

Tallinna Tehnikaülikool

Taivo Lints

990849LASM

Interstiitsium ehk rakuvaheruum

Referaat aines "Sissejuhatus biofüüsikasse"

Õppejõud: R.Traksmäe, T.Sillat

2003. november

Sisukord

1. SISSEJUHATUS.....	1
2. MIS ON RAKUVAHERUUM?	2
2.1. ASUKOHT JA FUNKTSIOON	2
2.2. KOOSTIS JA STRUKTUUR	3
2.2.1. <i>Rakuvaheruumi kiud</i>	3
2.2.2. <i>Rakuväline vedelik</i>	10
2.3. RAKUVAHERUUMI KOMPONENTIDE TEKE.....	10
3. AINETE LIIKUMINE RAKUVAHERUUMIS	12
3.1. LIIKUMINE RAKUVAHERUUMI JA SEALT VÄLJA	12
3.2. LIIKUMINE RAKUVAHERUUMI SEES	14
4. NÄITEID RAKUVAHERUUMI UURIMISE MEETODITEST.....	16
5. TERVISEGA SEOTUD ASPEKTE	18
6. KOKKUVÕTE.....	21
7. KASUTATUD MATERJALID.....	22

1. Sissejuhatus

Interstiitsium ehk rakuvaheruum on organismi talitluse seisukohalt väga oluline. Ta on otseselt seotud keharakkude ainevahetusprotsessidega, immuunsüsteemi funktsioneerimisega, keha struktuuri säilitamisega. Samas ei pöörata lihtsamates organismide tutvustustes (nt. põhi- ja keskkoolis) rakuvaheruumile eriti suurt tähelepanu, mistõttu on üsna levinud ettekujutus, et kogu keha koosneb peaaegu täielikult ainult rakkudest. See omakorda on tõsine takistus organismi funktsioneerimise mõistmisel. Käesoleva referaadi tegemise eesmärgiks oligi anda eelkõige autorile, aga ka kõigile lugejatele, ülevaade rakuvaheruumi olemusest ja rollist inimese ning muude kõrgemate loomade organismis.

2. Mis on rakuvaheruum?

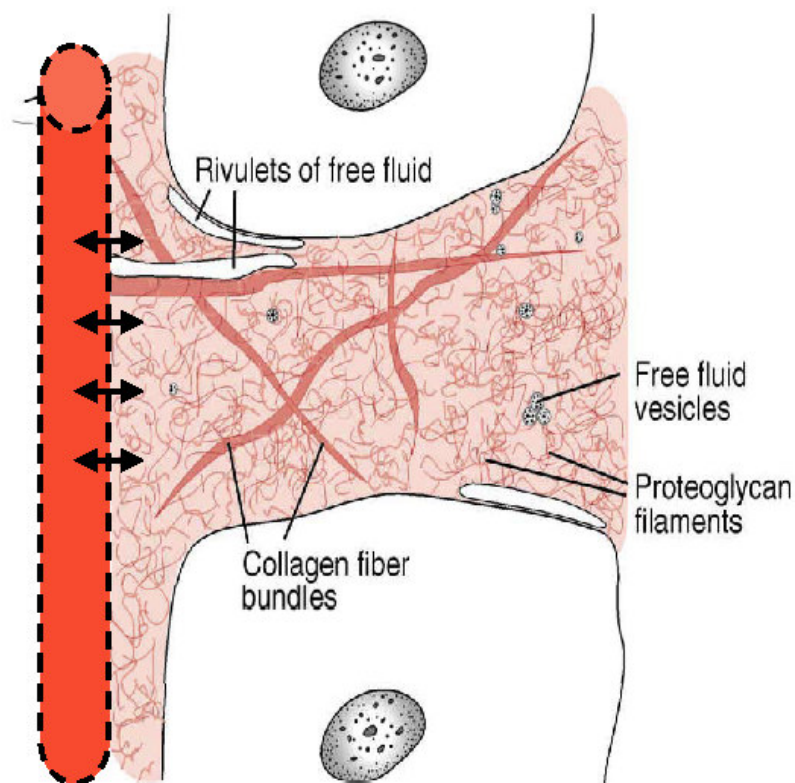
2.1. Asukoht ja funktsioon

Rakuvaheruum (RVR) on rakkude vaheline ruum, mis sisaldab makromolekulide võrgustikku (nn. ekstratsellulaarset maatriksit) ning rakuvälist vedelikku. Võrgustik toetab rakke, omades seega olulist rolli kudede struktuuri säilitamisel. Rakuväline vedelik võimaldab toitainetel ja hapnikul liikuda veresoontest rakkudeni ning raku jääkproduktidel tagasi veresoontesse. 70-kilogrammise massiga inimese organismis on rakuvälist vedelikku umbes 14 liitrit, sellest vereplasmast 3 ja interstitsiaalset e. koevedelikku 11 liitrit (võrdluseks: rakusisest e. intratsellulaarset vedelikku on samal inimesel ligikaudu 28 liitrit) [1]. RVR-is leidub ka vabalt ringi liikuvaid rakke, eriti immuunsüsteemi kuuluvaid makrofaage, mis kaitsevad organismi võõrkehade eest.

Erinevates kudedes on RVR osakaal erinev, kõige rohkem on RVR-i sidekoes. Näiteks tihe sidekude (luu, kõhr, kõõlus) sisaldab suhteliselt vähe rakke, aga palju ekstratsellulaarse maatriksi valke, mis annavad koele vajaliku tugevuse ja/või elastsuse [2]. Veres, mis on vedel sidekude, maatriksit ei ole. Küll aga on seal suurel hulgal vereplasmast (veidi üle poole vere mahust), mis on rakuvälise vedeliku üks esinemisvorme.

2.2. Koostis ja struktuur

Esmase ettekujutuse rakuvaheruumi olemusest annab joonis 1.



Joonis 1. Rakuvaheruum. Vasakul asub verekapillaar; üleval ja all on kaks rakku; RVR-is asuvad rakuväline vedelik (peamiselt seotult, aga ka vabade "ojakeste" (*rivulets*) ja põiekestena (*vesicles*)) ning kollageeni- ja proteoglükaanikiud. [3]

Järgnev põhjalikum struktuuri ja koostise kirjeldus põhineb peamiselt allikal [4].

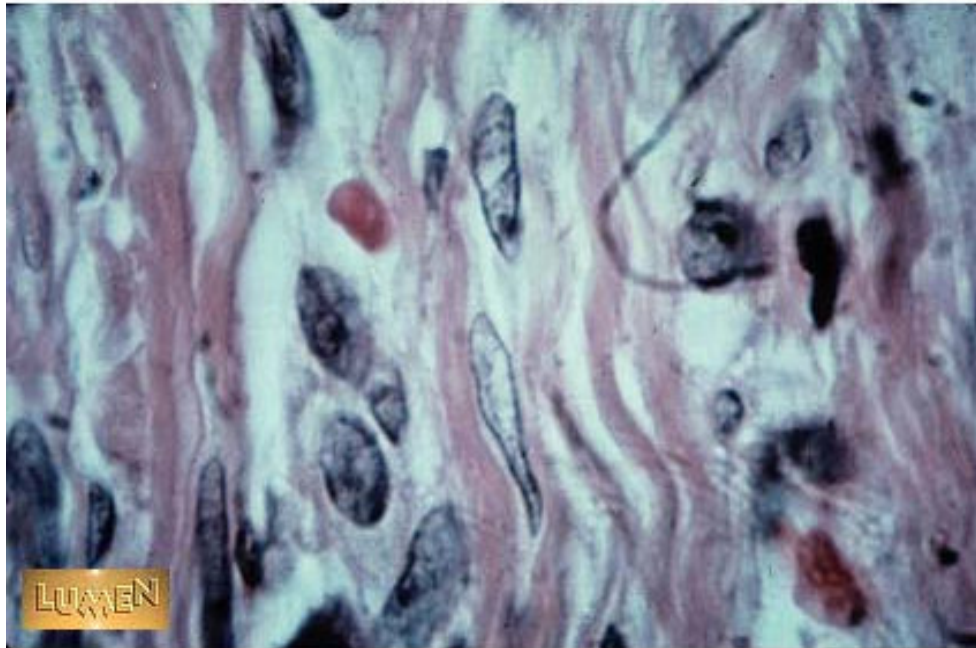
2.2.1. Rakuvaheruumi kiud

RVR-is olevad kiud on valgulise koostisega (pikad peptiidahelad) ning neid võib jagada kolme suuremasse rühma:

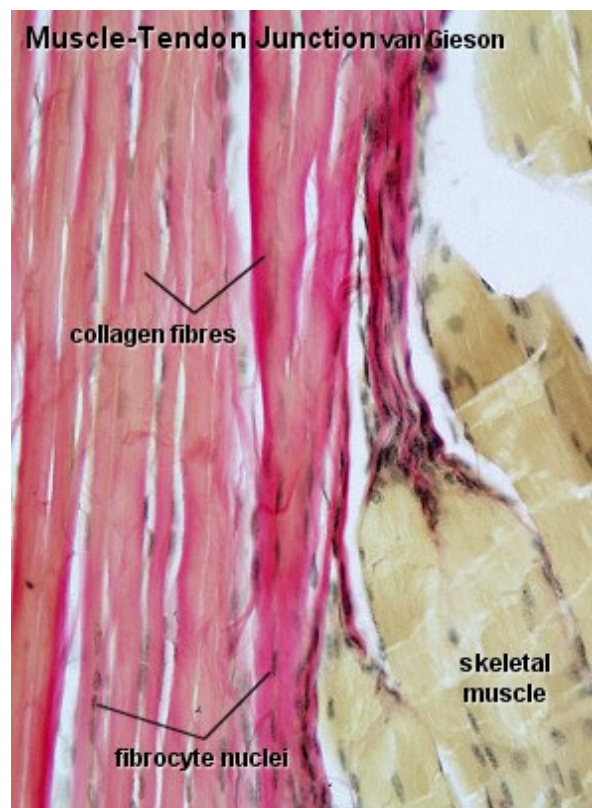
- Kollageenikiud.
- Retikulaarkiud.
- Elastsed kiud.

