

2. fejezet

Hematológiai vizsgálatok

Írta Vajdovich Péter,
Kótai István közreműködésével

A vizsgálatok jelentősége

A hematológiai vizsgálatok során a vörösvérsejtek morfológiáját és funkcióját tanulmányozzuk, továbbá vizsgáljuk mindazon szervek működését is, amelyek a vörösvérsejtek képzésében részt vesznek. A hematológiai kórformák többsége a szervezet egészére hat, ezért okai lehetnek különböző szervek működés-zavarának. Ugyanakkor a nem hematológiai jellegű betegségek következményeként is kialakulhatnak hematológiai változások.

A három vörösvérsejt-típus (vörösvérsejt, fehérvérsejt, vérlemezkék) vizsgálatát több szempontból hasonló mennyiségi és minőségi, valamint esetenként funkcionális analízist jelent.

A vörösvérsejtek vizsgálatának részei:

- a hematokritérték meghatározása, a hemoglobinkoncentráció mérése, vörösvérsejt-számlálás,
- a vörösvérsejtek származtatott értékeinek vizsgálata,
- a vörösvérsejtek és a vérlemezkék ún. megoszlási szélességének és hisztogramjának elemzése,
- a vörösvérsejtek morfológiai vizsgálata,
- a reticulocytarány, a korrigált reticulocytaszám és a reticulocytaszázalék meghatározása,
- a vörösvérsejtek ozmotikus rezisztenciájának meghatározása.

A fehérvérsejtek vizsgálatának részei:

- fehérvérsejt-számlálás,
- a sejtek minőségi analízise.

A thrombocyták (vérlemezkék) vizsgálatának részei:

- thrombocytaszámlálás,
- a thrombocyták morfológiai vizsgálata,
- a thrombocyták funkciójának vizsgálata.

A három vörösvérsejt-típussal kapcsolatos hematológiai ismereteket az előbbieken megadott sorrendben tárgyaljuk. A különböző *hematológiai kórképek* ismertetését ➤ EGYÉB, RITKÁBB VIZSGÁLATOK, ELLENŐRZŐ (SZŰRŐ-) VIZSGÁLATOK.

Vörösvérsejt-vizsgálatok

A vizsgálatokról általában

A vörösvérsejtek vizsgálatával elsősorban a szervezet oxigénellátásában fontos tényezőkről kaphatunk információt. A vörösvérsejtek számának, morfológiájának és funkciójának változása számos kórképre jellemző, ezek gyakran anaemiában és polycytaemiában nyilvánulnak meg. A vörösvérsejtek vizsgálata kapcsán még számos egyéb kórképre (májelfajulás, veseelégtelenség stb.) is következtethetünk.

A mintáról általában

A hematológiai vizsgálatok többségét Na- vagy K-EDTA alvadásgátlóval vett vérmintából végezzük. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 23. o.

HEMATOKRITÉRTÉK

Bevezető

A hematokritérték (Ht, angolul *packed cell volume*, PCV) a sejtes fázis és a teljes vér egymáshoz viszonyított térfogataránya. Mértékegysége l/l (vagy dimenzió nélküli szám), de kifejezhetjük százalékban is.

A hematokritérték növekedése a hemokoncentrációt jelzi, míg csökkenése haemodilutióra utal. A vizsgálat során a plazmában bekövetkezett változásokról is fontos információk nyerhetők (pl. a lipaemia, a hemolízis, az icterus a plazma jellegzetes elszíneződését okozza).

Fontos tudni, hogy a mintában a centrifugálást követően a fehérvérsejtek a vörösvérsejtek felett helyezkednek el, szürkésfehér réteg formájában. Ennek vastagsága egészséges állatokban 0,1–0,2 mm, ami az élettani fehérvérsejtszám jelzője.

A hematokritérték meghatározható:

- mikrohematokritmódszerrel vagy
- hematológiai automatával.

A korábban elterjedt Wintrobe-féle eljárást annak nehézsége miatt már nem használjuk.

A vizsgálatok menete

Hematokritérték-mérés mikrohematokritmódszerrel

Mi kell hozzá? Mikrohematokrit-centrifuga

A hematokritkapillárist feltölthetjük a vérvételkor – közvetlenül a vérvételi tűn keresztül – vagy a laboratóriumba vércsőben küldött mintából. Utóbbi esetben a vérvételi csövet óvatosan addig döntjük, amíg a vér a cső nyílásáig ér. Ekkor a hematokritkapillárist a vérhez érintjük. A kapillárisra a vér a mikrohematokritcsőbe szívódik. Gyors felszívást akkor érünk el, ha a

kapillárist a vízszinteshez képest kissé (5–10°-kal) lefelé döntve tartjuk. Miután a vér a kapilláris végéig ért, annak egyik végét 0–4°C-ra hűtött gyurmába szúrjuk úgy, hogy 4–5 mm vastag dugót képezve lezárjuk a csövet. A gyurmával lezárt hematokritkapillárist a dugóval *kifelé* helyezzük a centrifuga rotorjába. Mindig két csövet készítsünk egy mintából.

A hematokritcsőbe vett vért mikrohematokritcentrifugával 15 000 1/min fordulatszámon 5 percig (juh és kecske esetén tovább, min. 10 percig) centrifugáljuk.

A centrifugálást követően a mikrohematokritcentrifugához mellékelte leolvasóskála segítségével meghatározzuk a hematokritértéket. Ekkor értékeljük a plazma esetleges elszíneződését és a fehérvérsejtréteg vastagságát.

Hibaforrás. Gyakori tapasztalat, hogy a centrifugálás közben a dugót a centrifugális erő kiröpíti a kapilláriscsőből. Ennek megakadályozására kell a gyurmat hűteni, ugyanis a hűtött, kissé keményebb gyurma jobban tapad a cső falához.

Hematokritérték-mérés hematológiai automatával

Az alvadásában EDTÁ-val gátolt vérmintát az automata használatához előírt módon a készülékbe felszívjuk (félautomaták esetében előzetes hígítást is végzünk).

A hematológiai automaták nemcsak a sejtszámot adják meg, hanem a sejtek átmérőjét is meghatározzák, és ennek alapján kiszámítják a vörösvérsejtek átlagos térfogatát (*mean corpuscular volume, MCV*) is. A készülékek programja végül az *MCV* és a sejtszám alapján kiszámítja és kijelzi a hematokritértéket. A hematológiai automaták a következő képlet alapján számolnak:

$$Ht = \frac{vvs\text{-szám} \cdot MCV}{1000},$$

ahol *Ht* a hematokritérték, l/l; *vvs.-szám* a vörösvérsejtszám, 10¹²/l; *MCV* a vörösvérsejtek átlagos térfogata, fl (10⁻¹⁵/l). A hematokritértéket sok automata százalékban jelzi ki.

Hibaforrás. Az automata tévesen kicsi vagy nagy hematokritértéket adhat, ha a rosszul megválasztott hígítóoldat zsugorítja vagy duzzasztja a vörösvérsejteket, vagyis csökkenti vagy növeli az *MCV*-t. Ha pontos értéket akarunk kapni, mindig végezzük el a hematokritérték meghatározását mikrohematokritmódszerrel is.

☺ **Élettani** körülmények között az állatok vérének hematokritértéke 0,35–0,55. Ennél nagyobb élettani érték mérhető agár, whippet, borzoi fajtájú kutyában, angol telivér lóban, újszülöttekben, valamint a kis légköri nyomáson élő állatokban. Kisebb élettani értéket mérhetünk vemhes állatokban a vemhesség utolsó harmadában, juhban és kecskében tél végén, tavasz elején.

Mi kell hozzá?
Hematológiai
automata,
hígítóoldat

Értékelés

⊖ A hematokritérték *kóros* viszonyok között növekedhet vagy csökkenhet.

Az *emelkedett* hematokritérték okai:

- relatív polycytaemia
 - ♦ dehidráció. Oka: csökkent vízfelvétel, fokozott vízleadás,
 - ♦ lépkontrakció. Oka: stresszhelyzet;
- abszolút polycytaemia
 - ♦ elsődleges (polycytaemia absoluta vera). Oka: főképpen az erythroid sejtvonalat érintő myeloproliferatív betegség,
 - ♦ másodlagos. Oka: fokozott erythropoetinképződés, ami lehet
 - tartós hypoxiával kapcsolatos. Oka: idült tüdő- vagy szívbetegség, a hemoglobin csökkent oxigénszállító képessége, tartósan kis környezeti oxigénnyomás,
 - hypoxia nélküli. Oka: a fokozott erythropoetinképzést indukáló egyéb folyamatok (vesecysta, egyes daganatok stb.).

A *csökkent* hematokritérték okai:

- a vörösvérsejtek a lépben való felhalmozódása és elkülönülése (szekvesztrációja) pl. narkózis vagy anaesthesia miatt,
- hiperhidráció,
- fokozott vérvesztés,
- hemolízis,
- csökkent vörösvérsejt-képződés.

HEMOGLOBINTARTALOM

Bevezető A hemoglobin (Hb) fő funkciója az oxigén- és a szén-dioxid-szállítás. Több formája ismert (embrionális = HbE, foetalis = HbF és felnőttkori vagy adult = HbA).

A hemoglobintartalmat meghatározhatjuk:

- spektrofotometriás méréssel,
- kézi hemofotométerrel,
- a hematokritértékből számítással.

A vizsgálatok menete

A hemoglobintartalom spektrofotometriás mérése

Mi kell hozzá?
Spektrofotométer,
reagenskészlet

A meghatározást gyári reagenskészletek felhasználásával hajtjuk végre, amelyek a reagenst és a hemoglobin-standardoldatot is tartalmazzák (az útmutatásokat lásd a készlethez mellékelt leírásban).

Az általánosan elfogadott, ún. Drabkin-féle módszer elve, hogy a vas(II)-ion-tartalmú hemoglobint oxidáljuk vas(III)iont tartalmazó hemiglobinná, majd ezt cián-methemoglobinná alakítjuk, ami 546 nm hullámhosszúságon mérhető.

A hemoglobintartalom mérése kézi hemofotométerrel

Ezzel a módszerrel csak közelítő pontosságú értékek mérhetők. A módszer elve, hogy a vizsgálandó vér – a hemoglobinkoncentrációjától függő – fényelnyelést egy standard-hemoglobinkoncentrációt jelző színmezőhöz hasonlítjuk. A kivitelezéskor a szárazzelemmel működő kézi hemofotométer speciális küvettájára vérmintát cseppentünk, azt cianidvegyülettel átitatott pálcával hemolizáljuk, majd a küvettát a műszerbe helyezzük. A műszer okulárjába tekintve két, egymást teljes mezővé kiegészítő, de különböző színintezitású zöld részt látunk. A készülék oldalán lévő tolattyút addig állítjuk, amíg a két rész egyforma színű nem lesz. Ekkor a skáláról leolvassuk a hemoglobintartalmat.

Mi kell hozzá?
Kézi hemofotométer

A hemoglobintartalom becslése a hematokritérték alapján

A hematokritérték ismeretében a hemoglobintartalmat a következő tapasztalati összefüggés alapján számíthatjuk (feltételezve, hogy a vörösvérsejtek átlagos Hb-koncentrációja, azaz MCHC-értéke élettani):

Előzetesen mérendő:
Ht

$$Hb = \frac{Ht}{3} \cdot 1000,$$

ahol Hb a hemoglobintartalom, g/l; Ht a hematokritérték, l/l; a 3 tapasztalati szám.

A becsült érték a gyakorlati igényeket kielégítő pontossággal adja meg a hemoglobintartalmat.

- ☺ *Élettani* körülmények között a vér hemoglobintartalma állatokban átlagosan 120–180 g/l között mérhető.
- ☹ A működőképes hemoglobin megfogyása anaemiát okoz, ami szöveti hypoxia kialakulásával járhat.

Értékelés

A vér csökkent hemoglobintartalmából következtethetünk ugyan az anaemia meglétére, ez azonban gyakran nem ok, hanem következmény. A hemoglobin szintézise zavart szenvedhet különböző hiányaemiákban, valamint a szintézisért felelős enzimek károsodásakor (☛ 444. o.). A hemoglobin hemrészének szintéziszavarában kis hemoglobinkoncentráció mellett egyes esetekben melléktermékek képződését is tapasztalhatjuk (porphyriák, ☛ 62. o.). A globinrész szintéziszavarában az ún. thalassaemiák jelentkeznek, ezek állatorvosi jelentősége csekély.

Megjegyzés. A hemoglobintartalom meghatározása általában nem tájékoztat a hemoglobinmolekula működőképességéről. Funkciózavart élettani hemoglobintartalom esetén is észlelhetünk, veleszületett és szerzett okok (pl. oxidálószeres, szén-monoxid, kénvegyületek) hatására. Míg a vér hemoglobintartalmát gyakran mérjük, a hemoglobin funkciózavarát rutinszerűen nem vizsgáljuk, viszont annak oxigénkötő képességét meg-

állapíthatjuk pl. a hemoglobin oxigénnel való szaturációjának, esetleg a methemoglobintartalomnak a meghatározásával. A globinláncok megváltozását (thalassaemiák során) hemoglobin-elektroforézissel állapíthatjuk meg. Az utóbbi vizsgálatok szaklaboratóriumok feladatai.

VÖRÖSVÉRSEJTSZÁM

Bevezető A szövetek megfelelő oxigénellátásához az adott fajra jellemző számú és hemoglobintartalmú vörösvérsejt jelenléte elengedhetetlen. A vörösvérsejtszám (vvs.-szám) ismerete segíti az anaemiák megállapítását, elkülönítését.

A vörösvérsejtszámot háromféle módszerrel határozhatjuk meg:

- mikroszkópos számlálással (Bürker-kamrával vagy más számlálókamrával),
- hematológiai automatával,
- becsléssel a hematokritérték alapján.

A mikroszkópos számlálás a nagy hibaszázaléka miatt egyre inkább háttérbe szorul. Ma már a kisebb laboratóriumokban is a könnyebben és pontosabban meghatározható hemoglobinkoncentrációt és hematokritértéket veszik alapul az anaemiák megállapítására, ha nincs elektronikus sejtszámláló.

A vörösvérsejtszámot $10^{12}/l$ -ben adjuk meg (szokásos még a T/l egység használata, T = tera = 10^{12}).

A vizsgálatok menete

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp,
Bürker-kamra

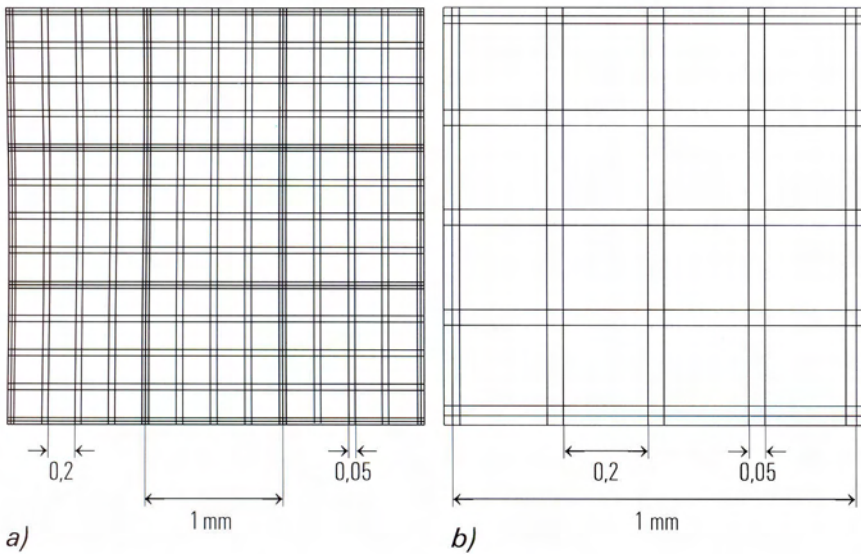
A vörösvérsejtek számlálása Bürker-kamrában

Kémcsőbe pipettázunk 9,95 ml élettani (0,9%-os) nátrium-klorid-oldatot. A vizsgálandó vérből 0,05 ml-t szívunk fel Hagedorn- vagy automata pipetába. A pipetta csúcsi részét papírvattával kívülről letöröljük, és a vért többszöri felszívással és kifújással belemossuk a sóoldatot tartalmazó kémcsőbe (200-szoros hígítás). Ezután ugyanazzal a pipetával felszívunk néhány csepp hígított mintát. Az első cseppet papírvattára cseppentjük, majd a másodikat a Bürker-kamra (2.1. ábra) fedőlemeze alá juttatjuk, hogy az teljesen kitöltse a fedőlemez alatti területet. Ezt követően 80 kis négyzet (vagy 20 téglalap) fölött megszámloljuk a vörösvérsejteket.

Ha a kapott (általában háromjegyű) számot 100-zal osztjuk, és szorozzuk 10^{12} -nel, akkor 1 l vér vörösvérsejtszámát kapjuk meg:

$$\text{vvs.-szám} = \frac{n}{100} \cdot 10^{12},$$

ahol *vvs.-szám* a vörösvérsejtszám, $10^{12}/l$; *n* a számlált vörösvérsejtek száma 80 kis négyzet (vagy 20 téglalap) fölött.



2.1. ábra.
A véresejtszámláló
kamrák beosztása
a) Bürker-kamra;
b) Fuchs-Rosenthal-
kamra

A vörösvérsejtek számlálása hematológiai automatával

A készülék használati előírásainak megfelelően hígított EDTÁ-s vérmintát a szívópumpával felszívátjuk. A korszerű automaták a minta felszívása után maguk végzik a hígítást is, félautomatákhoz a mintát előzetesen hígítani kell. Az automata a sejtek elektromos ellenállása (impedanciája) alapján számlálja meg a sejteket, és jelzi ki a vörösvérsejtszámot.

