

Vér

Vér alakos elemei:

• Vörösvértest

- 7-8 mikron átmérőjű, vastagsága 2 mikron,
- 5 millió/mikroliter
- hemoglobin tartalom 14-15 g%
- mindig az érpályában marad, 120 napig él
- érett állapotban nincs sejtmagja
- keringésből makrofágok távolítják el
- csontvelőben érik, onnan nagyrészt érett vörösvértestek kerülnek a keringésbe.
- Retikulocita: vörösvértestek fiatal, éretlen alakja, melyek már elvesztették magjukat. Normál esetben, a vérben csak kis mennyiségben vannak jelen, de gyors vvt képzésnél feldúsul - diagnosztikai értékű

Membrán szerkezete

A vörösvértestek átlagos membránfelülete $137 \mu\text{m}^2$, viszonylag nagy a sejt térfogatához, a $85\text{-}90 \mu\text{m}^3$ -hez képest. Ez különösen alkalmassá teszi e sejteket a transzportfolyamatok vizsgálatára.

A vörösvértestmembrán deformálható, de nyújthatatlan. Hipozmotikus ($c < 300 \text{ mosm/l}$) közegben víz áramlik a sejt belsejébe, ezáltal csökken a felület/térfogat arány és a sejt alakja egyre jobban megközelíti a gömböt (szferocita) majd egy adott térfogatot elérve a membrán megreped, a sejt belsejéből a hemoglobin és az oldott fehérjék kidiffundálnak (ozmotikus hemolízis). A lízis után visszazáródott membránok az ún. ghostok.

A vörösvértestek transzportfunkciót teljesítenek: lehetővé teszik az oxigénnek a szövetekhez történő szállítását, valamint a széndioxidnak a szövetekből történő eliminációját, és részt vesznek a vér és az intersticiális folyadék pH-jának beállításában.

Az emberi vörösvértestmembrán egyik fontos sajátossága, hogy speciális transzportrendszerei révén egyes ionokra nézve rendkívül nagy gradienst tud létrehozni a vörösvértestmembrán intracelluláris tere (IC tér) és az extracelluláris környezetet képező vérplazma (EC tér) között.

mmól/l	C _{IC}	C _{EC}
Na ⁺	16	140
K ⁺	134	4
Cl ⁻	77	115
HCO ₃ ⁻	16	24
Ca ²⁺	10 ⁻³	1.2
pH	7.2	7.4

Semleges molekulák transzportja

Az emberi vörösvértestmembrán vízre nézve permeábilis, elsősorban az integráns fehérjemolekulák képeznek csatornát a vízmolekulák számára. Ugyanakkor nagyobb poláris anelektrolitok, pl. szacharóz számára a membrán nem átjárható, így szemipermeábilis hártvának tekinthető. Ezért hipozmotikus oldatban vizet vesz fel, megduzzad, majd hemolizál.

Az oxigén és a széndioxid a lipid kettősrétegen keresztül passzív diffúzióval akadálytalanul jut át a membránon.

Mivel az emberi vörösvértestek energiaellátását egyedül a glükóz lebontása szolgáltatja, a folyamatos glükózellátás nélkülözhetetlen e sejt működéséhez. A vörösvértestek a glükózt facilitált diffúzióval veszik fel a vérplazmából. Ez a koncentrációgradiens irányának megfelelő, specifikus karrier közreműködésével történő transzport, amit jelen esetben a membrán integráns lipoproteinje, a glükóz transzporter (GLUT1) segít elő.

Elektrolitok (ionok) transzportja: Aniontranszport

A vörösvértestek feladata a széndioxid szállítása a szövetekből a tüdőbe. Ebben a működésben játszik közre az anionkicserélő vagy 3. sáv fehérje, ami a Cl^- és HCO_3^- anionok 1:1 arányban történő cseréjét végzi. A fehérje a szövetekben a HCO_3^- sejtől történő eltávolítását, a tüdőben a HCO_3^- felvételét segíti elő.

A Cl^- ion a fenti antiportmechanizmuson kívül passzív diffúzióval is képes a vörösvértest membránon átjutni, permeabilitási állandója kb. százszorosa a K^+ és Na^+ permeabilitási állandójának.

Alkáli kationtranszport

A Ca^{2+} egy aktív transzportrendszer, a Ca^{2+} -ATP-áz segítségével jut át a sejtmembránon.

A K^+ és Na^+ ionokra nézve egyaránt nagy koncentrációgradienst K^+ - Na^+ -ATP-áz enzim (K^+ - Na^+ pumpa) aktív transzport révén biztosítja. A pumpa hatására egyetlen ATP hidrolízise során 3 Na^+ lép ki a vörösvértestből és 2 K^+ lép be, mindkét folyamat a koncentrációesés ellenében megy végbe.

A vörösvértestek membránpotenciálja

A Na^+ , K^+ és Cl^- ionokra nézve a membrán két oldala között koncentrációgradiens áll fenn. Az emberi vörösvértest membrán Na^+ és K^+ ionokra nézve kevésbé, míg Cl^- -ra nézve inkább permeábilis. Ennek következtében a membrán két oldala között potenciálkülönbség alakul ki, amelynek értéke vörösvértesteken fiziológias körülmények között -10 mV.

