezettsége. A hemolízis és a lipaemia szintén zavarja a vizsgálatot.

Értékelés

☉ A szérumvas-koncentráció *élettani* értéke 15–40 $\mu\text{mol/l}$ a legtöbb állatfajban.

☉ A szérum vastartalmának csökkenése és növekedése egyaránt előfordulhat.

A *csökkent* szérumvas-koncentráció okai:

- csökkent bevitel,
- gyomor-, bélnyálkahártya-károsodás,
- a transzportfunkció zavara (pl. rézhiány), a beépülés zavara (pl. ólom-mérgezés, rézhiány),
- fokozott ürítés (idült vérvesztés).

A *megnövekedett* szérumvas-koncentráció okai:

- vastúltelítődés,
- haemosiderosis,
- haemochromatosis,
- májbetegségek (pl. vastárolási betegség).

A TELJES VASKÖTŐ KAPACITÁS ÉS A VASTELÍTETTSÉG

A májban képződő transferrin egy része (kb. 30%-a) vassal telített. A fennmaradó szabad transferrin mennyisége adja a vaskötő kapacitást (VK). A transferrin-koncentráció közvetlen mérésére orvosi szaklaboratóriumokban két módszert használnak, de ezek állatorvosi alkalmazhatóságáról nincs széles körű tapasztalatunk.

A szérum *teljes vaskötő kapacitása* (TVK) tehát a szabad transferrintartalom (ami még köthet vasat) és a szérumvas-tartalom (amit a transferrin már lekötött) összegéből adódik.

Az ún. *vastelítettség* a transferrin vassal való telítettségét jelzi. Mérőszáma a szaturáció, amely a szérumvas-tartalom és a teljes vaskötő kapacitás hányadosa

A mintával kapcsolatos tudnivalókat ➔ 24. és 152. o.

A teljes vaskötő kapacitás mérése

A szérumhoz feleslegben vasat adunk. A transferrinhez nem kötődő Fe^{3+} -okat egy adszorbens (por alakú magnézium-hidroxid és magnézium-szulfát) segítségével távolítjuk el, és az elegyet centrifugáljuk. Az eredeti szérummintából és a felülúszóából is vasmeghatározást végzünk az előzőekben leírtak alapján (➔ 152. o.). A számításakor a telítési lépésben létrejött hígtást figyelembe vesszük.

A vastelítettség (szaturáció) számítása

$$\text{Szaturáció} = \frac{Fe_{\text{szérum}}}{TVK} \cdot 100,$$

ahol a *szaturáció* a vastelítettség mérőszáma, %; $Fe_{\text{szérum}}$ a szérumvas-tartalom, $\mu\text{mol/l}$; *TVK* a teljes vaskötő kapacitás, $\mu\text{mol/l}$.

- ☺ A teljes vaskötő kapacitás *életlani* értéke a legtöbb állatfajban 50–68 $\mu\text{mol/l}$, a vastelítettség (szaturáció) általában 33%.
- ☹ A teljes vaskötő kapacitás és a vastelítettség mérőszámának csökkenése és növekedése egyaránt előfordulhat. A szaturáció 20%-nál kisebb értéke vashiányra, 55%-nál nagyobb értéke vastúlsúlyra vagy csökkent TVK-ra utal.

A *csökkent TVK* oka: csökkent transferrinképzés (májbetegség, idült gyulladásos kórformák, daganatos betegségek).

Bevezető

A mintáról

A vizsgálatok menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Előzetesen mérendő:
Szérumvas-tartalom

Értékelés

A megnövekedett TVK okai:

- latens vashiány (a szérumvas-koncentráció még élettani),
- manifeszt vashiányos állapotokban a szérumvas-koncentráció is csökkent

Amennyiben a szérumvas-koncentráció kicsi, vashiányos állapot áll fenn. Idült vashiányos anaemiában microcytás hypochrom anaemia jelentkezik. Ha a TVK megfelelő vagy megnövekedett, akkor a vaspótlás indokolt.

Ha kis szérumvas-koncentráció mellett a TVK értéke is kicsi a transzferinképződés zavara miatt, akkor májbetegsége, idült gyulladásos vagy daganatos betegsége gyanakodhatunk. Ebben az esetben a vastelítettség élettani vagy annál nagyobb is lehet.

Az enzimek vizsgálata

Az enzimaktivitások meghatározása a testfolyadékokban (szérumban, plazmában, vizeletben és liquorban) különös jelentőséggel bír a diagnosztikában, az intermedier folyamatok és a terápiás beavatkozások nyomon követésében. A vérben lévő enzimek nagy részének nincs intravasalis funkciója, ezért az egészséges állatokból nyert szérumban csak igen kis mennyiségben vannak jelen, és metabolikus működési helyükről, az egyes szervekből a sejtek szétesése következtében szabadulnak ki. Ha az egyes enzimeket nagy mennyiségben tartalmazó sejtek károsodnak, úgy azok koncentrációja a keringésben jelentősen megnő. Diagnosztikai szempontból előnyös, ha az enzim főleg egy szerv szövetében fordul elő („szervspecifikus enzim”). Ha az aktivitásnövekedés olyan enzimmél mutatható ki, amely több szövet sejtjeiben megtalálható („ubiquitaer enzim”), akkor az aktivitásnövekedésből nem lehet egy szerv károsodására következtetni. Mivel azonban a szérumban lévő enzimek megoszlása legtöbbször hasonló a szétesett sejtekben lévő enzimek összetételéhez, a több paraméterből álló ún. enzimpanel segítségével juthatunk differenciáldiagnosztikai következtetésekre a ténylegesen sérült szervet illetően.

Az enzimfehérjék kémiailag nem különböznek lényegesen az egyéb szérumfehérjéktől, és koncentrációjuk a testfolyadékokban igen kicsi. Ezért mennyiségüket nem, csak aktivitásukat tudjuk meghatározni. Az utóbbi értéket abból a reakciósebességből számítjuk, amellyel az enzim a megfelelő szubsztrátumot átalakítja.

Az aktivitás SI-egysége a nanokatal (nkat), amelyet elsősorban a biológiai alap kutatásokban alkalmaznak. Az aktivitás általánosan használt (nem SI) egysége a unit (jele U). Egy unit (1 U, egy nemzetközi egység, NE) az az enzimaktivitás, amely meghatározott körülmények között egy mikromól (1 μmol) szubsztrátum átalakulását katalizálja. A klinikailag fontos enzimek aktivitására szérumban és egyéb testfolyadékokban a U/l egységet használják.