Hibaforrás. Ha a plazmában hidegagglutininek találhatók (pl. immunhaemolyticus anaemia esetén, ☹ xx. o.), akkor a mintát a meghatározásig 37 °C-on kell tárolni, mert a minta lehűlése esetén összecsapódnak a vörösvérsejtek, és emiatt tévesen kis vörösvérsejtszámot kapunk.

Mi kell hozzá?
Hematológiai
automata,
hígítóoldat

A vörösvérsejtszám becslése a hematokritérték alapján

A hematokritérték ismeretében a vörösvérsejtszámot jó közelítéssel a következő tapasztalati összefüggés alapján számíthatjuk (élettani MCV-értékeket feltételezve):

Előzetesen mérendő:
Ht

$$vvs\text{-szám} = \frac{Ht}{5} \cdot 100,$$

ahol *vvs.-szám* a vörösvérsejtszám, $10^{12}/l$; *Ht* a hematokritérték, l/l ; az 5 tapasztalati szám.

☺ **Élettani** körülmények között a vörösvérsejtszám fajonként, sőt fajtánként is eltérő, általában $5-10 \cdot 10^{12}/l$.

Értékelés

A vörösvérsejtszámot számos tényező befolyásolja, ezeket a hematokritérték kapcsán taglaltuk (☹ 46. o.).

☹ **Kórosan** emelkedett vörösvérsejtszámot tapasztalhatunk polycytaemiák-

ban és kisebbeket anaemiákban. E két hematológiai kórkép elemzését ➔ ELLENŐRZŐ (SZŰRŐ-) VIZSGÁLATOK, 440. és 442. o.

A VÖRÖSVÉRSEJTEK SZÁRMAZTATOTT ÉRTÉKEI

Bevezető Az ún. származtatott (derivált) értékek elsősorban az anaemiák elkülönítésében fontosak. A sejtek méretének változása információt nyújt az erythropoesisről, festődésük erőssége pedig a hemoglobintartalmukra utal. Bár a sejt-méret és a festődés milyensége megítélhető a vérkenetben is, ez nehézkes, szubjektív és nagy gyakorlatot igényel. Ezért objektív módszerekkel, számítással is meghatározzuk a sejtek minőségi mutatóit, a hematokritérték (*Ht*), a hemoglobintartalom (*Hb*) és a vörösvérsejtszám (*vvs.-szám*) alapján. A korszerű hematológiai automatákban hemoglobinmérésre alkalmas beépített fotométer van, így a három mért érték alapján a származtatott jellemzőket automatikusan kiszámítják, valamint a képernyőn kijelzik és/vagy kinyomtatják.

A származtatott jellemzők elsősorban a humánorvosi diagnosztikában terjedtek el, de kutya esetében is jól használhatók. Egyéb állatfajok esetében fenntartásokkal kell értékelni ezeket a paramétereket az erythrocyták egyeden belül előforduló nagy változatossága miatt.

A legfontosabb származtatott értékek a következők:

- a vörösvérsejtek átlagos hemoglobintartalma (*MCH*),
- a vörösvérsejtek átlagos térfogata (*MCV*),
- a vörösvérsejtek átlagos hemoglobinkoncentrációja (*MCHC*).

A VÖRÖSVÉRSEJTEK ÁTLAGOS HEMOGLOBINTARTALMA

Bevezető A vörösvérsejtek átlagos hemoglobintartalmát (*mean corpuscular hemoglobin, MCH*) pikogrammban (10^{-12} g) adjuk meg.

Élettani hemoglobintartalom esetén a vörösvérsejtek *normochromasiásak*, azaz mikroszkópos vizsgálattal a vérkenetben a fajra jellemző mértékben halványkékre vagy rózsaszínűre festődnek. Az *MCH*-értéket nem befolyásolja a sejtek térfogata, mert ez a paraméter a sejtenkénti átlagos *abszolút* hemoglobinmennyiségre utal, szemben az *MCHC*-vel (➔ 52. o.). Természetesen az az általános, hogy a kisebb sejtek kevesebb, a nagyobbak több hemoglobint tartalmaznak.

Az *MCH* megbízhatóbb jelzője az anaemia meglétének, mint pl. az *MCHC*, mert nem befolyásolja a sejtek méretének az ozmotikus viszonyok miatti megváltozása, viszont a vérszegénység okára kevésbé utal.

A vizsgálat menete

Előzetesen mérendő:
Hb, vvs.-szám

Az *MCH* a következő összefüggés alapján számítható:

$$MCH = \frac{Hb}{vvs.-szám}$$

ahol *MCH* a vörösvérsejtek átlagos hemoglobintartalma, pg;* *Hb* a hemoglobinkoncentráció, g/l; *vvs.-szám* a vörösvérsejtszám, $10^{12}/l$.

- ☺ *Élettani* körülmények között a vörösvérsejtek átlagos hemoglobintartalma (*MCH*) 12–30 pg (fajonként változik). Újszülöttekben és fiatal állatokban nagyobb értékeket mérhetünk (28–32 pg), azonban esetükben az *MCV* is nagyobb.
- ☹ Az élettani értékhatár alatti *MCH* gyengébb festődésre, azaz *hypochromasiára*, kórosan nagyobb értéke pedig erősebb festődésre, *hyperchromasiára* utal. Ennek okait az *MCHC* tárgyalásánál találjuk (☹ 52. o.). Az ép vörösvérsejtben a hemoglobinmolekulák úgy helyezkednek el, hogy a hemoglobintartalom élettani sejttérfogat mellett nem emelkedhet. Ezért 34 pg-nál nagyobb *MCH* csak megnagyobbodott (nagyobb *MCV* értékű) sejtben fordulhat elő.

Értékelés

A VÖRÖSVÉRSEJTEK ÁTLAGOS TÉRFOGATA

A vörösvérsejtek átlagos térfogata (*mean corpuscular volume, MCV*) a vörösvérsejtek méretét jelöli. Fajra jellemző *MCV* esetén a vér *normocytás*.

Az *MCV* értékét femtoliterben adjuk meg ($1 \text{ fl} = 10^{-15} \text{ l}$).

A vörösvérsejtek átlagos térfogata a következő összefüggés alapján számítható:

$$MCV = \frac{Ht}{vvs\text{-szám} \cdot 1000}$$

ahol *MCV* a vörösvérsejtek átlagos térfogata, fl; *Ht* a hematokritérték, l/l; *vvs.-szám* a vörösvérsejtszám, $10^{12}/l$.

- ☺ *Élettani* körülmények között a vörösvérsejtek átlagos térfogata a korrallal változik. A szarvasmarha és a kutya *MCV*-értéke embriókorban 90–100 fl, míg felnőtt korban csak 37, ill. 60–66 fl. Japán akita kutyában kicsi (55–65 fl), míg egyes uszkárookban nagy (75–80 fl) élettani értékek tapasztalhatók.
- ☹ Az élettani értéknél kisebb *MCV* esetén *microcytosisról*, kórosan nagyobb érték esetén *macrocytosisról* beszélünk.

A *microcytosis* okai:

- idült vérvesztés,
- vas- és rézhiány,
- piridoxinhiány,
- portosizisztémás sőnt.

A *macrocytosis* okai:

- regeneratív anaemiák,
- B₁₂-vitamin-, folsav-, kobalthiány,
- erythraemiás myelosis,
- erythroleukaemia.

* Az SI szerint a pg (pikogramm = 10^{-12} g) helyett a femtomol (fmol = 10^{-15} mol) használata lenne kötelező. Ebben az esetben a *Hb-t* mmol/l-ben kellene megadni. Tekintettel arra, hogy a hemoglobin moláris tömege állatfajonként különböző, az átszámítás fajonként eltérő lenne. Ezért minden fajban egységesen a pg-ban kifejezett értéket adjuk meg.

Bevezető

A vizsgálat menete

Előzetesen mérendő: *Ht, vvs.-szám*

Értékelés

A VÖRÖSVÉRSEJTEK ÁTLAGOS HEMOGLOBINKONCENTRÁCIÓJA

Bevezető A vörösvérsejtek átlagos hemoglobinkoncentrációja (*mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC*) azt jelzi, hogy a hemoglobin milyen mértékben tölti ki a vörösvérsejteket, s egyidejűleg utal a sejtek festődésére. Az *MCHC* tehát – szemben az *MCH*-vel – egy *relatív* mutató, amely térfogat-egységnyi vörösvérsejt hemoglobintartalmát adja meg. Az *MCHC* kiszámításának a hypochrom anaemiák diagnosztikájában van jelentősége. Figyelembe kell venni, hogy amennyiben hypochrom anaemiában az *MCH* és az *MCV* egyaránt kicsi, akkor az *MCHC* az élettani tartományban maradhat. Az *MCHC* értékét g/l-ben adjuk meg (régebben %-ban fejezték ki).

A vizsgálat menete A vörösvérsejtek átlagos hemoglobinkoncentrációja a következő összefüggés alapján számítható:

Előzetesen mérendő:
Hb és Ht
vagy
MCH és MCV

$$MCHC = \frac{Hb}{Ht} \quad \text{vagy} \quad MCHC = \frac{MCH}{MCV},$$

ahol *MCHC* a vörösvérsejtek átlagos hemoglobinkoncentrációja, g/l; *Hb* a hemoglobinkoncentráció, g/l; *Ht* a hematokritérték, l/l; *MCH* a vörösvérsejtek átlagos hemoglobintartalma, pg; *MCV* a vörösvérsejtek átlagos térfogata, fl.

Értékelés

- ☉ A vörösvérsejtek átlagos hemoglobinkoncentrációjának (*MCHC*) élettani értéke 300–400 g/l (30–40%). Ilyenkor a vörösvérsejtek festődésének jellemzésére a *normochrom* megjelölést használjuk.
- ☹ Az élettani értéknél kisebb *MCHC*-értékek *hypochromasiára* (a sejtek csökkent festődésére) utalnak. A hypochromasia okai:
 - újszülött kor,
 - regeneratív anaemiák,
 - vashiányos anaemia.
 A nagyobb *MCHC* *hyperchromasiára* (a sejtek fokozott festődésére) utal. A hyperchromasia okai:
 - erythroleukaemiák,
 - B₁₂-vitamin-, folsav-, kobalathiány,
 - immunhaemolyticus anaemia,
 - vérvesztés,
 - ólommérgezés,
 - splenectomia.

Az anaemiák elkülönítésére a származtatott értékek alapján a 2.1. táblázat mutat néhány lehetőséget.

Anaemiátípusok	Származtatott értékek	Okok
Macrocytás, normochrom vagy hyperchrom	$MCV \uparrow$, $MCH \uparrow$, $MCHC \leftrightarrow, \uparrow$	Macsokban FeLV-fertőzés, szarvasmarhában kobalthiány, uszkárok macrocytosisa, bármely fajban B ₁₂ -vitamin- vagy folsavhiányos anaemia, erythroleukaemia
Normocytás, normochrom	$MCV \leftrightarrow$, $MCH \leftrightarrow$, $MCHC \leftrightarrow$	Élettani állapot, néhány órával heveny vérvesztést követő állapot, nemregeneratív anaemia
Macrocytás, hypochrom	$MCV \uparrow$, $MCH \leftrightarrow$, $MCHC \downarrow$	Regeneratív anaemia
Microcytás, normochrom	$MCV \downarrow$, $MCH \downarrow$, $MCHC \leftrightarrow$	Japán akita kutyában élettani állapot
Microcytás, hypochrom	$MCV \downarrow$, $MCH \downarrow$, $MCHC \downarrow$	Idült vérvetés, vas- vagy rézhiányos anaemia, portoszisztémás sönt, piridoxinhiány

2.1. táblázat.
Az anaemiák
elkülönítése

A VÖRÖSVÉRSEJTEK ÉS A VÉRLEMEZKÉK MEGOSZLÁSI SZÉLESSÉGE ÉS HISZTOGRAMJA

A vörösvérsejtek, valamint a vérlemezkék ún. megoszlási szélességét (*red cell distribution width*, *RDW* és *platelet distribution width*, *PDW*) csak a legújabb típusú sejtszámláló automaták tudják megadni. (Tekintve, hogy a mérési elv mindkét sejtípus esetén azonos, a mérési eredmények értékelését mindkét sejtípusra itt tárgyaljuk.)

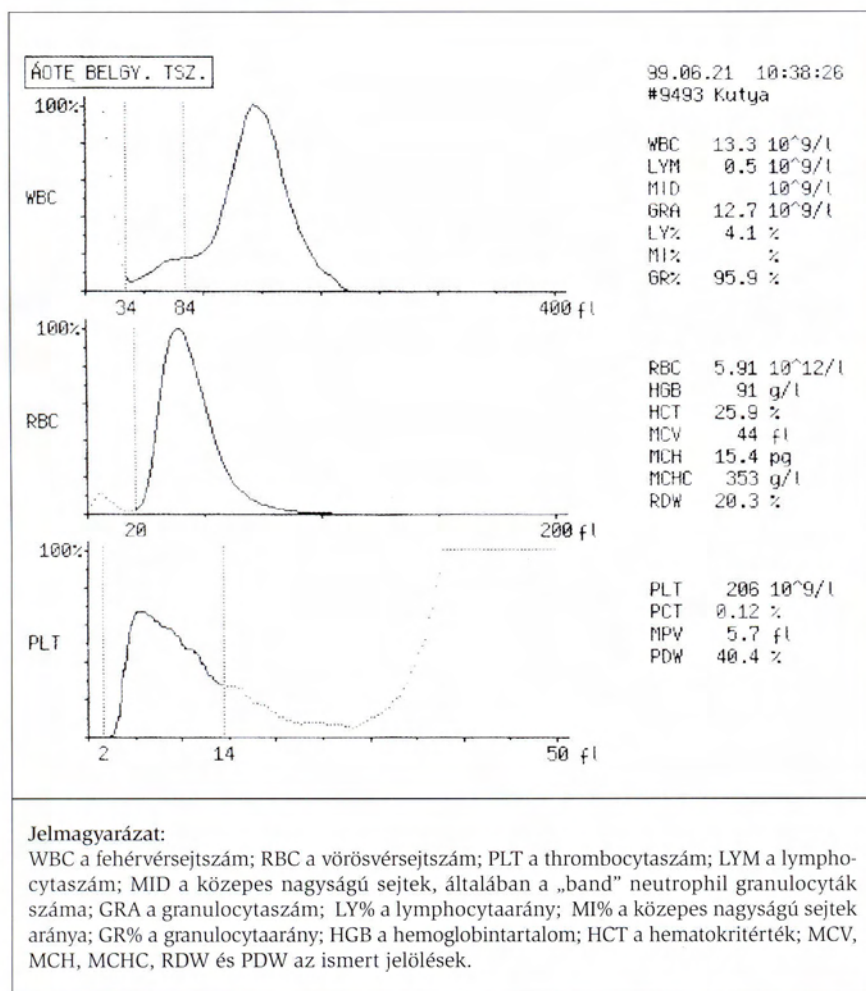
Az *RDW*- és a *PDW*-értékek a vörösvérsejtek és a vérlemezkék méretbeli megoszlására (isocytosisra, ill. anisocytosisra) számszerűen utalnak: azt a sejtméret-intervallumot adják meg, amelyen belül a sejtek többsége elhelyezkedik. A vörösvérsejtek és a vérlemezkék méretbeli megoszlásáról a hisztogramok, vagyis a vörösvérsejt- és thrombocyttagörbék még több információt nyújtanak (2.2. ábra).

Az *RDW*-t, a *PDW*-t és a hisztogramokat a korszerű hematológiai automaták kijelzik és/vagy kinyomtatják. Az *RDW*- és a *PDW*-meghatározásra számos módszer alkalmaznak, és az értékeket %-ban vagy fl-ben adják meg. Ha az *RDW*-t és a *PDW*-t a műszer nem adja meg, de a hisztogramokat kinyomtatja,

Bevezető

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Hematológiai auto-
mata beépített
szoftverrel



2.2. ábra.
Hisztogramok
a hematológiai
automata által
kijelzett értékekkel

akkor a méretbeli megoszlás százalékos értékeit a koordináta-rendszer alapján ki lehet számítani, ha az adott sejtípusra jellemző görbék magasságának a felénél egy vízszintes egyenest húzunk. Ahol az egyenes metszi a görbe két szárát, onnan merőlegest húzunk az x tengelyre. Az RDW és a PDW az x tengelyre vetített intervallumnak a teljes mérettartományhoz – mint 100%-hoz – viszonyított %-os értékei. A 100%-os mérettartomány-értéket az automatán a gyártó cég beállítja, általában 0–250 fl-re. Az automata az ezeken belül talált sejteket fogadja el vörösvérsejtnak vagy vérlemezkének (l. a 2.2. ábrát). Itt van különös jelentősége annak, hogy az automatán van-e állati vérek elemzésére beállítási lehetőség.

Megjegyzés. A kijelzett (kinyomtatott) RDW - és PDW -eredmények általában mértékegység nélküli számként jelennek meg (a %-jel nem szerepel).

Értékelés

☉ *Élettani* esetben az *RDW* kutyában 12–16%, macskában 14–18%, a *PDW* kutyában 6–8%, macskában 7–12%. A hisztogramok Gauss-görbét adnak. A vörösvérsejteké magas, csúcsos, a thrombocytáké pedig laposabb görbe, mindkét esetben enyhe fokú, jobb oldali eltolódással.

⊗ Az *RDW* és a *PDW* lehet kisebb és nagyobb az élettani értéknél.