• **Fehérvérsejtek: granulocita, monocita, limfocita;**

Összesen 5-6 ezer/mikroliter

• *Granulociták (mikrofág)*

12-15 mikron átmérőjű, karéjos mag,

fagocita funkciójukkal összefüggően a plazmában különböző enzimeket tartalmazó szemcsék

szemcsék festődése alapján neutrofil (fvs-ek 50-70%-a),

eozinofil,

bazofil granulocita

7 óra után kilépnek az érpályából,

néhány napig élnek

- *Monociták*

15-20 mikron átmérőjű makrofágok

hónapokig élnek

szöveti makrofágok: szövetekbe lépve osztódnak

- *Limfociták*

6-20 mikron átmérő

szerzett immunitás kialakítása

évtizedekig élnek

fvs-ek 20-40 %-a

B-sejtek: immunoglobulinok termelése plazmasejtté alakulva

T-sejtek: sejtes válasz, pl. szervátültetés, opszonizáció

- *Vérlemezke*

mindig az érpályában marad

10 napig él

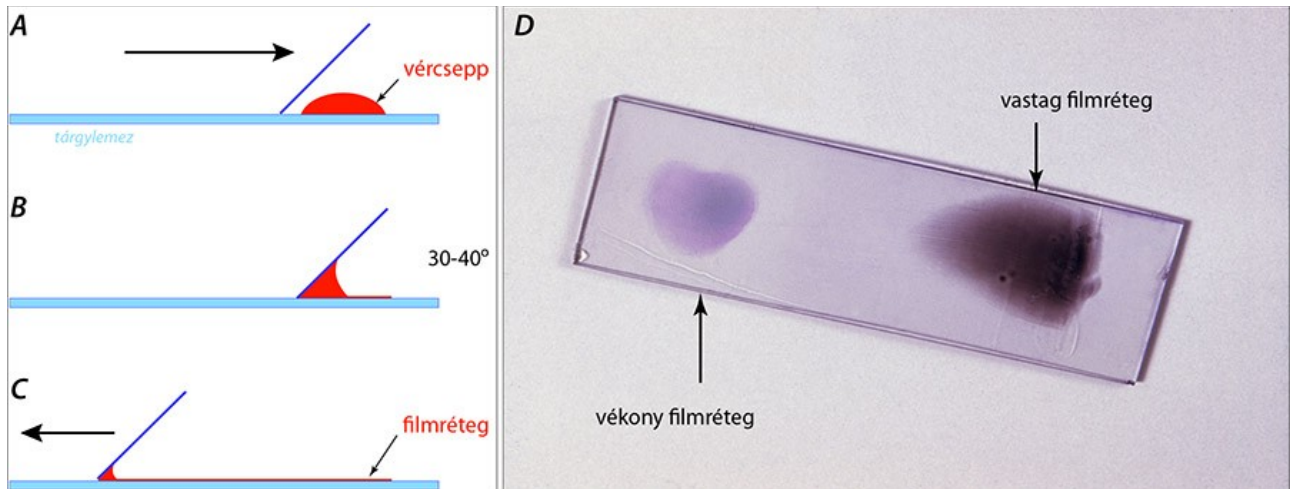
60 mikron átmérőjű megakariociták szétesésével keletkezik

150-300 ezer/mikroliter

Vérkenet készítése

forrás: [http://ttktamop.elte.hu/online-](http://ttktamop.elte.hu/online-tananyagok/szovettani_es_sejtbiologiai_vizsgalomodszerk/ch02s02.html)

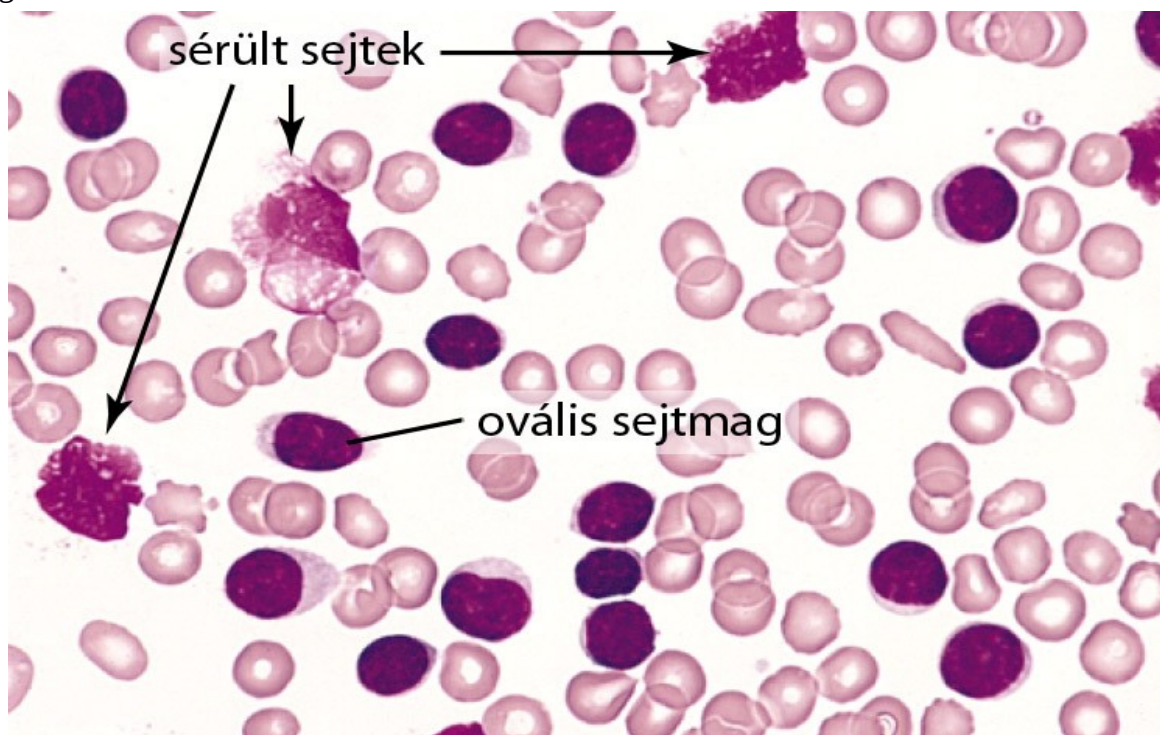
[tananyagok/szovettani_es_sejtbiologiai_vizsgalomodszerk/ch02s02.html](http://ttktamop.elte.hu/online-tananyagok/szovettani_es_sejtbiologiai_vizsgalomodszerk/ch02s02.html)