Az enzimaktivitások mérésére kidolgozott módszerek legfontosabb paramétereit (optimális pH, hőmérséklet, szubsztrátumkoncentráció stb.) nemzetközi szervezet standardizálja. A laboratóriumokban általában gyári reagenskészleteket alkalmaznak, amelyek leírásaiban a mérés kivitelezéséhez minden utasítás pontosan rögzítve van.

Az enzimek egy része többféle formában is képződik, ezeket *izoenzimeknek* nevezzük. Az egyes izoenzimek kémiai és fizikai tulajdonságai, ill. a sejten belüli lokalizációja különbözhet egymástól, de szubsztrátumspecifi-

A vizsgálatokról
általában

tásuk azonos vagy csak kismértékben eltérő. Az enzimmeghatározások részletes ismertetése során felhívjuk a figyelmet a diagnosztikailag jelentős izoenzimek mérésére.

KREATIN-KINÁZ (CK)

Bevezető A kreatin-kináz (CK, más néven kreatin-foszfokináz, CPK) főleg a váz- és a szívizomsejtek citoplazmájában, valamint a központi idegrendszerben található. Három izoenzime van, amelyek az M (muscle) és a B (brain) alegységek dimerjei. Előfordulási formáik: CK-MM, CK-MB és CK-BB. A vázizomban főleg CK-MM fordul elő, a CK-MB a szívizomzatban kiemelkedő arányú, a központi idegrendszer pedig főleg CK-BB-t tartalmaz.

Az össz-CK enzimaktivitás növekedése általában a CK-MM izoenzim mennyiségének növekedését tükrözi. A CK-MB enzimaktivitás a humán-diagnosztikában a szívizom-károsodás mértékének fontos mutatója. A szérumból CK-BB enzimaktivitás gyakorlatilag nem határozható meg.

A CK-aktivitást enzimatikus reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel mérjük.

A mintáról Az enzimaktivitást szérumból/plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

A minta +4 °C-on 12 órán át tárolható. A mérést még a mintavétel napján el kell végezni, mert a kreatin-kináz inaktiválódik (kis molekulatömege, rövid felezési ideje, labilis szerkeze miatt). Az enzim gyors inaktiválódását a reagenskészletekben lévő *N*-acetyl-cisztein (NAC) hozzáadásával akadályozzák meg.

A vizsgálat menete Az enzimaktivitás-mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A leginkább elterjedt módszer alapja,³ hogy a mérendő enzim hatására a kreatin-foszfát kreatinná alakul, miközben végbemegy az ADP → ATP átalakulás. Az enzimaktivitás mértéke az ATP defoszforilálását kísérő NADP⁺ → NADPH⁺ + H⁺ kapcsolt reakció spektrofotometriás követésével mérhető. **Hibaforrások.** Ha a mérést a mintavételtől számított 18 órán belül nem hajtjuk végre, téves eredményt kapunk. A mérések hemolizált plazmából nem végezhetőek el.

Értékelés © Az össz-kreatin-kináz (CK) enzimaktivitás *életteni* értéke a legtöbb állatfajban 50–150 U/l. Állatokban az *izom eredetű* kreatin-kináz (CK-MM) enzimaktivitás fontos mutató, amelynek *életteni* értéke < 10 U/l.

³ Az enzimaktivitási méréseknél az „enzimatikus módszer” megjelölés nem értelmezhető.

⊗ A *megnövekedett* össz-CK enzimaktivitás okai:

- erős fizikai munkavégzés (főleg lovaknál),
- rhabdomyolysis (rhabdomyosarcoma, tályog),
- néhány napos elfekvés, izomzúzódás,
- akut izomgyulladás,
- intramuscularis injekció, izomzatra terjedő sérülés, műtét,
- epilepsziás roham,
- hypothyroidismus,
- sertések izomdystrophiája, „hirtelen szívhalál”, szállítási stressz (PSS).

γ-GLUTAMIL-TRANSZFERÁZ (γ-GT)

A γ-glutamil-transzferáz (γ-GT, más néven γ-glutamil-transzpeptidáz) a legtöbb állatfajban nagy mennyiségben van jelen a vese, a hasnyálmirigy, a vékonybél és a máj szöveteiben, az utóbbiban főleg az intrahepaticus epeutak hátmjában. A véráramba kerülő enzim feltételezhetően máj eredetű, hasonlóan az alkalikus foszfatázhoz. „Obstrukciós” enzimnek tartjuk, mert az epeerek elzáródása okozta epe pangás miatt az epeerek nyálkahártyájának károsodása révén jut a vérplazmába. Bár az említett szervek közül a vese sejtjeiben a legnagyobb az enzim előfordulási aránya, a vesetubulusok sérülése mégis inkább a vizeletben, mint a plazmában okoz aktivitásnövekedést.

A γ-GT-aktivitást enzimatis reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel mérjük.

Az enzimaktivitást szérumból vagy heparinos plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

A minta hűtőszekrényben (+4 °C-on) 24 órán át tárolható. Mélyhűtve (-18 °C-on) egy hétig stabil.

Az enzimaktivitás-mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Az elfogadott enzimatis (végpontos) mérési módszer alapja, hogy a nitro-aniliddel kötött szubsztrátból képződött sárga színű termék az enzim aktivitásával arányosan képződik, s ily módon spektrofotometriásan mérhető. **Hibaforrások.** Hemolitikus szérum- és plazmaminták nem használhatók. A reagensoldat szobahőmérsékleten hosszabb ideig nem tárolható!

⊙ A γ-glutamil-transzferáz (γ-GT) enzimaktivitás *életteni* értéke ló és kerdődzők esetén 10–60 U/l, egyéb állatfajokban ennél kisebb.

⊗ A *megnövekedett* γ-GT enzimaktivitás okai:

- hepatocellularis megbetegedések,
- cholestasis,

Bevezető

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

- májlipidosis,
- májdaganat,
- epekő,
- hasnyálmirigy-gyulladás,
- gyógyszerhatás (barbiturátok).

Lóban és macskában az enzim erősen májspecifikus, értéke elsősorban cirrhosis esetén nő (az ALP-nál biztosabb jelzője az epepangásnak).

ALANIN-AMINOTRANSZFERÁZ (ALT)

Bevezető

Az alanin-aminotranszferáz (ALT, más néven glutamát-piruvát-transzamináz, GPT) legnagyobb mennyiségben a májsejtek citoszoljában található. Kis mennyiségben előfordul a vörösvérsejtekben, a váz- és a szívizomzatban is. Húsevőkben elsődleges jelentősége van a hepatopathia megítélésében, mivel májsejtsérülést követően a sejtekből kikerülő ALT plazmabeli aktivitása lényegesen fokozódik. Az aktivitás fokozódásának a mértéke nem mindig áll arányban a májelváltozás súlyosságával, pl. a máj lipidosisa esetén a terminális szaktól eltekintve csak mérsékelt ALT enzimaktivitás-növekedés a jellemző.

