



estonia.ee



MINERAALAINETE TASEME RAKENDUSUURING KESTVUSALADE SPORTLASTEL

Meeli Glükmann

SYNLAB Eesti OÜ koostöös Spordimeditsiini SA-ga (Liikumistervise
innovatsiooni klaster)



Mineraalainete taseme rakendusuuring kestvusalade sportlastel

Teostamise aeg: oktoober 2017 – august 2018

(vereproovid anti: oktoober 2017, detsember-jaanuar 2018, märts 2018, mai 2018, juuli-august 2018)

Uuringusse oli kaasatud 4 naissportlast ja 6 (5) meessportlast:

- 5 murdmaasuusatajat (mehed)
- 1 kiiruisutaja (naine)
- 3 maratonijooksjat (naised)
- (1 maanteerattur, mees, andis ainult 1 proovi)

Analüüsiti tippsportlaste vereanalüüsides mineraalainete sisaldust (valik makrobioelemente ja mikrobioelemente) nii rakusiseselt (määratud erütrotsüütides), kui ka rakuvälises keskkonnas (määrati seerumis)

Teostatud mineraalainete analüüsid:

- **Rakusiseselt (erütrotsüütidest)** – kaalium, naatrium, magneesium, raud, seleen, kaltsium, fosfor, tsink, vask, mangaan, plii
- **Rakuväliselt (seerumist)** – kaalium, naatrium, magneesium, raud, seleen, tsink

Sportlaste korral on uuring näidustatud põhjusel, et tugev füüsiline koormus põhjustab organismis biofunktsioonide tagamiseks suurenenud vajaduse mitmete bioelementide osas ja sportlased kuuluvad makro- ja mikrobioelementide defitsiidi tekke suhtes riskigruppi

Eesmärk

- välja selgitada, kas esineb ja milline on seos kestvussalade sportlaste füüsilise koormuse, sooritusvõime ja mineraalainete sisalduse vahel vereanalüüsides
- nõustada iga sportlast individuaalselt olulisemate mikroelementide vajaduse osas, aidata kaasa koormustaluvuse parandamisel, mineraalainete puuduse korral soovitada lisatarvitamist jm
- võrrelda mineraalainete määramist erinevatest proovimaterjalidest (rakusiseselt erütrotsüütidest ja rakuvälisest keskkonnast seerumist) ja aru saada, kas mineraalainete määramine erütrotsüütidest induktiivsidestatud plasma massispektromeetria meetodil (IPMS) on rakusiseste mineraalainete sisalduse suhtes tundlikum meetodika kui igapäevaselt meditsiinilaborites kasutatavad seerumipõhised analüüsid? Kas võiks meetodit edaspidi mineraalainete defitsiidi või liia tuvastamiseks kasutada?
- uuringuperioodi lõpuks oleks mineraalainete tulemused kõikidel referentsväärtuste piires
- hiljem võimalusel töötada välja üldisemad toitumissoovitused kestvusalade tipp-sportlastele

Kasutatud laboratoorsed meetodikad

- **Seerumis Mg, K, Na ja Fe määramine toimus SYNLAB Eesti OÜ Tallinna laboris**, milleks kasutati firma Siemens Healthcare Diagnostics analüsaatorit ADVIA Chemistry XPT
- Mg kvantitatiivne määramine ADVIA® Chemistry XPT süsteemiga toimus ADVIA Chemistry Magnesiumi meetodikal, mis põhineb muudetud ksüliidüülsinise reaktsioonil
- Meetodikad kvantitatiivseks K ja Na määramiseks (ADVIA Chemistry Potassium ja ADVIA Chemistry Sodium) põhinevad kaudsel potentsiomeetrilisel protseduuril, kasutades ioonselektiivset elektroodi (ISE). Rauda kvantitatiivne määramine (ADVIA Chemistry Iron) põhineb kolorimeetrial
- **Zn ja Se kvantitatiivsed analüüsid seerumist** teostati Saksamaal Leinfeldenis paiknevas **SYNLAB DE laboris**, Meetod: aatomabsorptsioonspektrofotomeetria (AAS)
- **Rakusiseste mineraalainete (erütrotsüütidest) Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, K, Na, P, Se, Mn ja Pb määramine** teostati Saksamaal Leinfeldenis - **Laboratorium für spektralanalytische und biologische Untersuchungen Dr. Bayer**, Zweigniederlassung der synlab MVZ Leinfelden GmbH; SYNLAB DE). Meetodika - induktiivsidestatud plasma massispektromeetria (IPMS)

MINERAALAINED

olulised luustiku, erinevate kehavedelike, ensüümide, hormoonide, vitamiinide koostises, aitavad edastada närviimpulsse jm.

Vaegused avalduvad haigustena, kestev liigsus põhjustab samuti patoloogiat

Inimese organismis on kindlaks tehtud üle 70 keemilise elemendi, mida nimetatakse mineraalaineteks. Olulisemad organismi talitluses on ca 20 bioelementi

Makroelemendid (sisaldus kehas on üle 0,01%): fosfor, kaltsium, naatrium, kaalium, kloor

Mikroelemendid (sisaldus kehas on alla 0,01%): raud, tsink, vask, mangaan, seleen, jood, kroom, nikkel, räni, koobalt jt

Organism saab mineraalaineid toidu ja veega, kauakestvate varude puudumise tõttu (eriti mikroelementide osas) on vajalik neid saada normaalse söömisega

Zilmer M, et al. Inimkeha põhilised biomolekulid (meditsiiniliselt tähtsamad ülesanded). Inimorganismi metabolism (biokemism ja kliinilised aspektid). Tartu Ülikool, Avita 2015.