A *kisebb RDW* és *PDW* élettani *MCV* és *MPV* mellett nemregeneratív folyamatokra utal. Ilyenkor a hisztogramok burkológörbéje keskeny, csúcsos. Ez fordul elő pl. idült veseelégtelenségben, hypothyreosisban, aplasticus anaemiában.

A *nagyobb RDW* és *PDW* a regeneratív és/vagy a proliferatív folyamatok velejárója, az anisocytosis jelzője. A regeneratív folyamatokban a hisztogramon a burkológörbe alatt a jobb oldali terület növekedése, valamint a görbe tágulása, ellapulása tapasztalható. Ilyenek pl. a regeneratív haemolyticus és vashiányos anaemiák, ill. az immuneredetű thrombocytopenia.

Élettani vagy nagyobb *RDW* és *PDW*, valamint a görbék bal oldalra tolódása figyelhető meg microcytás anaemiákban (pl. idült májelégtelenségben).

Élettani vagy kissé nagyobb *RDW*, valamint a vörösvérsejtgörbe jobb oldalra tolódása tapasztalható egyes polycytaemiákban (pl. az ún. erythroleukaemiában, azaz a *polycytaemia absoluta vera* esetén vagy B₁₂-vitamin-, ill. folsavhiányos anaemiában).

Élettani vagy kissé nagyobb *PDW*, valamint a thrombocytagörbe jobb oldalra tolódása tapasztalható a csontvelő thrombocytasejtvonalának daganatos elváltozásában, pl. az essentialis thrombocytosisban.

A VÖRÖSVÉRSEJTEK MORFOLÓGIAI VIZSGÁLATA

A vörösvérsejtek vérkenetben való morfológiai vizsgálatával megállapíthatjuk a sejtek érettségét, szín-, méret- és alakbeli eltéréseit, az esetleges zárványképződést és paraziták előfordulását. A morfológiai vizsgálatok eredményei az anaemiák oktani vizsgálatának alapját képezik.

A vizsgálatot festett vérkeneteken végezzük.

Kenetkészítés

Egy csepp vért tiszta, zsírtalanított tárgylemezre cseppentünk. Egy másik (lehetőleg csiszolt szélű) tárgylemezt kb. 45°-os szögben a vércsepphez érintünk. Körkörös irányú mozdulattal kissé összekeverjük a vérmintát, nehogy a magvas sejtek csak a kenetszélekre kerüljenek, és megvárjuk, míg a csepp eloszlik a ráhelyezett lemez szélének vonalán. A következő lépésben a ferdén tartott tárgylemezt határozott mozdulattal végigtoljuk a fekvő tárgylemez teljes hosszán, majd szobahőmérsékleten 5–10 percig szárítjuk a kenetet.

Bevezető

A vizsgálatok menete

A vérkenetek festése

Mi kell hozzá?
70%-os metil-alkohol,
May-Grünwald-oldat,
Giemsa-oldat

Festés Pappenheim szerint. A kenetre 70%-os metanolos cseppentünk, vagy a kenetet metanolos festékkádba helyezzük. Egy-két perces fixálás után csapvizes öblítés következik. Ezután a kenetet 2 percre May-Grünwald-oldatba tesszük (vagy azzal teljesen befedjük), majd desztillált vízzel hígítva a festékkoldatot további 4-5 percig festünk. Csapvízzel leöblítjük a festéket. Ezt követően 15 percre hígított Giemsa-oldattal (20 csepp készen kapható Giemsa-oldathoz 10 ml csapvizet adunk) folytatjuk a festést. A festés után ismételt csapvizes öblítés következik, majd a kenetet levegőn szárítjuk. Ha gyorsítani akarjuk az eljárást, akkor a metanolos fixálást elhagyhatjuk, mert a May-Grünwald-oldat tartalmaz alkoholt.

Festés Giemsa szerint. Az előbbiekhöz hasonlóan járunk el, de kimarad a May-Grünwald-féle festékkoldat használata.

Mi kell hozzá?
Gyorsfestő festékkoldatok

Festés gyorsfestő festékkoldatokkal. Készen kapható fixálóoldatot, valamint általában piros és kék színű festékkoldatot használunk. Több cég forgalmaz gyorsfestő oldatokat, bármelyik használható. A keneteket a fixálóba való egyszeri bemerítés után 3-5 alkalommal a piros oldatba merítjük, majd csapvízzel öblítjük. Ezután 8-10-szer a kék oldatba mártjuk be, amit ismételt csapvizes öblítés követ. Figyeljünk rá, hogy a keneteket ne hagyjuk állni az oldatokban. A keneteket végül levegőn szárítjuk.

Mi kell hozzá?
Perls-féle festékkoldat,
1,5%-os sósavoldat,
Mayer-hemalaun-oldat

Festés Perls-módszerrel (a vas sejtekből való kimutatására). A vas a sejtekben leggyakrabban hemosziderin, ritkábban ferritin formájában fordul elő. A vér-, a csontvelő- vagy az egyéb szervmintákból származó, levegőn szárított keneteket alkoholos fixálás után desztillált vízzel öblítjük, majd 1%-os kálium-[hexaciano-ferrát(II)]-oldattal (közismert nevén sárgavérlúgsó) festjük 2-3 percig. Ezután a keneteket 1,5%-os sósavoldatba helyezzük 4 percre. A sósavoldatból kivéve 15 perces festés következik Mayer-hemalaunnal. Ezt ismét desztillált vizes öblítés, majd szobahőmérsékletű szárítás követi. A festékkoldatok készen kaphatók. Csak friss oldatokat használjunk.

Mi kell hozzá?
0,5%-os metilénkékoldat

Festés metilénkékoldattal. A Heinz-féle zárványok, esetleg a reticulocyták vagy a *Haemobartonellák* kimutatására használjuk. Az alkohollal fixált kenetet desztillált vízben öblítjük, majd 0,5%-os metilénkékoldattal festjük 20 percen keresztül. Ismételt desztillált vizes öblítés után levegőn szárítjuk.

Mi kell hozzá?
Brillant-krezilkek-festékkoldat

Festés brillant-krezilkek-festékekkel. Ezt a festési eljárást a *reticulocyták* kimutatására használjuk. A brillant-krezilkek-festékkoldatból és a friss vizsgálandó vérmintából egyaránt 3-4 cseppet egy Eppendorf-csőbe cseppentünk, majd óvatosan összekeverjük. Ezután 1-2 órára szobahőmérsékleten inkubáljuk az elegyet, majd egy cseppet tárgylemezre cseppentünk, és abból kenetet készítünk. A kenetet szobahőmérsékleten szárítjuk. Ezt a festési eljárást *vitális festésnek* nevezzük, mert élő sejteket festünk, tehát a kenetkészítést és a szárítást megelőzi a festési eljárás.

A vérkenetek mikroszkópos vizsgálata

A keneteket először közepes (400×-os), majd nagy (1000×-es) nagyítással (immerziós lencsével) vizsgáljuk, utóbbi esetben immerziós olajat kell használnunk.

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp

Értékelés

☉ **Élettani** körülmények között az emlősök vörösvérsejtjei (szemben a madarak, hüllők, kétéltűek és a halak vörösvérsejtjeivel) nem magvasak, alakjuk oldalnézetben bikonkáv diszkoszra emlékeztető, a kenetben kerekdedek, esetleg kissé elliptikusak, közepén halványabb a festődésük. Színük halványvörös vagy kékes, normochromasiásak. Általában monomorphok, lehet azonban kisfokú méretbeli eltérés is köztük (anisocytosis). Átmérőjük 4–9 μm, a méret állatfajonként eltérő, élettani esetben normocytásak.

A kerekded formától eltérhetnek a szarvas sarló, az angóramecske orsó, a tevéfélék elliptikus, a kecske esetenként háromszög alakú sejtjei.

A kenetben egymáshoz pénztekercsformában (rouleau-képződés, *rouleau* = tekercs) összetapadva találhatjuk a lovak, a sertések, néha a kutyák és a macskák vörösvérsejtjeit (nem tapasztaljuk ezt szarvasmarhákban). A rendezetlen, nem pénztekercsre emlékeztető összetapadás (*agglutination*, *aggregatio*) lovakban élettani jelenség.

☉ **Kóros** esetben a vörösvérsejtek egymáshoz rendellenesen kapcsolódnak, tapasztalhatunk színbeli, méretbeli, alakbeli eltéréseket, megjelenhetnek fiatal sejtek vagy vastartalmú sejtek, előfordulhatnak bennük zárványok, kórokozók (paraziták és rickettsiák). Egyes (pl. színbeli, alakbeli, méretbeli) eltérések vagy speciális sejtalakok megjelenése nem mindig utal kóros elváltozásra, csak akkor, ha nagyobb számban fordulnak elő.

A vörösvérsejtek egymáshoz való rendellenes kapcsolódása

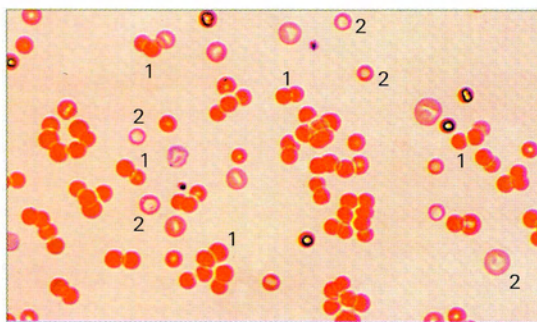
Az élettani pénztekercsképződés fokozott előfordulása kóros. A jelenséget a plazma nagyobb globulin- és fibrinogénkoncentrációja, immunhaemolyticus anaemia esetén a vörösvérsejtek felületén lévő IgM-, ill. IgG-ellenanyagok okozhatják. Heparinterápia következtében fokozottan tapasztalhatjuk bármely állatfajban, főleg lóban. Hasonló okokra vezethető vissza az *agglutination*, *aggregatio* is (kivéve lóban).

A vörösvérsejtek színbeli eltérései

Kóros körülmények között fokozott és csökkent festődés jelentkezhet.

■ **Hyperchromasia** (fokozott színintenzitás), más néven **polychromasia** (polychromatophil sejtek megjelenése) (2.3. ábra). A csontvelő fokozott vörösvérsejtképzése miatt gyakran a mag és a citoplazma érése nem párhuzamos, emiatt fokozott színintenzitású sejtek jelennek meg, főként reticulocyták. A sejtek citoplazmájában még sok RNS található, ezért a bázikus festékeket jobban megkötik. A polychromasia élettani jelenség sertésben, és gyakori kutyában, macskában is.

2.3. ábra.
A vörösvérsejtek
színbeli eltérései
1 polychromasiás,
2 hypochromasiás
vörösvérsejtek



A polychromatophil sejtek felszaporodásának, azaz a hyperchromasiának az okait ➔ 52. o.

■ A hypochromasiás sejtek csökkent színintenzitásúak, kevesebb hemoglobint tartalmaznak (l. a 2.3. ábrát). Megjelenésük leggyakoribb okait ➔ 52. o.

A vörösvérsejtek méretbeli eltérései

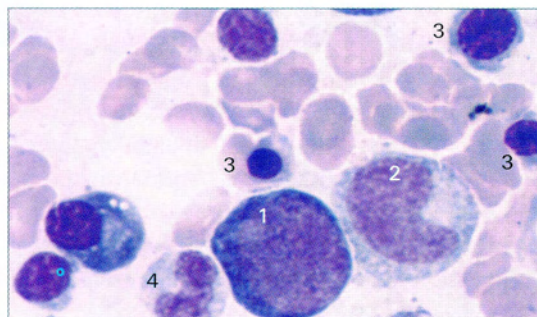
A vörösvérsejtek méretét befolyásolják faji-, fajtabeli eltérések, a plazma ozmotikus viszonyainak változása, a sejtekben zajló érési folyamatok, a vas- és a táplálóanyag-hiány. Kóros esetekben kisebb vagy nagyobb vörösvérsejtek jelennek meg.

- **Macrocytosis:** nagy vörösvérsejtek megjelenése. Oka: B₁₂-vitamin- és folsavhiány, regeneratív anaemia, polycytaemia absoluta vera, a vérplazma hipoozmózia.
- **Microcytosis:** kis vörösvérsejtek megjelenése. Oka: lehet *életteni* (japán akita kutyában) vagy *kóros*, pl. vashiányos anaemiában, portosziisztémás sőt esetén vagy a vérplazma hiperozmózia miatt.
- **Anisocytosis:** változó nagyságú sejtek nagyszámú megjelenése. Oka: általában a vashiány.
- **Poikilocytosis:** változó alakú és festődésű sejtek nagyszámú megjelenése. Oka: a csontvelő funkciózavara, vashiány.

Magvas és „fiatal” vörösvérsejtek (erythrocytaprekurzorok)

- **Proerythroblast (rubriblast):** fiatal, éretlen vörösvérsejtforma (2.4. ábra). Nagy sejtek, a magjuk egyértelműen kerek és centrális helyeződésű. A magok kifejezetten basophilek, enyhén szemcsézett vagy szemcsézetlen a kromatinállományuk, egy vagy több nucleolusuk van. A citoplazmájuk halvány-, ill. sötétbasophil és agranulált. Megjelenésük oka: fokozott vörösvérsejtképzés (regeneratív anaemiában), a lép vagy a csontvelő betegsége, B₁₂-vitamin- és folsavhiány.

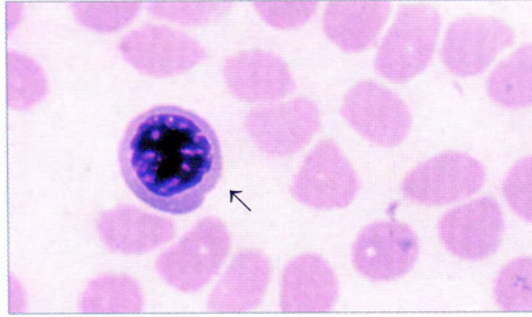
2.4. ábra.
Erythrocytaprekurzorok és más sejtek
1 proerythroblast,
2 promyelocita,
3 erythroblastok,
4 metamyelocita



■ **Erythroblast (prorubricyta):** fiatal, éretlen vörösvérsejtforma (l. a 2.4. ábrát). Az előzőhöz hasonló sejtek, de a magok kromatinállománya enyhe kondenzációt mutat, nucleolusok nem láthatók bennük. Megjelenésük oka: fokozott

vörösvérsejtképzés (regeneratív anaemiában), a lép vagy a csontvelő betegsége, B₁₂-vitamin- és folsavhiány.

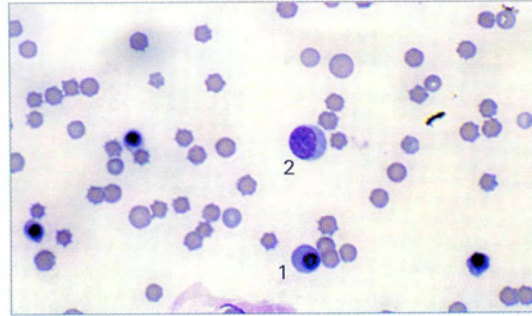
- *Basophil erythroblast* (pro-rubricyta): fiatal vörösvérsejtforma (2.5. ábra). Az előzőnél kisebb méretű sejtek, jól festődő kerek magjuk van, bennük



2.5. ábra.
Basophil
erythroblast

nucleolus nem látható, citoplazmájuk basophiliája a proerythroblastéhoz hasonló. Megjelenésük oka: fokozott vörösvérsejtképzés (regeneratív anaemiában), a lép vagy a csontvelő betegsége, B₁₂-vitamin- és folsavhiány.

- *Polychromatophil erythroblast* (*polychromatophil rubricyta*, *normoblast*): magvas vörösvérsejtforma (l. a 2.4. ábrát). A mag kissé picnoticus, a citoplazmája szennyezősötét színű. Megjelenésük oka: fokozott vörösvérsejtképzés (regeneratív anaemiában), a lép vagy a csontvelő betegsége, splenectomia, haemangiosarcoma, ólommérgezés, mellékvesekéreg-hiperfunkció, heveny stresszállapot.

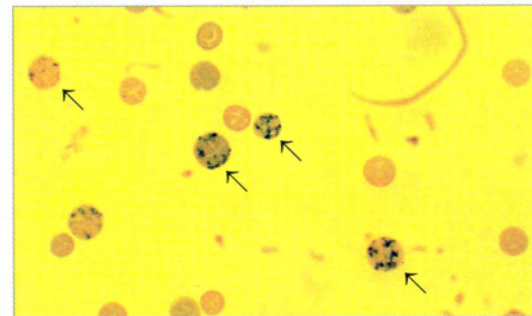


2.6. ábra.
Erythroblastok
1 acidophil,
2 basophil

- *Acidophil erythroblast* (*metarubricyta*): magvas vörösvérsejtforma (2.6. ábra). Kisméretű, általában excentrikus helyeződésű sejtek, erősen zsugorodott magjuk homogén sötétkék színű, citoplazmájuk festődése az érett vörösvérsejtekéhez hasonló, kissé szürkésebb árnyalatú. A leggyakoribb magvas vörösvérsejtforma. Megjelenésük oka:

regeneratív anaemia, a lép megbetegedései, ólommérgezés, stressz.

- *Reticulocyt*a: fiatal vörösvérsejtforma (2.7. ábra). Az rRNS maradványát tartalmazó vörösvérsejtek, amelyek speciális festéssel vizsgálhatók. A maradványok gyakran hálózatos (reticularis) szerkezetet mutatnak, esetenként összetömörödnek (ún. aggregatafor-

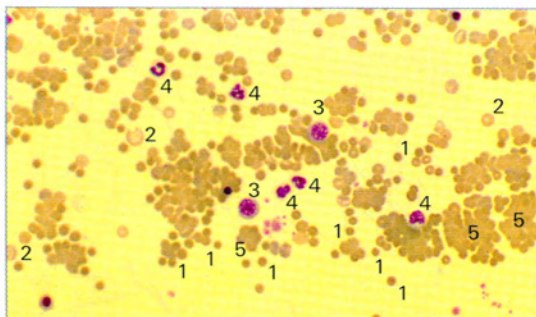


2.7. ábra.
Reticulocyták

2.8. ábra.

