

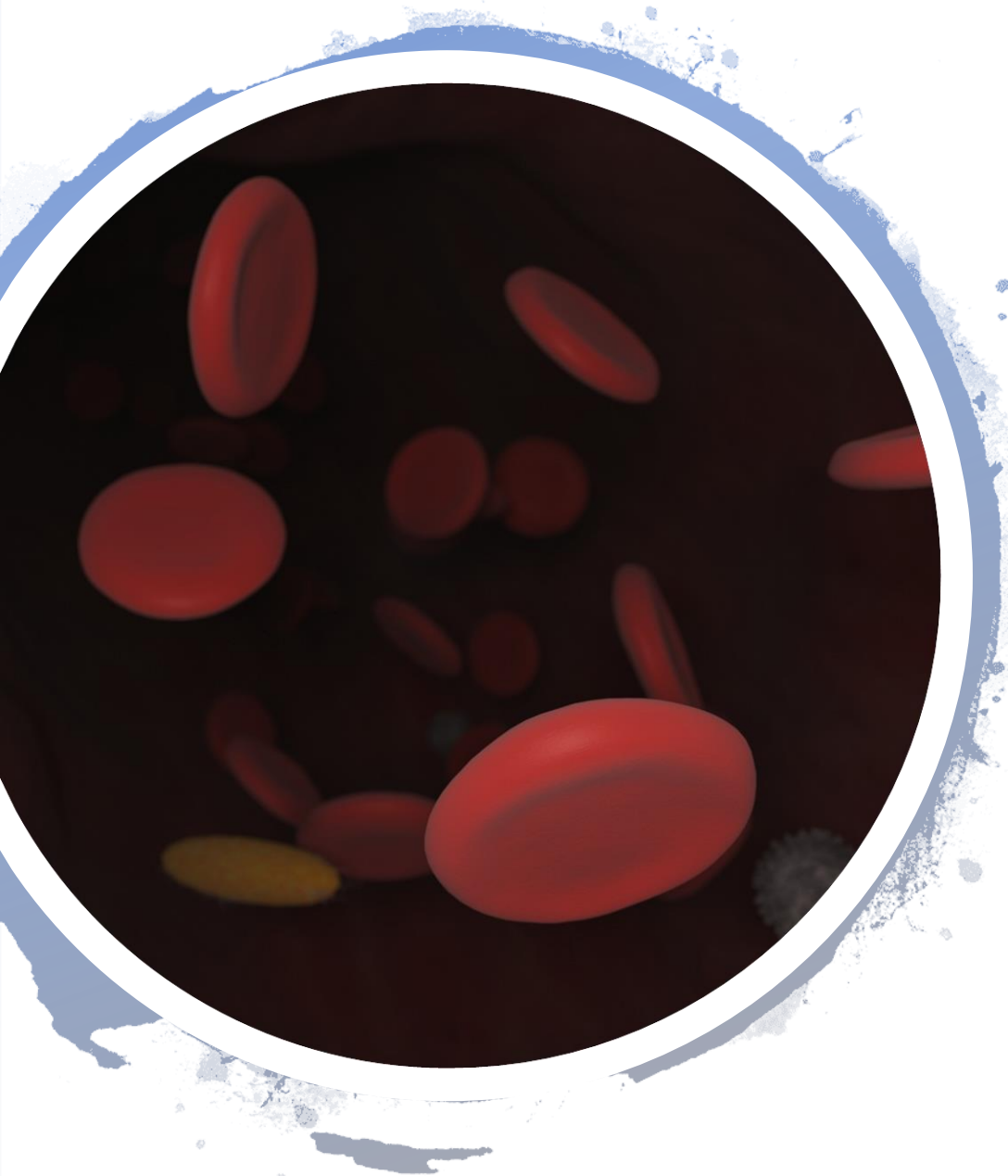
A detailed 3D illustration of a blood vessel filled with red blood cells. The cells are depicted as biconcave discs, with some showing internal structures like the nucleus and cytoplasm. The vessel walls are visible as a textured, reddish-brown surface. The overall color scheme is dominated by various shades of red, creating a realistic and scientific atmosphere.

Kotihoidossa toimiminen

Veri ja sen solut

Tuija Erämies

Veren koostumus



- Ihmisen painosta verta on 6-8 %
- Aikuisen naisen verimäärä on noin neljä litraa ja miehen viisi litraa
 - <https://www.youtube.com/watch?V=69vqzutdh3u> - noin 2 min
- 55% plasmaa - 45% on vettä ja 10% proteiineja (hyytymiseen liittyvä fibrinogeenia, hormoneita kuljettavat proteiinit, vasta-aineet ja entsyymit)
- 45% verisoluja - alle 1% valkosoluja ja verihiutaleita sekä noin 44% punasoluja
 - <https://www.youtube.com/watch?v=9JUuQ8LQH0g> - Olipa kerran elämä - Veri (yli 20 minuuttia)
 - https://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/veri_on_kumma_neste_kovin - Tiede -lehden artikkeli

Plasman sisältö:

- Pohjimmiltaan epäorgaanisten suolojen vesiliuos (92 %), joka vaihtuu jatkuvasti solunulkoisen (ekstrasellulaarisen) nesteen kanssa
- Sisältää myös kolmen päätyypin proteiineja: albumiineja, globuliineja ja fibrinogeeneja
- Plasmaproteiinit aiheuttavat kolloidiosmoottisen paineen, joka auttaa säätelemään nesteiden vaihtoa plasman ja ekstrasellulaarinnesteen välillä