MINERAALAINETE SISALDUSE MÄÄRAMINE RAKUTASANDIL

Mitmed mineraalained paiknevad rohkem intratsellulaarselt kui ekstratsellulaarselt, tagades niiviisi oluliste ainevahetuslike protsesside toimimise rakkudes

Rakkude sees paikneb dr. Bayeri labori andmetel 90% kaaliumist, 70% magneesiumist, 99% rauast, 90% tsingist ja 70% seleenist ja vaid väike osa nendest elementidest paikneb rakuvälises vedelikus. Rakusisene määramine peaks väljendama paremini mikroelementide defitsiiti või liiga rakkudes ja väljendama ka nende mineraalide sisaldust kudedes. Samas paiknevad naatrium ja kaltsium rakusiseselt 10% ja rakuväliselt 90%, mistõttu nende elementide suhtes metaboolsete protsesside hindamiseks võiks eelistada analüüside teostamist plasmast/seerumist

Erütrotsüüdi keskmine eluiga on ca 120 päeva, mistõttu mõõdetud kontsentratsioonid väljendavad pikemaegset olukorda kudedes paremini kui plasmast tehtud analüüsid

Plasmas tagatakse elutähtsate mineraalainete taseme säilimine tänu erinevatele kiiretele regulatsioonimehhanismidele organismis (nt hormoonide toime) normi piirides maksimaalselt kaua ja mineraalainete defitsiit ei pruugi alati analüüsist välja tulla

Mikroelementide jaotuvus vererakkudes ja vereplasmas

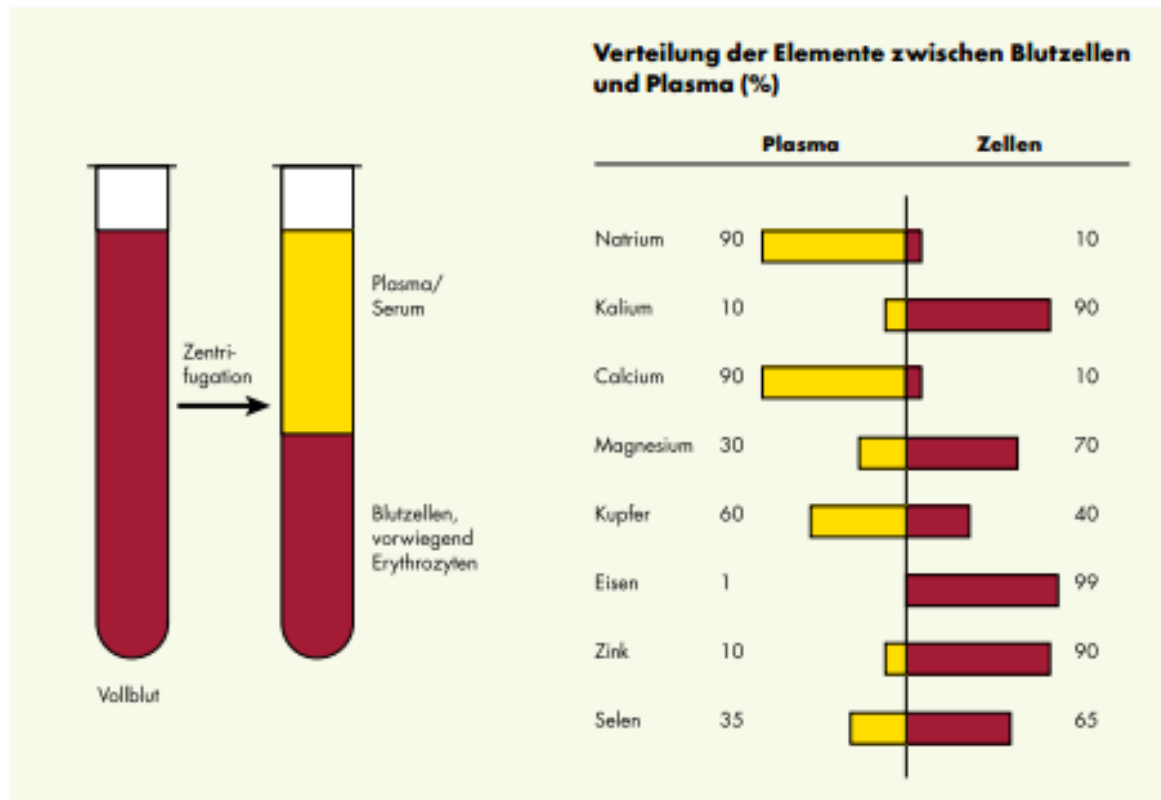


Abbildung 1: Verteilung von Mineralstoffen und Spurenelementen zwischen Blutzellen und Plasma

Magneesium

- Organismis sisaldub magneesiumi ca 30 g, peamiselt luudes (65%) ja lihaskoes (30%)
- 70% magneesiumist paikneb rakkude siseselt, mistõttu seerumis ja erütrotsüütides määratud magneesiumi sisaldused on erinevad. 50% inimestest, kellel ilmneb magneesiumi puudus rakkude siseselt, on magneesiumi sisaldus vereseerumis korras
- Biofunktsioonid: on ca 300 ensüümi kofaktoriks, osaleb rakuenergeetikas (ATP), stabiliseerib biomembraane, tagab mitokondrite ja ribosoomide terviklikkuse, reguleeribioonpumpade tööd (K, Ca tase rakus) ja närvikiudude sünaptilist ülekannet ja lihaste lõõgastust. Oluline kaltsiumi rolli soodustamiseks – luukoe moodustumine, uuenemine. Alandab vererõhku (mõjudes perifeersetele arteritele ja arterioolidele lõõgastavalt, alandab perifeerset resistentsust)
- Magneesiumi ja kaaliumi madalad väärtused veres esinevad sageli koos
- Imendumine: peensoole lõpuosast niudesoolest ja jämesoolest, sisaldust plasmas reguleeritakse neerude kaudu

Magneesiumi defitsiit, põhjused

- suur füüsiline koormus
 - vähesus toidus, toidu tugev töötlus (küpsetamine)
 - liigne alkohol, suukaudsed rasestumisvastased preparaadid, hormoonasendusravi, kortikosteroidid, diureetikumid
 - diabeet, seedetrakti haigused (krooniline kõhulahtisus, maksatsirroos), neeruhaigused, kilpnäärmehaigused, rasedus
-
- Defitsiidi kliinilised sümptomid:
 - Neuromuskulaarsed häired – lihasnõrkus, lihasvärin, peavalu, väsimustunne, südamepekslemist, ekstrasüstolite teket, suurenenud krambivalmidust, suure puuduse korral muutused EKG-s ja krampide võimalik esinemine
 - Epidemioloogilised uuringud: seos kardiovaskulaarhaiguste, kõrgvererõhktõve, insuldi, jämesoolekasvaja riski, rasvumise ja 2. tüüpi diabeedi vahel

Magneesiumi liigsel tarbimisel tekib kõhulahtisus, toksilisuse korral oksendamine, südame rütm aeglustub, vererõhk langeb, kõnelemisvõimetus, hingamispeetus jt

**Päevaseks soovituslikuks Mg tarbimiskoguseks
naistel 320 mg päevas ja meestel 400 mg päevas
(Eesti toitumis- ja liikumissoovitused, 2015)**