Kollageenikiude on kõige rohkem. Nad on painduvad ning omavad suurt tõmbetugevust (s.t. ottest tõmmates ei purune kergesti). Näiteid kollageenikiududest on toodud joonistel 2 ja 3, kus kiud on üsna regulaarse paigutusega ning selgeteristatavad (mis aga ei tähenda, et nad kõikjal selliselt oleks).

Histology Lab Part 4: Slide 23

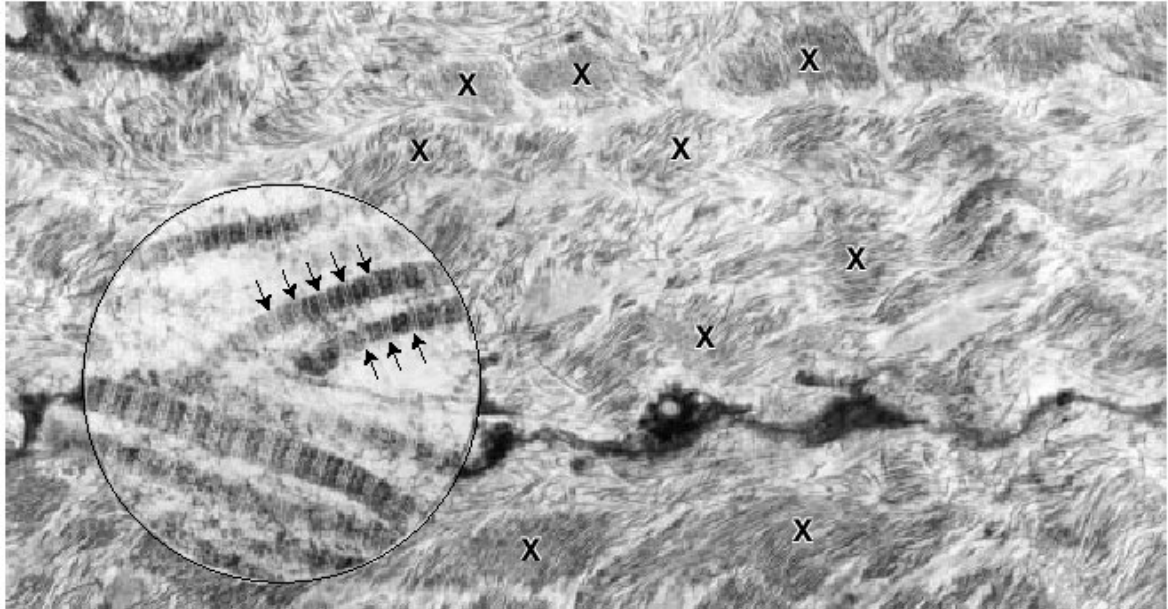


Joonis 2. Kollageenikiud, millede vahel asetsevad mõned fibroblastid (rakud, mis toodavad ekstratsellulaarse maatriksi komponente). [5]

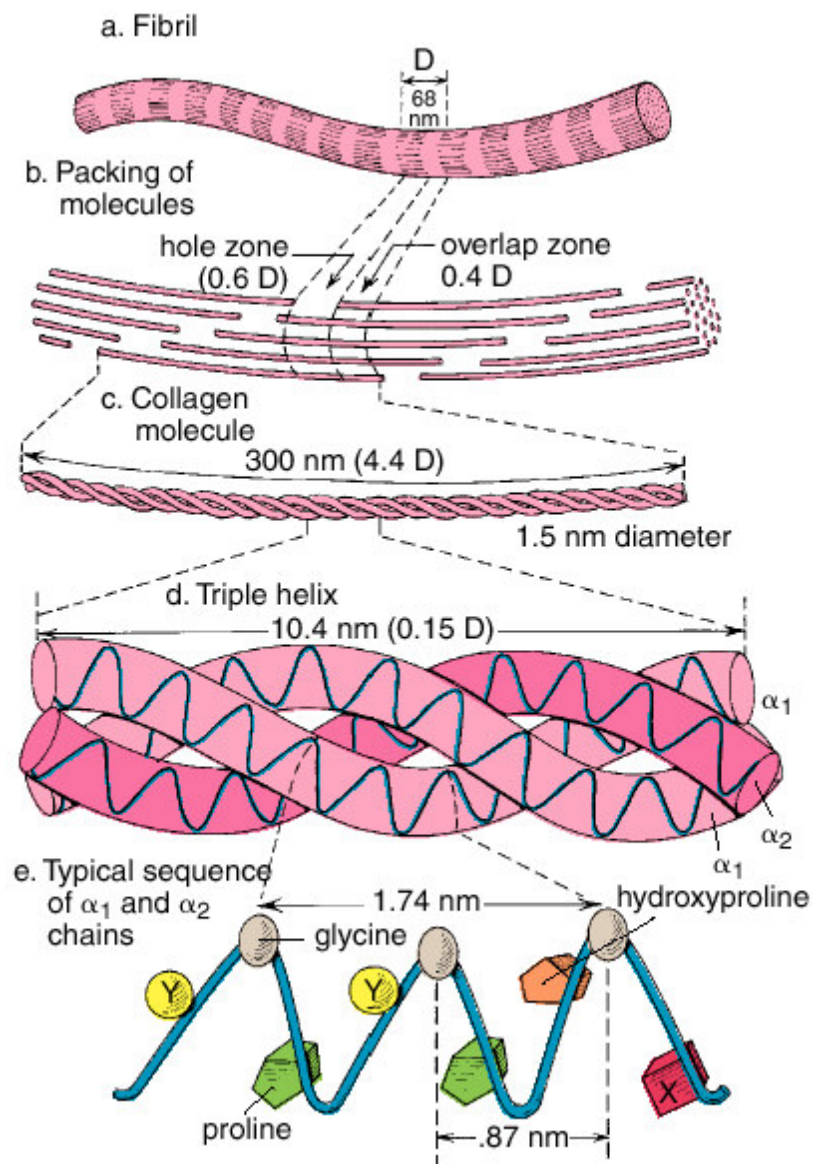


Joonis 3. Kollageenikiud (vasakul) ja vöötlihase kiud (paremal). [6]

Kollageenikiud koosnevad omakorda suurest hulgast väikestest kollageenikiukestest (e. kollageenifibrillidest), mis ühe kiu piires on suhteliselt ühtlase läbimõõduga, aga üldiselt võivad omada diameetrit vahemikus 15..300 nanomeetrit. Kõige väiksema läbimõõduga on nad alles arenevates kudedes, kõige suuremaga piirkondades, kus vajatakse kõrgendatud vastupidavust, näiteks kõõlustes. Kollageenifibrillid võivad esineda ka suurteks kiududeks koondumata, nagu näidatud joonisel 4. Fibrilli enda struktuur on toodud joonisel 5.