Plasman proteiinit

1. Albumiini

- Plasmaproteiineista suurin osa on albumiineja
- Sitoutuvat suhteellisen helposti liukenemattomiin metaboliitteihin kuten rasvahappoihin ja toimivat siten kuljetusproteiineina

2. Globuliinit

- Globuliinit ovat laajakirjojen joukko proteiineja, joihin kuuluvat myös immuunijärjestelmän vastaaineet ja tietyt proteiinit, jotka vastaavat lipidien ja joidenkin raskasmetalli-ionien kuljettamisesta

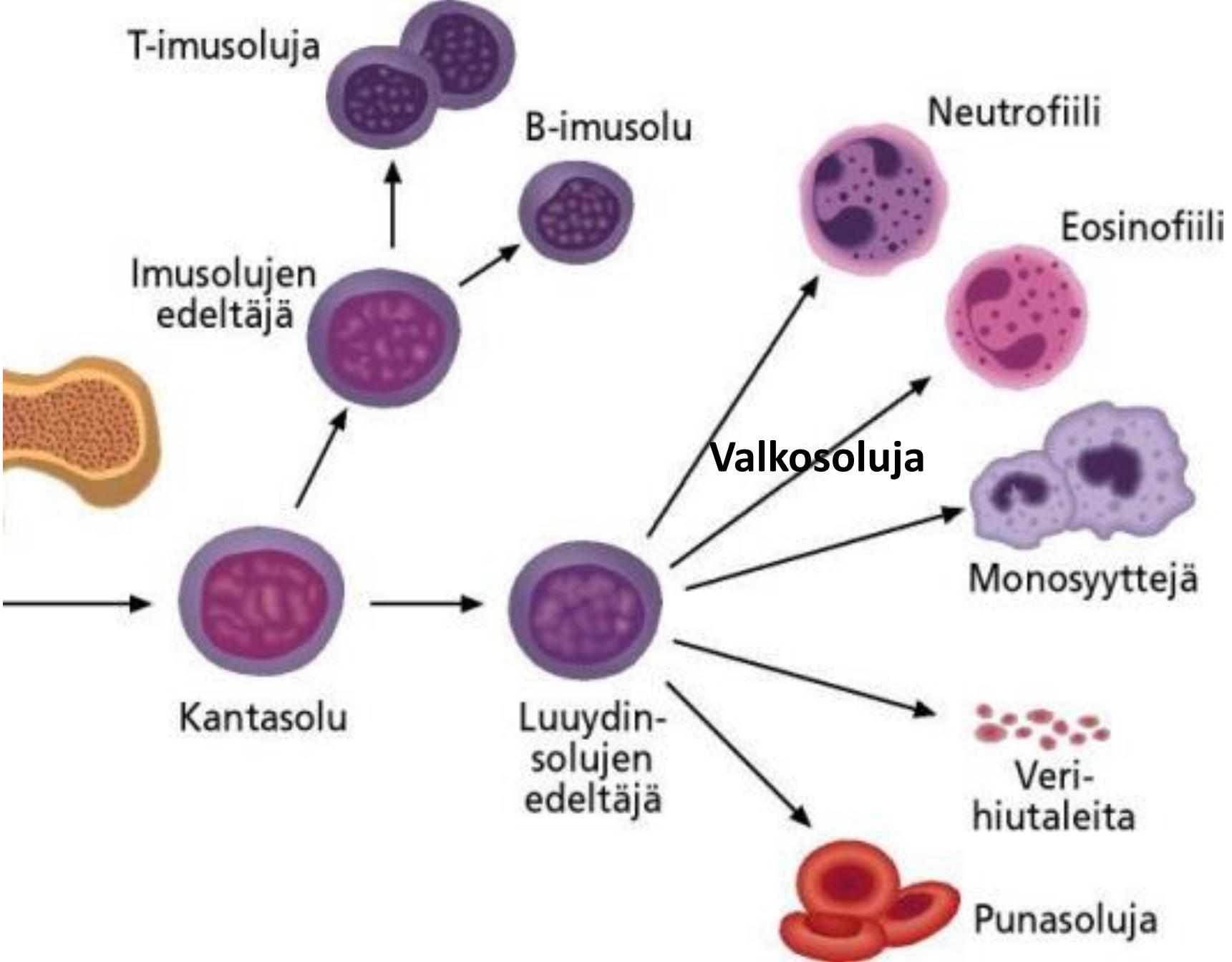
3. Fibrinogeeni

- Liukoinen proteiini, joka polymeroituessaan muodostaa liukenemattoman proteiinin, fibriinin, veren hyytyessä

Verisolut

- Verisolut jaetaan kolmeen ryhmään:
 - Punasolut (erytrosyytit)
 - Valkosolut (leukosyytit)
 - Verihiutaleet (trombosyytit)
- Muodostuvat luuytimessä, prosessissa, joka tunnetaan hematopoieesina
- Verisolut syntyvät luuytimessä yksinkertaisista keskenään samanlaisista kantasoluista, joista välivaiheiden jälkeen muodostuu hyvin erilaisia verisoluja
 - Veren kantasolut paikantuvat pääosin luuytimeen ja osin myös kiertävään vereen
 - Imusolut eli lymfosyytit, neutrofiilit, eosinofiilit ja monosyytit ovat erilaisiin tehtäviin erikoistuneita valkosoluja
 - Punasoluja syntyy ja niitä on veressä yli tuhat kertaa enemmän kuin valkosoluja