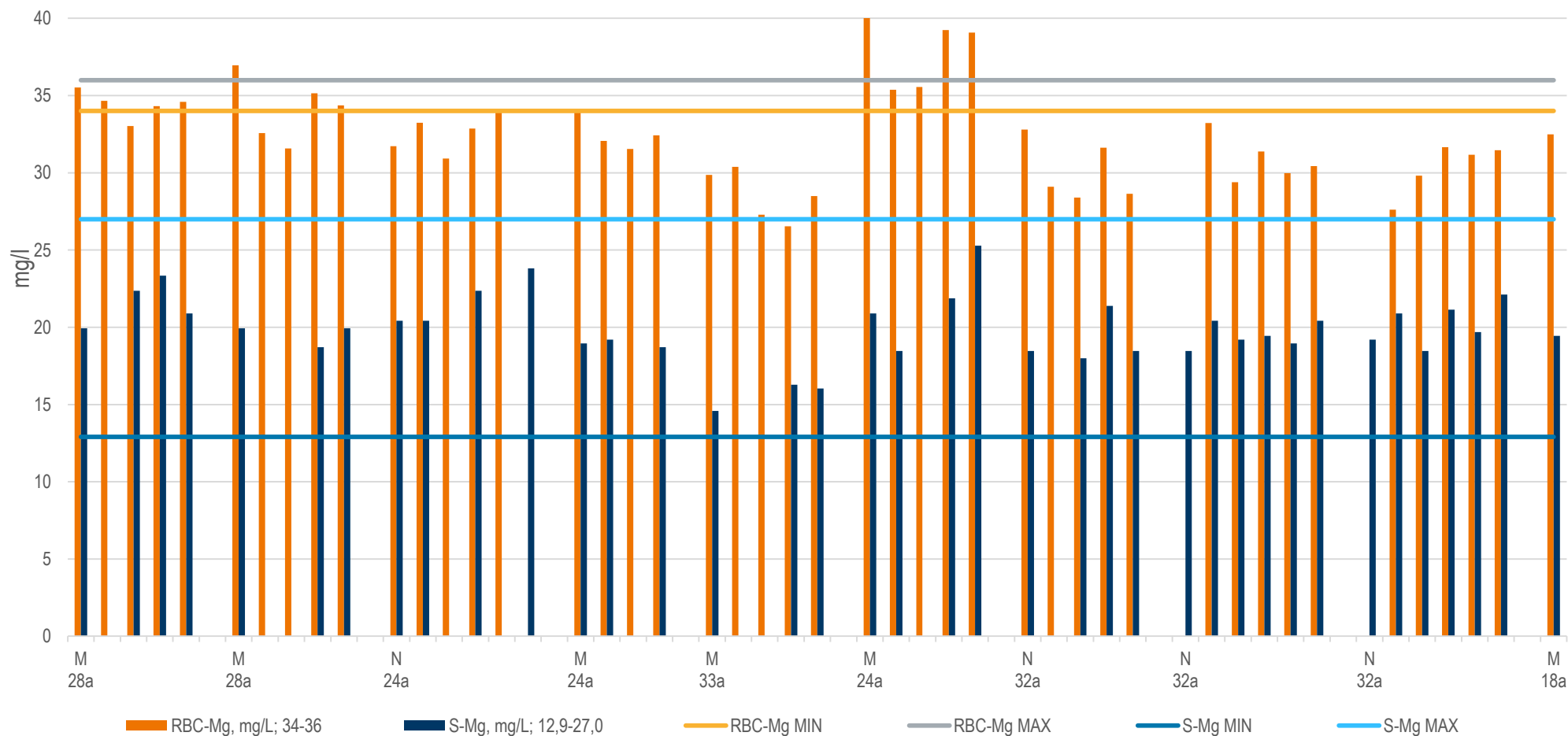
Magneesium (mg/p)	Naised ¹	Mehed ¹
Soovitav kogus (RI)	320	380
Rase	360	
Imetav ema	360	
Keskmine vajadus (AR)²	-	-
Tarbimise alampiir (LI)²	-	-
Tarbimise ülempiir (UL)	350 ³	350 ³

Rikkalikud allikad (>70 mg/100 g)	Head allikad (35–70 mg/100 g)
pähklid-seemned	kuivatatud aprikoosid, viigimarjad, mustikad,
täisterahommikusöögihelbed	ploomid ja datlid
paljud pudruhelbed	spinat, lehtpeet, herved-oad-läätsed, tomatipasta
kamajahu, müsli	tatra- ja kaerahelbepuder, keedetud täisterariis
leib	tuunikalakonserv
tume šokolaad, kakaopulber, halvaa	kuumtöödeldud veise- ja kanaliha
till	metsmaasikad
	täisterasai, sepik
	pärm