Sphaerocyták és más sejtek

- 1 sphaerocyták,
- 2 hypochrom vörösvérsejtek,
- 3 erythroblastok,
- 4 neutrophil granulocyták,
- 5 a vörösvérsejtek aggregációja



mák), vagy csak egy-egy pontszerű elem látható közülük (ún. punctataformák). Megjelenésük oka: fokozott vörösvérsejtképzés, hemolízis, krónikus vashiány. A vitális brillantkrezilkék- vagy metilénkékfestéssel vizsgálhatók a legeredményesebben.

A vörösvérsejtek alakbeli eltérései

- *Sphaerocyt*a: gömb alakú sejt (2.8. ábra). Gömbölyű, az élettaninál kisebb sejtek. Kialakulásukban szerepet játszik, hogy a sejtthártyájuk ellenanyagokkal kapcsolódó részét

a macrophagok részben phagocytálják. A sejtek ozmotikusan károsodnak, a sejtmembrán felszíne csökken. A sejtek átmérője is kisebb lesz, és kigömbölyödnek. Megjelenésük oka: általában immunhaemolyticus anaemia, basenji kutyában a veleszületett piroszőlősav-kináz-hiány miatt



2.9. ábra.

Stomatocyták és más sejtek

- 1 stomatocyták,
- 2 sphaerocyták,
- 3 polychromasiás vörösvérsejtek

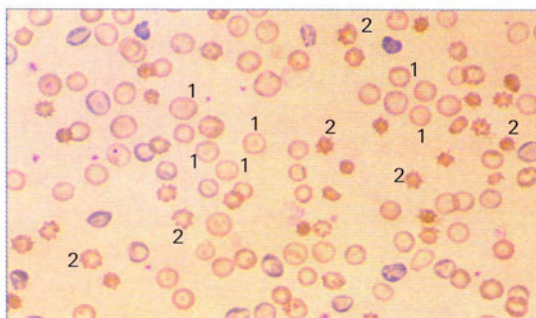
kialakuló, gyakran súlyos fokú vörösvérsejt-károsodás.

- *Stomatocyt*a: száj alakú sejt (2.9. ábra). Középtájon egyenes behúzódnást tartalmazó, gyakran orsó alakú, halvány festődésű sejtek (mintha szájadék jelentkezne rajtuk). Megjelenésük oka: alaszakai malamut kutyában élet-tani jelenség, egyébként vashiányos vagy haemolyticus anaemiában fordulnak elő.

- *Anulocyt*a: O alakú sejt (2.10. ábra). Nagyon halványan festődő, kifejezetten hypochrom sejtek, amelyek külső pereme is alig látható. Megjelenésük oka: súlyos fokú anaemia, általában vashiány.

2.10. ábra.

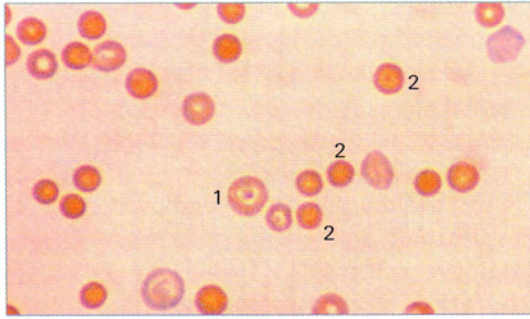
Anulocyták (1) és acanthocyták (2)



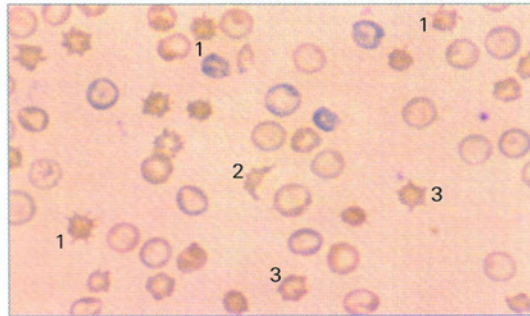
- *Codocyt*a: céltábla alakú sejt („targetsejt”) (2.11. ábra). A sejtek centrumában a jól festődő (hemoglobindús) részt gyengén színeződő sáv övezi, ame-

lyet élettanilag festődő zóna határol. Megjelenésük oka: fokozott vörösvérsejtképzés (regeneratív anaemia).

- *Elliptocyta*: ellipszis alakú sejt. Ovális vörösvérsejtek, tevéféléknél élettani forma. Megjelenésük oka: kutyában dominánsan öröklődő állapot, egyéb állatfajokban is előfordulhat (komolyabb következményekkel nem jár).
- *Echinocyta* („burr-cell”): vadgesztenye alakú sejt (2.12. ábra). A sejteknek sok, megközelítően azonos méretű, rövid nyúlványa van. Megjelenésük oka lehet technikai (a vért gyors száradása miatt a hirtelen hipertóniássá váló közeg vizet von el a sejtektől). Nem szabad összetéveszteni az acanthocytákkal. Uraemiában előfordulhatnak.
- *Acanthocyta* („spur-sejt”): csúcsos sejt (l. a 2.10. és a 2.12. ábrát). A sejteknek nagy, szabálytalan nyúlványai vannak. Megjelenésük oka: a vörösvérsejtmembrán foszfolipidjeinek károsodása, a lipidmetabolizmus zavara, májbetegség, portoszisztémás sönt, magas koleszterintartalmú diéta, lymphoma, a lép betegségei (pl. haemangioma, haemangiosarcoma).
- *Schistocyta*: tört sejt (l. a 2.12. ábrát). Nem teljes vörösvérsejtek, hanem töredékek, fragmentumok. Megjelenésük oka: súlyos fokú trauma, fokozott munkavégzés, disszeminált intravasculáris coagulopathia (DIC), glomerulonephritis, necroticus folyamat stb.
- *Sarlósejt*: sarló alakú vörösvérsejt. Megjelenésük oka: vörösvérsejt-károsodás, a hemoglobin globinláncának kóros képződése.



2.11. ábra.
Codocyta és más sejtek
1 codocyta,
2 polychromasiás vörösvérsejtek



2.12. ábra.
Echinocyták és más sejtek
1 echinocyták,
2 schisocyták,
3 acanthocyták

Vastartalmú vörösvérsejtek

Közülük a *sideroblast* vastartalmú erythroblastot, a *siderocyta* vastartalmú vörösvérsejtet jelent. Mindkét típusú sejtben siderosomák fordulnak elő.

A *siderosoma* a sideroblastokon és a siderocytákon belül a ferritingranulumot jelenti, amely Perls-festéssel festhető. A sejteken belüli nagyobb számban való megjelenésének oka:

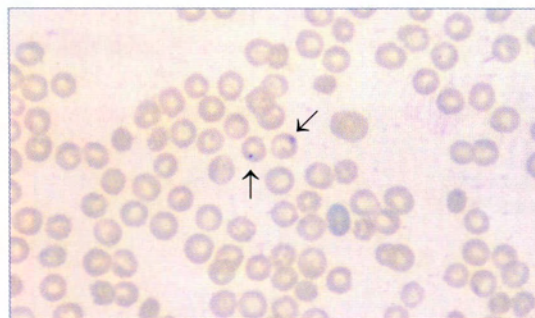
- vasfelhasználási zavar (B₁₂-vitamin-hiány, nemregeneratív, főként aplasticus anaemia),

- hemszintéziszavar (ólommérgezés, porphyriák),
- hemoglobinszintézis-zavar (thalassaemiák),
- a siderosomáknak a reticulocytaékból való csökkent eltávolítása (splenectomia),
- nagyszámú, siderosomát tartalmazó reticulocyták megjelenése (regeneratív anaemiák).

A vastartalmú sejteket nemcsak vérkenetből, hanem csontvelőmintából is vizsgálhatjuk, aminek a vasraktárak megítélésében van jelentősége. A vastartalmú sejtek számának csökkenése vashiány miatt következhet be.

Zárványok (képletek) a vörösvérsejtekben

- *Howell-Jolly-képletek*: apró, pont- vagy vonalszerű, basophil festődésű sejt-zárványok (magmaradványok) a vörösvérsejtekben (2.13. ábra). Megjelenésük oka: regeneratív anaemia, splenectomia, B₁₂-vitamin- és folsavhiány. Magvas vörösvérsejtek megjelenése nélkül kortikoszteroidterápiában észlelhetők.

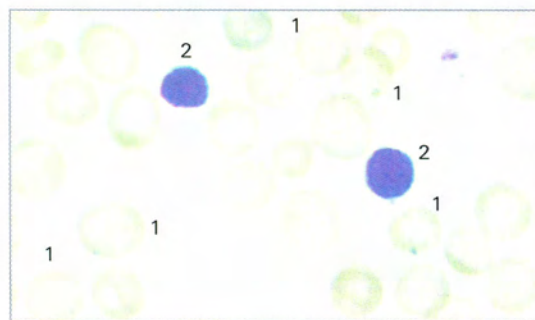


2.13. ábra.
Howell-Jolly-képlet
a vörösvérsejtekben

- *Hemoglobinzárványok*: a hemoglobin kicsapódott, károsodott formában hosz-

szúkás, fonalszerű vagy orsó alakú képet mutat. Megjelenésük oka: enyhe hemoglobinkárosodás.

- *Basophil punctatumok*: ponszerű, halványkék szemcsézetség (kórosan képződött hemoglobin) a vörösvérsejtek perifériás zónájában (2.14. ábra). Megjelenésük oka: kérődzőkben nem kóros, általában a fiatal vörösvérsejtekre jellemző, macskában regeneratív anaemiában is észlelhető. Általában krónikus ólommérgezésben fordul elő.

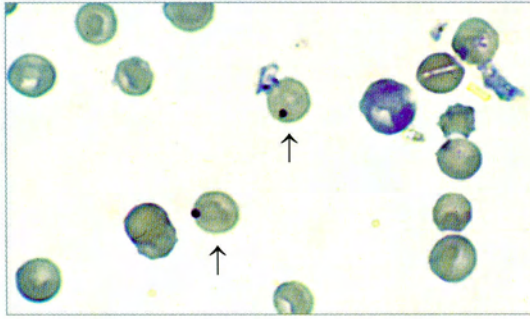


2.14. ábra.
Basophil punctatumok a vörösvérsejtekben és más sejtek
1 basophil punctatumok,
2 kis lymphocyták

- *Heinz-féle képlet (Heinz-body)*: magányosan vagy többedmagával előforduló, apró, excentrikus, 0,5–1 μm (ritkán 3 μm) átmérőjű zárvány a sejtben, ami sokszor a sejtthártya kiöblösödését okozza (2.15. ábra). Metilénkékfestéssel mutatható ki. A Drabkin-féle reagenssel való hemoglobinkimutatási módszert zavarja, hacsak nem centrifugáljuk a mintát a reagenssel való összekeverés után. Megjelenésük oka: macskafélékben élettani (a vörösvérsejtek kb. 10%-át

érinthei), a hemoglobin denaturációja oxidatív folyamatok miatt (pl. szulfonamid- és paracetamol-mérgezésben). Gyakran társul methemoglobin-aemiához, haemolyticus anaemiához.

- **Cabot-gyűrű:** a kissé hypochrom, nagyobb vörösvérsejtben látható, gyakran gyűrű, esetleg nyolcas alakot formáló, fonalszerű maghártyamaradvány. Megjelenésük oka: fokozott vörösvérsejtképzés.

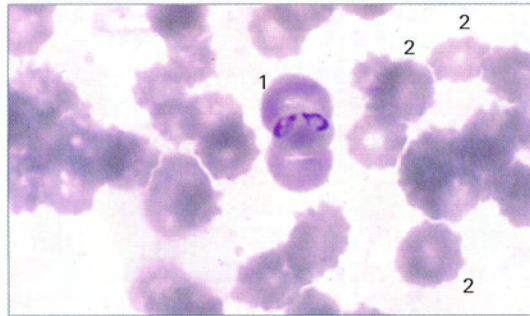


2.15. ábra.
Heinz-féle képlet
a vörösvérsejtben

Vérből kimutatható paraziták és rickettsiák

- *Babesia canis*, *B. felis*, *B. caballi*, *B. bovis*, *B. gibsoni* (2.16. ábra, ☞ KLINIKAI PARAZITOLÓGIA, XX. O.).

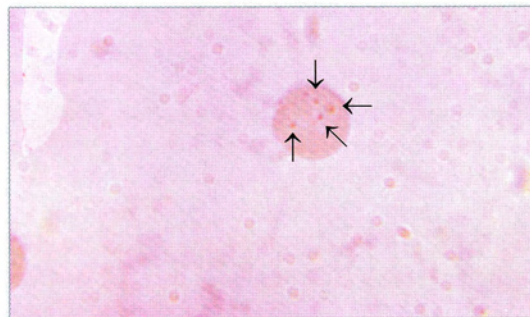
- *Haemobartonella canis*, *H. felis*, *H. bovis*: 0,4–0,8 µm-es coccoid, esetleg pálcika alakú képletek (2.17. ábra). Epicellulárisan a vörösvérsejt felületén vagy szabadon a plazmában található, gyakran basophilek, esetleg nem festődnek, és fényvisszaverők lehetnek.



2.16. ábra.
Babesia canis
vörösvérsejtben
1 *Babesia canis*,
2 károsodott
sejthártyájú
vörösvérsejt

- *Ehrlichia canis*, *E. equi stb.*: a vörösvérsejtnél kisebb (0,5 µm átmérőjű), halványan festődő, kerekded képletek. A fertőzött sejtekben (pl. a monocytákban) membránnal körülvett formában láthatók. A csontvelőbe jutva myelosuppressziót okoznak. Hazánkban egyedi esetekben fordulnak elő.

- *Dirofilaria immitis*, *D. repens*: A vérkenetben kb. 10–15 µm hosszúságú és 2–3 µm vastagságú lárvák láthatók, vagy a mikrohematokritcsőben a fehérvérsejtgűrű felületén halványabb rétegben gyűlhetnek össze (☞ KLINIKAI PARAZITOLÓGIA, 369. o.). A *D. immitis* hazánkban egyedi esetekben, a *D. repens* endémiásan fordul elő.

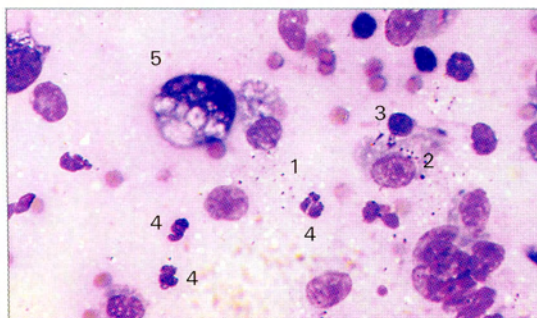


2.17. ábra.
Haemobartonella felis
kórokozók macska
vörösvérsejten
(Dr. Albert Mihály
felvétele)

2.18. ábra.

Leishmania donovani (nyirok-csomócitológia)

- 1 a kórokozó szabadon,
2 a kórokozó a macrophagokban,
3 kis lymphocytá,
4 neutrophil granulocyták,
5 reaktív macrophag (Dr. Albert Mihály felvétele)



■ *Anaplasma marginale*, *A. centrale*, *A. ovis*, *Paraplasma caudatum*, *P. discoides*: gyufára emlékeztető, esetenként hajlott vagy gyűrűszerű, 0,3–1 µm nagyságú képletek a vörösvérsejtekben.

■ *Eperythrozoon wenyoni*, *E. ovis*, *E. suis*, *E. parvum*: gyűrűszerű, tojás alakú,

esetleg vesszőre, teniszütőre emlékeztető, 0,4–1,5 µm nagyságú képletek. A vörösvérsejtek felületén epicellulárisan soliter vagy csoportosan rendezett formában jelennek meg.

- *Cytauxzoon felis*: egy-egy, max. négy kerekded vagy kissé megnyúlt alakú képlet, macskák vörösvérsejtjeiben esetenként láncba rendeződve látható (☞ KLINIKAI PARAZITOLÓGIA, 369. o.). Hazánkban egyedi esetekben fordul elő.
- *Theileria parva*, *T. mutans*, *T. annulata*, *T. hirci*, *T. ovis*: (☞ KLINIKAI PARAZITOLÓGIA, 369. o.). Hazánkban egyedi esetekben fordul elő.
- *Trypanosoma cruzi*, *T. congolense*, *T. vivax*, *T. brucei*, *T. evansi*, *T. suis*, *T. equiperdum*: (☞ KLINIKAI PARAZITOLÓGIA, 368. o.). Hazánkban egyedi esetekben fordul elő.
- *Leishmania donovani*, *L. tropica* (2.18. ábra) (☞ KLINIKAI PARAZITOLÓGIA, 375. o.). Hazánkban egyedi esetekben fordul elő.
- *Toxoplasma gondii* (☞ KLINIKAI PARAZITOLÓGIA, 368. és 369. o.).
- *Sarcocystis* fajok (☞ KLINIKAI PARAZITOLÓGIA, 368. és 369. o.).

RETICULOCYTAARÁNY

Bevezető

A reticulocyták a csontvelőből kikerülő, magot már nem, de a riboszóma RNS-maradványait tartalmazó, nem teljesen érett vörösvérsejtek. Bennük brillant-krezilkék-festéssel finomszemcsés hálózat vagy egy-egy szemcse figyelhető meg (☞ 59. o.).