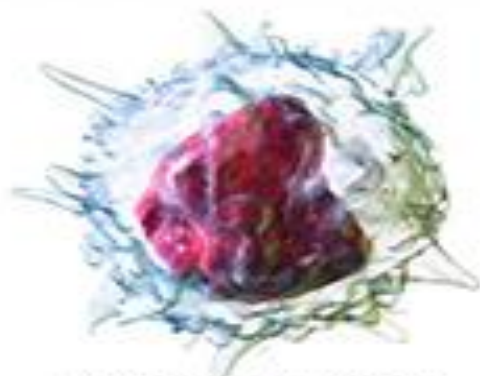
VERISOLUTYYPIT



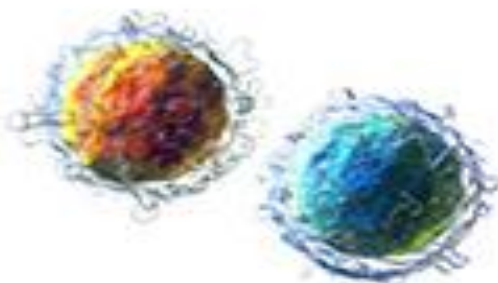
Punasolu



Verihiutale



Monosyytti



Lymfosyytti



Eosinofiili



Basofiili

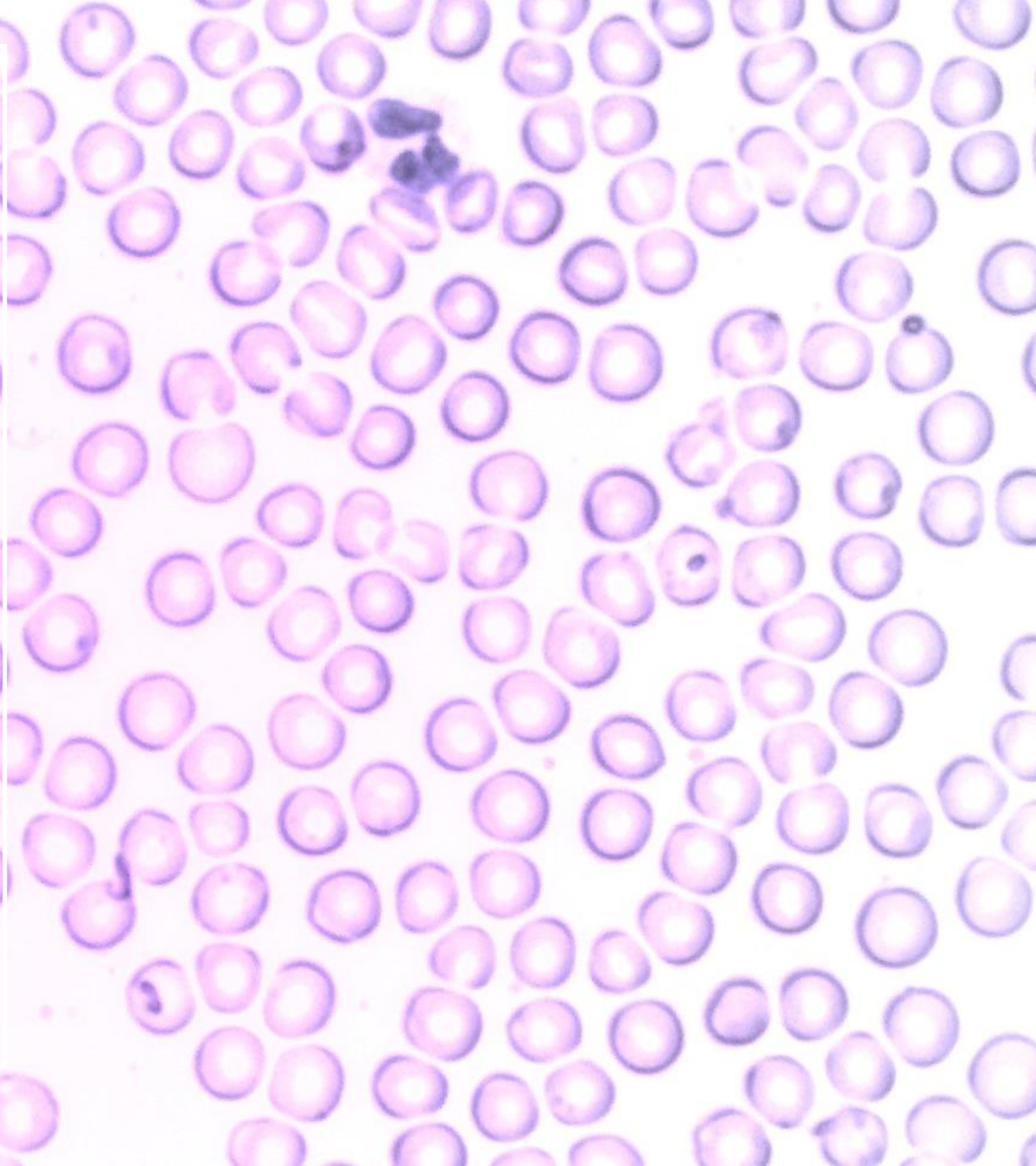


Neutrofiili

Valkosolut

Valkosolut eli leukosyytit

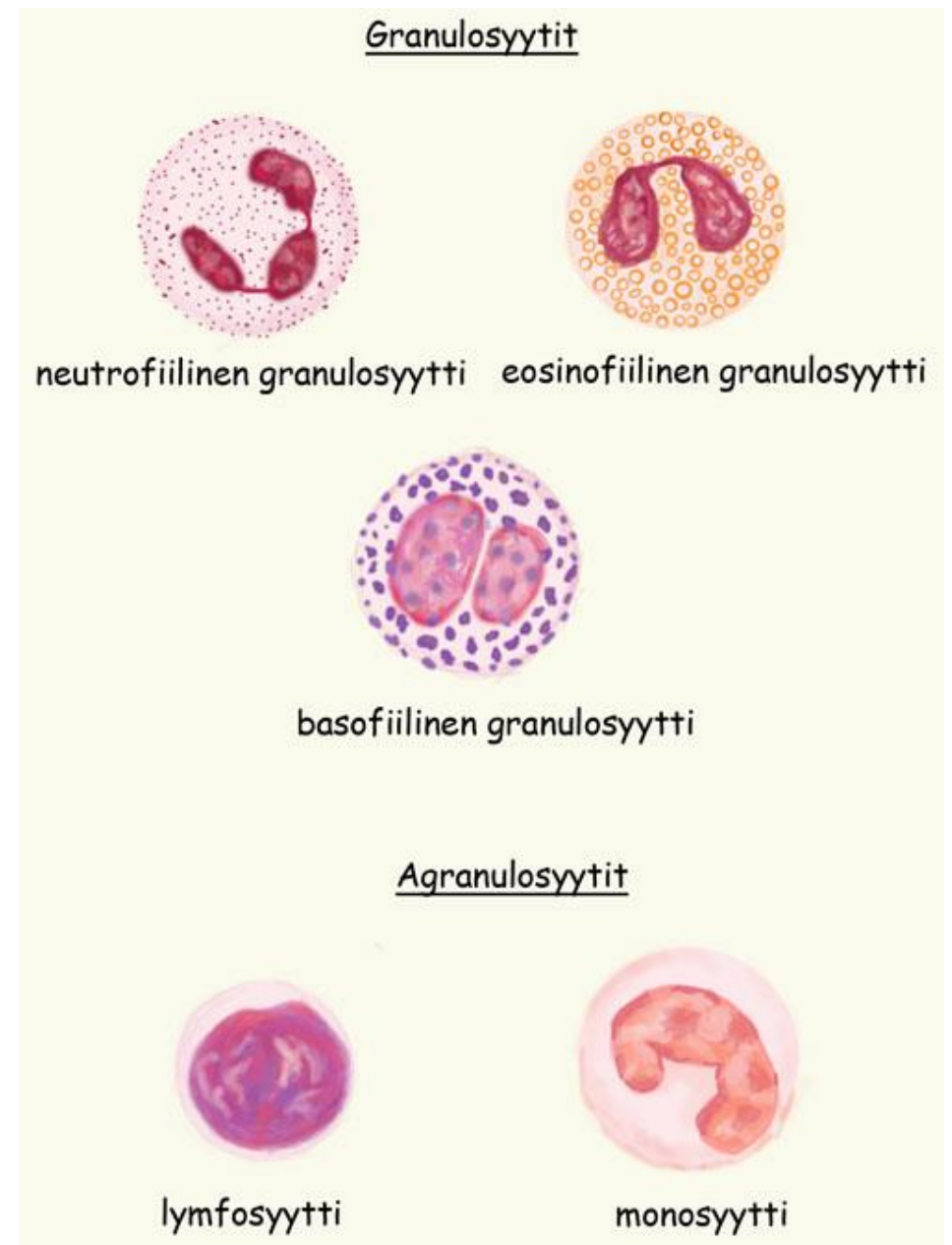
- Suurempia kuin punasolut
- Vain murto-osa punasolujen määrästä
- Niitä ei juurikaan ole veressä, vaan ne kulkeutuvat verenkierron avulla kudoksiin, immunesteeseen ja -solmukkeisiin sekä tarvittaessa erityisen runsaina tulehdusalueille, joissa ne toteuttavat tehtäviään elimistön puolustusjärjestelmässä
- Kolmella eri valkosolutyypillä - lymfosyyteillä eli imusoluilla, jyväsoluilla eli granulosyyteillä ja monosyyteillä - on toisistaan poikkeava rooli taudinaiheuttajien torjumisessa



- Valkosolut vastaavat soluvälitteisestä ja humoraalisesta immunovasteesta
- Ne kykenevät poistumaan verenkierrosta kudoksiin (diapedeesi), ovat myös olennainen osa sidekudoksen immunopuolustuksessa
- Valkosoluja on veressä normaalisti $6-10 \times 10^9 / l$
 - $> 10 \times 10^9 / l \Rightarrow$ **leukosytoosi** (akuutti tulehdus, leukemia)
 - $< 4 \times 10^9 / l \Rightarrow$ **leukopenia** (myrkyt, säteily, virusinfektiot, leukemia)