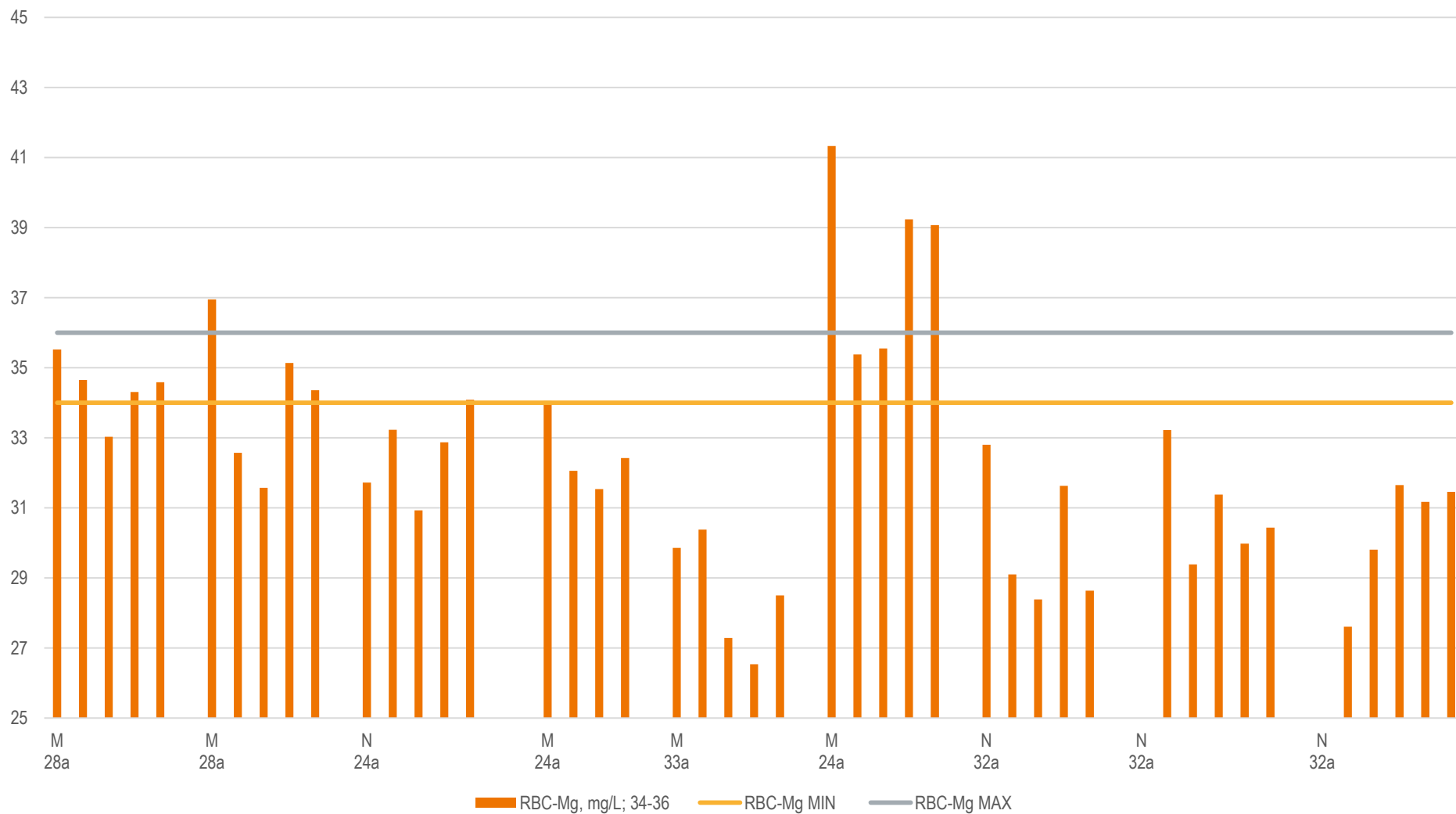
Allikas: NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 6.0, www.nutridata.ee, 2014

Magneesiumi tulemused uuringus

RBC-Mg, S-Mg



RBC-Mg



- RBC-Mg normis tulemusi 22%, madalamaid 69%, kõrgenenud tulemusi 9%
- S-Mg kokku 100% normis
- RBC-Mg naistel normis tulemusi 5%, **madalamaid 95%**, kõrgenenud tulemusi 0%
- S-Mg naistel normis 100%
- RBC-Mg meestel normis tulemusi 36%, madalamaid 48%, kõrgenenud tulemusi 16%
- Meestel S-Mg normis 100%

Analüüside tulemustest ilmnes sportlastel tõenäoliselt füüsilisest koormusest tulenevat rakusisest magneesiumi defitsiit, ainult ühel suusatajal olid väärtused kogu perioodi vältel referentsväärtuste piires. Seerumi analüüside tulemused ei korreleerunud rakusiseste tulemustega, jäädes normi piiridesse.

Kõikidel **naistel** olid RBC-Mg väärtused referentsväärtustest madalamad. Uuringuperioodi lõpuks oli ainult kiiruisutaja rakusisene magneesiumi väärtus üle alumise referentspiiri.

Suusatajatest (**mehed**) olid perioodi lõpuks korras ainult 3 sportlase RBC-Mg tulemused **RBC-Mg võiks olla magneesiumi staatuse, defitsiidi avastamise hea analüüs**

Tsink

- Organismis 1,9-2,5 g, **2/3 varudest luudes, 1/3 skeletilihastes**, eesnäärmes, maksas (RBC 90%:10% seerumis)
- **Plasmas tsingitase 0,1% tsingivarudest, paikneb peamiselt rakkude sees (90%)**, kofaktor ligi 300-s ensüümis (nt superoksiid dismutaas, aluseline fosfataas, alkoholi dehüdrogenaas, DNA polümeraas, RNA polümeraas jt), mis osalevad valkude, lipiidide, süsivesikute ainevahetuses, DNA sünteesis

Oluline roll:

- organismi rakkude arengus, kasvus ja paljunemises
- epidermise (kollageeni) sünteesis
- antioksidantses kaitses
- insuliini veresuhkrut langetava toime soodustamises
- maitsemisretseptorite normaalses arengus
- immuunsüsteemi funktsioonis
- alkoholi detoksikatsioonis

Tsink, selle puudus

Segatoitluse korral tavaliselt defitsiiti ei kujune

Kestev puudus- kasvupeetus, nahakahjustused (haavad ei parane, valged laigud sõrmeküüntel), juuste väljalangemine, isutus, toitude maitse ja lõhna eristamisvõime kahanemine, väsimus, langenud immuunvastus, ensüümi alkoholi dehüdrogenaasi aktiivsuse langus, põlve- ja kannaliigese valulikkus noorukitel

Tekib nt noorukitel, kellel on toitumishäired, kes tarvitavad üleliigselt rauapreparaate ja kaltsiumi, alkoholi, kestva stressi tingimustes, kaasasündinud tsingitransporterite häire korral jt haiguste korral

Normist kõrgemat tsingi väärtust võib esineda kilpnäärme ületalitluse, kõrgvererõhktõve, eosinofiilia või erütrotsütoosi korral, neerupuudulikkuse, tuumoriga metastaaside korral

Tsingipuuduse põhjus võib harva olla hZIP4 geenimutatsioon

Toksilisuse korral (liigtarbimisel >25 mg/p) võib tekkida mao limaskesta kahjustus, oksendamine, kopsufibroos, vase- ja rauavarude vähenemine maksas