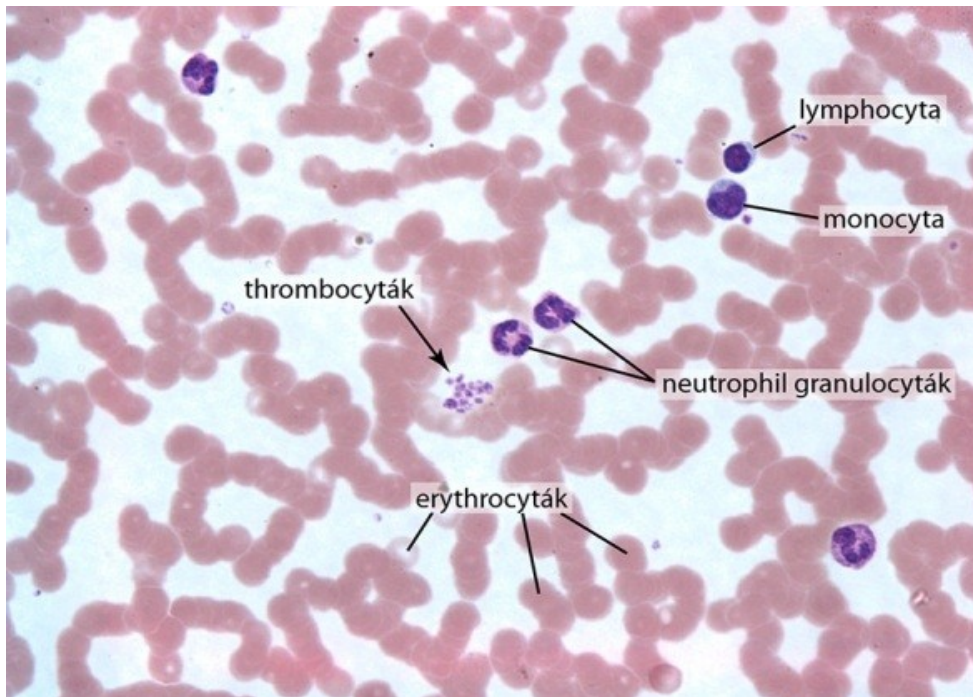
Vérkenet készítése (A–C) és eredménye (D). A kenet készítésének lépései (A): a tárgylemezen lévő vércsepp felé egy másik lemezt közelítünk (A), amelynek szélén a csepp szétfut (B). A lemezt 30–40 fokos szögben tartva azt előretoljuk, így a cseppet vékony réteggé húzzuk szét (C). A vérkenetek festés után (D)

A **Giemsa-festés** a DNS foszfátcsoportjaira specifikus eljárás, amely elsősorban az adenin/timin párosban gazdag szakaszokat jelöli. A festékkeverékben metilénkék, eozin és azúr-B festékek vannak.

Vérkenet festésekor a vörösvérsejtek (*erythrocyták*) és a vérlemezkék (*thrombocyták*) rózsaszínűre festődnek, a fehérvérsejtek (*leucocyták*) plazmája a kék különböző árnyalataiban tűnik elő, magjuk pedig lilásra színeződik.



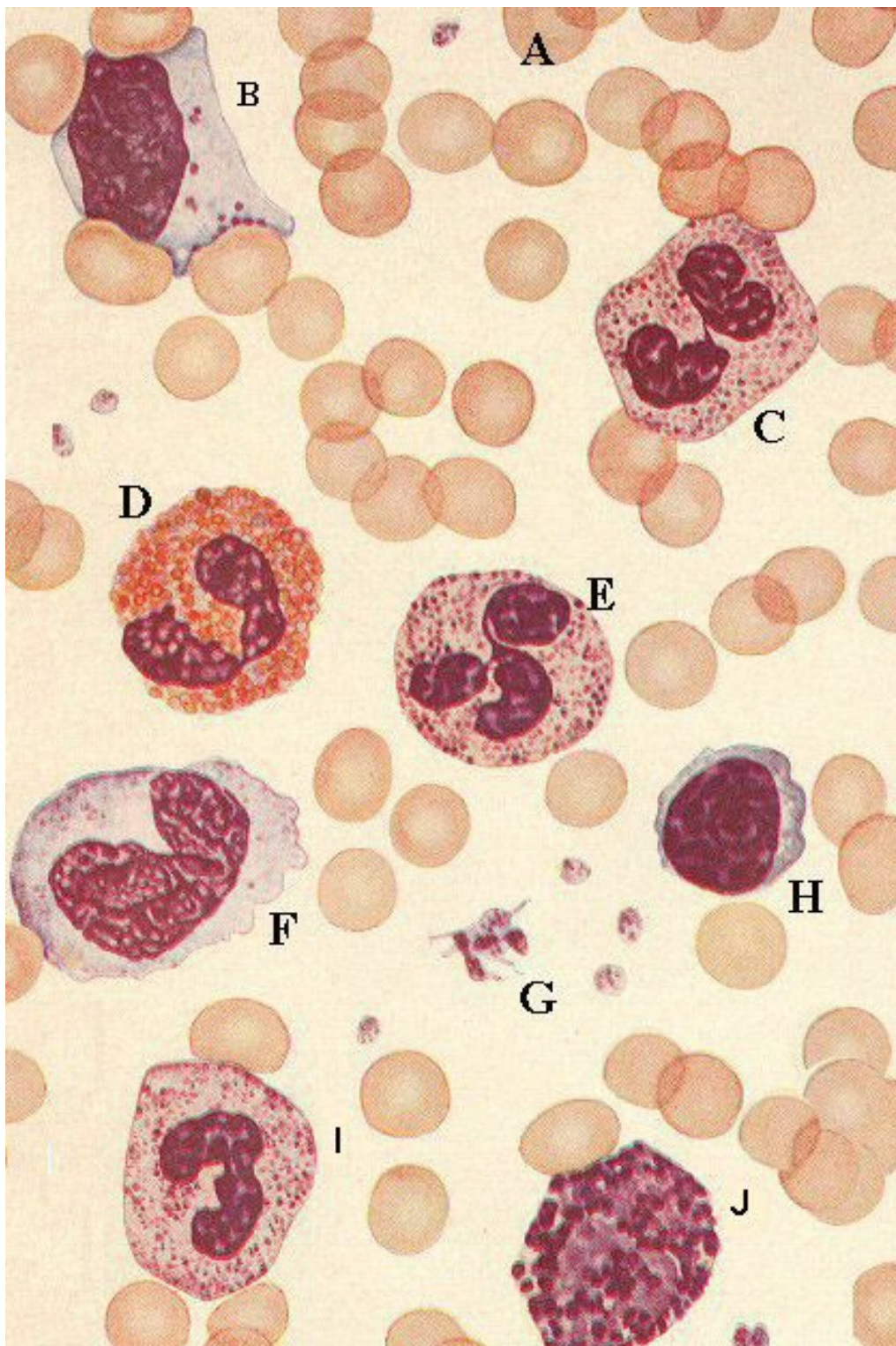
A **May–Grünwald-festés**: A festék itt [eozin](#) és metilénkék. Az eljárással a vörösvértestek rózsaszínűre, a fehérvérsejtek magvai ibolyás kékre festődnek. Az [eozinofil granulocyták](#) szemcséi pirosra, a *neutrophil* sejtek granulumai világos ibolyakékre, míg a *basophil granulocyták* szemcséi kékre festődnek. A *lymphocyták* plazmája kék lesz.