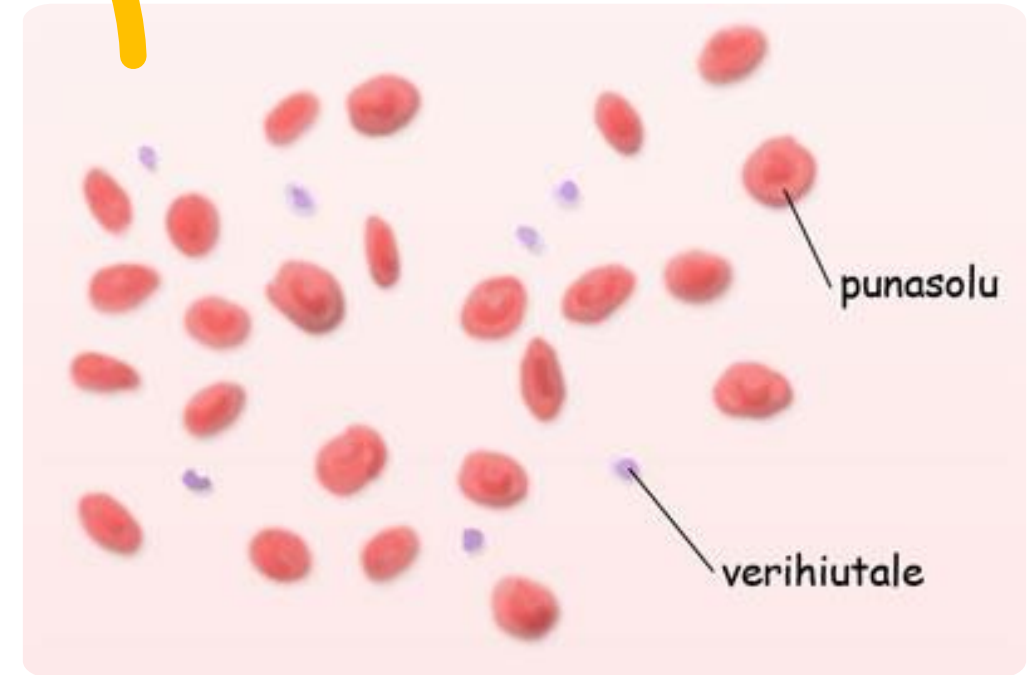


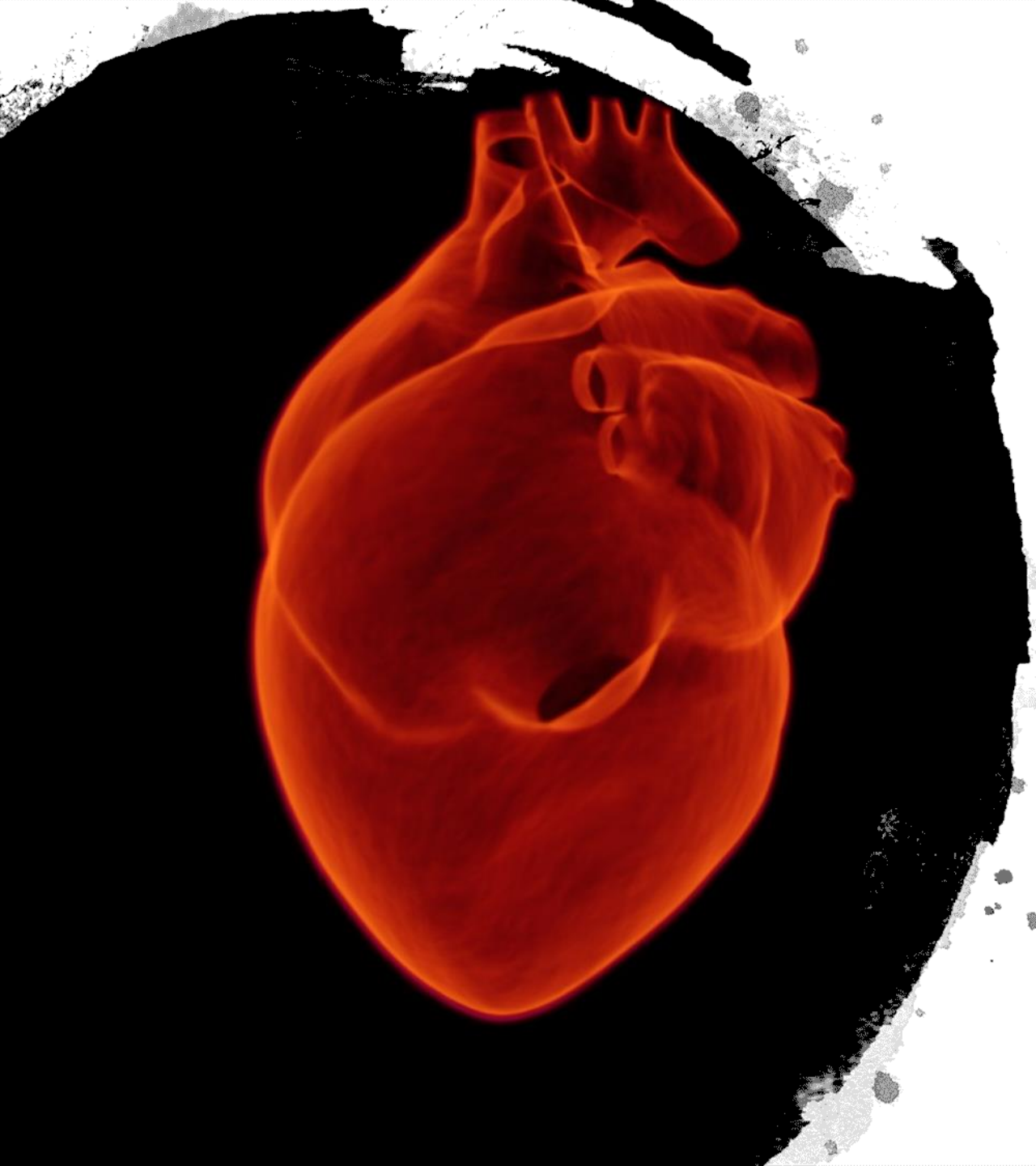
- Valkosolut voidaan jakaa kahteen pääryhmään:
- **Granulosyytit** eli jyväsolut
 - Neutrofiilit 60-70 %
 - Eosinofiilit 2-4 %
 - Basofiilit 0-1 %
- **Agranulosyytit** (mononukleaariset leukosyytit)
 - Lymfosyytit eli **imusolut** 30-35 %
 - Monosyytit 3-7 %
- Valkosoluista vain **imusolut** voivat olla useiden vuosien ikäisiä, muut kuolevat muutamassa vuorokaudessa
 - Muiden valkosolujen tapaan imusolut syntyvät luuytimen kaikkien verisolujen yhteisistä kantasoluista, jonka jälkeen ne kypsyvät primaarisissa imukudoselimissä
 - T-solut siirtyvät kypsymään kateenkorvaan ja B-solut punaiseen luuytimeen
 - Kypsymisvaiheessa imusoluille kehittyy reseptoreja, joilla ne kykenevät tunnistamaan kohteensa tarkasti