Tsink

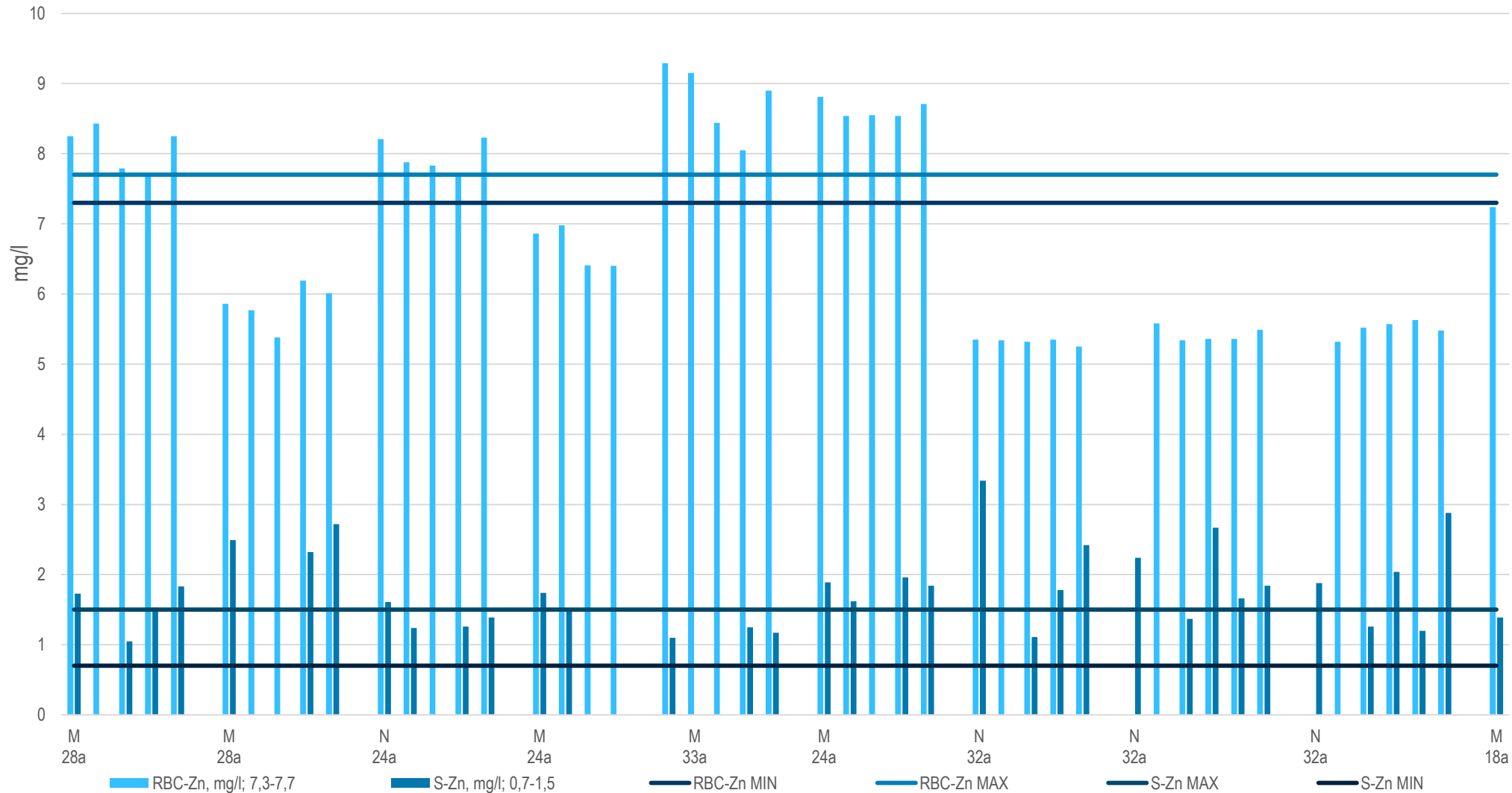
Tsink (mg/p)	Naised ¹	Mehed ¹
Soovitatav kogus (RI)		
14–17-aastased	9	12
18–60-aastased	9	9
>61-aastased	9	10

Rikkalikud allikad (≥ 1,8 mg/100 g)	Head allikad (0,9–1,8 mg/100 g)
kuumtöödeldud maks, sea-, veise- ja linnuliha,	keedetud muna
maksapasteet	<i>ricotta</i> kohupiim
täisterahommikusöögihelbed, enamik	enamik teisi kuumtöödeldud kalu
pudruhelbed	kaunviljad
pärm	spinat
tuunikalakonserv	kibuvitsamarjad
kamajahu, müsli, seemned-pähklid	šokolaad
juustud	
leib, täisterasai	
kuumtöödeldud räim, sardiinikonserv,	
tursamaksakonserv	
kakaopulber, halvaa	

Allikas: NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 6.0, www.nutridata.ee, 2014

- Imendub peensoole ülaosas, eritub neerude, naha ja seedetrakti kaudu
- Imendumist soodustavad loomsed valgud, happeline keskkond
- Omastamist pärsvad fütaat teraviljades ja kaunviljades, oksalaat, tanniin, **Ca**, **Fe** liigne tarvitamine, ravimid, mis alandavad happelisust maos (omeprasooli rida)
- Tarbimise ülempiir on 25 mg/p

RBC-Zn, S-Zn



Tsingi tulemused uuringus

- **RBC-Zn:** 4% referentsväärtuste piires, **56% madalaid** ja 40% kõrgenenud tulemusi
- Seerumis S-Zn kokku 37% normis, **0%** madalamaid tulemusi, 63% kõrgenenud
- **Naistel RBC-Zn 75% normist madalamaid tulemusi**, kõrgemaid 20%, 6% normis (1-l naisel korras, 3-l madalad)
- **Naistel seerumis S-Zn 0% madalamaid tulemusi**, kõrgemaid 61%, normis 39%
- **Meestel RBC-Zn 56% kõrgenenud tulemusi**, **40% madalaid**, normis 4%
- Meestel S-Zn meestel 65% kõrgenenud, 0% madalamaid väärtusi ja 35% normis tulemusi

Sportlastel esines rakusisest tsingi puudust, mis ei ilmnenu seerumi analüüsides. Juhtudel, kui tsingi sisaldus erütrotsüütides oli madal, olid väärtused seerumis pigem kõrgemad. Tsingi rakusisest pidevat madalat taset leiti viiel sportlasel (3 jooksjal ja 2 suusatajal). Kolme naisjooksja korral esineb võimalus, et pidevalt madala rakusisese tsingi väärtuse põhjuseks on geneetiline omapära koos füüsilise koormusega.