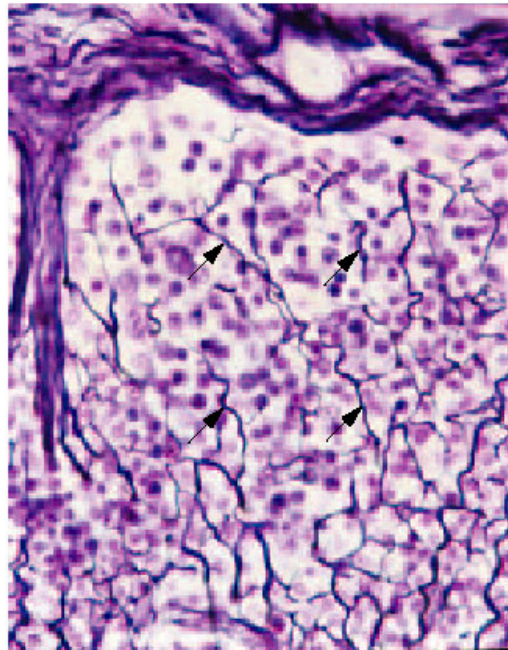


Joonis 4. Kollageenifibrillid tihedas ebaregulaarses sidekoes. Kohati on fibrillid tihedamalt koondunud (märgitud X -ga), mujal paiknevad hõredamalt. Sama koe tugevamal suurendamisel (ringi sees) on kollageenifibrillid juba selgesti eristatavad. Näha on ka nende vöödi-line muster (noolekestega on näidatud vöötide kordumise intervall: 68 nanomeetrit). [4]

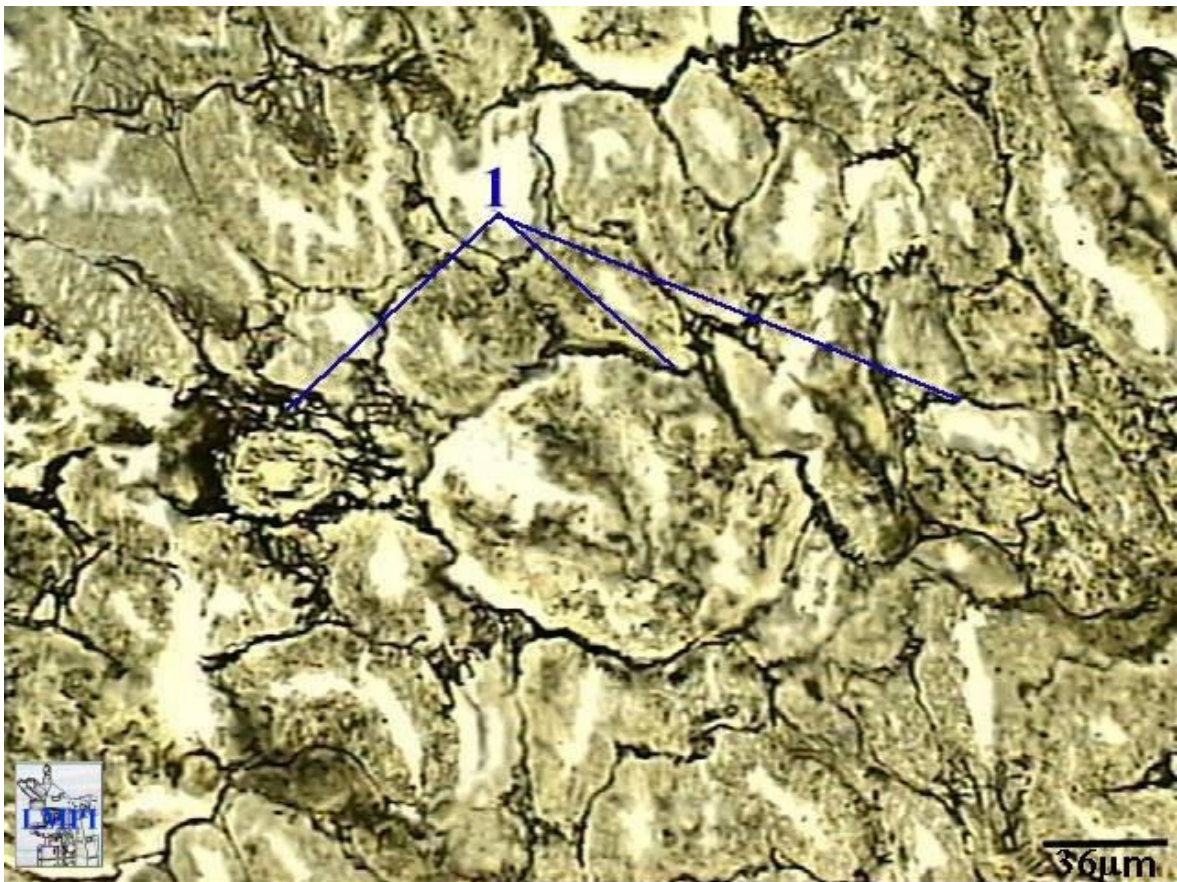


Joonis 5. Kollageenifibrilli struktuur. **a.** Fibrill. **b.** Iga fibrill koosneb kollageeni molekulidest, millede paigutus tekitabki märgatava vöödilisuse. **c.** Kollageeni molekul, mis lähemalt vaadates on: **d.** kolm ikheeliks, mis koosneb kolmest α -ahelast. **e.** α -ahela iga kolm as aminohape on glütsiin, ülejäänud komponendid sõltuvad ahela tüübist. α -ahelate tüüpe on vähemalt 27 ja seetõttu on ka kollageenimolekule ning fibrille üsna palju erinevaid liike. [4]

Retikulaarkiud koosnevad samuti kollageenifibrillidest, kuid nende fibrillide koostis on veidi teistsugune (kollageeniliikide paljususest oli juttu joonise 5 tekstis). Retikulaarkiud on väiksema diameetriga ning erinevalt kollageenikiududest hargnevad ja moodustavad võrgustikke (joonised 6 ja 7).

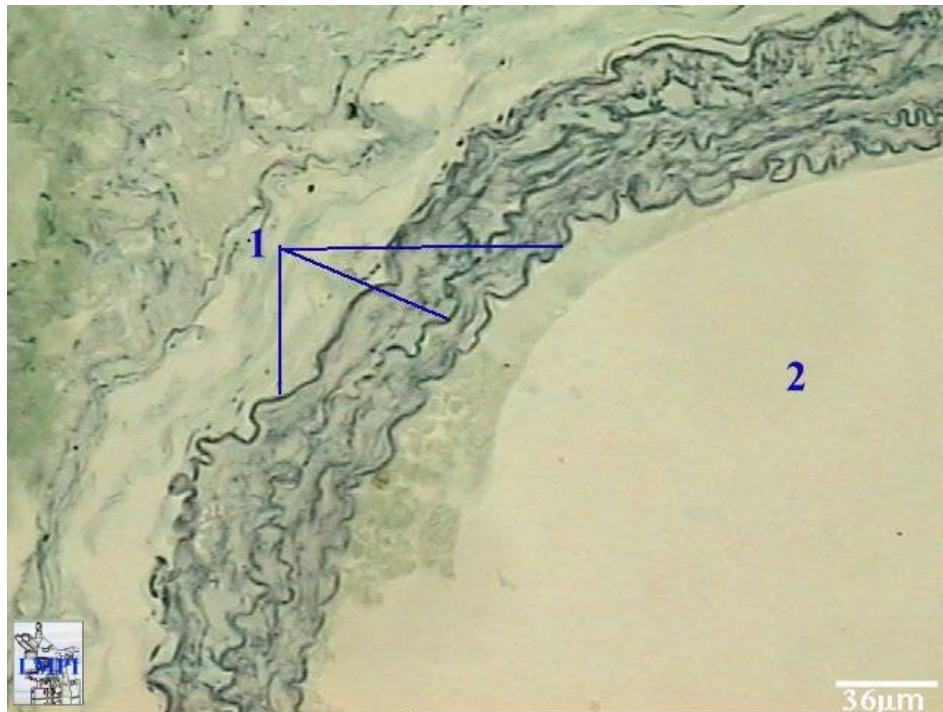


Joonis 6. Retikulaarkiudude (märgitud noolekestega) võrgustik. [4]

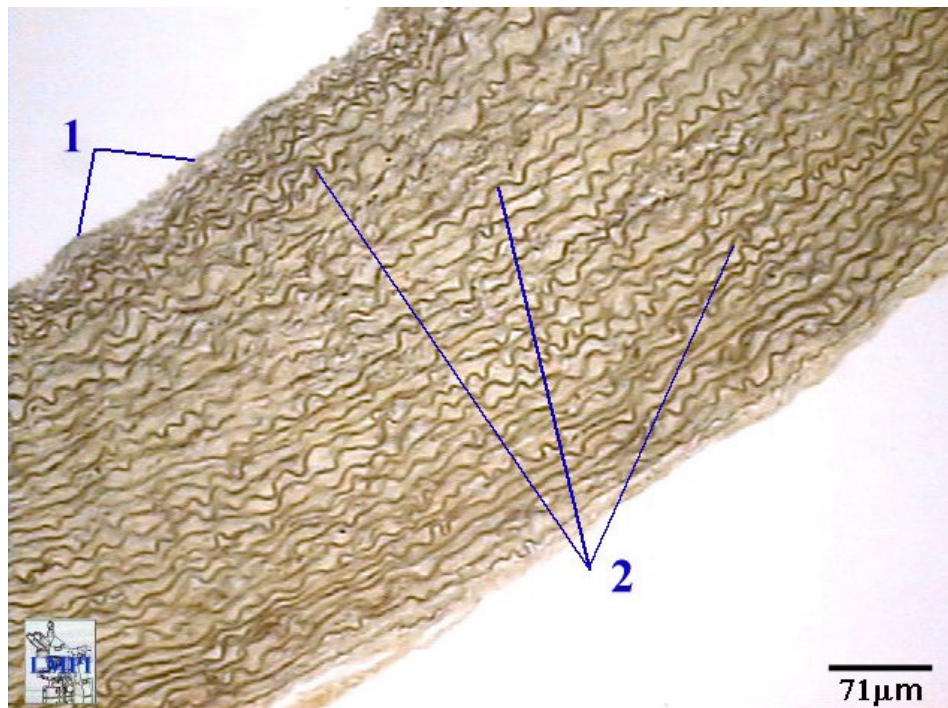


Joonis 7. Retikulaarkiudude (märgitud 1-ga) võrgustik. [7]

Elastsed kiud annavad kudedele elastsuse. Nad on kollageenikiududest peenemad ning moodustavad kolmemõõtmelisi võrgustikke, elastseid kiukihte jms. (joonised 8 ja 9). Et vältida liigset venimist ja rebestumist, on elastsete kiudude võrgustik läbi põimunud kollageenikiududega.