A reticulocytáarány ismerete a legtöbb állatfajban a regeneratív és a nemregeneratív anaemiák elkülönítését, a csontvelő erythropoeticus aktivitásának vizsgálatát teszi lehetővé. Lovak és kérődzők esetében még a súlyos anaemiás állapotokban sem jelennek meg reticulocyták a perifériás vérben.

A regeneratív folyamatok elkülönítésének alapja a reticulocytáarány meghatározása és az elkülönítésre nem alkalmas más, fiatal vörösvérsejtek megjelenésének ellenőrzése (a magvas vörösvérsejtek ugyanis nem feltétlenül formálódnak érett, funkcióképes vörösvérsejttekké).

A vörösvérsejtszámra vonatkoztatott reticulocytaarányt általában nem abszolút számként, hanem százalékban adjuk meg. (Az abszolút reticulocytaaszám és a korrigált reticulocytaaszázalék fogalmát ➔ 66. o.).

A festés részletes leírását ➔ 56. o. A mikroszkópos számoláskor 100-1000 vörösvérsejtet számolunk meg, és megfigyeljük, hogy 100 vörösvérsejtből mennyi a reticulocyta a kenetben. Az eredményt közvetlenül %-ban kapjuk meg (R%).

☺ **Élettani** körülmények között az átlagos reticulocytaarány kutyában és macskában 1-5%. Fiatalabb állatban a reticulocytaák aránya nagyobb. Felnőtt lóban és kérődzőben nem találunk reticulocytaakat a vérkenetben, mert a vörösvérsejtek érett állapotban kerülnek a keringésbe. Újszülött borjú, bárány vérében 1-9%-ban észlelhetünk reticulocytaakat. Kutya esetében 14 napos periodicitással kerülnek reticulocytaák egyszerre nagyobb számban a keringésbe. A reticulocytaákból érett vörösvérsejteké váló érés ideje átlagosan 30 óra. Malacban enyhe fokú anaemiás állapotban nem minden esetben nő számottevően a reticulocytaarány, de élettani körülmények között is előfordulhat 6-13%-os érték.

☹ Kutya, macska és sertés esetén a reticulocytaarány növekedése a perifériás vérben fokozott vörösvérsejt-képződésre utal, azaz ekkor a csontvelő regenerációra képes. Regeneratív anaemiákban a csontvelő fokozottabb erythropoeticus stimulációja következtében kifejezettebb reticulocytosis jelentkezik. A reticulocytaarány és az anaemia súlyossága között ép csontvelőműködés esetén szoros, ellentétes irányú összefüggés áll fenn. Például súlyos anaemiában ($Ht < 0,1$) a várható reticulocytaarány 10-50%, míg enyhébb anaemiában ($Ht > 0,26$) csak 3-22 %.

Ló esetében a perifériás vérben a regeneratív folyamat eredményeként macrocytosis és következményes anisocytosis jelentkezik. Heveny vérvesztéses vagy haemolyticus anaemiában is csak ritkán jelennek meg reticulocytaák, csakúgy, mint a polychromatophil vörösvérsejtek. A regeneratív jelleget a csontvelőpunctatum vizsgálatával ítéldhetjük meg: a reticulocytaák 5%-nál nagyobb értéke jelzi a csontvelő megfelelő válaszkészségét.

Kérődzők esetében megjelenhetnek reticulocytaák a keringésben regeneratív anaemiákban (max. 6%-ban).

Hibaforrás. A regeneratív jelleg megítélése csak az anaemiákban jelentős. Diagnosztikai tévedést okozhat, ha heveny vérvesztést követően három napon belül veszünk vérmintát, amikor a reticulocytaarány növekedéséhez még nem telt el elegendő idő. Ilyen esetben nemregeneratívnak értékelhetjük az anaemiát, holott a betegben néhány nap múlva már jelentős reticulocytosis tapasztalhatnánk.

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp, brillant-krezilkék-festékkoldat

Értékelés

ABSZOLÚT RETICULOCYTASZÁM ÉS KORRIGÁLT RETICULOCYTASZÁZALÉK

Bevezető Az abszolút reticulocytaszám (angol megnevezése: *corrected reticulocyte count, CRC*) és a korrigált reticulocytaszázalék (*corrected reticulocyte percentage, CRP*) számításának indoka, hogy egyes anaemiás kórképekben döntően az idős vörösvérsejtalakok fogynak meg, a fiatalabbak általában ellenállóbbak, ezért a keringésben maradnak. Ez *relatív*, nem pedig valódi reticulocytaszám-növekedést okoz. Mivel nemregeneratív anaemiában is van kisfokú vörösvérsejt-képződés, így fiatal vörösvérsejtek és reticulocyták is vannak a keringésben. Korrekció hiányában tévesen regeneratívnak minősíthetjük az észlelt (relatív), nagyobb reticulocytaszámmal járó állapotot. A korrekció azért lényeges, mert csak akkor tekinthetjük regeneratívnak az anaemiás állapotot, ha abban kifejezett (valódi) és nem pedig relatív reticulocytaszám-növekedés jelentkezik.

A számítás menete

Előzetesen mérendő:
R, vvs.-szám

A CRC számítása

$$CRC = R \cdot vvs\text{-szám} = \frac{R\%}{100} \cdot vvs\text{-szám},$$

ahol *CRC* az abszolút reticulocytaszám, $10^{12}/l$ vér; *R* a reticulocytaarány, ill. *R%* a reticulocytaarány %-ban kifejezve; *vvs.-szám* a vörösvérsejtszám, $10^{12}/l$.

A CRP számítása

Előzetesen mérendő:
Ht

$$CRP = R_{\text{korrt, \%}} = \frac{Ht_{\text{beteg}}}{Ht_{\text{élettani}}} \cdot 100,$$

ahol *CRP* a korrigált reticulocytaszázalék, %; *Ht* a hematokritérték, l/l . Az élettani hematokritérték az állatfajra jellemző értéktartomány (☛ 463. o.) középpértéke.

Értékelés

- ☉ Egészséges kutyában és macskában a *CRC* értéke $0,05\text{--}0,12 \cdot 10^{12}/l$, a *CRP* értéke 1–2 %.
- ☉ Ha vérszegény kutya és macska esetében a *CRC* $> 0,1 \cdot 10^{12}/l$ vagy a *CRP* $> 3\%$, az erythropoeticusan aktív csontvelőműködésre és regeneratív anaemiára utal.

Az anaemiás állapotokban a csökkent *CRC* vagy a csökkent *CRP* gátolt csontvelőműködésre vagy a vörösvérsejt-képződéshez szükséges anyagok (B_{12} -vitamin, aminosavak, folsav, vas) hiányát jelzi.

A VÖRÖSVÉRSEJTEK OZMOTIKUS REZISZTENCIÁJA

A vörösvérsejtek membránját a plazma ozmotikus viszonyainak enyhe változása nem károsítja, súlyosabb eltéréseknek azonban a membrán nem tud ellenállni, hemolízis következik be. Ugyanakkor az enyhe plazmabeli ozmotikus változás is a sejtek feloldódására, lízisére vezethet, ha azok membránjában funkciózavar van. Az ozmotikus rezisztencia vizsgálata elsősorban ennek a károsodásnak a megelőzését segíti.

Az állatok közül a kutyák vörösvérsejtjei a legellenállóbbak közé tartoznak, a macskáké pedig a legérzékenyebbek. Fontos szempont az is, hogy az ellenálló képesség nemcsak az ozmotikus viszonyoktól, hanem a sejtek környezetének a pH-jától is függ, amely *in vivo* a vérben (egyres betegségek során) és *in vitro* a laboratóriumban alkalmazott oldatok hatására változhat. Ezért az ozmotikusrezisztencia-vizsgálat során ellenőrizni kell a vizsgálandó vér pH-ját és a vizsgálathoz használt oldatok kémhatását is (optimális a pH = 7,35–7,45 érték).

Kutyák és macskák haemolyticus anaemiájának vizsgálatára az ún. háromcsöves eljárással jó közelítéssel megállapíthatjuk a vörösvérsejtek érzékenységét.

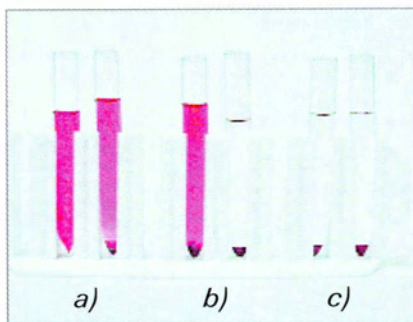
A vizsgálathoz olyan híg (kutyák esetében 0,54%-os, macskák esetében 0,72%-os) nátrium-klorid-oldatot használunk, amely a tapasztalatok szerint nem hemolizálja az ép vörösvérsejteket, de ha a vérpályában nagyobb számban vannak jelen érzékenyebb sejtek (pl. a membránhoz kötődő ellenanyagok jelenléte miatt), akkor már jelentkezik a hemolízis.

Kutya esetében:

- ⇒ 1. centrifugacső (kontroll): 3 ml 0,9%-os NaCl-oldat, 2 ml desztillált víz, 5 csepp kontrollvér (egészséges kutyából származó);
- ⇒ 2. centrifugacső: 3 ml 0,9%-os NaCl-oldat, 2 ml desztillált víz, 5 csepp vizsgálandó vér (az oldatok így elkészítve mindkét csőben a nátrium-kloridra nézve 0,54%-osak, azaz hipotóniások);
- ⇒ 3. centrifugacső: 5 ml 0,9%-os NaCl-oldat, 5 csepp vizsgálandó vér.

Macska esetében:

- ⇒ 1. centrifugacső (kontroll): 4 ml 0,9%-os NaCl-oldat, 1 ml desztillált víz, 5 csepp kontrollvér (egészséges macskából származó);
- ⇒ 2. centrifugacső: 4 ml 0,9%-os NaCl-oldat, 1 ml desztillált víz,



Bevezető

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
pH-mérő, 0,9%-os nátrium-klorid-oldat (vagy azt tartalmazó infúzióoldat)

2.19 ábra.

Az ozmotikus rezisztencia egyszerűsített vizsgálatának eredménye kutyában (2. és 3. centrifugacső)
a) intravasalis hemolízis;
b) csökkent ozmotikus rezisztencia;
c) élettani ozmotikus rezisztencia

5 csepp vizsgálandó vér (az oldatok így elkészítve mindkét csőben a nátrium-kloridra nézve 0,72%-osak, azaz hipotóniások);

⇒ 3. centrifugacső: 5 ml 0,9%-os NaCl-oldat, 5 csepp vizsgálandó vér.

A mintákat a csövekben 3–4-szer óvatosan átfordítjuk, ezután 10 percig szobahőmérsékleten tartjuk, majd 5 percig centrifugáljuk 3000 1/min fordulatszámon, és a felülúszó színét vizsgáljuk (2.19. ábra).

Értékelés

Az elbírálás során összehasonlítjuk a minták és a kontroll felülúszójának a színét, és az eredményt a 2.2. táblázat alapján értékeljük.

☺ Ha sem a kontroll, sem a vizsgálandó minták felülúszója nem mutat hemolízist, az eredmény negatív, nincs membránkárosodás.

☹ Ha mindkét vizsgálandó minta (2. és 3. cső) felülúszójában tapasztalható hemolízis és a kontrolléban (1. cső) nem, akkor intravasalis haemolysis valószínűsíthető. Ez súlyos membránkárosodás esetén, pl. heveny babesiosisban, heveny immunhaemolyticus anaemiában, septicaemiában, gyógyszer- vagy egyéb mérgezésben, esetleg a vörösvérsejtek súlyos mechanikai károsodása esetén (pl. fokozott terhelés után vagy postprandialis lipaemia esetén) következhet be.

Ha a vérminta csak a hipotóniás sóoldatban (2. cső) mutat hemolízist, akkor ezt nagy valószínűséggel egy olyan, nem intravasalis haemolysist okozó betegség idültebb formája okozza, mint pl. az immunhaemolyticus anaemia. E jelenség hátterében az áll, hogy a vérpályában lévő vörösvérsejtek között nagy számban vannak jelen immunológiai hatásra károsodott sejtek, pl. sphaerocyták. Ezek pusztulása extravasalisán, a lépben és a májban zajlik, ezért a vérpályában nincs hemolízis, tehát a vért az izotóniás oldatba (3. cső) cseppentve nem észlelünk színváltozást. Ugyanakkor a sejtek érzékenyebbek, így az enyhén hipotóniás oldat (2. cső) felülúszójában már jelentkezik a hemolízis.

Hibaforrás. Ha mindhárom centrifugacsőben jelentős mértékű a hemolízis, akkor a vérvételkor vagy a laboratóriumban technikai hibát követtünk el. Ilyenkor ellenőrizni kell az oldatok pH-értékét.

2.2. táblázat.
Hemolízis az oldatok felülúszójában

1. cső (kontrollvér hipotóniás NaCl-oldatban)	2. cső (vérminta hipotóniás NaCl-oldatban)	3. cső (vérminta élettani NaCl-oldatban)	Valószínűsíthető diagnózis
-	-	-	Negatív lelet
-	+	+	Intravasalis, súlyos hemolízis
-	-	+	Nem intravasalis hemolízis
+	+	+	Technikai hiba

Fehérvérsejt-vizsgálatok

A fehérvérsejtek vizsgálata során – a vörösvérsejtek vizsgálatához hasonlóan – *mennyiségi* és *minőségi* (funkcionális) elemzéseket végzünk. A mennyiségi vizsgálatok a hematológiai rutinvizsgálatok körébe sorolhatók, míg a minőségi vizsgálatok (pl. a fagocitálóképesség vagy a lymphocyták által termelt ellenanyagok elemzése) nem tartoznak ide, mert azokkal egy másik szaktudomány, az immunológia foglalkozik.

A fehérvérsejtek vizsgálatának jelentősége elsősorban a gyulladásos folyamatok és a leukaemiák megállapításában van [➔ EGYÉB, RITKÁBB VIZSGÁLATOK, 386. o. és LABORATÓRIUMI ELLENŐRZŐ (SZŰRŐ) VIZSGÁLATOK, 447. o.].

A fehérvérsejt-vizsgálatokat Na- vagy K-EDTÁ-val alvadásában gátolt vérből végezzük. A vérmintavétel tudnivalóit ➔ 23. o.

A vizsgálatokról általában

A mintáról általában

FEHÉRVÉRSEJTSZÁM

A fehérvérsejtszámot a myeloid és a lymphoid eredetű fehérvérsejtek összege adja. Az érték fajra jellemző, és kóros körülmények között változik. A fehérvérsejtszám ismerete segíti a gyulladásos kórképek és a leukaemiák megállapítását, elkülönítő kórhatározását is.

A fehérvérsejtszám meghatározására alkalmas módszerek:

- mikroszkópos számlálás (Bürker-kamrában vagy más számlálókamrában),
- hematológiai automatával (hagyományos és lézertechnikai),
- becsléssel a vérkenetből vagy a hematokritérték alapján,
- az ülepedési különbség alapján (QBC-technika).

A vér fehérvérsejtszámát $10^9/l$ -ben (G/l-ben, G = giga = 10^9) adjuk meg.

Bevezető

A vizsgálatok menete

A fehérvérsejtek számlálása Bürker-kamrában

A vizsgálandó vérből pipettával 0,1 ml-t szívunk fel. A pipettát papírvattával kívülről letöröljük, majd a vért többszöri felszívással és kifújással belemosuk 0,9 ml Türk-oldatba (10-szeres hígítás). A Bürker-kamrát 1–2 perces várakozás után töltjük fel: pipettával felszívunk néhány csepp hígított mintát, az első cseppet papírvattára cseppentjük, majd a másodikat a Bürker-kamra fedőlemeze alá juttatjuk, hogy az teljesen kitöltse a fedőlemez alatti területet. Ezt követően 25 nagy négyzet fölött megszámloljuk a fehérvérsejteket.

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp,
Bürker-kamra,
Türk-féle oldat

Ha a kapott (általában két- vagy háromjegyű) számot tízzel osztjuk, a vér fehérvérsejtszámát $10^9/l$ -ben kapjuk meg.

Más sejt számláló kamra (pl. a külföldön elterjedt Thoma-kamra vagy a Fuchs-Rosenthal-kamra) esetén a számítást módosítani kell a kamra méretei szerint. Magyarországon a Bürker-kamra használata terjedt el.

A fehérvérsejtszám meghatározása hagyományos hematológiai automatával

Mi kell hozzá?
Hematológiai
automata,
hígítóoldatok

Az automata előírásának megfelelően hígított és hemolizált vérmintát a készülékbe juttatjuk. Az automata az elektromos ellenállásuk (impedanciájuk) alapján számlálja meg a magvas sejteket, és jelzi ki a fehérvérsejtszámot. A hematológiai automaták egy része megfelelő hígítóoldatok használatával alkalmas az oldat hatására különböző méretre zsugorodó fehérvérsejttípusok megkülönböztetésére (differenciálásra) is. A tapasztalatok szerint azonban az így nyert adatok a legtöbb állatfajban csak óvatosan értékelhetők.