Vér alakos elemeinek morfológiája:

Humán vérkép:

A:



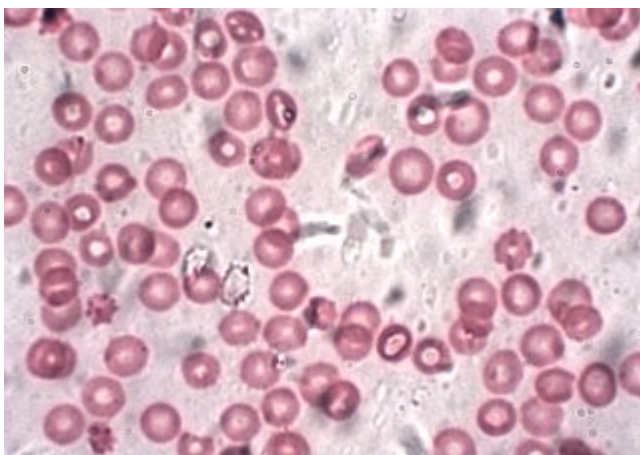
Vörösvértestek. **B:** Nagy limfocyta valószínűleg természetes ölüsejt (NK sejt) granulummokkal tűzdelt plazmája vörös vérsejteket ölel körül. **C, E, I:** Neutrophil granulocyták **D:** Eozinophil granulocyta **F:** Monocyta **G:** Thrombocyták **H:** Limfocyta **J:** Bazophil granulocyta

Vörösvérsejtek:

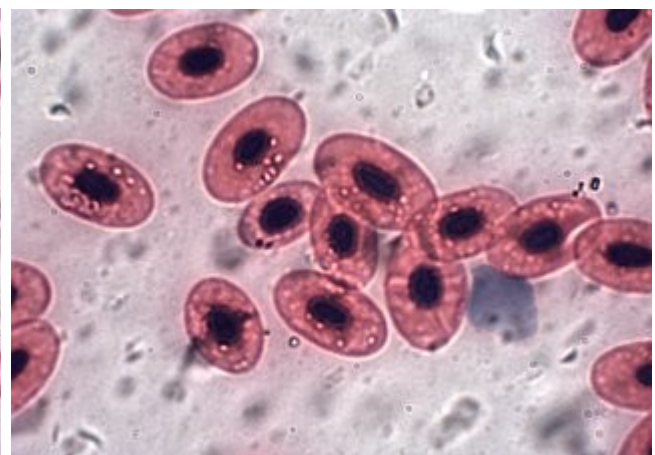
Humán vörösvértestektől eltérően a kétéltűeknek, madaraknak vörösvérsejtjeik vannak, vagyis a sejtanyag megmarad a keringésbe kerülő formánál.

A kétéltűekre ovális alakú az emberi vörösvértestnél nagyobb vörösvérsejtek jellemzőek.

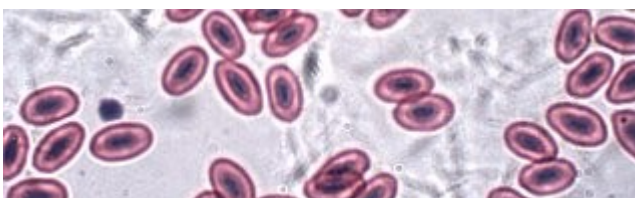
Madarak ovális vörösvérsejtjei hasonló nagyságúak, mint az emberé. A madár vörösvérsejtjében a Hb két változatban található A hemoglobin A-nak alacsonyabb az affinitása az O₂-hez, mint a hemoglobin D-nek, vagyis először a hemoglobin A O₂-jét használják el a szövetek majd a D-jét. A madár hemoglobinban a kötőhelyek közötti kooperativitás is nagyobb fokú, az első O₂ bekötését követően a többi O₂ megkötése egyre könnyebb (emiatl lesz a hemoglobin O₂ szaturációs görbéje szigmoidális). A vörösvérsejtek élettartama csak egy hónap, ez a gyors megújulási ráta is tükrözi a madarakra általában jellemző intenzívebb anyagcserét.