A máj központi szerepet tölt be az anyagcserében, számos biokémiai folyamat színtere, így ma sem ismert az „egyetlen”, kitüntetett laboratóriumi diagnosztikai módszer, amely révén teljes képet kaphatnánk a májfunkció működéséről. Az ALT-aktivitás ismerete tehát önmagában nem diagnosztikai értékű, a mérési eredményt más enzimek és metabolitok mérési eredményeivel együttesen kell értékelni.

Az ALT-aktivitást spektrofotometriás módszerrel mérjük.

A mintáról

Az enzimaktivitást szérumból vagy heparinos plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

A minta hűtőszekrényben (+4 °C-on) 24 órán át tárolható, mélyhűtve (-18 °C-on) két hétig stabil.

A vizsgálat menete

Az enzimaktivitás-mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A mérési módszer alapja, hogy az ALT enzim hatására a 2-ketoglutarát L-glutamáttá alakul, miközben végbemegy az L-alanin → piruvát átalakulás. A piruvátból LDH hatására tejsav képződik. Az ALT enzimaktivitás az utóbbi átalakulást kísérő NADH + H⁺ → NAD kapcsolt reakció spektrofotometriás követésével mérhető. Az időegységre eső NADH-koncentrációcsökkenés az ALT enzimaktivitással arányos. A mérést ismert aktivitású kontrollsavók meghatározásával egészítjük ki.

Hibaforrás. Erősen hemolitikus plazmából hamisan nagy aktivitást kapunk.

☺ Az alanin-aminotranszferáz (ALT) enzimaktivitás *élettani* értéke kutyában és macskában 60 U/l-nél kisebb.

☹ A *megnövekedett* ALT enzimaktivitás okai:

- krónikus hepatitis (hónapokig perzisztens, nagy értékek),
- májcirrhosis (enyhe növekedés),
- májsejteket érő toxikus hatások,
- májsejtek hypoxiája (kardiális dekompenzáció, shock),
- intrahepaticus cholestasis,
- neoplasma,
- lymphocytás cholangitis,
- idiopatikus májlipidosis (macska),
- gyógyszerek (glükokortikoidok, barbiturátok, szalicilátok),
- réztárolási betegség (doberman pincher, bedlington terrier, west highland white terrier).

Értékelés

ASZPARAGINSAV-TRANSZAMINÁZ (AST)

Az aszparaginsav-transzamináznak (AST, más néven glutamát-oxálecetsav-transzamináz, GOT) a sejteken belül kétféle izoenzime fordul elő, egyikük a citoszolban, a másik a mitokondriumokban. Nagyállatokban az AST az egyik fő májenzim, bár megtalálható a vörösvérsejtekben, a váz- és a szívizomzatban is. Kisállatok esetében aktivitásának növekedése elsősorban izomelváltozásokra utal.

Az AST-aktivitást spektrofotometriás módszerrel mérjük.

Az enzimaktivitást szérumból vagy heparinos plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

A minta hűtőszekrényben (+4 °C-on) 24 órán át tárolható, mélyhűtve (-18 °C-on) két hétig stabil.

Az enzimaktivitás-mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A mérési módszer alapja, hogy az AST enzim hatására a 2-ketoglutarát L-glutamáttá alakul, miközben végbemegy az L-aszparát → oxálecetsav átalakulás. Az oxálsavból MDH (malonsav-dehidrogenáz) hatására malát képződik. Az AST enzimaktivitás az utóbbi átalakulást kísérő NADH + H⁺ → NAD kapcsolt reakció spektrofotometriás követésével mérhető. Az időegységre eső NADH-koncentrációcsökkenés az AST enzimaktivitással arányos.

Hibaforrás. Erősen hemolitikus plazmából hamisan nagy aktivitást kapunk.

☺ Az aszparaginsav-transzamináz (AST) enzimaktivitás *élettani* értéke lóban < 250 U/l, kisállatokban < 30 U/l.

Bevezető

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

- ☹ A kórosan megnövekedett AST enzimaktivitás okai:
- nagyállatokban hepatopathiák előfordulásakor,
 - kis- és nagyállatok esetében szív- és vázizom-károsodáskor (szív- és vázizomgyulladás, műtét vagy trauma után, fokozott megerőltetést követően stb.)

GLUTAMÁT-DEHIDROGENÁZ (GLDH)

Bevezető A glutamát-dehidrogenáz (GLDH) kizárólag a mitokondriumokban található, legnagyobb mennyiségben a májban, kisebb mennyiségben az ideg- és az izomszövetben is előfordul. Élettani szerepe, hogy az enzim az ammóniát (NH_3) glutamát formájában megköti, és ezáltal méregteleníti. Az enzimaktivitás növekedése kis- és nagyállatokban egyaránt a májkárosodás mutatója. Az GLDH-aktivitást spektrofotometriás módszerrel mérjük.

A mintáról Az enzimaktivitást szérumból határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ☹ 24. o.
A minta nem tárolható, a mérést lehetőleg 12 órán belül végezzük el.

A vizsgálat menete Az enzimaktivitás-mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).
Mi kell hozzá? Spektrofotométer, reagenskészlet
A mérési módszer alapja, hogy a GLDH enzim hatására a 2-ketoglutarát L-glutamáttá alakul. A GLDH enzimaktivitás az utóbbi átalakulást kísérő $\text{NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD}$ kapcsolt reakció spektrofotometriás követésével mérhető.
A reakcióelegybe mért mintát először 2-ketoglutarát nélkül inkubáljuk (nem specifikus reakció). Az előinkubáció után a 2-ketoglutarát hozzáadásával indítjuk a kívánt reakciót. A kis enzimaktivitás miatt a reakcióidő meglehetősen hosszú (5 perc). Az időegységre eső NADH-koncentrációcsökkenés a GLDH enzimaktivitással arányos.
Hibaforrás. Erősen hemolitikus plazmából hamisan nagy aktivitást kapunk.

Értékelés ☺ A glutamát-dehidrogenáz (GLDH) enzimaktivitás *élettani* értéke kicsi, $< 10 \text{ U/l}$.
☹ A szérum GLDH enzimaktivitásának *növekedése* tapasztalható a mitokondrium-membránok károsodásával járó súlyos necrosisban, ezért a vizsgálat az előrejelzésben nyújthat segítséget.