Verihiutaleet eli trombosyytit

- Pieniä, tumattomia ja vaihtelevan muotoisia verisoluja tai oikeastaan solun osia
 - Syntyy tuhansia yhdestä emosolusta kuroutumalla
- Verihiutaleiden elinikä on noin kymmenen päivää
- Niillä on merkittävä rooli veren hyytymisessä
 - Välttämätön suojamekanismi ihmisen elimistössä
- Joutuessaan kosketuksiin vaurioituneen kudoksen kanssa muuttuvat tahmeiksi ja muodoltaan haaraisiksi, jolloin tarttuvat toisiinsa kiinni
- Muodostavat nopeasti vauriokohtaan löyhän tulpan, jonka ansiosta verenvuoto pienissä vauriokohdissa lakkaa





- Kokonaisuudessaan veren hyytyminen on monimutkainen ketjureaktio, johon osallistuvat verihiutaleiden erittämät entsyymit ja kudoksissa ja veressä olevat lukuisat **hyytymistekijät**, joihin kuuluu esimerkiksi kalsium
- Hyytymisreaktion lopputuloksena veriplasmassa olevat liukoiset fibrinogeenit muuttuvat liukenemattomiksi fibriinisäikeiksi
- Nämä säikeet tukevat verihiutaleiden muodostamaa tulppaa ja niihin tarttuu runsaasti verisoluja, jolloin syntyy verihyytymä
- Tarpeettomasti verisuonten sisälle syntyneet hyytymät voivat johtaa veritulppiin

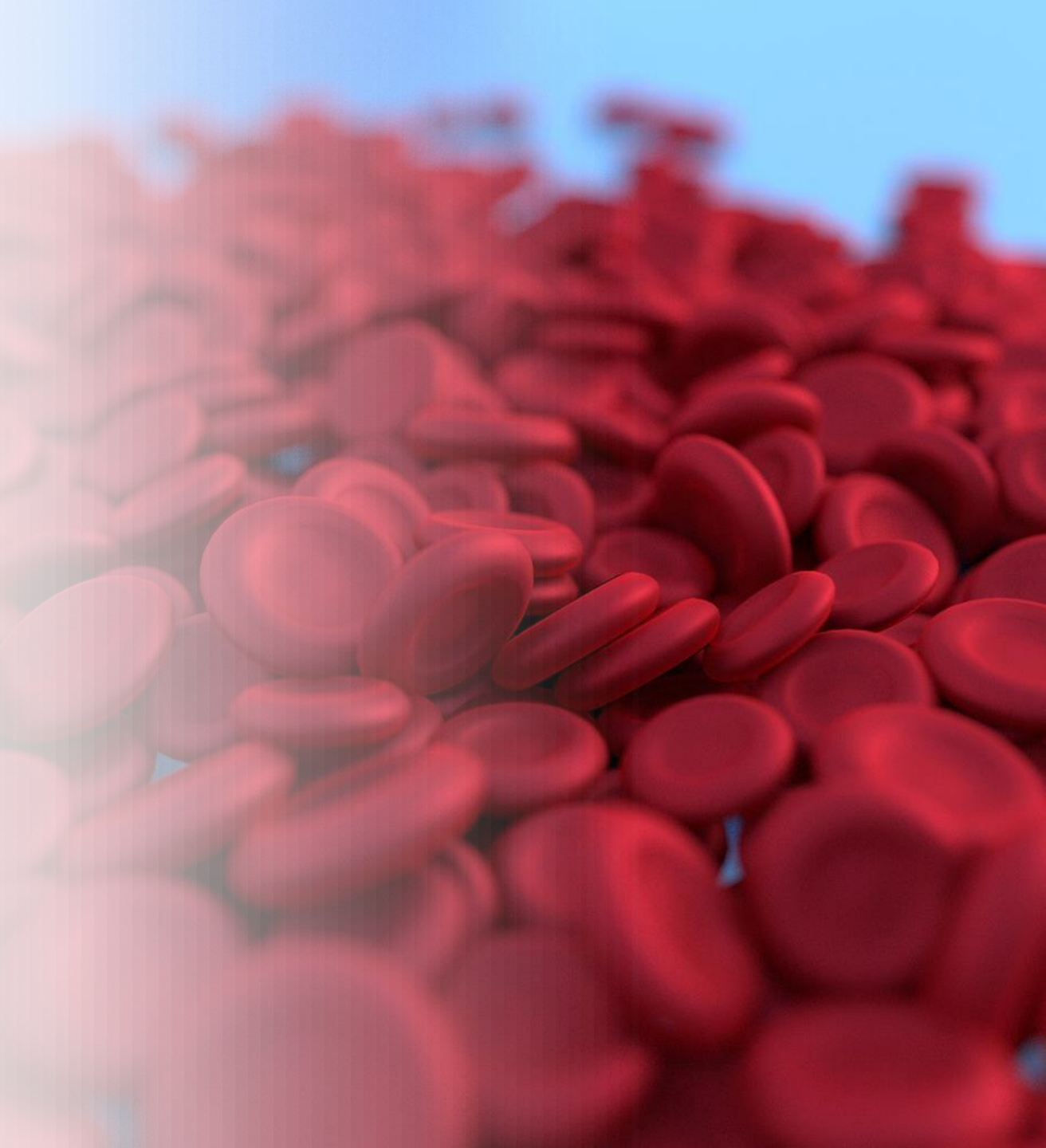
- Veren hyytymisjärjestelmä eli hemostaasi jaetaan kolmeen vaiheeseen, primaari ja sekundaari hemostaasiin sekä fibrinolyysiin
 - Primaari vaiheen hemostaasissa verisuonet supistuvat ja trombosyytti- eli verihiutaletulppa muodostuu
 - Trombosyytti- eli verihiutaletulppa muodostuu siten, että suonessa olevan vauriokohdan alta paljastuvasta endoteelistä ilmentyy kollageenia, kudostekijää ja von Willebrandin -tekijää
 - Von Willebrandin -tekijä saa trombosyytit kulkeutumaan verivirrassa suonivaurioalueelle ja yhdessä kollageenin kanssa ne saavat aikaan verihiutaleiden muodonmuutoksen
 - Sekundaari vaiheessa verihiutaletulppa hyytyy, niin että fibriinsäikeet sitovat sen
 - Samaan aikaan trombosyyttitulpan syntymisen kanssa veren hyytymiseen osallistuu lukuisia eri entsyymejä, hyytymistekijöitä sekä kofaktoreita
 - Hyytymiskaskadissa hyytyminen etenee hyytymistekijä II:n eli protrombiinin muuttumisena trombiiniksi