Human blood 1000X 3dham.com



Frog blood 1000X 3dham.com



Pigeon blood 1000X click to see full

A madarak fehérvérsejtjei

A fehérvérsejtek a csontvelőben fejlődnek. A mozgékony fagocitasejtek az emlősök mikroorganizmusainak felelnek meg. Egyik jellemző granulocita a *heterofil* sejt (pseudoeozinofil), amelynek sejtplazmáját szinte teljesen kitöltik a pálcika alakú, csillogó piros rögök. *Eozinofil* és *bazofil* sejtek megtalálhatók az emlősökhöz hasonló funkciókkal. Például a bazofil sejtjei a vándorló, gyulladásos folyamatokban aktívan részt vevő sejtek. A *limfociták* a madarak fehérvérsejtjeinek többségét adják. A *monociták* itt is a legnagyobb vérsejtek.

A **trombociták** fejlődése a vörösvérsejtekével párhuzamosan folyik. Az érett sejtalakok így nem töredékek, hanem hasonlatosak a vörösvérsejtekhez. Az ellipszis alakú, finom rajzolatú, egy vagy több szerotoninzárványt tartalmazó sejtek fagocitózisra is képesek.

Kétéltűeknél vérplazma összetétele és a fehérvérsejtszám is változik az évszaktól függően.

Forrás: Young S, Warner J, Speare R, Muller R: Hematologic and plasma biochemical reference intervals for health monitoring of wild Australian Tree Frogs

Veterinary Clinical Pathology 41(4):478-492 · December 2012

Két ausztrál békafajnál (*Litoria caerulea* és *L. infrafrenata*) végezték el a vizsgálatokat. Fehérvérsejtszám és a vérplazma összetevői nemcsak fajspecifikus jellegzetességeket mutattak, hanem más más értéket vettek fel nedves vagy száraz évszakban. A száraz évszakban mindkét fajnál magasabb volt a fehérvérsejtszám (WBC), a limfocitaszám emelkedett leginkább a *L. caerulea* fajban míg a neutrofil granulociták száma a *L. infrafrenata* fajban.

A nedves évszakban mindkét fajban magasabb vércukorszintet K^+ Na^+ , foszfát, hemoglobin koncentrációt és totál fehérje szintet mértek. Ez az évszacos változás az alkalmazkodást szolgálja ez eltérő környezeti feltételekhez és aktivitáshoz. Az állat a vér összetevőinek változásával tudja biztosítani az optimális energiaellátást és a megfelelő immunválaszt azt aktuális életszakaszában.

Ausztrál békafajok vérkenetei:

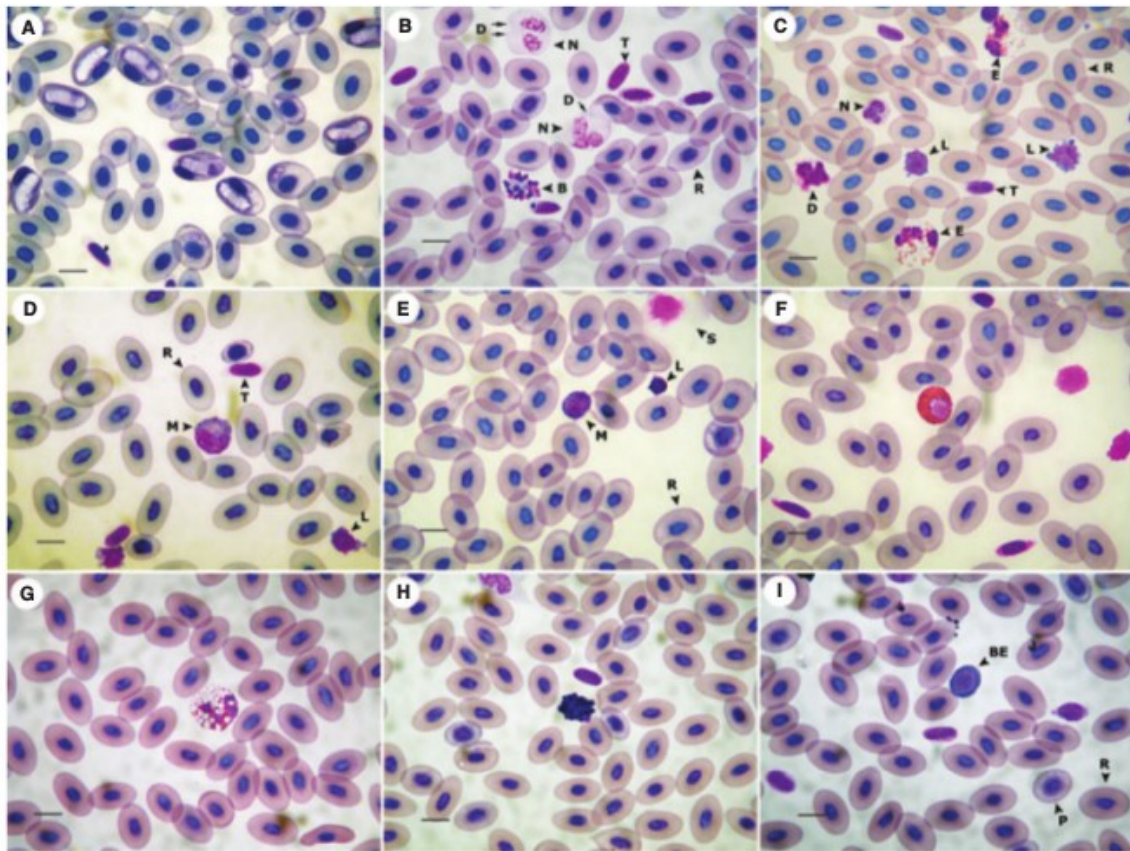


Figure 1. Blood smears from Australian tree frogs. Wright's stain, bar = 10 μm . (A) *Litoria infrafrenata*; heavy burden of intracytoplasmic RBC hemogregarine gametocytes and abundant polychromasia. (B) *L. infrafrenata*; 2 neutrophils (N) of the large phenotype, both with prominent cytoplasmic Döhle-like bodies (D) and 1 with multiple cytoplasmic vacuoles, basophil (B) with variable stain uptake by granules, thrombocytes (T), and mature RBCs (R). (C) *L. infrafrenata*; neutrophil (N) of the small phenotype, damaged unidentifiable cell (D), lymphocytes (L), eosinophils (E), thrombocytes (T), and mature RBCs (R). (D) *L. infrafrenata*; monocyte (M) of the large phenotype, lymphocyte (L), thrombocytes (T), and mature RBCs (R). (E) *L. infrafrenata*; monocyte (M) of the small phenotype, lymphocyte (L), smudged RBC (S), and mature RBCs (R). (F) *L. caerulea*; eosinophil. (G) *L. infrafrenata*; eosinophil. (H) *L. infrafrenata*; basophil. (I) *L. caerulea*; polychromatophilic RBC (P) and a basophilic erythroblast (BE).

Wright's festés, referencia vonal = 10 μm .

A-E *Litoria infrafrenata*;

F-I *Litoria caerulea*;

R: vörösvérsejtek, N: neutrofil granulocita, B: bazofil granulocita, L: limfocita, D: nem azonosítható sejt, M: monocita, E: eozinofil granulocita, T: trombocita,

Vérplazma biokémiai jellemzői a két békafajban

A fehérvérsejtszám ezen belül a neutrofil granulocitaszám és limfocitaszám változik szignifikánsan a *Litoria caerulea* fajban.

Table 3. Hematologic variables for common green (*Litoria caerulea*) and white-lipped (*L. infrafrenata*) tree frogs during the wet and dry seasons.

Species	<i>Litoria caerulea</i>				P-Value*	<i>Litoria infrafrenata</i>				P-Value*
	Wet (n = 39)		Dry (n = 41)			Wet (n = 27)		Dry (n = 39)		
Hematologic Variable	Median	IQR	Median	IQR		Median	IQR	Median	IQR	
PCV (%)	38.0	34.0–42.0	37.0	33.5–40.0	.508	34.0	30.0–37.0	28.0	24.0–32.0	<.001
Hemoglobin (g/dL)	9.7	8.5–10.9	8.6	7.6–10.2	.052	8.2	7.0–9.1	6.5	5.5–7.2	<.001
RBC ($\times 10^9/L$)	750	590–830	720	635–810	.675	800	720–860	650	590–770	.001
MCV (fL)	508	463–609	494	459–595	.654	420	383–507	417	359–480	.629
MCH (pg)	134	112–153	122	110–145	.142	100	84–119	97	84–114	.379
MCHC (g/L)	255	246–268	252	213–267	.202	241	210–268	235	210–243	.473
Thrombocyte ($\times 10^9/L$)	28.2	23.8–33.1	25.8	22.2–33.9	.464	36.8	29.1–46.4	28.2	23.5–33.7	.002
WBC ($\times 10^9/L$)	13.8	11.8–20.2	17.9	13.8–26.5	.022	15.3	11.5–23.9	23.1	15.1–34.0	.016
Neutrophil (%)	25.0	17.0–33.0	17.0	12.5–24.0	<.001	16.0	11.0–24.0	25.0	18.0–34.0	.002
Neutrophil ($\times 10^9/L$)	3.5	2.2–5.6	3.2	2.1–4.3	.163	2.7	1.7–4.0	5.8	3.5–8.4	<.001
Lymphocyte (%)	65.0	57.0–70.0	70.0	65.0–79.5	.004	73.0	50.0–80.0	66.0	58.0–75.0	.232
Lymphocyte ($\times 10^9/L$)	8.4	7.0–13.9	12.5	9.3–20.8	.002	10.7	8.0–17.1	14.3	10.4–20.2	.041
Monocyte (%)	7.0	5.0–12.0	7.0	5.0–10.0	.368	5.0	3.0–8.0	6.0	4.0–8.0	.633
Monocyte ($\times 10^9/L$)	1.3	0.6–1.8	1.2	0.9–1.8	.654	1.1	0.3–1.5	1.2	0.7–2.2	.119
Eosinophil (%)	2.0	1.0–3.0	3.0	0.5–5.0	.170	0.0	0.0–3.0	0.0	0.0–1.0	.377
Eosinophil ($\times 10^9/L$)	0.3	0.1–0.5	0.5	0.1–1.1	.099	0.0	0.0–0.7	0.0	0.0–0.2	.585
Basophil (%)	0.0	0.0–0.0	0.0	0.0–0.0	.302	1.0	0.0–6.0	0.0	0.0–0.0	.001
Basophil ($\times 10^9/L$)	0.0	0.0–0.0	0.0	0.0–0.0	.302	0.1	0.0–1.42	0.0	0.0–0.0	.001
Polychromatophilic Cells (%)	4.0	3.0–5.0	5.0	3.0–8.0	.361	1.0	0.8–4.0	1.0	0.4–3.0	.129
Basophilic Erythroblasts†	1.0	0.0–2.0	1.0	0.0–2.5	.139	1.0	0.0–2.0	1.0	0.0–3.0	.808

Data are medians and inter-quartile ranges (IQR).