ALKALIKUS FOSZFATÁZ (ALP)

Bevezető Az alkalikus foszfatáz (ALP) ubiquitaer (majdnem minden szövetben megtalálható), membránokhoz kötött enzim. Különbféle eredetű *izoenzimei* ismertek: csont (osteoblast), máj (epekapillárisok hámsejtjei, hepatocyták),

intestinalis, placenta- és vesetubulus eredetűek. Ezek közül a máj és a csont eredetű ALP a meghatározó, mivel a többi csak elenyésző hányadban van jelen a plazmában, és a felezési idejük is rövid.

A májsejtek endogén vagy exogén glükokortikoidhatásra termelnek egy ún. *szteroidindukált alkalikus foszfatázt* (SIAP) is. Ez az enzimindukáció macskában nem tapasztalható. Kutyaiban a májsejtlaesióból eredő, valamint a szteroidok hatására létrejövő ALP-aktivitásnövekedés elkülönítésére kromatográfiás, elektroforetikus, enzimblokkolási módszerrel vagy legegyszerűbben hőinaktivációs teszttel van lehetőség. Az epe és a csont eredetű ALP 65 °C-on hőstabilitásából adódóan inaktiválódik, a SIAP ugyanezen hőmérsékleten stabil marad.

Macskában az enzim felezési ideje csak 6 óra, kutyaiban 3 nap, ezért az enzimaktivitás-mérés inkább az utóbbi faj májfunkciós vizsgálatára alkalmas. Hat-kilenc hónapos korig, valamint a vemhesség harmadik harmadában az élettani ALP enzimaktivitás minden fajban a felnőttkori értéknek többszöröse is lehet, mivel a növekedési szakban az osteoblastaktivitás fokozott, és a placentából is kiszabadulhat az enzim.

Az ALP-aktivitást spektrofotometriás módszerrel mérjük.

Az enzimaktivitást szérumból határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit → 24. o. A minta mélyhűtve (-18 °C-on) egy hétig tárolható.

Az ALP enzimaktivitás spektrofotometriás mérése

A mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatókat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A szérumot közvetlenül a 4-nitro-fenil-foszfatot tartalmazó reakcióelegybe mérjük. Az enzim hatására sárga színű 4-nitro-fenolat keletkezik, amely spektrofotometriásan 405 nm-en mérhető. Az időegységre eső színintenzitás-növekedés egyenesen arányos az ALP-aktivitással.

A reakció lineáris tartományát meghaladó értékek (> 1500 U/l) is gyakran előfordulnak (pl. Cushing-szindróma). Ebben az esetben a mintát megfelelően hígítani kell, és az eredmény számításánál a hígítást figyelembe kell venni.

Hibaforrások. EDTÁ-s vérplazmából hamisan kis eredményt kapunk, mivel az EDTA az enzimreakcióhoz nélkülözhetetlen katalitikus hatású magnézium- és cinkionokkal komplexet képez. A hemolízis, az icterus jelentősen nem befolyásolja a mért értéket, mivel a reakcióhoz igen csekély mennyiség kell.

A hőinaktivációs teszt

A nagy össz-ALP-aktivitású mintát 5 percre 65 °C-os vízfürdőbe helyezzük, majd centrifugáljuk. A mintából az enzim egy része (a labilis, azaz csont

A mintáról

A vizsgálatok menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Mi kell hozzá?
65 °C-os vízfürdő,
spektrofotométer,
reagenskészlet

vagy máj eredetű ALP) a hőkezelés hatására kicsapódik, és az üledékbe kerül. Ezt követően a felülúszóból ismételt enzim meghatározást végzünk.

Értékelés

- ☺ Az alkalikus foszfatáz (ALP) enzimaktivitás *élettani* értéke felnőtt állatokban kisebb, mint 300 U/l.
- ☹ Az ALP enzimaktivitás *növekedésének* hátterében leggyakrabban epeérlezáródással járó májlaesiók, valamint kutyában a szteroidok indukáló hatása áll. Az élettaninál nagyobb aktivitásérték figyelemfelkeltő jel. Az ALP az epeutak állapotát, az epeelvezetési zavarokat (intra- és/vagy extrahepaticus cholestasist) érzékenyen jelzi.

Nagy AST-, ALT-, γ -GT-értékek esetén a megnövekedett ALP-aktivitás májlaesiót és cholestasist jelez.

Kutyában a hőinaktivációs tesztet az esetek jelentős részében érdemes elvégezni, mivel előfordulhat, hogy a májkárosodás (pl. lipidosis) hátterében endokrin zavar (Cushing-szindróma) áll. A hőkezelés előtti és utáni enzimaktivitás-értékek összevetése a *szteroidindukált alkalikus foszfatáz* (SIAP) aktivitásáról tájékoztat:

- ha a hőkezelés után lényegesen (nagyságrendekkel) kisebb értéket kapunk, akkor primer májfunkciózavarról vagy fokozott csontátépülésről, csonttörésről, osteosarcomáról stb. van szó;
- a hőinaktiváció utáni kismértékű enzimaktivitás-csökkenés exogén vagy endogén szteroidtúlsúlyt jelez.

A SIAP meghatározása csak szűrővizsgálati jelentőséggel bír, az endokrinológiai vizsgálatokat nem pótolhatja.

Az osteopathiákban az ALP-értékek növekedése csak közepes mértékű. Primer és szekunder hyperparathyreoidismusban, és pseudohyperparathyreoidismusban növekszik az osteoblastaktivitás, amit nagyobb ALP-értékek követnek. Hasonló mértékű a növekedés reszorptív csonttumorkban (primer osteosarcoma, carcinoma metastasisok) is.

A gyógyszerek közül a barbiturátok és a glükokortikoidok növelhetik az ALP-aktivitás értékét.

LIPÁZ

Bevezető

A lipáz legnagyobb hányada a pancreasban termelődik, kis mennyiségben a gyomor és a bél mucosasejtjei is termelik. A vesén át (50–60%-ban) és az epeutakon keresztül is (40–50%-ban) ürül. Diagnosztikai jelentősége az akut pancreatitis megállapításában van.

A lipázaktivitást a legtöbb laboratóriumban turbidimetriás módszerrel mérik.

A mintáról

Az enzimaktivitást sérumból határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ☛ 24. o. A minta mélyhűtve (–18 °C-on) egy hétig tárolható.

A turbidimetriás enzimaktivitás-mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A reagens trioleinszármazék-tartalma a mintában lévő lipáz hatására di-, ill. monogliceriddé alakul. A turbiditáscsökkenés a mintában lévő lipáz aktivitásával arányos.

Hibaforrások. Hemolitikus plazmából hamis eredményeket kapunk. A lipaemia, ill. a plazma egyéb okokból jelentkező fokozott turbiditása kifejezetten zavaró tényező.