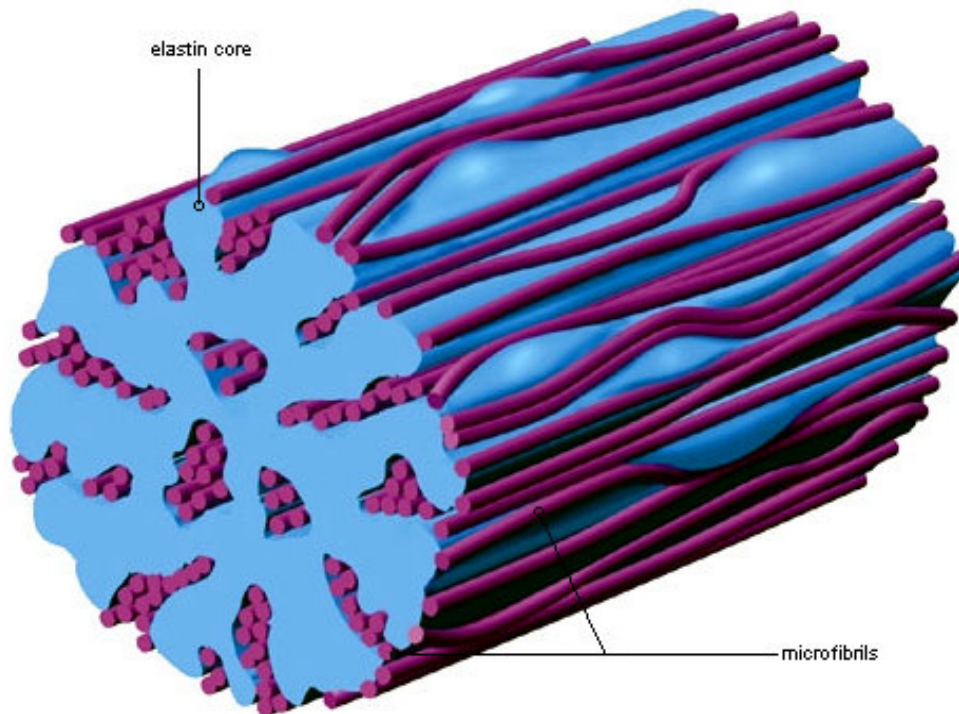


Joonis 8. Kopsubronhiooli läbilõige.
1. Elastsete kiudude kihid. 2. Õhukanal. [7]

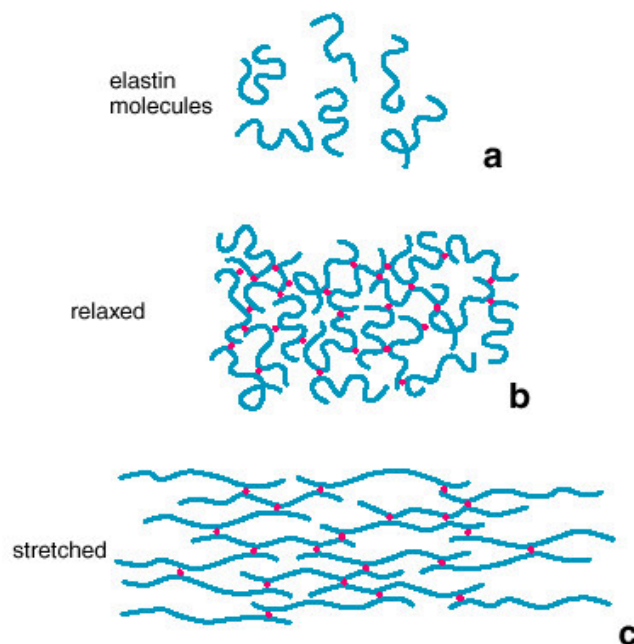


Joonis 9. Aordiseina läbilõige.
1. Epiteel e. kattekude (sisemine). 2. Elastsete kiudude kihid. [7]

Erinevalt ülejäänud kahest kiugrupist ei koosne elastsed kiud kollageenifibrillidest, vaid kiu tuuma moodustavast elastiinist ning seda ümbritsevatest fibrilliini mikrofibrillidest, millede läbimõõt on 10..12 nanomeetrit (joonis 10). Elastiin ja fibrilliin on, nagu kollageengi, valgud. Elastiinimolekuli eripäraks on omadus vabas olekus suvaliselt keerdu tõmbuda ning venitamisel jällegi sirgeneda (joonis 11).



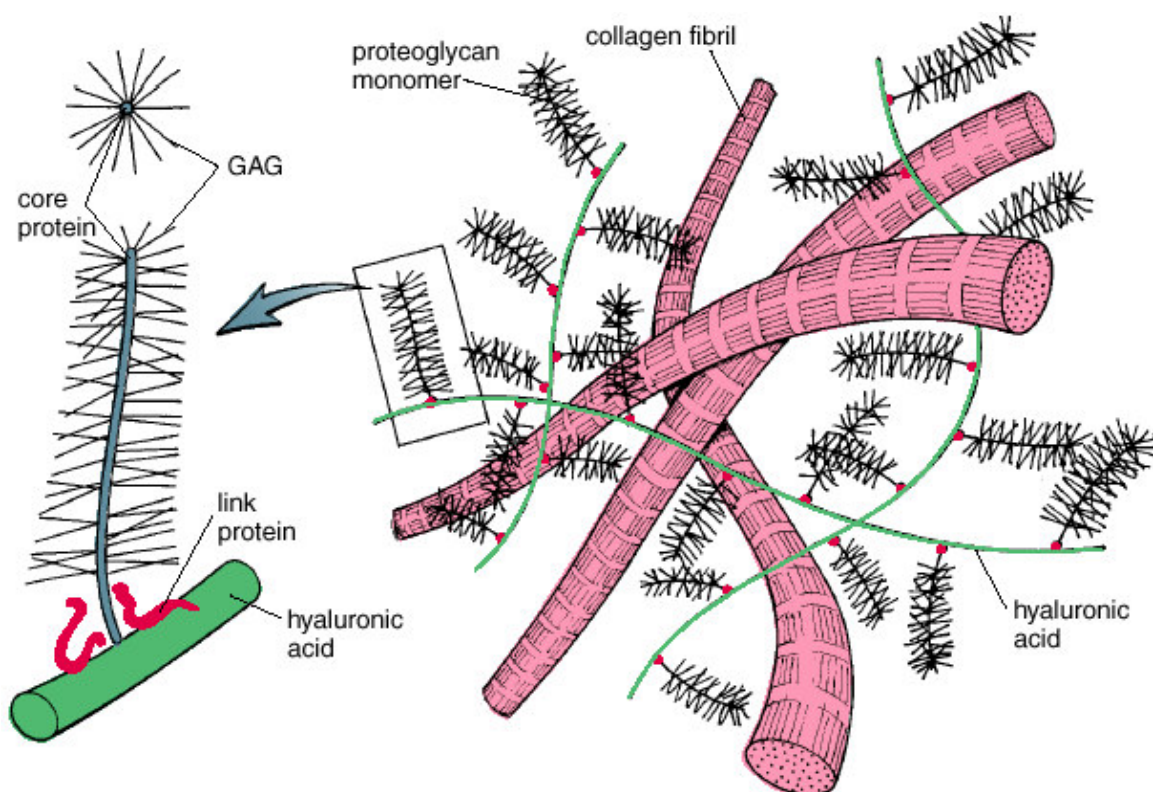
Joonis 10. Elastse kiu üldstruktuur. [8]



Joonis 11. Elastiinimolekulid. **a.** Vabad keerdutõmbunud elastiinimolekulid, millede kuju pidevalt suvaliselt muutub (ostsilleerub). **b.** Omavahel ühinenud ja võrgustiku moodustanud elastiinimolekulid. **c.** Venitamise mõju võrgustikule. Vabanedes võtab uuesti tagasi kuju b. [4]

2.2.2. Rakuväline vedelik

Nagu jooniselt 1 juba näha võis, on suurem osa vedelikust rakuvaheruumis seotud kujul, mitte vabalt. Seetõttu nimetatakse seda viskoosset, läbipaistvat ja libedat ollust paljudel juhtudel mitte vedelikuks, vaid (amorfseks) põhiaineks (*põhi* tähenduses *aluspõhi*) või koegeeliks. Amorfse põhiaine füüsikalised omadused on määratud peamiselt kahe ainete-grupi – proteoglükaanide ja glükoosaminoglükaanide (GAG) – poolt, mida põhiaine sisaldab. Proteoglükaanid on väga suured makromolekulid, mille külge saavad kinnituda GAG molekulid. Glükoosaminoglükaanid on pikaahelalised polüsahhariidid. Erilist äramärkimist väärib hüaluroonhape, mis erineb teistest GAG-idest selle poolest, et tema molekul on tohutult pikk ning üsna jäik. Samuti ei suuda hüaluroonhape otseselt proteoglükaanidele kinnituda. Küll aga teeb ta seda kaudselt, seostusvalkude abil, moodustades gigantseid makromolekule (joonis 12).