*P-values refer to nonparametric Mann-Whitney tests between seasons within each species.

†Cells/100WBCs.

A vörösvérsejtszám, hemoglobinn koncentráció trombocitaszám, fehérvérsejtszám ezen belül a neutrofil granulocitaszám, limfocitaszám és bazofil granulocitaszám változik szignifikánsan a *Litoria infrafrenata* fajban.

Véralvadás

Véralvadék:

fibrinszálak és fibrinszálak közé bezárt vérsejtek képezik

Fibrinszálak kialakulása: véralvadási kaszkád során.

Érfal sérülése által kiváltott válaszreakciók:

1. Ér szűkülése: trombocitákból felszabaduló serotonin és egyéb vasoconstriktorok hatása
2. Szabaddá válnak az érfal kollagén rostjai: trombociták aktiválása kollagénhez és egymáshoz kapcsolódva az ún. trombocitadugó képzése
3. Szöveti trombosztin felszabadulása: véralvadási kaszkád beindítása

Véralvadási kaszkád:

Két úton indulhat meg:

belső indítású út: véráramba jelenlevő nagy molekulatömegű (HMW) kininogén aktiválja a XII véralvadási faktort (VF).

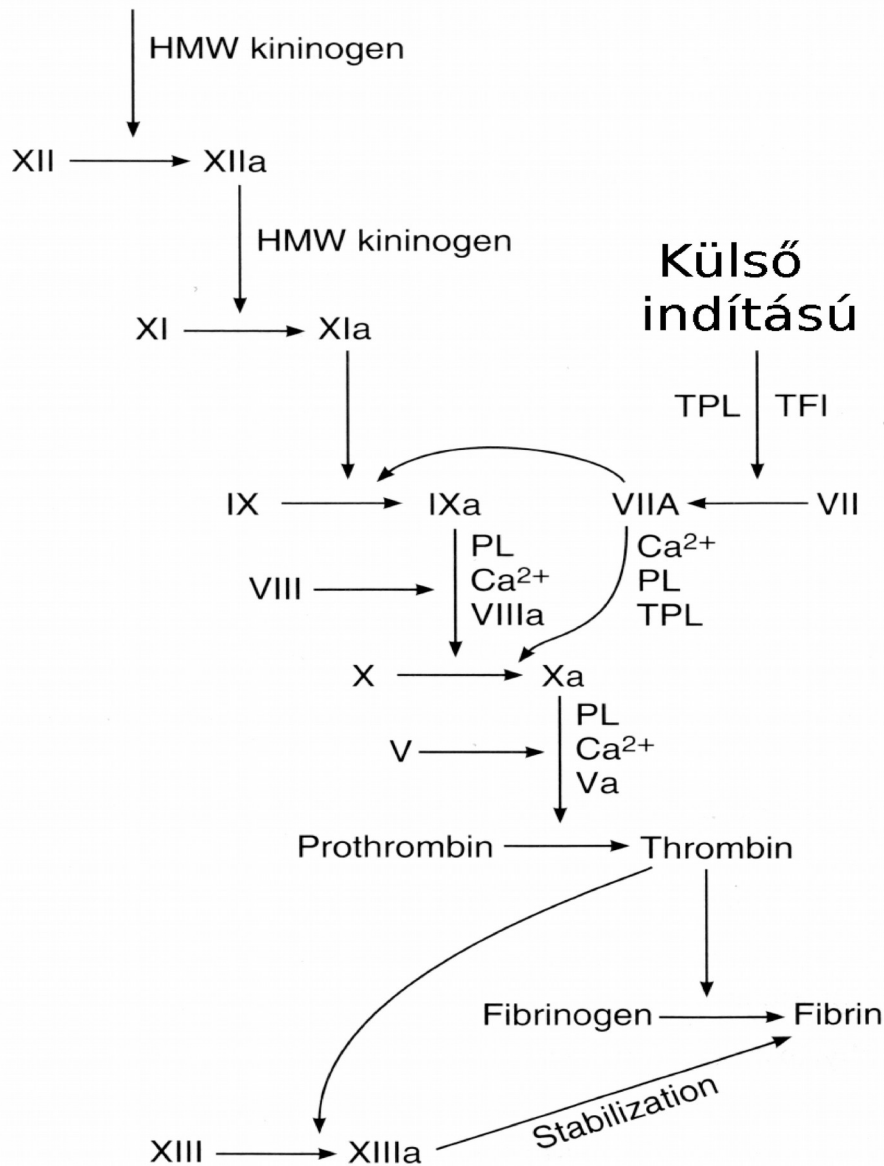
külső indítású út: szöveti trombosztin felszabadulása: VII VF aktiválása

Véralvadás során fibrinogénből fibrin polimer lánc lesz, keresztkötésekkel.

Kaszkád egymás után aktiválódó résztvevőinek inaktív formája egyre magasabb koncentrációban van jelen a vérplazmában: kaszkád során erősítés: egyre nagyobb koncentrációban keletkeznek az aktív elemek.

Alvadással együtt fibrinolitikus folyamatok is beindulnak: fibrinképződés időbeli és térbeli korlátozása. Normális esetben alvadási és antikoaguláns aktivitás egyensúlya miatt megfelelő nagyságú véralvadék keletkezik.

Belső indítású



TPL: szöveti
tromboplasztin

William F Ganong
(2005) Review of
Medical Physiology

22nd edition, McGraw-Hill , 542.o 27-24.ábra

Alvadási idő: alvadási rendszer állapotát tükrözi: első fibrinszál megjelenéséig eltelt idő (5-6 perc)

Alvadás megakadályozása:

in vitro:

Szabad Ca²⁺ megkötése: Na-citrát vagy Na-etiléndiamin-tetraacetát Ca²⁺-mal csapadékot képez.