Dünaamikas võib madalate väärtuste põhjus olla seotud füüsilise koormusega

Kaalium

- Organismis 150 – 200 g, kaaliumist 98% paikneb rakkude sees, rakuväliselt 2%

Oluline:

- rakumembraani potentsiaali reguleerimisel närvitalitluses, lihaskontraktsioonides
 - happe-leelistasakaalu reguleerimiseks veres
 - süsivesikute normaalseks ainevahetuseks

 - Bioloogilised rollid seotud naatriumiga, nt raku ainevahetuse käigus rakust väljunud K kogus viiakse tagasi Na pumba abil
- Imendub peensoolest, eriti hästi jämesoolest imendub 90% toiduga saadud kaaliumist (soodustavad Mg ja vitamiin B6)**
- Kaaliumikadu seedetrakti kaudu, uriini ja higiga on ca 800 mg päevas
 - Kaaliumitaseme languse vältimiseks on vajadus min 1,6 g päevas. **Kaaliumi tarbimine võib mõjutada naatriumitasakaalu ja madalad tarbimiskogused 0,4-1,2 g päevas võivad põhjustada naatriumipeetust ja tõsta vererõhku, nii normaalse kui ka kõrgvererõhuga inimestel**

Kaalium

Kaaliumipuudus: rohke kaaliumikao tagajärjena seedetraktist ja neerudest, näiteks pikaajalise kõhulahtisuse, oksendamise tõttu, lahtistite või diureetikumide kasutamisel, ülemäärane kohv, alkohol, madal veresuhkru tase, stress, hüpertüreoos, **Mg kestev vähesus** jt

Tekib lihasnõrkus, südame rütmihäired, depressioon, vaimne segadus

Kaaliumi liig: liigsel manustamisel või neerukahjustuse korral võib tekkida hüperkaleemia-arütmia, südame seiskumine

Kaalium (g/p)	Naised ¹	Mehed ¹
Soovitatav kogus (RI)	3,1	3,5
Rase, imetav ema	3,1	
Keskmine vajadus (AR)²	-	-
Tarbimise alampiir (LI)	1,6	1,6
Tarbimise ülempiir (UL)	3,7 ³	3,7 ³

Rikkalikud allikad (≥660 mg/100 g)	Head allikad (330–660 mg/100 g)
kuivatatud aprikoosid, ploomid, datlid ja õunad	pärm, rosinad
till, petersell	keedetud kartul ja bataat
täisterahommikusöögihelbed	küüslauk, maapirn, redis, enamik kapsaid, peet,
tomatipasta	spinat, avokaado, porgand, leht-, pea- ja jääsalat,
enamik pähkleid-seemneid	kuumtööteldud baklažaan, kaunviljad
tume šokolaad, kakaopulber	kuumtööteldud kala, kanafilee, sea-, veise- ja
	vasikaliha, maks
	müsli, kamajahu, leib
	banaan, kibuvitsamarjad, mustsõstrad, punased
	sõstrad

Allikas: NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 6.0, www.nutridata.ee, 2014

Kaaliumi tulemused uuringus

- **RBC-K normis tulemusi 51%, madalamaid 20%, kõrgenenud tulemusi 29%**
- **S-K kokku 92% normis, 0% madalamaid tulemusi, 8% kõrgenenud**

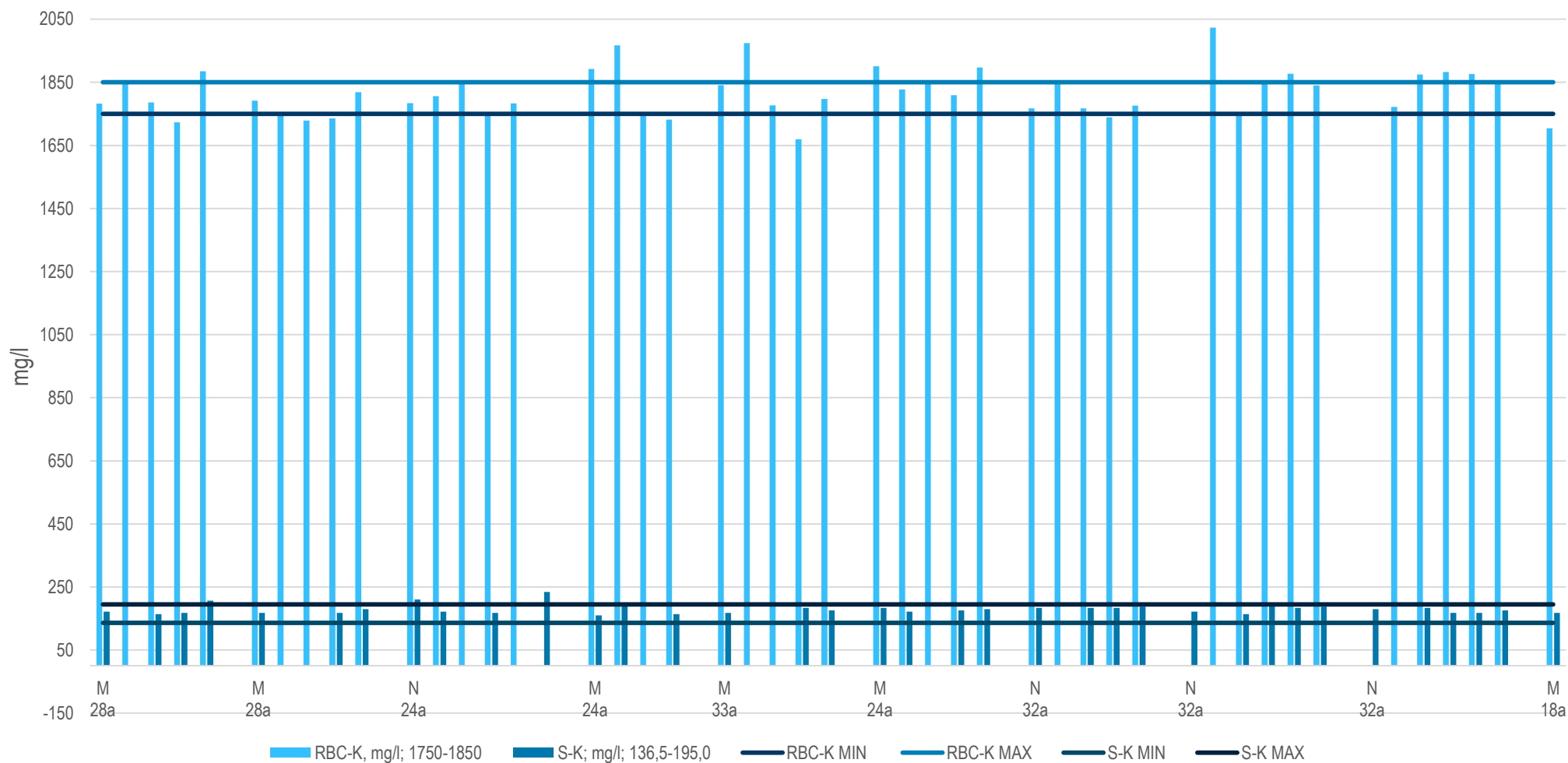
- **RBC-K naistel normis tulemusi 50%, madalamaid 15%, kõrgenenud tulemusi 35%**
- **S-K naistel normis 89%, 0% madalamaid tulemusi, kõrgemaid 11%**