☺ A lipáz enzimaktivitás *életteni* értéke húsevőkben 800 U/l-nél kisebb. Növényevőkben a mutató diagnosztikai értéke csekély.

⊗ Akut pancreatitisben a lipázaktivitás mindig meghaladja az 1000 U/l-t. Az aktivitás fokozódása a betegség súlyosságával nem arányos. Akut abscedáló pancreatitisben vagy bélperforáció esetén a lipázaktivitás vizsgálata a hasúri folyadékgyüleméből is kórhatározó lehet.

Krónikus recidiváló pancreatitisben az aktivitásérték növekedése csekély. Pancreasfibrosisban és juvenilis acinusatrophiában (exokrin pancreas insufficiencia, EPI) a lipázaktivitás meghatározásának nincs szakmai indoka.

Veseelégtelenségben is fokozott lipázaktivitás-értékekre számíthatunk, de a lipáz aktivitását a vesefunkció kevésbé befolyásolja, mint az amilázét.

AMILÁZ

Az amiláz nem egységes enzim, *izoenzimjeit* a nyálmirigyek, a hasnyálmirigy és az intestinalis mucosasejtek termelik. Elektroforézissel különbséget lehet tenni az izoenzimek között, de a rutindiagnosztikában erre nincs szükség. Az amiláz döntően (kb. 80%-ban) a vesén keresztül ürül.

Az amilázaktivitás mérése a hasnyálmirigy egyes betegségeinek (pancreatitis, pancreastumorok) diagnosztikáját segíti.

A *nyálmirigyek* elváltozásai fizikális vizsgálómódszerekkel (beleértve a tüáspirációt) jól vizsgálhatók, így az amilázra irányuló vérvizsgálat a nyálmirigyek gyulladással vagy daganatos eseteiben felesleges.

Az amilázaktivitást spektrofotometriás módszerrel mérjük.

Az enzimaktivitást szérumból vagy plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. A minta mélyhűtve (-18 °C-on) egy hétig tárolható.

Az enzimaktivitás-mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Az oligoszacharid szubsztrátumot az amiláz enzim kisebb egységekre bontja. A hidrolizátumból az α -glükoxidáz hatására glükóz képződik, és felszabadul az oligoszacharidhoz kötött, sárga színű *p*-nitro-fenol. A keletkező sárga szín intenzitása 405 nm-en spektrofotometriásan mérhető.

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

Bevezető

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

- ☉ Az amiláz enzimaktivitás *élettani* értéke húsevőkben 800 U/l-nél kisebb (*p*-nitro-fenolos D-maltoheptozid szubsztrátos módszerrel mérve, 37 °C-on).
- ⊗ Az amilázaktivitás *kórosan megnövekedett* értékű akut pancreatitisben, krónikus rekurrens pancreatitis, valamint az akut veseelégtelenség oligoanuriás szakában (pl. etilén-glikol-toxikózisban). Ez utóbbi arra vezethető vissza, hogy a vesén át megvalósuló ürülés akadályozottsága miatt az enzim a plazmában visszamarad.

Kisebb mértékű aktivitásnövekedést tapasztalunk típusos obturációs ileusban, bélbeli fekélyképződés (huzamos perorális nonszteroidterápia hatása!), bélperforáció és krónikus enteritis esetén.

Az aktivitásnövekedés sajátos oka a *makroamiláz* megjelenése a szérumban, ami kórosan nagy immunglobulin-tartalom esetén fordulhat elő. Ilyenek a poliklonális gamopathiák (pl. FIP, autoimmun kórképek) vagy a monoklonális gamopathiák (pl. lymphosarcoma, myeloma). Az amiláznak az immunglobulinokhoz való kapcsolódása eredményeképpen nagy molekulatömegű komplexek képződnek, ami az enzim filtrációs csökkenését idézi elő a vesében. A jelenség nagy – a klinikai tünetek és egyéb vizsgálati leletek sorába be nem illeszthető – amilázaktivitást okoz.

Hibaforrások. Tévesen nagy amilázaktivitás-értéket kapunk, ha plazmaexpanderként hidroxil-etil-keményítő- (HAES-) oldatot alkalmazunk (makroamiláz-képző). Dextránt tartalmazó infúziós készítmények (pl. Rheomacrodex) esetén viszont tévesen kis értékeket mérünk.

LAKTÁT-DEHIDROGENÁZ (LDH, LD)

Bevezető

A laktát-dehidrogenáz (LDH, LD) ötféle ismert *izoenzime* a szervezet szöveteiben általánosan előfordul, megtalálható a vázizomban, a szívizomban, a májban, a vörösvérsejtekben, a csontban, a tüdőben stb. Például a vörösvérsejtekben jelentős mennyiségben található LDH-1 izoenzimet a krónikus haemolysisek diagnosztikájában vizsgálhatjuk, amikor a haemolysis klinikai tünetei elmosódtak. Az izoenzimeket elektroforetikus vizsgálattal lehet elkülöníteni.

Az LDH-aktivitást spektrofotometriás módszerrel mérjük.

A mintáról

Az enzimaktivitást szérumból vagy plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

A minta mélyhűtve (-18 °C-on) 2 hétig tárolható.

A vizsgálat menete

Az enzimaktivitás-mérést gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A mérési módszer alapja, hogy az LDH enzim hatására a piruváttól tejsav képződik. Az LDH enzimaktivitás az utóbbi átalakulást kísérő NADH + H⁺ → NAD kapcsolt reakció spektrofotometriás követésével mérhető. Az

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

időegységre eső NADH-koncentrációcsökkenés az LDH enzimaktivitással arányos.

Hibaforrás. Már kismértékű hemolízis esetén is (mintavételi hiba) hamisan nagy aktivitásértéket kapunk.

- ☺ A laktát-dehidrogenáz (LDH) enzimaktivitás *élettani* értéke minden fajban kisebb, mint 300 U/l.
- ☹ Az enzimaktivitás nagyságrendekkel *nagyobb* gyulladással, traumás vagy toxikus eredetű vázizom-károsodáskor, lovakban a myoglobinuria paralytica equorum kórképben, myocarditiskor, súlyos májfunkciózavarban (LDH-5 izoenzim miatt), szívizom-ischaemia esetén.

Az aktivitásérték ugyancsak növekszik malignus lymphomákban, nekrotizáló tumorok esetén.

Értékelés

Egyéb vérösszetevők vizsgálata

A vizsgálatok jelentősége

A következőkben az állatorvosi diagnosztikában fontos néhány egyéb jellemző vizsgálatának módszereit ismertetjük. Ezek a paraméterek – bár vannak köztük olyanok, amelyeket gyakran mérünk – nem sorolhatók be a kémiai vizsgálatok eddigi alfejezeteibe.