VF-ok egy része (II, IX, X) Ca²⁺ jelenlétében aktiválódik csak. Recalcinálás: alvadás megindulása

in vivo

nem lehet annyira lecsökkenteni a szabad Ca²⁺ koncentrációt, hogy véralvadás ne induljon be (pótlás intracell. raktárakból)

K vitamin hatás gátlása: dicumarol, walfarin.

K vitamin katalizálja a glutaminsav oldallánc g-karboxyglutaminsavvá alakítását. VF II, VII, IX és X aktiválódásának gátlása

Heparin: szulfatált poliszaharid: IX, X, XI, XII VF-ok gátlása.

Szalicilsav származékok: trombociták koagulációját gátolja

Thrombomodulin: endothelium termeli,

agyú erek kivételével mindenhol van

thrombin megkötése: VF V és VIII aktiválását megakadályozza

protein C-t aktiválása: a már aktív VF V és VIII

inaktiválása

Plasminogén rendszer:

aktív komponens plasmin: plasminogénből keletkezik, thrombin és és szöveti plasminogén aktivátor hatására

fibrin és fibrinogén lízise,

fibrin degradációs termék keletkezése: thrombin inaktiválása

Véralvadási zavarok:

1. VF-ok hiánya (VF I, II, V, VII, VIII - haemophylia A, IX - haemophylia-B, X, XI, XII, XIII)
2. K vitamin hiány
3. Túlzott fibrinolízis
4. von Willebrand szindróma: vérlemezkék adhéziója gátolt
5. trombózisra hajlam

Vércsoportok:

Humán vörösvértestek felszínén vércsoport antigének más néven agglutinogének találhatók.

Ezek genetikailag meghatározottak, típusok között nagy szerkezeti változatosságot mutató

szénhidrát természetű anyagok. A vérplazmában vannak olyan fehérjék, amelyek kapcsolódva több ilyen sejtfelszíni jelző (marker) szénhidráttal hálózatos szerkezetű, szemmel is látható

összecsapódást, agglutinációt idéznek elő. Természetesen egyeden belül nem fordulnak elő olyan

tényezők, amelyek agglutinációt okozhatnak. Számos vércsoportantigén (*faktor*) ismert, és ezek

alapján vércsoportrendszerbe sorolhatók. Az *in vivo* agglutináció elkerülése érdekében

vérátömlesztés (*transzfúzió*) előtt meg kell határozni a vért adó (*donor*) és a vért kapó (*recipiens*)

vércsoportját, hiszen a recipiens csak olyan vörösvérsejteket kaphat, amelyek felületén nincs a saját

agglutininjei által megköthető antigén. Összeférhetetlenség (*inkompatibilitás*) esetén az átömlesztett

vörösvérsejtek a recipiens agglutininjeivel reagálnak, összecsapódnak (*agglutináció*), majd

feloldódnak (*hemolízis*). A kiszabaduló hemoglobin a májba jut, és ott az epefesték-forgalomba lép. Mennyiségétől függően ez lehet tünetmentes, de súlyos sárgaságot, esetenként halált is okozhat. A transfúziós balesetek elkerülésén túl a vércsoportvizsgálatok nagy jelentőségűek a származás- és/vagy utódellenőrzésben, akár igazságügyi esetekben is. Egy adott kérdés eldöntésekor a vércsoport öröklésmenetének ismeretében a rokonságból biztosan kizárható egyének/egyedek állapíthatók meg. A vércsoportvizsgálatok alkalmasak fajok és fajták evolúciós rokonsági szintjének felderítésére is. A vércsoportantigénekkal genetikai kapcsoltságban lévő tulajdonságokra való szelekciónak az állattenyésztésben nagy jelentőséget tulajdonítanak.

ABO rendszer

A és B antigének

Mendeli öröklődést mutatnak.

Négy vércsoport alakulhat ki: A, B, AB, 0

Vérsejteken kívül még egyéb sejteken is: nyálmirigy nyál, hasnyálmirigy, vese, máj, tüdő, testis

A és B antigének komplex oligoszacharidok, amelyek egy terminális cukor komponensben

különböznek egymástól. Vérsejteken levő antigén: glycosphingolipid. Egyéb sejteken levő antigén: glycoprotein.

Agglutinogének elleni antitestek: agglutininek

A és B antigénekhez hasonló antigének találhatóak a bélbaktériumokon és valószínűleg az újszülöttek táplálékában is, ezért az újszülöttek hamar kifejlesztik a bennük nem található antigének elleni antitesteket.

Antitestek hatása: a megfelelő antigént hordozó vérsejteket kicsapja

Rh vércsoport:

Csak vörösvérsejteken kifejeződő antigének.

C, D, E antigének, de a legerősebb antigén a D.

Rh⁻ : nincs D antigén, anti-D antitestet formáz az Rh⁺ vérrel való találkozásakor.

Rh⁺ van D antigén

Az Rh-pozitivitás a dominánsan öröklődő D-faktor jelenlétére utal. Az Rh-negatív egyének szervezete ez ellen termel anti-D agglutinint. Ez nemcsak transfúziós hiba esetén (Rh-pozitív vért adnak Rh-negatív egyéneknek), hanem az anya és magzata között is megtörténik. Ha Rh-negatív anyában Rh-pozitív apától Rh-pozitív magzat fogan, akkor az anyai szervezet által termelt anti-D agglutinint a placentán átjutva a magzat saját vörösvérsejtjeinek szétesését, és így a magzat méhen belüli (*intrauterin*) károsodását okozhatja.