A fehérvérsejtszám meghatározása lézertechnikán alapuló hematológiai automatával

Mi kell hozzá?
Hematológiai
automata,
hígítóoldatok

A legkorszerűbb automaták alkalmasak a vörösvérsejtek és a fehérvérsejtek különböző típusainak elkülönítésére is. A gép a felszívott vérmintát több tartályba osztja, és különböző hígítóoldatokkal hígítja. A hígított oldatokban a detektálást lézerténnel végzik. A fehérvérsejtek elkülönítése elsősorban azok különböző mértékű peroxidázaktivitásán alapul (pl. a granulocytáknak nagyobb, a monocytáknak kisebb, a lymphocytáknak legkisebb a peroxidázaktivitásuk). Számos készülék az állati eredetű vérminták fehérvérsejtjeinek megkülönböztetését is lehetővé teszi.

A fehérvérsejtszám becslése vérkenetből

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp,
kenetkészítés,
-festés

A festett vérkenet (☞ 55. és 56. o.) vizsgálata során élettani körülmények között $400\times$ -os nagyítással egy látótérben 20–50 fehérvérsejtet láthatunk. A látótérben egy fehérvérsejt $330/\mu l$ ($0,33 \cdot 10^9/l$) fehérvérsejtszámnak felel meg. A becslést legalább 10 látótér áttekintése után számolt átlagérték alapján végezzük.

A fehérvérsejtszám becslése a hematokritérték alapján

Előzetesen mérendő:
Ht

Hematokritcsőben a centrifugált vérminta különböző sejtjei a sűrűségüknek megfelelően rétegekbe ülepednek. A vörösvérsejtek és a vérplazma között megjelenő fehérvérsejtréteg 1 mm-e 10 cm-es hematokritcsőben kb. $10 \cdot 10^9/l$ fehérvérsejtszámnak felel meg.

A fehérvérsejtszám meghatározása az ülepedési különbség alapján (QBC-technika)

A QBC- (*qualitative buffy coat*) analízis a hematokritérték alapján becsült fehérvérsejtszám-meghatározáshoz hasonló elven alapul. A vérmintát erre a célra készült kapilláriscsőbe juttatjuk, majd centrifugáljuk. A centrifugálást követően a különböző fehérvérsejttípusok a sűrűségüknek megfelelően egymás felett helyeződő rétegekbe ülepednek. A kapilláriscsövet speciális leolvatóműszerbe helyezük, amely egy átvilágítórendszeren keresztül detektálja a kialakult rétegek vastagságát, majd annak alapján megadja a sejttípusok számát. A műszer állatorvosi használatra készített, hazánkban még nem elterjedt változata a QBC-V (V = veterinary).

Mi kell hozzá?
Speciális kapilláris
és műszer

- ☉ A különböző állatfajok vérének fehérvérsejtszáma *életteni* viszonyok mellett is jelentős eltérést mutat (☞ 463. o.).
- ☉ *Kóros* körülmények között a fehérvérsejtszám nő vagy csökken (*leukocytosis*, ill. *leukopenia* figyelhető meg). A fehérvérsejtszám-változással járó hematológiai kórképeket a gyulladásos folyamatok és a leukaemiák tárgyalásánál ismertetjük (☞ 386. és 447. o.).

Megjegyzés. A hematológiai automaták az egyes fehérvérsejtek és a magvas vörösvérsejtek elkülönítésére kevésbé alkalmasak, így a kenetkészítésen alapuló minőségi sejtelemlés általában – főként a kóros leletek értékelésekor – nem mellőzhető.

Értékelés

A FEHÉRVÉRSEJTEK MINŐSÉGI VIZSGÁLATA (a kvalitatív vérkép elemzése)

A fehérvérsejtek alakilag és funkcionálisan egyaránt eltérnek egymástól. Az alaki (morfológiai) vizsgálat elősegíti a fehérvérsejtekkel kapcsolatos funkcionális változások felderítését is. A fehérvérsejteket a következőképpen csoportosítjuk:

- granulocyták (neutrophil, eosinophil és basophil),
- monocyták és macrophagok,
- lymphocyták,
- plasmasejtek.

A fehérvérsejtek morfológiája általában hasonló a különböző állatfajokban.

A neutrophil granulocytákat a magjuk változatossága miatt polymorphonuclearis (PMN) sejteknek is nevezzük. A lymphocyták és a monocyták pedig mint agranulocyták vagy mononuclearis sejtek ismertek.

A keneteket (☞ 55. o.) Pappenheim- és Giemsa-festékekkel vagy gyorsfestő oldatokkal festhetjük meg (☞ 56. o.). A mikroszkópos vizsgálatot közepes (400×-os) és nagy (1000×-es) nagyítással, immerziós lencsével végezzük.

Bevezető

A vizsgálat
menete

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp,
kenetkészítés,
-festés

A fehérvérsejtek megoszlását 50 vagy 100 sejt alapján vizsgáljuk. A keneten egyenes vonalban haladunk néhány látótéren keresztül felfelé, majd az egyik oldali irányba, majd lefelé, és ismét az előző irányba. Miközben 50–100 fehérvérsejtet megszámolunk és minősítünk, megfigyeljük a vörösvérsejtek minőségét és az esetlegesen megjelenő vérparazitákat is. Gyakran tapasztalható, hogy a nagyobb fehérvérsejtek a szélekre kerülnek, ezért itt is ellenőrizzük kenetünket. A kenetszéleken viszont sokszor jelentősen több monocytát láthatunk, ezért ne csak ott vizsgálódjunk. Ha túl vastag kenetet készítettünk, többnyire csak a széli részekben láthatunk elemzésre alkalmas sejteket.

Az egyes fehérvérsejtípusok százalékos megoszlásán kívül azok abszolút számát is meghatározzuk ($10^9/l$ -ben) a következő összefüggés alapján:

$$fvs.\text{-adott típusú} = \frac{fvs.\% \text{ adott típusú}}{100} \cdot fvs.\text{-összes.}$$

A leukogram korrekt elemzése csak az abszolút számok ismeretében lehetséges.

Értékelés

A különböző típusú fehérvérsejtek számbeli és morfológiai eltéréseik alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

☺ ☹ Neutrophil granulocyták

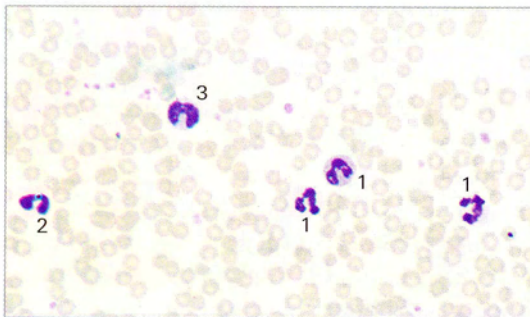
A neutrophil granulocyták élettani viszonyok mellett nagyobb arányban találhatóak a húsevők és a ló vérében a lymphocytákhoz képest. A szarvasmarha, a sertés és a rágcsálók vére ugyanakkor lymphocytás. A neutrophil granulocyták a csontvelőben 3–7 nap alatt érnek meg, majd humorális hatásokra kijutnak a keringésbe, ahol 6–14 órát töltenek. A szövetekbe is kijuthatnak. A vérpályában az erek (kapillárisok) falára tapadva ún. *marginális raktárt* képeznek. A marginális raktárban lévő sejtek alkotják a kutya, a ló, a szarvasmarha extramedullaris neutrophil granulocytáinak a felét, macskában kb. a kétharmadát. Keringésbe kerülésük (demarginalizálásuk) elsősorban stresszhatásra jön létre. Főként a szövetekben lévő neutrophil granulocytákban gyakran láthatunk phagocytált részeket (pl.

hemosziderinszemcséket, baktériumokat stb.).

A nőstény állatok neutrophil granulocytáinak magján (a szukák sejtjeinek 1–7%-án, a nőstény macskák sejtjeinek 4–11%-án) dobverő vagy teniszütő alakú kitüremkedést lehet látni, ez az ún. szexkromatin.

2.20. ábra.

A neutrophil granulocyták típusai
1 szegmentált alak,
2 pálcaalak („band” vagy „stab”),
3 metamyelocyta („jugend” alak)

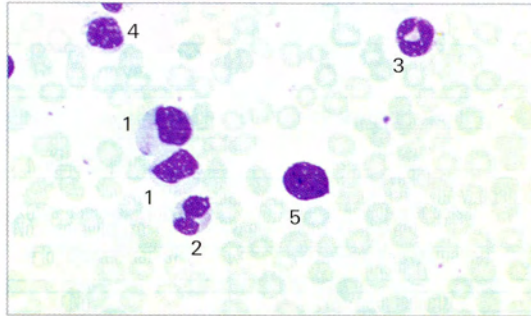


A neutrophil granulocyták előfordulásuk gyakoriságának sorrendjében a következő formákban jelentkezhetnek a kenetben (a neutrophil granulocyták típusait a 2.20. ábra mutatja).

- **Szegmentált magvú, érett neutrophil granulocyták.** Az emberek PMN-sejtjeihez képest az állatok neutrophil sejtjeiben a magok szegmentáltsága és a citoszolban található granulumok elkülönültsége nem annyira kifejezett. A kenetben az összes neutrophil granulocytá 90–95%-át teszi ki a szegmentált forma élettani viszonyok között. A granulumok egyes fajokban (nyúl, tengerimalac, elefánt, emberszabású majmok, valamint hullók, kétéltűek és madarak) változatosak, enyhén azurophilok, ezeket heterophil granulocytáknak nevezzük.

- **Pálca, „band” vagy „stab” magvú, középkorú neutrophil granulocyták.** Ezek az előzőeknél fiatalabb formák. Magjuk megnyúltabb, S- vagy esetleg patkó alakot vesz fel.

A lovak „band” (hajlott) neutrophil granulocytáinak a magja kissé rendezetlen, változatos a maghátyára tapadó nagy kromatinszemcsék miatt. A pálca magvú sejtek aránya egészséges állatokban az összes neutrophil granulocytá 5–10%-a. Nagy számban való megjelenésük oka bakteriális vagy más eredetű gyulladás, ilyenkor gyakori következmény a toxikus citoplazma-károsodás is.



2.21. ábra.
Neutrophil granulocyták prekurzorai
1 promyelocyták,
2 myelocyta,
3 metamyelocyta,
4 myeloblast,
5 lymphocyta

- **Metamyelocyták vagy fiatal, „jugend” neutrophil granulocyták.** A sejtek magja vese alakú, esetleg kissé hajlott. Citoplazmájuk enyhén basophil festődésű elemeket tartalmazhat, amelyek jól elkülöníthetők. Keringésben való megjelenésük csak fokozott sejtermeléskor jellemző.

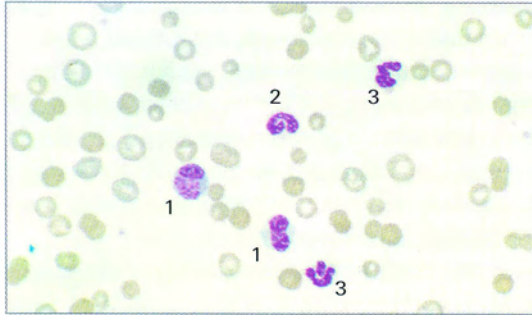
- **Prekurzorok (előalakok, 2.21. ábra).**

- ♦ **Promyelocyták.** Nagy sejtek, excentrikus magjuk kerekded vagy kissé hajlott. Kromatinállományuk kifejezetten szemcsézett, általában tartalmaznak nucleolust vagy annak a membránját. A citoplazmában jól látható granulumok vannak, amelyek között számos azurophil is látható.

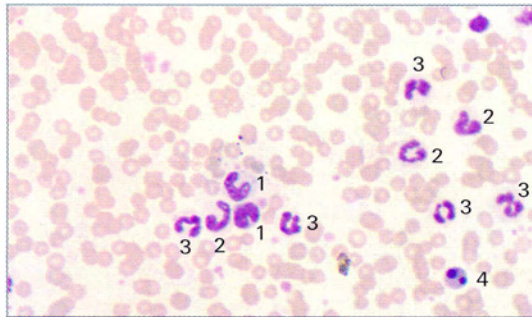
- ♦ **Myeloblast I. és II. típus.** Az I. típusba tartozó sejtek nagyok (a vörösvérsejtekénél 1,5–3-szor nagyobbak), a magjuk kerekded vagy ovális, általában centrálisan helyeződik. A magok kromatinállománya nem kifejezetten szemcsézett, egy vagy több nucleolust tartalmaznak. A citoplazma nem granulált, enyhén basophil, esetleg vakuolizált. A II. típusba tartozó sejtek az I. típustól abban különböznek, hogy a citoplazmájuk néhány azurophil granulomot is tartalmaz.

Neutrophilia. A neutrophil granulocyták száma leggyakrabban heveny stresszhatásra (lépkontrakció miatt) vagy gyulladásos folyamatok esetében nő. Heveny gyulladáskor a fiatal alakok jelennek meg nagyobb számban („balra tolódott” vérvkép, 2.22. ábra).

2.22. ábra.
Balra tolódott vérvkép
1 „jugend” alakok,
2 pálcacalak („band”
vagy „stab”),
3 szegmentált alak



2.23. ábra.
Jobbra tolódott
vérvkép
1 „jugend” alakok,
2 pálcacalak
(„band” vagy
„stab”),
3 szegmentált alakok,
4 karyopinotikus
neutrophil
granulocytá



Idült gyulladáskor vagy glükokortikoidok (esetleg stressz) hatására az idősebb alakok dominálnak („jobbra tolódott” vérvkép, 2.23. ábra).

A csontvelő egyes daganatos betegségei is neutrophiliát okozhatnak. A myeloid daganatok közül az akut myeloblastos leukaemiában (AML) a granulocytaprekurzorok, a krónikus myeloid leukaemiában (CML) a szegmentek vannak túlsúlyban. Macskában különösen jelentős neutrophilia észlelhető főleg heveny stressz- vagy glükokortikoidhatásra (pl. Cushing-féle betegségben vagy iatrogén okból).

A csontvelő egyes daganatos betegségei is neutrophiliát okozhatnak. A myeloid daganatok közül az akut myeloblastos leukaemiában (AML) a granulocytaprekurzorok, a krónikus myeloid leukaemiában (CML) a szegmentek vannak túlsúlyban. Macskában különösen jelentős neutrophilia észlelhető főleg heveny stressz- vagy glükokortikoidhatásra (pl. Cushing-féle betegségben vagy iatrogén okból).

A csontvelő egyes daganatos betegségei is neutrophiliát okozhatnak. A myeloid daganatok közül az akut myeloblastos leukaemiában (AML) a granulocytaprekurzorok, a krónikus myeloid leukaemiában (CML) a szegmentek vannak túlsúlyban. Macskában különösen jelentős neutrophilia észlelhető főleg heveny stressz- vagy glükokortikoidhatásra (pl. Cushing-féle betegségben vagy iatrogén okból).

Neutropenia. *Relatív* neutropenia jelentkezhet a következő folyamatokban:

- gyulladások bevezető szakaszában,
- súlyos fokú peritonitis, pleuritis, esetleg gennyes méhgyulladás vagy más abscessussal járó folyamat következtében,
- babesiosis kezdeti stádiumában.

Ezekben az esetekben a vérből megfogynak a neutrophil granulocyták, mert a gyulladásos szövetekbe vagy a lépbe vándorolnak.

Abszolút neutropenia (csökkent neutrophilgranulocytá-termelés miatt) jelentkezhet csontvelő-károsodásban (pl. ösztrogén- vagy progesztagénkezelés, citosztatikumok, mikotoxikózis hatására) vagy Addison-féle betegségben.

A neutrophil granulocyták számának változásáról lásd még a gyulladásos folyamatok vizsgálatát (☹ EGYÉB, RITKÁBB VIZSGÁLATOK, 386. o.)

☺ ☹ Eosinophil granulocyták

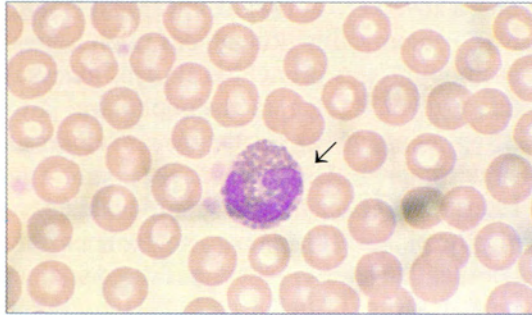
Az eosinophil granulocyták granulumjaiban a hisztamin bontásáért felelős anyagok vannak, de szerepük van a phagocytosisban, a paraziták elpusztításában is. A különböző állatokban az eosinophil sejtek aránya 1-10%.

Szarvasmarhákban a születéskori kis (1,5%-os) arány a 6. hónapos korra akár 10% feletti is lehet. A csontvelő funkciójától függően fiatalabb és idősebb alakok is megjelenhetnek. Az eosinophil granulocyták granulumjai jól elkülönülnek, kissé pirosabbak (2.24. ábra). Gyakran még jól festett kenecek esetén is sokszor csak a granulumok egyértelműen elkülönült volta és kifejezettebb festődése jelzi, hogy azok eosinophil sejtek. Kutyában a granulumok változatosak lehetnek, a sejtekben gyakran (főként agárban) citoplazma-vakuólumokat lehet látni. Macskában a granulumok kicsik és kissé elnyúlt pálcikaszerűek.

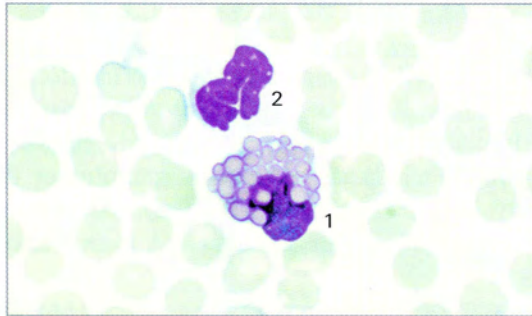
A lovak granulumjai nagyok, kerek alakúak, a sejthártyát elődomboríthatják, halványvörösek, így a sejt málnára emlékeztet (2.25. ábra).