ÖSSZKAROTIN

Bevezető

A karotinoidok növényi eredetű, izoprénegységekből felépülő szénhidrogének. Az állati szervezet kismértékben képes karotinoidokat tartalékolni, ezért a plazma karotintartalma a rövid idővel előbb felvett karotinmennyiség függvénye.

A karotinoidok közül a β -karotin a biológiailag legaktívabb vegyület. Élettani funkciói: az A-vitamin provitaminja, a sejtmembrán alkotója, a progeszteronszintézis kiindulóanyaga és fontos antioxidáns. Hiánya – főleg szarvasmarhában – ivarzási és vemhesülési zavarokat okoz. Mivel az összkarotin 80–90%-át a β -karotin teszi ki, a bonyolultabb β -karotintartalom-mérés (oszlop-kromatográfia, HPLC-technika) helyett megelégszünk az összkarotintartalom meghatározásával.

A karotintartalmat mérhetjük:

- extrakción alapuló spektrofotometriás módszerrel,
- érzékszervi úton.

A mintáról

Az összkarotin-tartalmat szérumból vagy heparinos plazmából határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit \Rightarrow 24. o. A mintát hűtve (hűtőtáskában) szállítsuk a vizsgálati helyre.

A minta nem tárolható, a mérést néhány órán belül el kell végezni. Szükség esetén a minta mélyhűtőben ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on) 1 hétig eltartható.

A vizsgálatok menete

Az összkarotin-tartalom spektrofotometriás mérése

Mi kell hozzá?
Kémcsőrázó,
spektrofotométer,
abszolút etil-alkohol
és ciklohexán
1:3 térfogatarányú
elegye

Jól záródó centrifugacsőbe 1,0 ml plazmát, 0,5 ml desztillált vizet és 4,0 ml szerves oldószerkeletet teszünk, és Vortex-készüléken 1–2 percig rázatjuk úgy, hogy minden mintát azonos ideig kezelünk. A fehérjementesített, homogén mintát 3000 1/min fordulatszámom 5 percig centrifugáljuk. A karotinoidoktól sárga felső fázist elválasztjuk, és spektrofotométeren vakkal szemben (ciklohexán) 450 nm-en mérjük. Számítás:

$$[\text{összkarotin}] = E_{450} \cdot 23,21,$$

ahol [összkarotin] a minta karotintartalma, $\mu\text{mol/l}$; E_{450} a 450 nm-en mért extinkció.

Az összkarotin-tartalom érzékszervi vizsgálata

A plazma sárga színének szemrevételezésével egyszerűen megítélhetjük a minta karotintartalmát. Az elbíráláshoz gyári összehasonlító színskálák nyújtanak segítséget.

Hibaforrás. Az érzékszervi elbírálást a hemolízis és az icterus lehetetlenné teszi.

- ☺ A takarmányozás hatására kialakult *életlani* karotinszint szarvasmarhában – évszaktól függően – a 3,7–11,0 $\mu\text{mol/l}$ tartományban megfelelő.
- ☹ A *karotinhány* 3 $\mu\text{mol/l}$ érték alatt állapítható meg, és A-hypovitaminosis és szaporodásbiológiai zavarokat okoz.

Értékelés

BILIRUBIN (BR)

A *bilirubin* (BR) legnagyobb része (80–85%) a vörösvérsejtek, kisebb hányada (15–20%) a mioglobinnal, a citokrómok lebontásából képződik. A szabad bilirubin vízben nem oldódó, toxikus hatású anyag. Az albuminhoz, glükoronsavhoz vagy zsírokhoz kapcsolódó bilirubin vízoldható formában kering a szervezetben.

Bevezető

Az albuminhoz kötődött bilirubinszármazékot *nem konjugált bilirubinnak*, más néven – mivel közvetlenül nem adja a diazoreakciót – *indirekt bilirubinnak* nevezzük. A máj sinusoidjaiba jutó nem konjugált bilirubinnal a bilirubin felszabadul, és a májsejtekben glükoronsavval bilirubin-glükoroniddá alakul. Ezt a bilirubinszármazékot – mivel közvetlenül adja a diazoreakciót – *direkt bilirubinnak* nevezzük.

A májsejtek a bilirubin-glükoronidot aktív transzporttal az epekapillárisokba juttatják, ahonnan végül a vékonybélbe kerül. Bakteriális redukcióval uro- és szterkobilinogénné, végül uro- és szterkobilinné alakul, amelyek a bélsár epefesték-tartalmát alkotják.

Az *urobilinogén* (UBG) mintegy 10–15%-a intestinalis reabszorpciót követően a portális keringéssel ismét a májba jut, ahol 80%-ban újra kiválasztódik. A maradék hányad a vizelettel ürül (életlani UBG-tartalom).

A bilirubintartalmat diazoreakción alapuló spektrofotometriás úton mérjük.

Az össz- és a direktbilirubin-tartalmat szérumból határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. A mintát hűtve (hűtőtáskában) szállítsuk a vizsgálati helyre.

A mintáról

A mintát napfénytől védve kell tárolni, mert a bilirubin az UV-sugárzás hatására elbomlik. A minta mélyhűtve (-18 °C-on), fénytől elzártan egy hétig tárolható.

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A bilirubintartalom mérését gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

A direkt bilirubin (bilirubin-glükoronid) a *p*-amino-benzoessavval semleges közegben közvetlenül vörös színű azoszínézetet képez, ami spektrofotometrián mérhető.

Az összes bilirubin meghatározásakor a szérumot olyan anyaggal (koffein, metanol) kezeljük, aminek hatására az albuminhoz kötött bilirubin felszabadul, és diazotálhatóvá válik. Az így képződött bilirubin és a már eredendően is diazotálható bilirubin-glükoronid adja az összbilirubin-tartalmat.

Az indirekt bilirubin mennyisége az össz- és a direkt bilirubin mennyiségének különbségéből adódik.

Értékelés

⊕ A szérum összbilirubin-tartalmának *életlani* értéke húsevőkben $< 10\ \mu\text{mol/l}$, lóban $< 40\ \mu\text{mol/l}$.

Élettani körülmények között a bilirubin minden állatfaj szérumában döntően konjugátlan formában található. Mivel a vizelettel csak a konjugált (direkt) bilirubin ürül, egészséges állatok vizeletében konjugátlan (indirekt) bilirubin nem mutatható ki.

⊕ Az állatokban bilirubinuria és hyperbilirubinaemia fordulhat elő.