- **RBC-K meestel normis tulemusi 52%, madalamaid 24%, kõrgenenud tulemusi 24%**
- **Meestel S-K normis 94%, 0% madalamaid tulemusi, kõrgemaid 6%**

Analüüside tulemustest ilmnes sportlastel, et seerumis on kaaliumi tulemused pigem normis, rakusiseselt esines normis tulemusi vähem ja ilmnes nii kaaliumi puudust kui kõrgenenud väärtusi. Rakusiseselt ilmnes kaaliumi puudust, mis ei tulnud esile seerumi analüüsides. Füüsiline koormus mõjutab rakusisese K tulemusi.

Kaaliumi tulemused uuringus

RBC-K, S-K



Naatrium

Organismis 100-110 g, **paikneb peamiselt rakuväliselt**, seob vett

Biofunktsioonid koos kaaliumiga:

- närviimpulsside edasikandumiseks, lihaskontraktsioonide tagamiseks

ensüümide (Na-pump) aktivatsioon, Na/K gradient- membraanipotentsiaali tekitamise kaudu reguleerib närviimpulsse ja lihaskonna tööd

- normaalse veevahetuse tagamiseks vere- ja koerakkude vahel
- happe-alustasakaalu tagamiseks veres

Üks gramm soola vastab ligikaudu 0,4 grammile naatriumile ja 1 gramm naatriumi võrdub 2,5 g soolaga

Naatrium

Defitsiit

Hüponatreemia võib tekkida südame- neeru-, maksapuudulikkuse korral, samuti pikaaegse taimetoitluse korral, sest taimedes on vähe Na ja palju K

Äge hüponatreemia (48 h jooksul) võib tekkida ülemäärasest soolavaba vee manustamisest nt psüühiliselt haigetel inimestel, maratonijooksjatel, rohke higistamise korral, suure oksendamise, kõhulahtisuse, diureetikumide kasutamise korral (südame- hingamisprobleemid, somnolentsus jm)

Hüponatreemia tekib vedeliku liia tõttu organismis, seotud ADH regulatsiooniga

Aluseks seerumi analüüs $<135 \text{ mmol/L}$

Liig: Üldjuhul saadakse toiduga liialt naatriumi (keedusool) ning kauakestev naatriumiliig:

- koormab neere
- tekitab turseid (häirub normaalne veevahetus vere- ja koerakkude vahel)
- **tekitab vererõhu tõusu**
- toob kaasa vee ja kaaliumi ülemäärase eritumise uriiniga (mis aga ei võta turseid maha)

Täiskasvanutele ei eristata eraldi soovitusi meestele ja naistele, vaid kõikide jaoks kehtib maksimaalne lubatud päevane kogus, milleks on 6 grammi soola (s.o umbes 2400 mg naatriumi)

Naatrium	Naised ¹	Mehed ¹
Soovituslik maksimaalne tarbimine (RI)		
naatrium, mg/p	2400	2400
sool, g/p	6	6
Minimaalne naatriumi tarbimiskogus, mg/p (LI)	575	575

Rikkalikud allikad ($\geq 0,48$ g/100 g)

kõik soolad
puljongipulber, sojakaste, osad toidukastmed
soola- ja suitsukala ja -liha, liha- ja kalakonservid
oliivikonservid
kamapallid, popkorn, soolaküpsised, maisihelbed
suitsuvorstid-singid, juustud, keeduvorstid-viinerid
soolaga köögiviljakonservid
pelmeenid, näkileivad, soolane kringel
kartulikrõpsud, küüslauguleivad, soolapähklid
ketšup, majoneesid

Naatriumirohked allikad (0,24–0,48 g/100 g)

suurem osa saiadest-leibadest
hamburgerid
kodujuust, magus kringel, müsli
puljong puljongipulbrist
võiderasvad (v.a või)
paljud küpsised, koogid, magusad maisipulgad
hapukapsas, spinat, osad tomatimahlad