A magok szegmentáltsága az eosinophil granulocytákban nem annyira kifejezett, mint a neutrophil granulocyták esetében. Az eosinophil sejtek magjának gyakran nem jól különíthető el a maghátyája, kissé egyenletes, „molyrágta”.

Eosinophilia. Élettani viszonyok között is előfordulhat egyes kutyákban ivarzás idején, ill. szarvasmarhákban 6 hónapos és 1 éves kor között. A kóros viszonyok között jelentkező eosinophilia kialakulásának legfőbb oka az a krónikus állapot, amikor speciális antigének IgE típusú ellenanyagokkal kapcsolódnak. Ennek hatására a basophil granulocyták, valamint a hízósejtek degranulálódnak, és belőlük hisztamin szabadul fel, amit az eosinophil sejtek hatástalanítanak. Ilyen folyamat kiváltója legtöbbször parazitás fertőzés vagy idült allergiás állapot, pl. az atopia vagy tehének esetében a saját tejjel szemben kialakult allergia. Eosinophiliára vezethet továbbá a csontvelő daganatos betegsége is, pl. eosinophil-sejtes leukaemiában (főként macskában, esetleg kutyában), elvéve a macskaleukaemia (FeLV) vírusfertőzöttségben. A heveny stresszhatás lymphocytosis és neutrophilia mellett növelheti az eosinophil granulocyták számát is az adrenalin α -adrenerg hatására létrejövő kapilláriskontrakció



2.24. ábra.
Eosinophil granulocytá kutyában



2.25. ábra.
Granulocyták lóban
1 eosinophil granulocytá,
2 neutrophil granulocytá („band”)

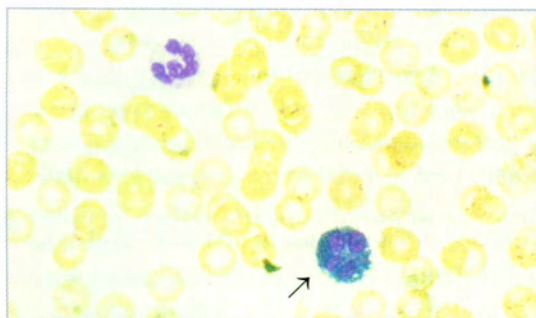
révén. Ugyancsak eosinophilia tapasztalható, ha az eosinophil sejteknek a raktárakból való kijutása nem gátolt. Ez a kortikoszteroidok csökkent termelődésekor (Addison-kórban) jelentkezik. Eosinophilia előfordulhat még a következő kórképek egyes eseteiben: myositis eosinophilica (kutya), osteomyelitis (kutya), eosinophilsejtes gastritis és enteritis (kutya), eosinophilsejtes bronchitis (kutya, macska), T-sejtes lymphoid leukæmia (kutya). Azokat az eosinophiliával járó kórképeket, amelyeket nem ismert allergiás vagy parazitás reakciók váltanak ki, hypereosinophiliás szindrómának (HES) nevezzük.

Eosinopenia. Az eosinophil granulocyták száma egyes állatokban élettani viszonyok között is nagyon kevés. A heveny stresszhatás a kezdeti eosinophiliát követően 4-5 óra múlva eosinopeniát okozhat. Ezt β -adrenerg-hatásnak tudjuk be. A glükokortikoidok által indukált eosinopenia a leggyakoribb ok minden állatfajban (pl. idült gyulladás, hosszan tartó stressz, glükokortikoidkezelés, Cushing-féle betegség stb.).

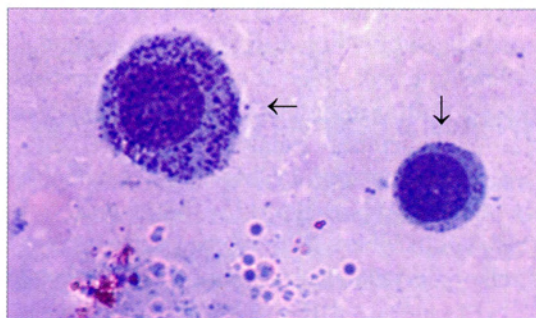
☺ ☹ Basophil granulocyták és hízósejtek (mastocyták)

A basophil granulocyták csak elvétve fordulnak elő a kenetben, granulumaik liláspiros, esetenként majdnem fekete színűek. Kutyaiban a basophil sejtek kevés, változatos granulomot tartalmaznak, citoplazmájuk gyakran vakuolizált (2.26. ábra). Macskában a granulumok egyformák, rózsaszínűek vagy szürkésék. A ló és a szarvasmarha változatos granulumjai teljesen kitöltik a citoplazmát.

2.26. ábra.
Basophil granulocyták
kutyaiban



2.27. ábra.
Mastocyták kutya
bőr alatti kötőszövetben



A *hízósejtek* (mastocyták) kerek magvúak (2.27. ábra). Nagy citoplazmájukban kisebb-nagyobb számban sötét azurophil granulumok láthatók. Élettani körülmények között a vérkenetben nem fordulnak elő.

Basophilia. Basophil sejtek gyakrabban fordulnak elő szarvasmarhában, nyúlban, mint más fajokban.

A basophilia ritka jelenség, általában eosinophiliával együtt mutatkozik az allergiás folyamatok következtében. Kutyaiban Cushing-betegségben is észlelhető.

Mastocytosis. A mastocytosis ritka jelenség, előfordul azonban súlyos stresszben vagy sokkos állapotban. Kutyában malignus hízósejtes daganatban, valamint parvovírus okozta fertőzésben jelentkezhet.

☺ ☹ Monocyták és macrophagok

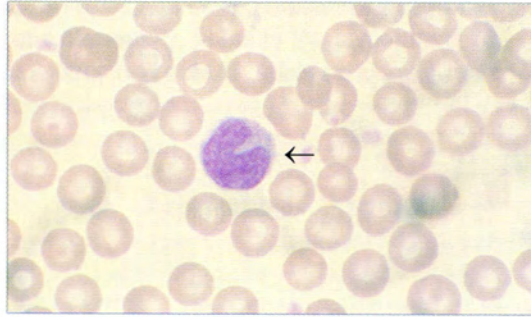
A monocyták és a macrophagok a szervezet phagocytáló sejtes elemeinek a neutrophil granulocyták utáni második vonalát képezik. A monocyták a vérkeringésben lévő, a macrophagok pedig a már aktivált, főként a szövetekben előforduló hasonló sejteket jelölik. A *monocyták* a vérkenetben található legnagyobb méretű (15–20 μm átmérőjű), változatos alakú és méretű sejtek (2.28. ábra).

Magjuk általában szabálytalan amoeboid, hasonlít a „band” vagy fiatal neutrophil granulocytákéra. A mag kromatinállománya diffúzabb, szemcskézett, rendezetlen. A reaktív, ún. toxikus monocyták vagy macrophagok citoplazmája szürkés-kék, és számos vakuólumot, valamint azurophil szemcséket tartalmazhat. Esetenként a mag is mutathat enyhe vakuolizációt (2.29. ábra).

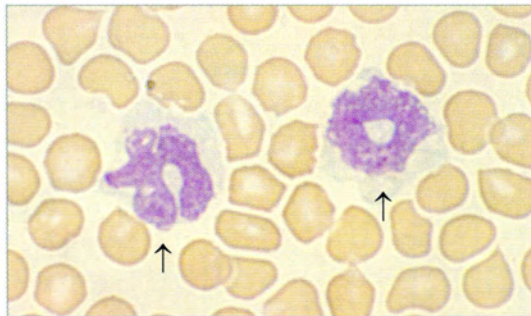
A monocyták a szövetekbe kerülve differenciálódáson és aktiválódáson mennek keresztül, macrophagokká alakulnak. Az aktiválódott sejtek többmagvú, ún. óriássejteké is alakulhatnak.

Az éretlen, fiatal monocytaprekurzorok a *monoblastok*. Ezek nagy sejtek, magjuk nem szabályosan kerek. A magok kromatinállománya enyhén szemcskézett, egy vagy több nucleolusuk van, a citoplazmájuk basophil, agranularis. A későbbi érési stádiumban lévő *promonocyták* magja az agyvelő barázdáltságához hasonló (cerebriform), látható nucleolusuk nincs, a citoplazmájuk a monoblastokénál halványabban basophil, üvegszerű citoplazmájukban néhány azurophil granulum és/vagy vakuólum is megjelenhet.

A monocyták a legélénkebben phagocytáló sejtek, citoplazmájukban számos szerves (pl. hemosziderin, epepigment, baktérium, parazita) vagy szeretlen szemcse (pl. korom) jelenhet meg.



2.28. ábra.
Monocytá



2.29. ábra.
Reaktív macrophagok
kutyában

A monocytákban, ill. a macrophagokban a leishmaniosis (l. a 2.18. ábrát) vagy az ehrlichiosis kórokozói is megjelenhetnek.

Monocytosis, monocytopenia. A monocyták száma $1,5 \cdot 10^9/l$ -nél kevesebb. A *monocytosis* általában az idült gyulladással járó folyamatok jeleként alakul ki. A vérben nagy számban megjelenő – esetleg fiatal – monocyta heveny vagy idült monocytás leukaemiára utal, aminek meglétét csontvelőpunctióval lehet ellenőrizni. A *monocytopenia* ritkán megállapítható eltérés, szteroidkezelés hatására laboratóriumi állatokban alakulhat ki.

☺ ☹ Lymphocyták

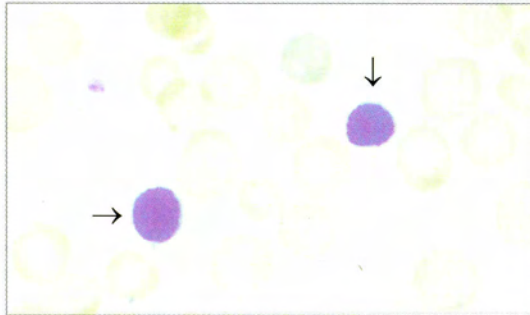
A lymphocyták feladata a humorális és a celluláris immunitásban van. Felelősek a specifikus védekezés kialakításáért, valamint a szervezet saját anyagainak a felismeréséért. A kutyában és macskában gyakori *kis lymphocyták* többsége általában akkora, mint a vörösvérsejtek (5–6 μ m). Megkülönböztetünk középnyagokat (6–9 μ m) és nagy (9–15 μ m) lymphoid sejteket is. Ezek 80–90%-a T- (thymus) vagy B- (bursa) dependens, rajtuk kívül ún. non-T-, non-B-, vagyis nullsejtek is vannak.

A granulocytáktól eltérően a szövetekbe kerülő lymphocyták 70%-a visszatér a vérkeringésbe. Ezek a recirkuláló sejtek általában a T-lymphocyták és a B-sejtek közül az ún. memóriasejtek.

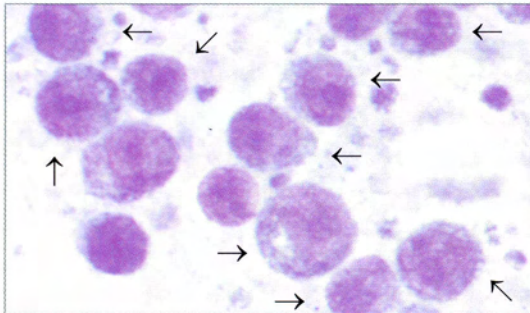
A keringésben a T-sejtek 24–48 órát, míg a B-sejtek 15–18 órát töltenek. Az újszülöttek vérpályájából még a lymphocytás vérű fajok esetében is gyakran hiányoznak a lymphoid sejtek, viszont később nő a számuk. Néhány hetes, hónapos korban viszont a lymphocyták számának vérbeli növekedése oly mértékű lehet, hogy még a neutrophiliás vérű fajokban is jóval meghaladhatja az 50%-ot.

A lymphocyták (2.30. ábra) alakja kerekded, magjuk majdnem kitölti az egész sejtet, és kifejezetten basophil festődésű. A citoplazmájuk szintén basophilebb az egyéb sejtekénél. A kifejezetten basophil *kis lymphocyták* az ún. *immunocyták*. Szarvasmarhában a citoplazma néhány

2.30. ábra.
Lymphocyták



2.31. ábra.
Lymphoblastok kutya
nyiroksomójából
készült citológiai
mintában



azurophil granulomot is tartalmazhat. *Nagy lymphocytákat* elsősorban szarvasmarhák vérében tapasztalhatunk. A különböző állatfajokban megjelenő nagy lymphocytáknak sokszor nem kerek a magjuk, előfordulhat, hogy vese vagy összetapadt lóherelevél alakúnak látszanak. Ezek a T-lymphocyták az ún. *Reider-sejtek*. Leukaemiákban gyakoriak, de élettani viszonyok között is előfordulhatnak. Főként szarvasmarhában nehezen különböztethetők meg a monocytáktól.

A *lymphoblastok* (2.31. ábra) általában kissé nagyobb, szemecskézett kromatinállományú sejtek, egy vagy több prominens nucleolussal. Citoplazmájukban kifejezettebb apró basophil (esetenként granulumnak tűnő) képletek vannak. A citoplazma általában basophil. A sejtmagok nagyok, a myeloblastokénál keskenyebb, esetenként vakuolizált citoplazmával szegélyezettek (nagy a mag/citoplazma arány).

Lymphocytosis. A lymphocyták képzése antigénhatásra fokozódik, ugyanakkor csökken kortikoszteroidok és malnutritio hatására. A *lymphocytosis* lehet élettani, reaktív és proliferatív. Az *élettani* lymphocytosisal járó folyamatok általában adrenalinhatásra, stresszállapotokban alakulnak ki. Ebben az esetben a lymphocytosis neutrophiliával együtt jelentkezik. *Reaktív* lymphocytosis gyakran tapasztalható idült gyulladásozó folyamatokban. A fokozott ellenanyag-képződéskor a lymphocyták morfológiai változása tapasztalható, és nem mindig nő a számuk. Ilyenkor a sejtek kifejezetten basophilok, és az atipikus immunocyták nagy száma jellemző a minőségi vérképre. *Proliferatív* lymphocytosis tapasztalható heveny és krónikus lymphoid leukaemiában és lymphomában. A lymphoid leukaemia heveny formájában az éretlen lymphoblastok keringésbe kerülése a jellemző.

Lymphopenia. A lymphopenia oka általában a kortikoszteroidok okozta sejtoldódás, lympholysis. Szarvasmarhában élettani folyamatként értékelhető az ellés előtt. Juhban lymphopenia az ellés után is jelentkezik, sőt a magas hőmérséklet okozta stresszhatás is kiválthatja. A lymphopoesis csökkenését tapasztalhatjuk thymectomy, sugárfertőzés és citosztatikus kezelés hatására is. Lymphopenia gyakran lép fel idült veseelégtelenségben és heveny vírusfertőzésben, esetenként lymphomában és heveny lymphoblastos leukaemiában, továbbá a nyirok testúri vagy nyirokérbeli felhalmozódása esetén, fehérjevesztéses enteropathiában és cinkhiány miatt is szarvasmarhában. Szarvasmarhában és juhban a vírusos hasmenés (BVD), ill. a blue tongue vírus következtében, macskában az FeLV- és a FIV-fertőzés hatására szintén kialakulhat. Kutyaiban a valódi lymphopenia meglehetősen attól is függ, hogy milyen korú az állat. Ha a lymphocyták száma felnőtt kutyaiban $1 \cdot 10^9/l$ -nél, 8–24 hónaposokban $1,5 \cdot 10^9/l$ -nél és 3–6 hónaposokban $2 \cdot 10^9/l$ -nél kevesebb, akkor lymphopeniásoknak tekinthetők.

☺ ☹ Plasmasejtek

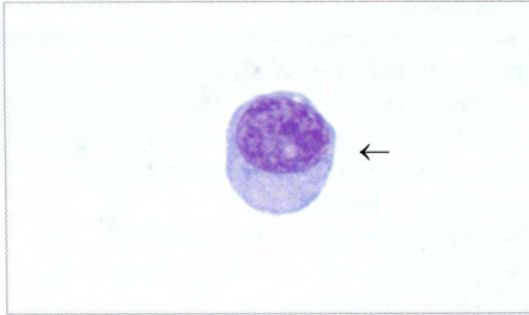
A plasmasejtek kerekded-ovális, 5–9 μm átmérőjűek (2.32. ábra). A perifériás vérben élettani viszonyok között *elvéte* fordulnak elő. Kisméretűek, általában excentrikus magjuk van, amelyekben a kromatinállomány kifejezetten szemecskézett, „kerékküllő” elrendeződésű. Citoplazmájuk

basophil festődésű. Az ún. *Mott-sejtek* citoplazmája rózsavörös, kékes színű zárványokat, ún. *Russel-féle* képleteket tartalmaz, amelyek megjelenése arra utal, hogy a sejtben sok ellenanyag van. A pirosas szegélyű ún. *lángsejtek* IgA típusú ellenanyagokat termelnek, és IgA-myelómában fordulnak elő. A sok-

magvú plasmasejtek erőteljes immunválaszban és különböző típusú gamopathiákban gyakran tapasztalhatók.

Plasmacytosis, plasmacytopenia. A keringésben nő a plasmasejtek száma erőteljes immunstimuláció hatására és az ún. plasmasejtes myelómában, csökkenhet immundeficiens állapotokban. Mivel a keringésben egészséges viszonyok között is alig lehet plasmasejteket kimutatni, a plasmacytopenia megállapítása inkább elméleti lehetőségként említhető.