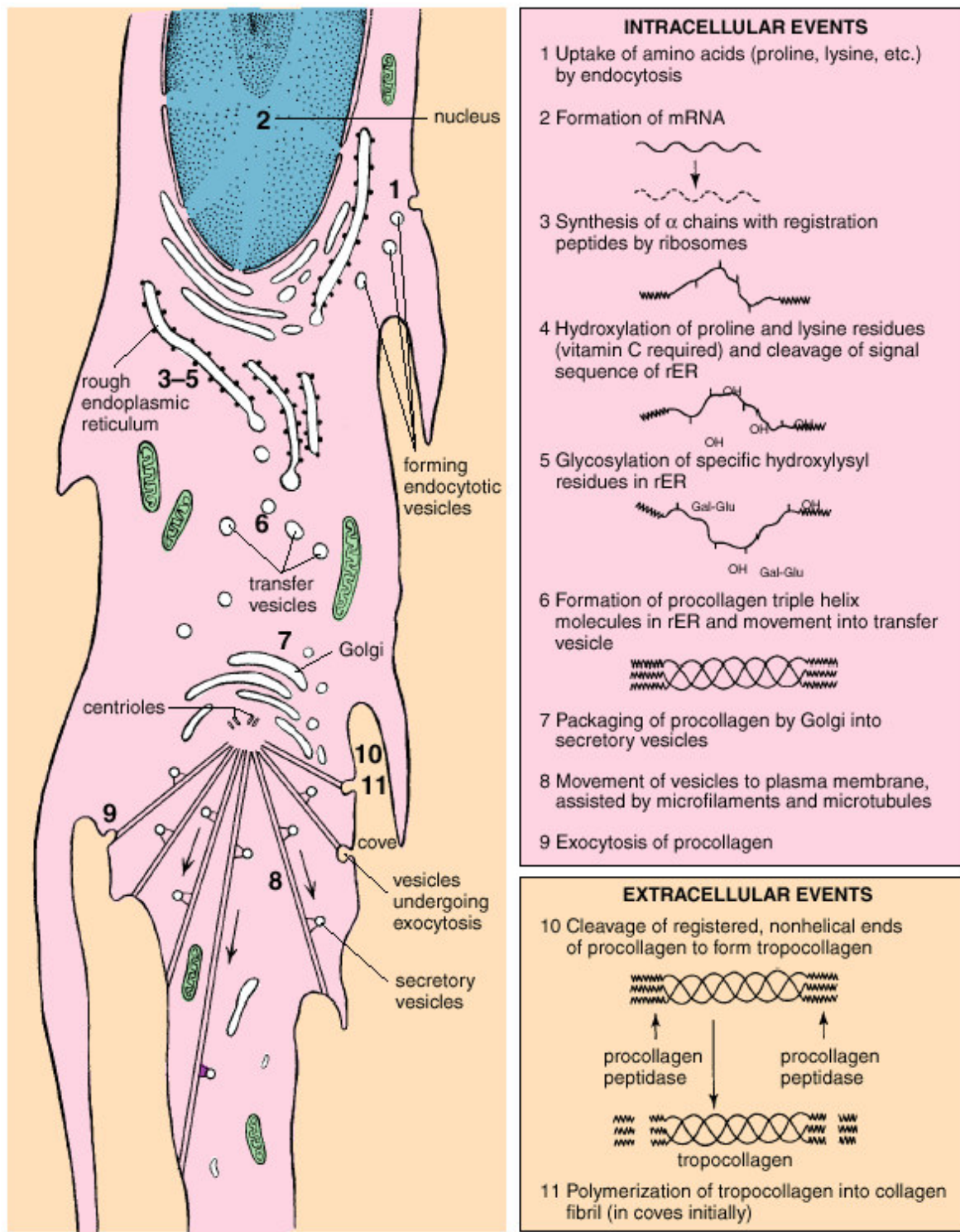
Joonis 12. Proteoglükaanidest ja glükoosaminoglükaanidest moodustuva "karkassi" põhimõtteskeem. Ära on toodud ka kollageenikiud, millele see põhiaine asub. [4]

Glükoosaminoglükaanid on oma koostise ja struktuuri tõttu tugeva negatiivse elektrilaenguga, mis muuhulgas tõmbab ligi arvukalt vee molekule. Selle tulemusena moodustub kõrge veesisaldusega geelitaoline ollus, mida veeslahustuvad molekulid suudavad läbida üsna kergelt, aga suured molekulid ja bakterid raskustega.

2.3. Rakuvaheruumi komponentide teke

Kõiki rakuvaheruumi komponente – kollageeni-, retikulaar- ja elastseid kiude ning amorfse põhiaine osiseid – on võimeline sünteesima rakk nimega fibroblast [4]. Selle rakutüübi tähtsust on raske üle hinnata – fibroblastid on tegevad nii organismi normaalsetes kasvu- protsessides kui ka haiguse- või vigastusejärgsetes taastavates ehitusprotsessides. Samuti suudab fibroblast vajadusel veidi "taandareneda" ning seejärel uuesti areneda hoopis mõnda teist tüüpi rakuks, näiteks osteoblastiks (et kaasa aidata luude moodustamisel), kondrotsüüdiks (kõhrerakk) või isegi rasvarakuks. Fibroblastide tegevuse häirimine

põhjustab suurel hulgal probleeme tervisele. Näiteks C vitamiini puudus takistab fibroblastil kollageeni tootmist, mille tagajärjeks on tõsisematel juhtudel skorbuut (naha- ja igemehaavandid jms.) [9]. Kollageeni sünteesiprotsessi on kujutatud joonisel 13.

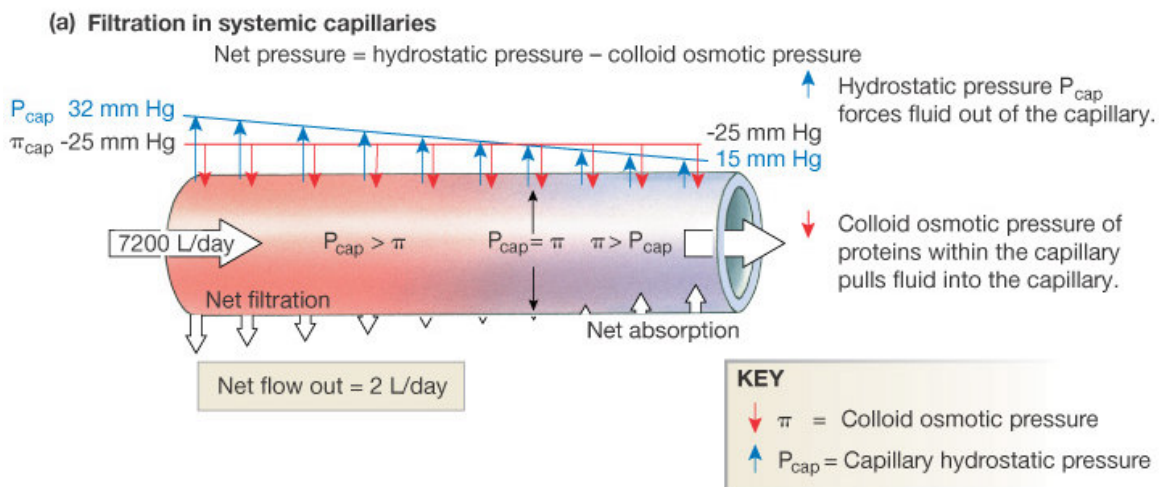


Joonis 13. Kollageeni sünteesimine fibroblastis. [4]