A *bilirubinuria* (☞ még 218. o.) a direkt bilirubin plazmabeli koncentrációjának növekedését tükrözi, ami mindig kóros. A $30\ \mu\text{mol/l}$ -t elérő bilirubinértéknél icterus alakul ki, ami már klinikailag a nyálkahártyákon is látható. E koncentráció alatt csak a lecentrifugált vér plazmájának a színén látni a sárgás árnyalatot (subicterus).

A *hyperbilirubinaemia* általános okai:

- akut intravasalis haemolysis,
- testűri vérzések utáni állapot (reszorpciós icterus),
- transzfúziós szövödmény (állatokban ritka).

A *hyperbilirubinaemia* lehet

- *nem konjugált hyperbilirubinaemia*: az indirektbilirubin-tartalom akár $100\ \mu\text{mol/l}$ értéket is elérhet;
- *konjugált hyperbilirubinaemia*: akkor áll elő, ha a bilirubin a hepatocytákból vagy a biliáris rendszerből a szisztémás keringésbe kerül. A direkt bilirubin kilépve a vizeletbe bilirubinuriát okoz. Okai:
 - ◆ hepatocellularis károsodás,
 - ◆ intra- és/vagy extrahepaticus epepangás (cholestasis).

A hyperbilirubinaemiát a konjugált és a konjugátlan bilirubin egyidejű felszaporodása is okozhatja. Konjugált típusú bilirubinaemiának tekintjük az icterust akkor, ha a bilirubinnak kevesebb mint 20%-a van konjugátlan formában. A hyperbilirubinaemiás esetben sokszor nem

egyszerű a háttér (májkárosodás vagy epepangás) megállapítása. A primer (elzáródásos) vagy szekunder (májkárosodás miatti) cholestasisok elkülönítését segíti a protrombinidő vizsgálata (☛ 96. o.). Ha K-vitamin parenteralis adására a meghosszabbodott protrombinidő rendeződik, krónikus cholestasisra kell gondolni; ha a beavatkozásnak nincs eredménye, májfunkciózavar áll fenn.

A krónikus hyperbilirubinaemiában van a plazmában egy harmadik típusú bilirubinfrakció is, amely az albumin és a bilirubin tartós kapcsolata következtében alakul ki. E bilirubinszármazék lebomlása lassú folyamat (az albumin feleződési idejével megegyezően kb. 14 nap). Ezért a hosszan tartó icterus esetén a gyógyulási fázisban még erőteljes icterus tapasztalható, de már bilirubinuria nélkül.

A hyperbilirubinaemiával együtt jelentkező nagy transzaminázaktivitás-értékek elsősorban hepatocellularis icterusra utalnak, erőteljesen megnövekedett alkalikus foszfatáz (ALP), γ -glutamil-transzferáz (γ -GT) enzimaktivitások esetén cholestasisra kell gondolni.

A bilirubinmeghatározások önmagukban nem mindig elegendők arra, hogy pontosan behatároljuk a felismert folyamat okát. Fontos hangsúlyozni az anamnesis jelentőségét, a vizelet, a bélsár vizsgálatát és nem utolsósorban az ultrahangvizsgálatok eredményeinek együttes értékelését.

ÖSSZEPESAV

Bevezető

Az epesavak a máj által koleszterinből folyamatosan képzett és az epével – általában fajoként vagy szakaszosan, vagy folyamatosan – a bélbe szekretált anyagok. A bélbeli baktériumok hatására a primer epesavakból (pl. kólsav) szekunder epesavak (kenodezoxikólsav, litokólsav) képződnek. Az epesavak a vékonybél terminális szakaszán visszaszívódnak, és a portalis keringéssel a májba jutnak, ahol a hepatocyták újból felveszik azokat (enterohepaticus keringés).

Az epesavak detergens hatásuknak köszönhetően a zsíremésztésben töltenek be fontos szerepet: micellaképzés révén hozzáférhetővé teszik a lipideket a pankreáz-lipáz számára.

A naponta egyszer-kétszer táplálkozó húsevőkben az epeürülés – és a vérplazma epesavtartalma is – az etetés hatására (postprandialisan) fokozódik. A folyamatban a kolecisztokinin és a szekretin szöveti hormonok közreműködnek.

Epessav-profilvizsgálat HPLC-vel, egyedi epessav-meghatározás RIA-módszerrel lehetséges, gyári reagenskészletek segítségével. A laboratóriumi rutindiagnosztikában ezeket a vizsgálatokat ritkán vesszük igénybe. Az összepessav-tartalom mérése értékes májfunkciós próba, amely elegendő információt nyújt.

Az összepessav-tartalmat specifikus enzimatis reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel mérjük.

A mintáról

Az összeszesav-tartalmat 12 órás koplaltatás után vett vérmintából (szérumból vagy EDTÁ-s plazmából) határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o.

A minta mélyhűtve (-18 °C-on) két hétig tárolható.

A vizsgálat menete

Az összeszesav-tartalom meghatározását gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A kolorimetriás mérés alapja az enzimés hidrolízist követő színreakció a szubsztrát és egy színreagens között. A kialakuló szín intenzitása arányos a minta epesav-koncentrációjával.

Hibaforrások. Heparinos plazma epesavvizsgálatra nem alkalmas. Hemolízis, lipaemia a meghatározást zavarja.

Értékelés

☺ A szérum összeszesav-tartalmának *életteni* értéke húsevőkben preprandialisan 6 μmol/l-nél kisebb, egyéb állatfajokban 20–30 μmol/l.

☹ A szérum epesavtartalmának erőteljes növekedése arra utal, hogy vagy az epeutakon át csökken az epesavak szekretálása (pl. obstruktív icterusban), vagy a károsodott májsejtek nem képesek a bélből visszaszívódott epesavak újbóli felvételére a portalis keringésből. A májfunkciós próba előnye, hogy ép membránú májsejtek esetében is jelzi a funkciókárosodást, tehát olyankor is, amikor a hepatocytákból semmilyen anyag (pl. enzim) sem szabadul ki.

Hibaforrás. Etetés után (a postprandialis mintában) az életteni érték 5–6-szorosát mérhetjük, de ezt nem szabad kórosnak minősíteni.

HÚGYSAV**Bevezető**

A húgysav a purinanyagcsere során keletkezik. A húgysavból a májbeli urikáz hatására a vízben jól oldódó allantoin képződik, ami a vizelettel ürül. A folyamat az emlősökben általános, kivéve a főemlősöket és az embert.