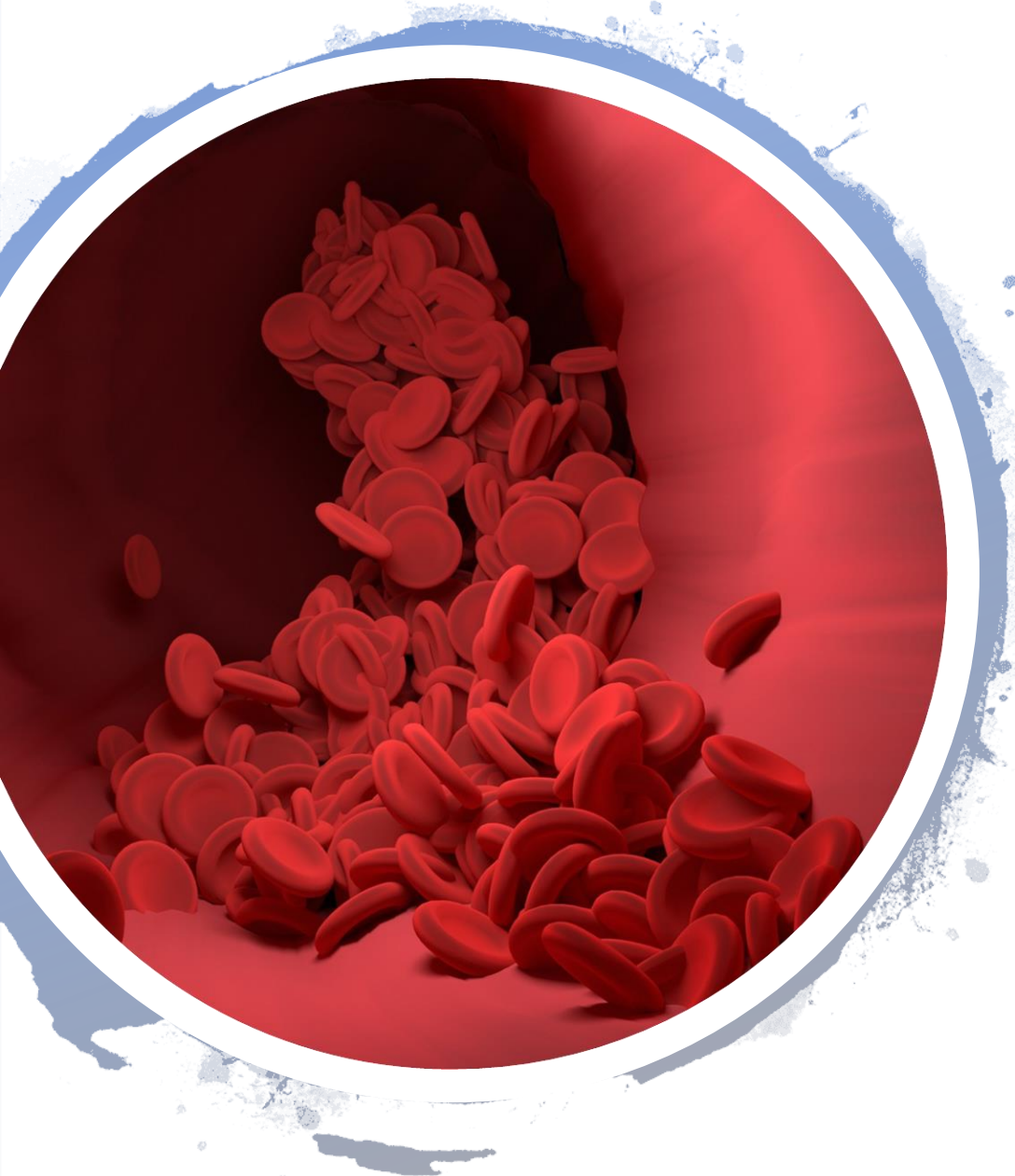


- 
- Välittömästi hyytymän synnyttyä, alkaa fibrinolyysi eli hyytymän pilkkoutuminen
 - Fibrinolyysin aktivoi kudoksesta vapautuva kudosaaktivaattori tPa, joka vaurion tullessa suoneen aktivoi plasminogeenin
 - Yhdessä ne tarttuvat fibriiniin jolloin plasminogeeni aktivoituu ja muuttuu plasmiiniksi
 - Plasmiinin tehtävänä on pilkkoa fibriiniä

Punasolut eli erytrosyytit

- Valtaosa veren soluista on pieniä ja kiekkomaisia punasoluja
- Tehtävänä on kuljettaa keuhkoista kudoksiin happea, joka sitoutuu punasolujen hemoglobiiniin
- Punasoluja on paljon ja niitä syntyy jatkuvasti miljoonia luuytimissä
 - Elävät vain noin 120 päivää
 - Niissä ei ole tumaa eikä soluelimiä, vaan ne ovat täysin erikoistuneita kuljettamiseen
 - Osa hiilidioksidista kuljetetaan punasolujen avulla, mutta suurin osa siitä siirtyy keuhkoihin vereen liuenneena





Punasolujen esiasteet eli retikulosyytit

- Retikulosyytit ovat punasolujen epäkypsiä muotoja joita vapautuu verenkiertoon luuytimestä
- Sisältävät tarpeellisen määrän mitokondrioita, ribosomeja ja Golgin laitteita että kykenevät valmistamaan solun tukirangan valmiiksi ja syntetisoimaan kypsän punasolun määrästä puuttuvan 20 prosenttia hemoglobiinista
- Lopullinen kypsyminen verenkierrrossa tapahtuu noin 24-48 tunnin sisällä niiden vapautumisesta
- Verenkiertoon vapautuva retikulosyyttien määrä vastaa yleensä pernan ja maksan verenkierrosta poistamia punasoluja
- Koska punasolujen elinaika on noin 120 päivää, retikulosyytit muodostavat hieman alle 1 % verenkierrossa olevista punasoluista

- Hemoglobiini eli verenpuna on punasolujen sisällä oleva peptideistä koostuva proteiinikimppu, joka sisältää myös runsaasti rautaa
 - Hemoglobiini antaa verelle sen punaisen värin