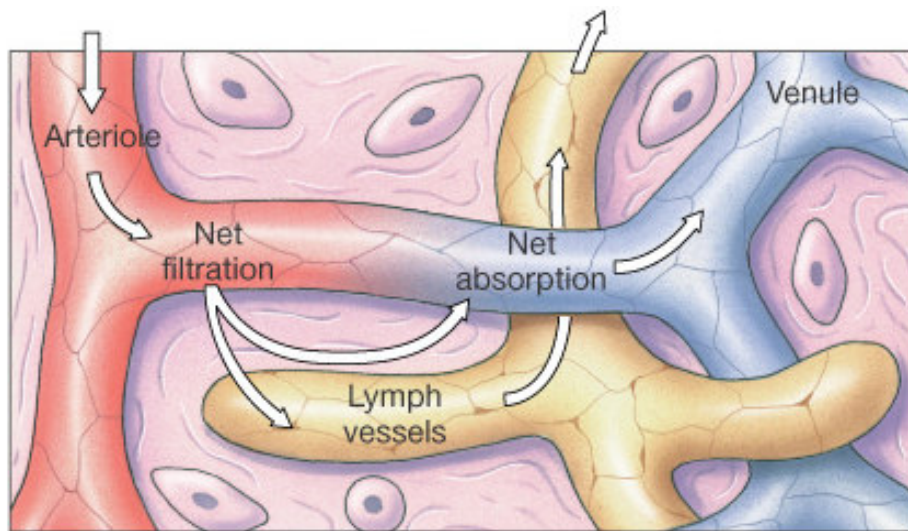
3. Ainete liikumine rakuvaheruumis

3.1. Liikumine rakuvaheruumi ja sealt välja

Rakuvaheruumi saavad vesi, hapnik, toitained ja muu vajalik eelkõige verekapillaaride arteriaalsest osast. Kapillaarist RVR-i sunnib vett ja selles olevaid aineid liikuma rõhkude vahe (joonis 14). Rakud võtavad osa toitaineid ning hapnikku RVR-ist ära (selleks neid ained sinna ju toodigi) ning väljastavad RVR-i süsihappegaasi ning muid jääkprodukte. Enamus rakuvahevedelikku koos jääkainetega liigub hiljem jälle tagasi kapillaari selle venoosses osas, teatav hulk aga jääb RVR-i ning eemaldatakse lümfisüsteemi poolt (joonis 15), mis lõppkokkuvõttes transpordib ka selle vedeliku tagasi vereringesse.



Joonis 14. Vedeliku liikumine kapillaarist rakuvaheruumi ja tagasi. Vere ning rakuvahevedeliku osmoosete rõhkude vahe (mis tuleneb ainete, eriti valkude, kontsentratsioonide erinevusest kapillaari sees ja väljas) on kogu kapillaari ulatuses enam-vähem muutumatu (joonisel märgitud punaste nooltega). Vere ja rakuvahevedeliku hüdrostaatiliste rõhkude vahe (märgitud siniste nooltega) on aga kapillaari arteriaalses osas kõrgem kui venoosses. Sõltuvalt sellest, milline rõhk parajasti ülekaalus on ja kui palju, liigub vedelik kapillaarist välja või tagasi sisse (märgitud valgete nooltega kapillaari alaservas). Väljavool on päevas umbes 2 liitri võrra suurem kui tagasivool. [10]



Joonis 15. Suurem osa verekapillaaridest väljunud vedelikku jõuab sinna ka tagasi, ülejäänu aga kogutakse kokku lümfikapillaaride poolt. [10]

Lümfisüsteem on olulisus seisneb ühest küljest selles, et ta täidab drenaažifunktsiooni, eemaldades rakuvaheruumist liigset vedelikku. Teisalt aga suudab ta RVR-ist eemaldada ka valgumolekule ning võõrkehi, mis verekapillaaridesse ei pääse ning ilma lümfisüsteemi-ta jääkski RVR-i [11].

3.2. Liikumine rakuvaheruumi sees

Rakuvahevedelikus on arvukalt mitmesuguseid erinevaid osiseid, mis tihti omavad ka elektrilist laengut. Olulisemad neist ainetest on toodud joonisel 16.

	Extracellular fluid	Intracellular fluid
Na ⁺	142 mEq/L	10 mEq/L
K ⁺	4 mEq/L	140 mEq/L
Ca ⁺⁺	2.4 mEq/L	0.0001 mEq/L
Mg ⁺⁺	1.2 mEq/L	58 mEq/L
Cl ⁻	103 mEq/L	4 mEq/L
HCO ₃ ⁻	28 mEq/L	10 mEq/L
Phosphates	4 mEq/L	75 mEq/L
SO ₄ ⁻	1 mEq/L	2 mEq/L
Glucose	90 mg/dl	0 to 20 mg/dl
Amino acids	30 mg/dl	200 mg/dl ?
Cholesterol		
Phospholipids	0.5 g/dl	2 to 95 g/dl
Neutral fat		
PO ₂	35 mm Hg	20 mm Hg ?
PCO ₂	46 mm Hg	50 mm Hg ?
pH	7.4	7.0
Proteins	2 g/dl (5 mEq/L)	16 g/dl (40 mEq/L)

Joonis 16. Rakuvahevedeliku ligikaudne koostis (vasakul) võrrelduna rakusisese vedeliku koostisega (*mEq/L* = milliekvivalent liitri kohta). [12]

Ühik "ekvivalent" saadakse järgmiselt [13]:

- Üksikelementide korral jagatakse molekulmass oksüdatsiooniastme (valentsi) absoluutväärtusega.
Näiteks:
Na⁺: 1 ekvivalent = 23 / 1 = 23 g ja 1 milliekvivalent = 23 mg
Ca⁺⁺: 1 ekvivalent = 40 / 2 = 20 g ja 1 milliekvivalent = 20 mg
- Ühendite korral jagatakse molekulmass suurima oksüdatsiooniastme (valentsi) absoluutväärtusega.
Näiteks:
NaCl: 1 ekvivalent = (23 + 35,5) / 1 = 58,5 g
AlCl₃: 1 ekvivalent = (27 + 3 * 35,5) / 3 = 44,5 g

Teades, kui keerulise ehitusega on rakuvaheruum (vaadeldud peatükis 3) ning et seda peavad läbima üsna erinevate omadustega osised, võib aimata, kui keerukas see protsess tegelikkuses on. Väga täpset kirjeldust rakuvaheruumis toimuva kohta ilmselt veel ei olegi. Igatahes tuleb arvestada suure hulga füüsikaliste nähtustega (tabel 1) või kirjeldada toimuvat päris atomaarsel tasandil.

		Voolu põhjustaja		
		Rõhugradient	Kontsentratsiooni-gradient	Elektriliste potentsiaalide vahe
Voolu liik	Vedeliku voolamine	Filtratsioon (imbumine)	Osmoos	Elektroosmoos
	Lahuse voolamine	Ultrafiltratsioon	Difusioon	Elektroforees
	Elektrivool	<i>Streaming current</i>	<i>Diffusion current</i>	Elektrijuhtivus

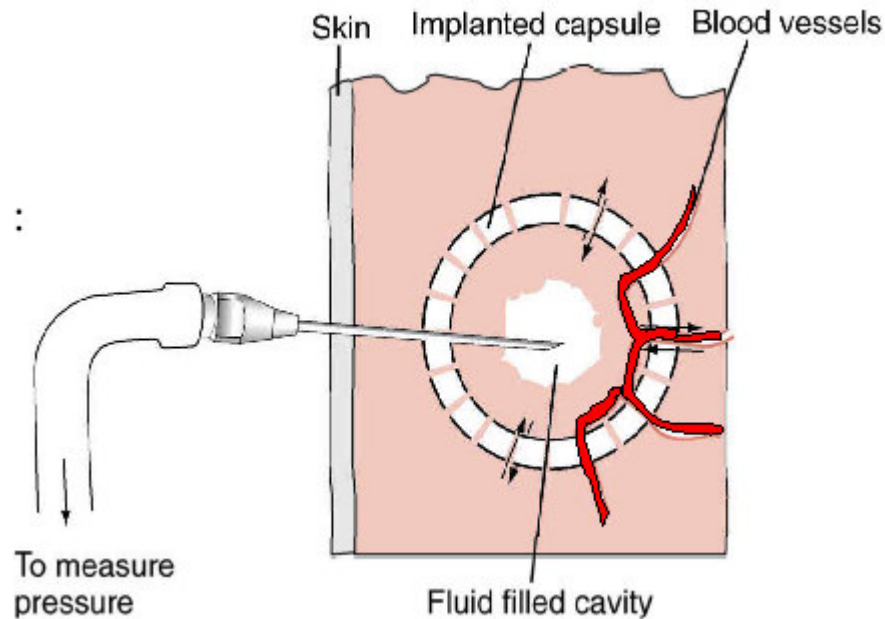
Tabel 1. Osakeste voolamise nähtused poorses aines. [14]

Samaaegselt füüsikaliste nähtustega toimuvad ka keemilised reaktsioonid, mis muudavad olukorra veelgi keerulisemaks.