Dalmata kutyában mutáció következtében hiányos a májbeli allantoinképzés, ezért ez az egyetlen nem főemlős, amelynek vérében húgysav egyáltalán mérhető (mennyisége azonban nem éri el a madarak és a hüllők véreinek húgysavtartalmát). A dalmát eb a húgysavtól a vese adaptációja révén képes megszabadulni, amennyiben képes a húgysav jelentős tubularis szekréciójára. A húgysav mennyiségének növekedése ezért dalmatában elméletileg a veseelégtelenség jelzője lehetne, mégis inkább a karbamid- és a kreatininkoncentráció plazmabeli növekedését tartjuk megfelelő jelzőnek.

A húgysavtartalom mérhető

- nedveskémiai reakción alapuló spektrofotometriás módszerrel,
- szárazkémiai analizátorral.

A húgysavtartalmat szérumból vagy heparinos plazmából határozzuk meg.

A minta mélyhűtve (-18 °C-on) több hétig tárolható. A húgysavmetabolit egy hétig szobahőmérsékleten is stabil.

A húgysavtartalom meghatározását gyári reagenskészlet felhasználásával hajtjuk végre (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Hibaforrás. EDTÁ-s plazma a mérést zavarja.

☺ A szérum/plazma húgysavtartalmának *élettani* értéke < 60 μmol/l, dalmata kutyában ennél kétszer nagyobb lehet.

☹ A humán élettani értékek (350–420 μmol/l) csak főmájokban, madarakban, hüllőkben mérhetők. A *hyperuricaemia* oka ezekben a fajokban elsősorban a veseműködés zavara, ami súlyos esetben köszvény kialakulására vezethet.

Más fajokban a húgysavszintet nem vizsgáljuk. Dalmatában fontos, hogy a vizelettel ürülő húgysav urolithiasis forrása lehet.

B₁₂-VITAMIN

A B₁₂-vitamin (cianokobalamin) a vörösvérsejtekben a DNS képződéséhez szükséges. Általában elegendő mennyiségben tartalmazzák a takarmányok, eleségek, sőt a megfelelő szubsztrátok (pl. kobalt) kellő mennyiségű bevitelével a gastrointestinalis tractusban (bendőben, belekben) a mikroorganizmusok képesek azt előállítani. A vitamin a gyomor által termelt B₁₂-kötő globulinhoz kapcsolódva képes felszívódni elsősorban az ileum enterocytái által, majd a vérplazmában a transzkobalamin szállítja a vörösvérsejt-képzés helyéhez. Hiányában macrocytás normochrom anaemia alakul ki.

A B₁₂-vitamin-vizsgálatnak az anaemiás kórképek, főként a macrocytás vagy megaloblastos anaemia diagnosztikájában van jelentősége.

A sav-bázis egyensúly eltérései (acidosis, alkalosis) a mérési eredményt befolyásolják: enyhén csökkenthetik vagy növelhetik.

A B₁₂-vitamin-tartalom RIA-módszerrel mérhető.

A B₁₂-vitamin-tartalmat szérumból határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 24. o. A mintát burkolt, zárt csőben, hűtve kell eljuttatni a vizsgálati helyre, mert a vitamin hő- és fényérzékeny.

A minta fénytől elzártan, hűtve (+4 °C-on) 24 óráig, mélyhűtve (-18 °C-on) 2 hétig tárolható. A mintákat hűtőtáskába téve juttassuk el a vizsgálóhelyre. A mérés előtt ajánlatos konzultálni a laboratóriummal.

Mivel a RIA-módszer szerinti mérés kivitelezése speciális felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

A mintáról

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

Értékelés

Bevezető

A mintáról

A vizsgálat menete

- Értékelés** ☺ A B₁₂-vitamin-tartalom *élettani* értéke az alkalmazott RIA-módszertől függ, a vizsgálat kérése előtt konzultáljunk a szaklaboratóriummal.
- ☹ *Kóros* állapotban a B₁₂-vitamin-tartalom az élettani értéknél kisebb vagy nagyobb is lehet.
- A *csökkent* B₁₂-vitamin-koncentráció okai:
- H₂-receptor-antagonista terápia,
 - az ileum betegségei,
 - kobalthiány,
 - éhezézés állapotok,
 - exocrin pancreas insufficiencia (EPI),
 - intestinalis villusatrophia,
 - krónikus intestinalis bakteriális túlprodukción,
 - gyomornyálkahártya-károsodás,
 - veleszületett kötőfehérje- vagy transzkobalamin-hiány,
 - malabsorptio vagy autoimmun eredetű betegség, ami e fehérjék ellen termelődött ellenanyag-képzésben nyilvánul meg,
 - májbetegség (transzkobalamin-hiány miatt).
- A *megnövekedett* B₁₂-vitamin-koncentráció oka: fokozott vitaminkiegészítés.

FOLSAV

Bevezető A folsav a B₁₂-vitaminhoz hasonlóan főleg a vörösvérsejtek DNS-képzéséhez szükséges. A táplálék általában megfelelő mennyiségben tartalmaz folsavat, és a gyomor-bél csatornában a mikroorganizmusok is termelik. Hiányában macrocytás anaemia tapasztalható.

A folsavat a jejunalis baktériumok nagy mennyiségben termelik, ezért a vizsgálatnak elsősorban az intestinalis bakteriális túlprodukción diagnosztikájában van jelentősége.

A folsavtartalom RIA-módszerrel mérhető.

A mintáról A folsavtartalmat szérumból határozzuk meg. A vérmintavétel tudnivalóit ☺ 24. o. A mintát burkolt, zárt csőben, hűtve kell eljuttatni a vizsgálati helyre, mert a folsav hő- és fényérzékeny.

A minta fénytől elzártan, hűtve (+4 °C-on) 6–8 óráig, mélyhűtve (–18 °C-on) 1–2 napig tárolható.

A vizsgálat menete Mivel a RIA-módszer szerinti mérés kivitelezése speciálisan felszerelést igényel, a vizsgálat végrehajtásával szaklaboratóriumot bízunk meg.

Értékelés ☺ A folsavtartalom *élettani* értéke az alkalmazott RIA-módszertől függ, a vizsgálat kérése előtt konzultáljunk a szaklaboratóriummal.

⊕ *Kóros* állapotban a folsavtartalom az élettani értéknél kisebb vagy nagyobb is lehet.

A *csökkent* folsavkoncentráció okai:

- éhezéssel járó állapotok;
- a vékonybelek proximális részének súlyos nyálkahártya-károsodást és felszívófunkció-csökkenést okozó betegsége, pl. intestinalis villus-atrophia.

A *megnövekedett* folsavkoncentráció okai:

- intestinalis bakteriális túlprodukció,
- exokrin pancreas insufficientia (EPI).