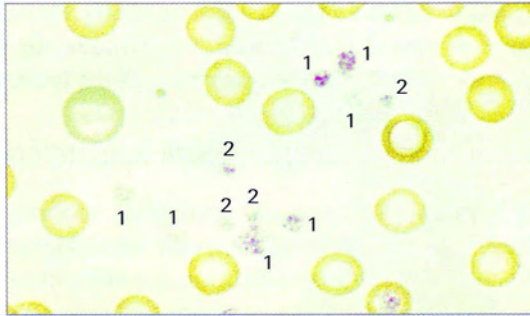
2.32.ábra.
Plasmasejt kutyában



Trombocytavizsgálatok

A thrombocyták különleges helyet foglalnak el a vér alakos elemei között. Elsődlegesen a véralvadás folyamatában vesznek részt, ezért vizsgálatuk itt és a haemostasisról foglalkozó fejezetben is szerepel (☛ A HAEMOSTASIS VIZSGÁLATA, 91. és 95. o.).

A thrombocyták a csontvelőben a megakaryocyták citoplazmájából származnak, képződésüket a trombopoetin szöveti hormon serkenti. A vérkenetben a vörösvérsejtekhez képest kisebb, mag nélküli, rózsavörös képletként láthatók (2.33. ábra).



A vizsgálatokról általában

2.33. ábra.
Thrombocyták kutyából származó vérkenetben
1 nagy (fiatal) thrombocyták,
2 kis thrombocyták

Javasolható, hogy a morfológiai vizsgálatokat lehetőleg Na-citráttal alvadását gátolt vérből végezzük. A vérmintavétel tudnivalóit ☛ 23. és 24. o.

A mintáról általában

THROMBOCYTASZÁM

A thrombocytaszám ismerete a haemostasis zavaraihoz járó kórképek vizsgálatában fontos. A csökkent thrombocytaszám több betegségre utalhat, következménye vérzékenység lehet. A megnövekedett vérlemezkeszám a csontvelő daganatos megbetegedését jelezheti, ugyanakkor thrombosisra való hajlamot is kiválthat.

A thrombocytaszámot $10^9/l$ (G/l) egységben adjuk meg (G = giga = 10^9).

A thrombocytaszámot meghatározhatjuk:

- mikroszkópos számlálással (Bürker-kamrában vagy más számlálókamrában),
- hematológiai automatával,
- becsléssel a vérkenetből.

Bevezető

A thrombocyták számlálása Bürker-kamrában

Kémcsőbe 9 ml 0,9%-os NaCl-oldatot (vagy megfelelő infúziós oldatot) pipettázunk. A vizsgálandó vérből pipettával 1 ml-t szívunk fel, majd a pipettát

A vizsgálatok menete

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp,
Bürker-kamra

papírvattával kívülről letöröljük, és a vért többszöri felszívással és kifújással bele mossuk a sóoldatot tartalmazó kémcsőbe (10-szeres hígítás). Kétórás ülepítés után (Hegedűs-féle eljárás) a minta felülúszójából egy cseppet Bürker-kamrába töltünk, és 10 téglalap felett számoljuk a thrombocytákat. (Megkönnyíti a számlálást, ha a Bürker-kamrát nedves kamrában állni hagyjuk 10 percre, hogy a thrombocyták leülepedjenek.) A kapott szám a vér thrombocytaszámát adja meg $10^9/l$ (G/l) egységben.

Az ülepítés helyett fél percig 1500 1/min fordulatszámon centrifugálhatjuk a mintát, és ennek felülúszójából végezhetjük a vizsgálatot. Így azonban az ülepítéses módszernél kevésbé pontos eredményt kapunk.

Megjegyzés. A thrombocytaszám pontosabb meghatározására a legalkalmasabb az Na-EDTÁ-s vérminta 1%-os ammónium-oxalát-oldattal való kezelését követő fáziskontraszt-mikroszkópos számlálás Bürker-kamrában. A szaklaboratóriumot igénylő módszer leírásától itt eltekintünk.

A thrombocyták számlálása hematológiai automatával

Mi kell hozzá?
Hematológiai
automata

A korszerű hematológiai automaták többsége képes thrombocytaszámlálásra is. A meghatározás alapelve automatánként eltérő lehet (elektronikus, lézeres stb.). Egyes analizátorok a vérlemezkék méretbeli eloszlását és az esetleges hibalehetőségeket (pl. az összecsapódást) is feltüntetik. A thrombocyták méretbeli megoszlását, az erre vonatkozó hisztogram értelmezését ➔ VÖRÖSVÉRSEJT-VIZSGÁLATOK, 53. o.).

Mivel az orvosi laboratóriumok automatáit az emberek thrombocytáinak méretére állították be, ezeken csak a kutyából és a sertésből származó vér thrombocytái számlálhatók, mivel e két faj thrombocytái az emberéhez hasonló méretűek. Ezek az automaták pl. a macska viszonylag nagy thrombocytáit gyakran a vörösvérsejt-frakcióba mérik. Állatvéreket ezért csak olyan orvosi laboratóriumba érdemes küldeni, ahol azok vizsgálatára is alkalmas automatán dolgoznak.

A thrombocytaszám becslése vérkenetből

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp

Durva becsléssel a vérkenetből is megállapítható a thrombocytaszám mikroszkóp segítségével. Ha immerziós lencsével (1000×-es nagyítással) egy látótérben egy vérlemezkét látunk, akkor az mintegy $20 \cdot 10^9/l$ thrombocytaszámnak felel meg.

Értékelés

☺ ☹ **Thrombocytosisok**

A thrombocytaszám növekedése élettani és kóros állapotban egyaránt bekövetkezhet: az élettani $200\text{--}800 \cdot 10^9/l$ érték $1000 \cdot 10^9/l$ körüli vagy annál nagyobb is lehet.

Reaktív vagy másodlagos thrombocytosis alakul ki számos betegség kapcsán, amelyek során a vérlemezkék egyfelől fokozottabban jutnak ki

a raktárakból, másfelől fokozottabb a termelődésük a csontvelőben. Ilyenkor a thrombocytaszám általában kisebb $1000 \cdot 10^9/l$ -nél.

Abszolút, elsődleges vagy essentialis thrombocytosis alakul ki a csontvelő daganatos betegsége miatt, ekkor a thrombocytaszám nagyobb, mint $1000 \cdot 10^9/l$.

Az *élettani* thrombocytosis okai

- az izomaktivitás fokozódása (a thrombocytáknak a kapillárisokból a nagyobb erekbe való kijutása miatt),
- lépkontrakció (stressz miatti adrenalinhatás),
- vemhesség,
- fiatal életkor.

A *kóros* thrombocytosisok okai:

- reaktív
 - ♦ gyulladáshoz kapcsolódó folyamatok,
 - ♦ heveny vérvesztés,
 - ♦ vashiányos anaemia,
 - ♦ súlyos trauma, sebészeti beavatkozás,
 - ♦ daganatos betegségek,
 - ♦ a lép funkciózavara, ill. splenectomia (csökkent lépbeli tárolás miatt több thrombocyta marad a keringésben),
 - ♦ glükokortikoidhatás,
 - ♦ Vinca-alkaloidok hatása (vinkrisztininjekció, rózsameténg vagy tavaszki kismeténg),
 - ♦ neoplasticus az essentialis thrombocytosis (a megakaryocyták ritka daganatos proliferációja).

Thrombocytopeniák

☺ *Élettani* körülmények között thrombocytopenia nem fordul elő.

☹ *Kóros* körülmények között a vérzékenység $10 \cdot 10^9/l$ -nél kevesebb thrombocytaszám esetén szinte mindig bekövetkezik.

A thrombocytopeniák okai:

- csökkent képzés
 - ♦ csontvelő-aplasia (ritka, veleszületett rendellenesség),
 - ♦ toxikus hatások (saspáfrány, ösztrogének, nehézfémek, mikotoxikózis, röntgensugárzás, uraemia),
 - ♦ kórokozók (vírusok, rickettsiák, pl. *Ehrlichia canis*, protozoonok),
 - ♦ B₁₂-vitamin-, folsavhiány, súlyos vashiány,
 - ♦ myelophthisis (pl. csontvelőt érintő daganatos elváltozás miatt),
 - ♦ csökkent trombopoetinképződés,
 - ♦ vemhesség (a fokozott igényt ki nem elégítő táplálóanyag-ellátás miatt);
- fokozott thrombocytakárosodás, -felhasználás
 - ♦ immunmediált thrombocytopenia (auto- vagy izoimmun folyamatokkal, fertőzésekkel vagy gyógyszerekkel kapcsolatban),

- ♦ nem immuneredetű thrombocytopenia (DIC, idiopathiás thrombocytopeniás purpura, vértranszfúzió miatt);
- egyéb okok
 - ♦ súlyos fokú vérvesztés okozta thrombocytavesztés,
 - ♦ hiperhidráció miatt kialakuló, relatív vérlemezkeszám-csökkenés,
 - ♦ a thrombocyták nem megfelelő eloszlása a keringésben (splenomegalia, hypothermia, egyes daganatos betegségek miatt).

Hibaforrás. Látszólagos thrombocytopeniát laboratóriumi hibák is okozhatnak:

- a Bürker-kamrás számolást végző személy tévedése (szubjektív hiba) 25%-os eltérést is okozhat;
- nagy globulinkoncentráció esetén a thrombocyták összecsapódása miatt (a sejtszámláló automata ezért kevesebb thrombocytát számol, az összecsapódottakat pedig a fehérvérsejt-frakcióba méri);
- a thrombocytáknak a neutrophil granulocytákhoz (szatelitizmus) vagy a lymphocytákhoz (rozettaképzés) való csapódása miatt kevesebb thrombocytát számol az automata (Na-EDTA alvadásgátló használata esetén fordulhat elő).

A THROMBOCYTÁK MORFOLÓGIAI VIZSGÁLATA

Bevezető

A vérlemezkek általában 1–2 μm -es átmérőjű, diszkosz vagy kerek alakú képletek, esetleg megnyúltak. Kevésbé kifejezett a sejhártyájuk, a rutin festési eljárásokkal halványpiros színre festődnek, magjuk nincs. A sejtek közepe táján kissé sötétebb, enyhén szemcsés granulomer, míg a széli részeken halvány, hialomer rész figyelhető meg. Az „idősebb” alakok mérete kisebb, a „fiatal” sejteké nagyobb. A nagyobb vérlemezkek metabolikusan aktívabbak, mint a kisebbek.

A thrombocyták morfológiai vizsgálata elősegíti az olyan betegségek felderítését, amelyekben a vérlemezkek funkciózavara *gyanítható*, miközben számuk élettani szinten marad. A vizsgálatot főleg a vérkenetek elemzésével, esetenként pedig olyan sejtszámláló automatával végezzük, amely a thrombocyták nagyságát (*MPV, mean platelet volume*) is megadja.

A thrombocyták okozta haemostasis- és egyéb zavarok esetén szükség lehet a *csontvelő* sejtjeinek mikroszkópos elemzésére is. A csontvelő-mintából készített kenet értékelésének részletes leírása meghaladja e könyv kereteit (lényeges elemeit \rightarrow KLINIKAI CITOLÓGIA, 183. o.).

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp vagy
hematológiai
automata,
festékkoldatok

A keneteket készen kapható Pappenheim-féle festékekkel vagy Giemsa-oldattal, esetleg gyorsfestékes módszerrel festhetjük meg (\rightarrow 56. o.). A mikroszkópos vizsgálatot 400 \times -os és 1000 \times -es nagyítással végezzük.

A mikroszkópos vizsgálat során kb. 10–15 látóteret nézünk át, és legkevesebb 50 thrombocytát elemzünk. Figyelemmel vagyunk a thrombocyták méretére és összecsapódására.

☺ *Élettani* körülmények között a thrombocyták térfogata kutyában és sertésben közepes (7–8 fl), szarvasmarhában, lóban, juhban kicsi (3–5 fl), macskában a legnagyobb (10–15 fl).

☹ Nagyobb méretű vérlemezkék figyelhetők meg azokban az esetekben, amikor a thrombocytopoesis fokozott (pl. immuneredetű thrombocytopeniában). Csökkent képződésük esetén a kisebb alakok dominálnak. Néhány gyakorlati szempontból fontosabb morfológiai változás a thrombocytákon:

- **összecsapódott (aggregálódott)** vérlemezkék (2.34. ábra). Gyakori lelet, amelyet analitikai hiba is okozhat, de inkább DIC-re, macrothrombus-képződésre utal;

- **nagy thrombocyták (macrothrombocytosis)**.

Fiatal, funkcionálisan aktívabb thrombocyták megjelenése, a jól működő thrombocytopoesis, esetleg az essentialis thrombocytosis jele;

- a *filopodia* a trombin-aktiváció hatására kialakuló alakváltozás, melynek során sok hosszú, filamentumszerű képlet jelenik meg a sejthárton. Nem kóros jelenség;

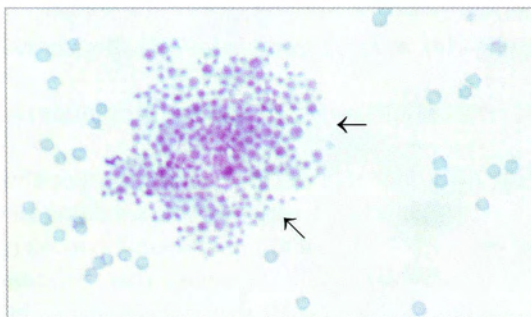
- *pseudopodia* a sejthártya kifejezett kiöblösödése. A durva felszínhez (tárgylemez) érintkező thrombocyták esetében fordul elő, főként hideg környezetben. Nem kóros jelenség ;
- *kigömbölyödés* hipotóniás vagy hideg közegben alakul ki. Oka analitikai hiba is lehet. Általában nem kóros jelenség.

Hibaforrás. A thrombocyták megnövekedhetnek Na-EDTÁ-val alvadásában gátolt vért tartalmazó csőben +4 °C-on való tárolás során is, ami téves MPV-értéket adhat.

A THROMBOCYTÁK FUNKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA

A thrombocytaműködés vizsgálata azért fontos, mert a klinikai tünetek megjelenése szempontjából elsősorban a vérlemezkék *működésének* változása a döntő, és nem a számbeli vagy alakbeli eltéréseik. A thrombocyták működésére a véralvadási folyamat részvizsgálataival következtethetünk, mint a vérzési idő és a véralvadék retrakciójának vizsgálata. Ezek a vizsgálatok a thrombocyták számbeli csökkenése esetén éppúgy funkciózavart jeleznek, mint akkor, amikor thrombocytopenia nem jelentkezik, hanem a vérlemezkék belső működése károsodott, vagy egyes exogén faktorok (pl. a von Willebrand-faktor) hiányoznak (thrombocytopathia).

Értékelés



2.34. ábra. Thrombocyták aggregációja kutya vérkenetben

Bevezető

A vizsgálat menete

Mi kell hozzá?
Mikroszkóp,
aggregométer,
speciális oldatok

A vérzési idő és a véralvadék-retrakció vizsgálatát a haemostatissal foglalkozó fejezetben ismertetjük (☞ A HAEMOSTASIS VIZSGÁLATA, 91. o. és 95. o.)

A *thrombocytáaggregációs* vizsgálat jelenleg nem tartozik a állatorvosi laboratóriumi rutineljárások közé. A vérmintából a gyári előírások szerint szuszpenziót készítünk, amelyben a hozzáadott aktivátor hatására a vérlemezkék összecsapódnak. (Az összecsapódás gyorsaságát és mértékét mikroszkóppal is megfigyelhetjük.) Az aggregométerek elve, hogy a vérlemezkék meghatározott koncentrációjú szuszpenziójában – az aktivátor hatására bekövetkező összecsapódás során fellépő – fényintenzitás-különbséget mérjük. A különböző készülékek számos mérőszámot alkalmaznak, amelyek részletezésére itt nem térünk ki. A mintát – előzetes megbeszélés után – hematológiai szaklaboratóriumba kell küldeni.

Értékelés

☉ *Élettani* körülmények között a thrombocyták másodperceken belül aggregálódnak.

⊗ A thrombocytafunkciós vizsgálatok pozitívak lehetnek azokban az esetekben, amikor a vérlemezkék adhéziós és aggregációs készsége zavart szenved. A vérzési idő meghosszabbodása és a véralvadék retrakciójának csökkenése thrombocytopeniákban is tapasztalható, de ezekben az esetekben az aggregációs vizsgálattal negatív eredményre juthatunk. Mind a három vizsgálattal pozitív eredményt kaphatunk, ha a vérlemezkék funkciója zavart, ezeket a kórképeket nevezzük *thrombocytopathiáknak*. A rendellenes thrombocytafunkció veleszületett vagy szerzett betegségek következménye.

A thrombocytopathiák okai:

- veleszületett kórfarmák
 - ♦ von Willebrand-féle betegség (jellemző a thrombocyták csökkent adhéziója és aggregációja a von Willebrand-faktor hiánya miatt. Főként doberman kutyában gyakori),
 - ♦ a humán Glanzmann-féle thrombastheniára emlékeztető kórkép kutyában, amelyet csökkent aggregációs készség jellemez,
 - ♦ a Chédiak-Higashi-szindróma a vérlemezkék csökkent aggregációs készségével jár. Szarvasmarha, macska és menyét autoszomális, recesszív öröklődés útján szerzett ritka betegsége;
 - ♦ szerzett kórfarmák
- nem szteroid gyulladáscsökkentők hatása (a thrombocyták arachidonsav-metabolizmusát zavarják meg, a vérlemezkék aggregációja hiányos),
- egyéb okok (veseelégtelenség, autoimmun folyamatok, myelo- és lymphoproliferatív betegségek).