4. Näiteid rakuvaheruumi uurimise meetoditest

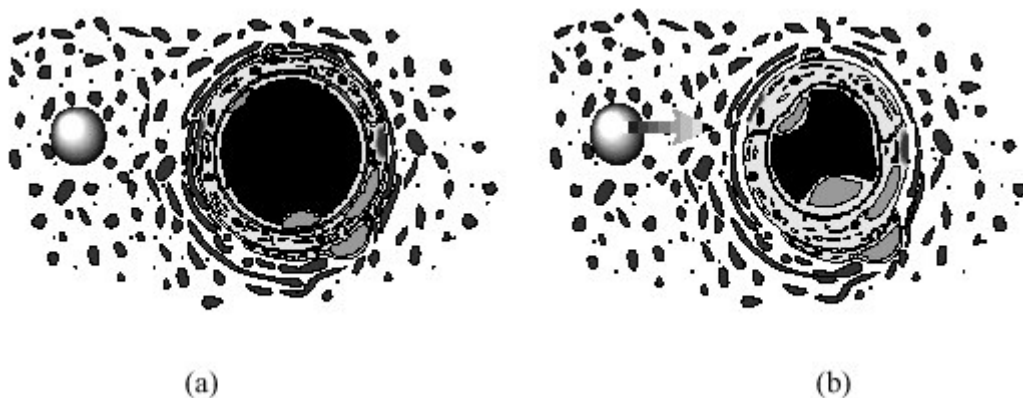
Järgnevas on näitlikkuse mõttes toodud mõningaid lihtsamaid võimalusi RVR uurimiseks elusorganismis (eelkõige katseloomadel, mitte inimesel).

Rakuvahavedeliku rõhu mõõtmiseks võib paigaldada koesse väikese augustatud kapsli, lasta koel mõnda aega normaliseeruda ning seejärel mõõta kapsli sisse tekkinud vedelikujärvekese rõhku mikropipeti abil (joonis 17).



Joonis 17. Rakuvahavedeliku rõhu mõõtmine. [3]

Rakuvaheruumi deformeerumist mitmesuguste tegurite mõjul saab samuti uurida väikese objekti (nt. metallist mikrokerakese) viimisega RVR-i ja selle liikumise jälgimisega mikroskoobi või magnetvälja mõõtja abil (joonis 18).



Joonis 18. Arteriooli ja rakuvaheruumi omavahelise mehaanilise mõju uurimine. Arteriooli kokkutõmbumisel liigub mikrokerake arteriooli suunas. [15]

RVR-i võib uurida ka kaudsemate meetoditega, näiteks jälgides RVR-ist tulevas lümfisoones liikuva vedeliku koostist ning samaaegselt vastavat koepiirkonda mõjutades, nt. masseerides [16].

Koenäidise organismist eemaldamine võimaldab teda uurida märksa detailsemalt, kasutades kõikvõimalikke mõjutus- ning jälgimisvahendeid, kuid seejuures peab meeles pidama, et tegu ei ole enam organismis loomulikult funktsioneeriva koega.

5. Tervisega seotud aspekte

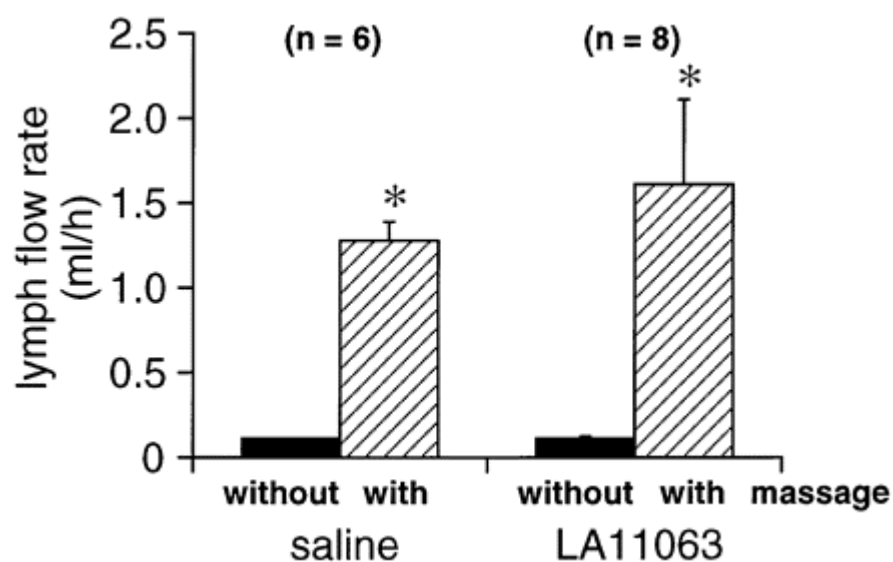
Rakuvaheruumi olemuse mõistmine aitab kaasa ka mõningate tervisele kasulike tegevuste toimemehhanismidest arusaamisele. Järgnevalt on vaadeldud füüsilise aktiivsuse ning massaažikasulikkust seoses RVR-iga (st. neil tegevustel on loomulikult ka teisi positiivseid aspekte, aga käesoleva referaadi teemast tulenevalt on siin käsitletud ainult RVR-ga seonduvat).

Eelnevates peatükkides selgus, et mitmesuguste osiste liikumine rakuvaheruumis on üsna keeruline protsess ning kusagile jõudmiseks tuleb läbida kiududest läbipõimunud geeljas olnud. Seda teades on üsna mõistetav, et füüsiline aktiivsus ning massaaž aitavad oluliselt kaasa liikluse kiirenemisele RVR-is: hapnik, toitained, ensüümid jõuavad paremini rakkudeni, jääkproduktid omakorda rakkudest vere- ning lümfikapillaarideni. Kiudude vahele või negatiivselt laetud glükoosaminoglükaanide külge kinni jäänud osakesed vabanevad ning kantakse RVR-ist minema [17].

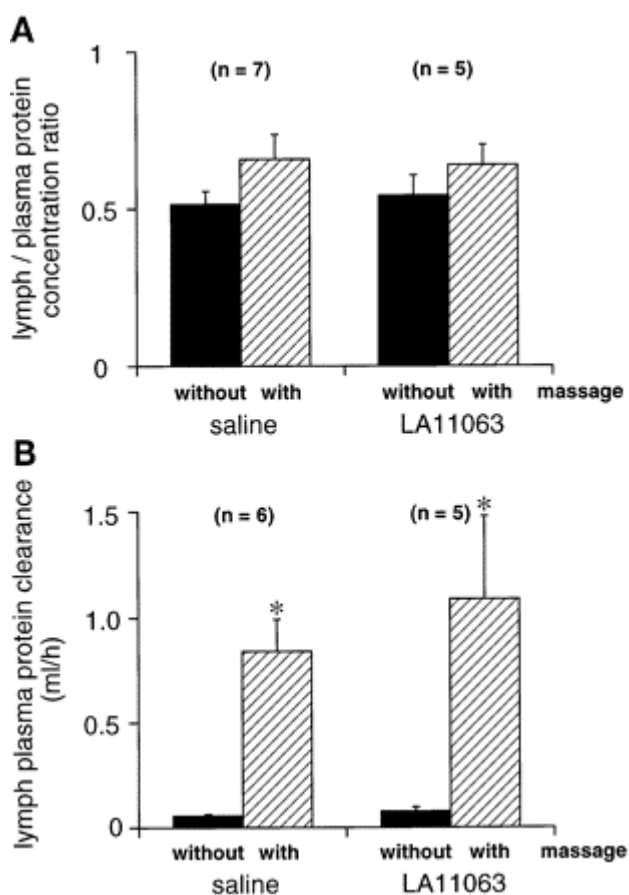
Rakuvaheruumi satuvad ka organismile vaenulikud võõrkehad, näiteks mikroobid (ilma rakuvaheruumi läbimata ei jõuaks nad paljude rakkudeni). Füüsiline aktiivsus ning massaaž kiirendavad nende eemaldamist RVR-ist lümfisüsteemi kaudu. Lümfisõlm edeni jõudes "käivitavad" nad seal organismi immuunsüsteemi, mis hakkab rohkesti tootma vastavat võõrkeha neutraliseerivaid rakke ja aineid, mis kantakse üle keha laiali. Selline kiire ja õigeaegne tegutsemine võib ohu organismile kas täielikult kõrvaldada või vähemalt suuremat invasiooni ära hoida.

Rakuvaheruumis liiguvad ringi ka organismi enda rakud, eriti just võõrkehasid kõrvaldavad makrofaagid, mis tekivad vereringest tulnud valgelibledest e. leukotsüütidest [4]. Füüsiline aktiivsus ja massaaž kergendavad nende ringiliikumist RVR-is ning sellega muudavad immuunsüsteemi tegevuse veelgi tõhusamaks.

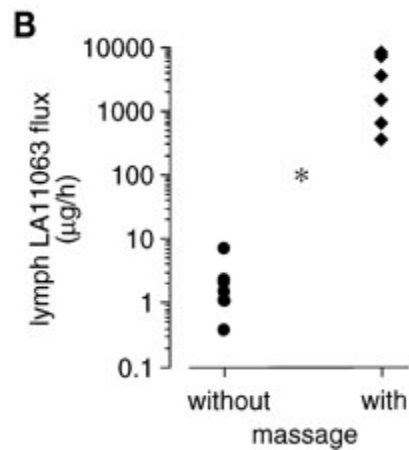
Uuritud on näiteks massaaži rakuvahavedeliku, valkude, kolloidosakeste ning valgeliblede liikumisele RVR-ist lümfisüsteemi [16]. Jälgiti ühte jänese tagajalast tulevat lümfisoont ning masseeriti seda jalga mootori abil. Kõigi nimetatud osiste liikumine läbi RVR-i lümfisoonde kasvas massaaži mõjul oluliselt (vt. jooniseid 19.22). Kuna katses kasutati kahte gruppi jäneseid, on enamusel joonistel samuti kaks eraldi tulemust, aga siinkohal selliseid detaile vaatlema ei hakka. Täpsem info on saadaval algallikast [16].