- Hemoglobiinin pääasiallisena tehtävänä on punasolun kuljettamana sitoa keuhkorakkuloista imeytyvä happi ja kuljettaa se valtimoiden kautta jakamalla se lopulta kudoksiin
- Samalla se sitoo hiilidioksidia ja muita aineenvaihduntatuotteita kuljetettavaksi takaisinpäin





- Normaalisti hemoglobiinitaso vaihtelee miehillä noin 130-165g/l ja naisilla 115-150g/l välillä
 - Naisilla ja lapsilla hemoglobiinitaso vaihtelee hieman runsaammin
- Vaikka punasolut ovat keskimäärin muita soluja pienempiä ja joustavia kulkiessaan hiussuonistoissa, voi korkea hemoglobiinitaso (yli 180g/l) aiheuttaa mekaanista punasolujen ahtautumista pienten hiusvaltimoiden haarautumiskohdissa ja altistaa osaltaan verenkiertohäiriöille ja verenpaineen nousulle

Anemia

Punasolujen esiasteiden muodostumishäiriö

- Aplastinen anemia (luuytimen solujen väheneminen)
- Sekundaarinen anemia (kroonisen taudin aiheuttama raudan käyttöhäiriö esim. reuma, munuaisten vajaatoiminta, syövät))
- Luuydinfiltraatio (luuydintä tuhoavat sairaudet - leukemiat, muut syövät)

Punasolujen kypsymishäiriöt

- Tuman kypsymishäiriöt (B12 -vitamiinin puutos, folaatin puutos, myelodysplastinen oireyhtymä eli luuytimen sairaus)
- Hemoglobiinisynteesin häiriöt (raudanpuute, talassemia eli välimeren maissa perinnöllinen sairaus, lyijymyrkytys)

Punasolujen menetys

- Verenvuoto
- Hemolyysi (punasolujen hajoaminen tavallista nopeammin)



Lähteet

- Anttila K, Hirvelä M, Jaatinen T, Polviander M & Puska E-L. 2019. Sairaanhoito ja huolenpito. Sanoma Pro Oy.
- Juvonen E, Sainio S & Krusius T. 2013. Verensiirto: käyttöaiheet, suoritus ja haitat. Teoksessa: Lääkärin käsikirja.
- Salonen J. 2014. Anemia (alhainen hemoglobiini). Lääkärikirja Duodecim http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.Koti?P_artikkeli=dlk00006