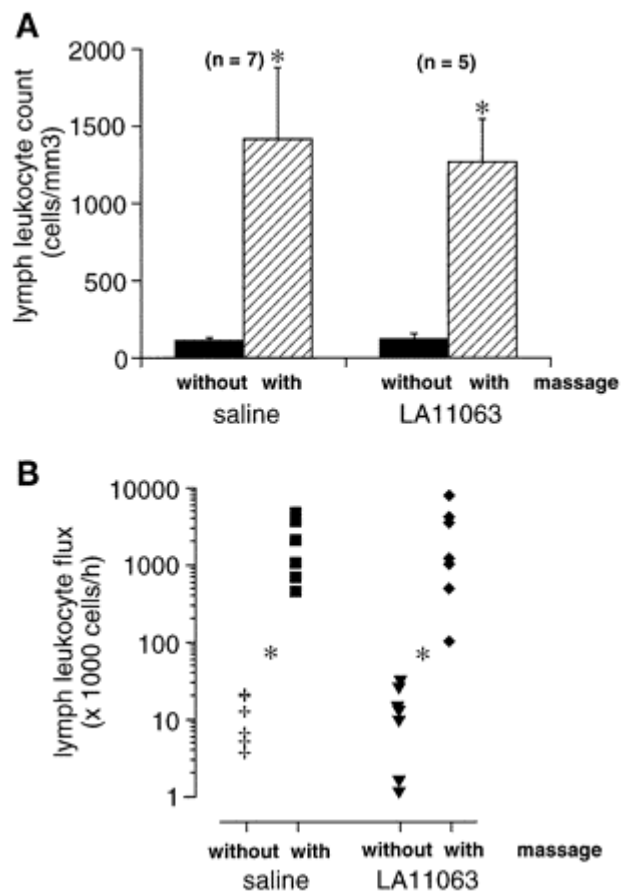
Joonis 19. Lümfi voolu suurenemine massaažitulemusel (mustkast – ilma massaažita; viirutatud – massaažiga). Seega ka RVR-i läbiva vedelikuhulga suurenemine. [16]



Joonis 20. Lümfi valgusisalduse kasv (üleval) ning RVR-ist eemaldatud valgukoguse kasv (all). Ühest küljest on kasv tingitud RVR-i kinni jäänud valkude vabanemisest, teisalt aga kogu valguliikluse intensiivistumisest (veresoontest ning rakkudest RVR-i ja sealt lümfi). [16]



Joonis 21. M assaapim õju lümfi RVR-ist väljavõidava kolloidi LA-11063 (keskmine osakeste läbimõõt 0,34 μm; viidi RVR-i katsetajate poolt) hulga. [16]



Joonis 22.

A: Valgeliblede (immuunsüsteem!) arvukuse kasv 1 mm³ lümfi M assaapim õjul.

B: Lümfi soonde jõudvate valgeliblede koguarvu kasv M assaapim õjul. [16]

Konkreetne uuring tehti küll jäneste peal, aga ilmselt on mõju sarnane ka inimorganismile. Analoogete mõjuga võib arvestada ka füüsilise liikumise korral, mis põhimõtteliselt samuti masseerib liigutatavaid kehaosi. Sel juhul lisanduvad muidugi veel paljud teised tegurid (verevoolu oluline kiirenemine ning vere koostise muutus jpm.).

6. Kokkuvõte

Nagu selgus, on rakuvaheruum üsna keeruka ehitusega ning omab organismis väga olulist rolli. RVR-i olemuse mõistmine võimaldab paremini mõista keha funktsioneerimist ning erinevate nähtuste ja tegevuste mõju tervisele. See omakorda suurendab motivatsiooni käituda tervislikult. Lihtsalt mingi tegevuse tervislikuks nimetamine kellegi poolt ei oma eriti suurt mõju inimeste käitumisele, kui aga on mõistetavad selle tegevuse tegelikud toimemehhanismid, siis tekib inimesel ettekujutus, mis tema organismis toimub seda tegevust sooritades või mitte sooritades. Kui mittetervisliku käitumise tagajärjed on piisavalt detailselt mõistetavad ja seejuures ebameeldivad, on loota ka tervislike eluviiside laiemat levikut.

7. Kasutatud materjalid

Looksulgudes on antud selle võrgulehekülje aadress, millelt viib link kasutatud materjalile (näiteks mõned loenguslaidid asuvad hoopis teisel aadressil kui loengute põhilehekülg ega oma mingeid viiteid, mistõttu põhilehekülge oleks muidu keeruline leida).

- 1. Vere füsioloogia I loeng.** Andres Soosaar.
<http://biomedicum.ut.ee/~andress/eesti/oppetoo/veri1.ppt>
{<http://biomedicum.ut.ee/~andress/oppetoo.htm>}
- 2. Rakkudevahelised ühendused.** Rein Sikut.
<http://www.ebc.ee/~rsikut/liidus.html>
{<http://tamm.ebc.ee/~rsikut/rakubio.html>}
- 3. The Microcirculation and the Lymphatic system: Capillary Fluid Exchange, Interstitial Fluid, and Lymph Flow.**
<http://www.phys.mcw.edu/medphy/chout/Lectures/Lecture20&21.pdf>
{<http://www.phys.mcw.edu/medphy/lecslides.htm>}
- 4. Histology: A Text and Atlas, 4th Edition. Chapter 5: Connective Tissue.**
Michael H. Ross PhD, Gordon I. Kaye PhD, Wojciech Pawlina MD.
<http://connection.lww.com/products/ross/documents/smch5.pdf>
{<http://connection.lww.com/products/ross/samplematerial.asp>}
- 5. Histology Lab Part 4: Slide 23.** John A. McNulty.
<http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/Histo/Histolimages/hl2A-23.jpg>
{http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/Histo/frames/h_frame4.html}
- 6. Blue Histology - Connective Tissues.** Lutz Slomianka.
<http://www.lab.anhb.uwa.edu.au/mb140/CorePages/Connective/Connect.htm>
- 7. Digital Atlas of Histology. CONNECTIVE TISSUE - Light microscopy.**
Prof. Luiz Henrique Monteiro Leal (*Coordinator*).
<http://www2.uerj.br/~micron/atlas/atlasenglish/CONNECTIVE/light.htm>
- 8. Histoloogia ja embrüoloogia. 7. loeng: Sidekoe kiud.**
<http://biomedicum.ut.ee/aran/Loengud/L7-2003.ppt>
{<http://biomedicum.ut.ee/aran/Histo2.htm>}
- 9. Veterinary Histology. Example: Fibroblast.** Dr. Thomas Caceci.
<http://education.vetmed.vt.edu/Curriculum/VM8054/Labs/Lab5/Examples/exfibro.htm>
- 10. Blood Flow and the Control of Blood Pressure.**
Dee Unglaub Silverthorn, Ph.D; Dr. Howard D. Booth.
http://www.med.howard.edu/physio.biophys/MILLIS%20HOME%20PAGE_files/chap14-20/15b_lect.ppt
{<http://www.med.howard.edu/physio.biophys/MILLIS%20HOME%20PAGE.htm>}
- 11. Circulating body fluids.** Kwang Chul Kim, Ph.D.
<https://rxsecure.umaryland.edu/research/kkim/bodyfluids.htm>

- 12. ?.**
<http://www.phys.mcw.edu/medphy/chout/Lectures/Lecture%203.pdf>
{<http://www.phys.mcw.edu/medphy/lecslides.htm>}
- 13. Introduction to Chemical Concepts.** Deborah Robertson.
http://www.clarku.edu/faculty/robertson/Shared%20Lab%20Pages/Laboratory%20Methods/Chem_concepts.html
- 14. A Four-Component Mixture Theory Applied to Cartilaginous Tissues.**
Arjan Frijns.
<http://www.win.tue.nl/scg/research/phdprojects/frijns.html>
- 15. Mechanical Interactions Between Arterioles And The Interstitium.**
William Harold Guilford.
<http://yakko.bme.virginia.edu/lab/papers/dissertation.PDF>
{<http://yakko.bme.virginia.edu/lab/p-guilford.htm>}
- 16. Interstitial fluid, plasma protein, colloid, and leukocyte uptake into initial lymphatics.** Fumitaka Ikomi, James Hunt, Gayda Hanna, Geert W. Schmid-Schönbein.
<http://jap.physiology.org/cgi/content/full/81/5/2060>
- 17. Collagen Fibers are Embedded in a Colloidal Gel.** Warren Hammer.
<http://www.chiroweb.com/archives/19/08/21.html>