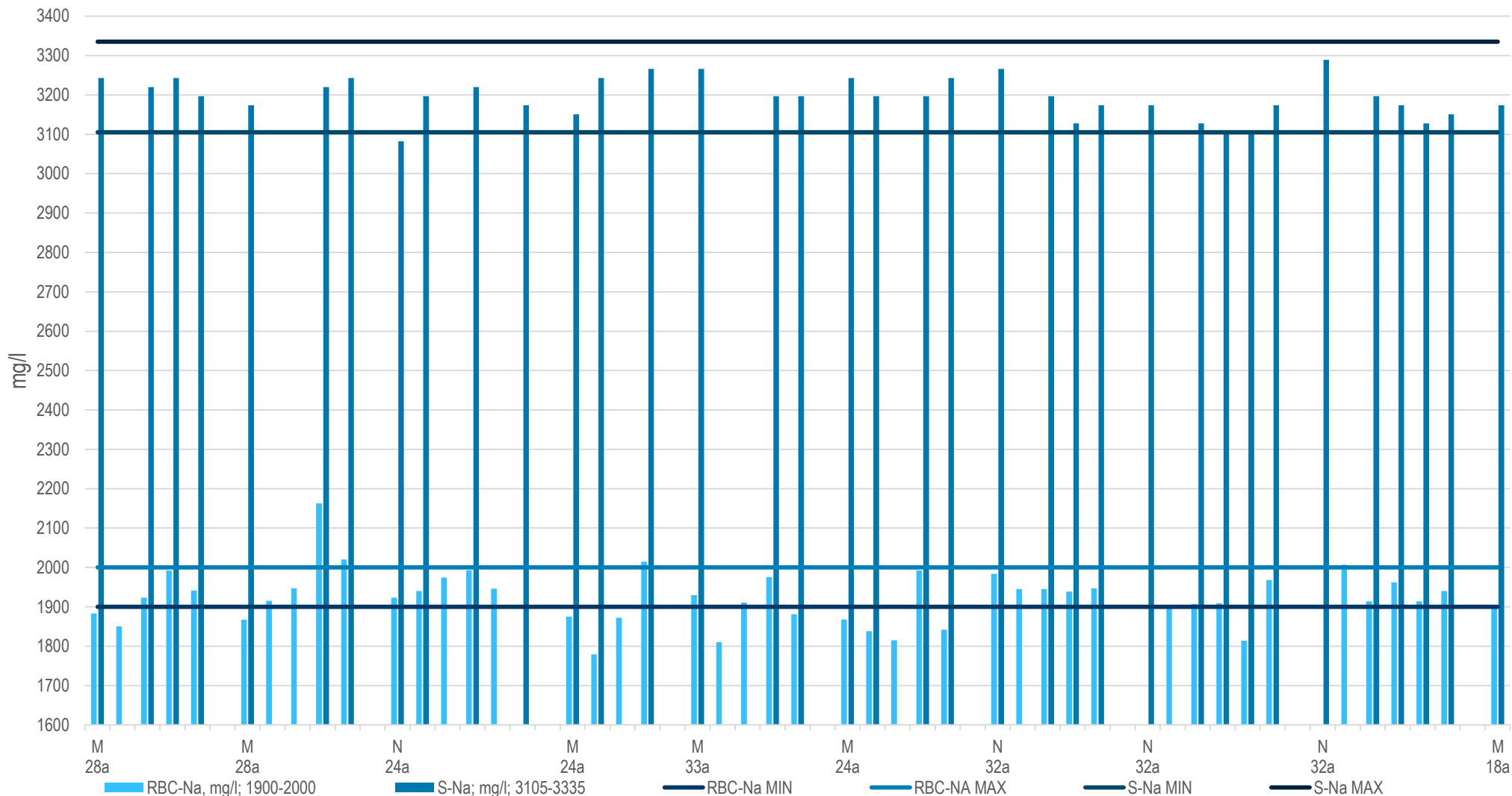
* Naatriumi puhul lähtutakse maksimaalsest päevasest soovituslikust tarbimiskogusest
Allikas: NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 6.0, www.nutridata.ee, 2014

Naatriumi tulemused uuringus

- RBC-Na normis tulemusi 62%, madalamaid 29%, kõrgenenud tulemusi 9%
- S-Na kokku 97% normis, 3% madalamaid tulemusi, 0% kõrgenenud
- RBC-Na naistel normis tulemusi 90%, madalamaid 5%, kõrgenenud tulemusi 5%
- S-Na naistel normis 94%, 6% madalamaid tulemusi, kõrgemaid 0%
- RBC-Na meestel normis tulemusi 40%, madalamaid 48%, kõrgenenud tulemusi 12%
- Meestel S-Na normis 100%, 0% madalamaid tulemusi, kõrgemaid 0%

Erütrotsüütide analüüsides ilmnes sportlastel kõrgenenud ja eriti meestel ka madalamaid tulemusi. Seerumis naatriumi sisaldused olid normväärtuste piirides. Dünaamikas esines suusatajatel ajalist seost madalamate rakusiseste tulemuste ja füüsilise koormusega

Naatrium- rakkude sees (RBC) kontsentratsioon madalam kui väljas



- Kaltsiumi koguhulgast (täiskasvanul umbes 1,3 kg) 99% paikneb luukoes hüdroksüapatiidina, 7g hammastes, kehavedelikes 1g
- Füsioloogiliselt aktiivne on veres tsirkuleeriv kaltsiumi vaba ioniseeritud vorm
- Kaltsiumi tasakaalu reguleerivad parathormoon, vitamiin D (1,25(OH)₂D - 1,25-dihüdroksüvitamiin) ja kaltsitoniin, mis tagavad plasmas püsiva kontsentratsiooni. Hormoonid reguleerivad Ca sisenemist ja väljaviimist soolestikust, luudes, neerudes
- Ca paikneb erütrotsüütides rakuväliselt 90%, rakkude sees 10%

Ioniseeritud kaltsiumi teatud vahemikus kontsentratsiooni tagamine plasmas on elulise tähtsusega. Referentsväärtuste piirides olev kaltsiumisisaldus veres viitab normaalselt funktsioneerivale ainevahetus- ja endokriinsüsteemile

Kaltsiumi olulisus organismis

- Lihaskontraktsioonis
- Närviipulsside ülekandes
- Vere hüübimissüsteemis,
- Vere osmootse rõhu tagamises
- Luude ja hammaste tervise jaoks

Kestev mõõdukas kaltsiumi vähesus võib põhjustada liigeste valulikkust, lihaskrampe, jalalihaste jõu nõrgenemist, pulsi aeglustumist, unetust

Sügavam puudus (toidukaltsiumi, D-vitamiini puudus) põhjustab luude hõrenemist, hammaste lagunemist, peavalusid, vererõhu langust ja kasvuhäireid

Lisamanustamine võiks toimuda: jalalihaste krampid, valud luudes, intensiivne lihastöö, igemete veritsus, alkoholism, vinnlööve, naha kahjustused, maohaavandi korral (antatsiidne toime), peale kirurgilisi operatsioone, depressioon, dementsus, ahelsuitsetamine, plii mürgistus

Kaltsiumi liig - luude ja kudede (neerude) kaltsifikatsioonid, raud ei imendu, luukude ei omasta Zn, verehüübivus tõuseb ja ilmnevad närvi – ja lihaskoe talitluse häired

Kaltsium (mg/p)	Naised ¹	Mehed ¹
Soovitatav kogus (RI)		
10–30-aastased	900	900
>30-aastased	800	800
Rase	900	
Imetav ema	900	
Keskmine vajadus (AR)	500	500
Tarbimise alampiir (LI)	400	400
Tarbimise ülempiir (UL)	2500 ²	2500 ²

¹ Alates 10. eluaastast

² Toidust ja toidulisanditest kokku; üle 50 aasta vanuste puhul maksimaalselt 2000 mg/p

(Eesti toitumis- ja liikumissoovitused, 2015)

Imendumist seedetraktis soodustavad vitamiinid D ja C, magneesium, fosfor, mangaan
Kaltsiumi omastamist pidurdavad kiudainete suured kogused, oksaalhape (kakaos, spinatis, rabarberis), fütaat, suures annuses Mg, Zn, aspiriin.

Taimed ei ole Ca omastatavuse suhtes head allikad

Liigne kohvi ja alkoholi tarbimine soodustavad Ca eritumist uriiniga

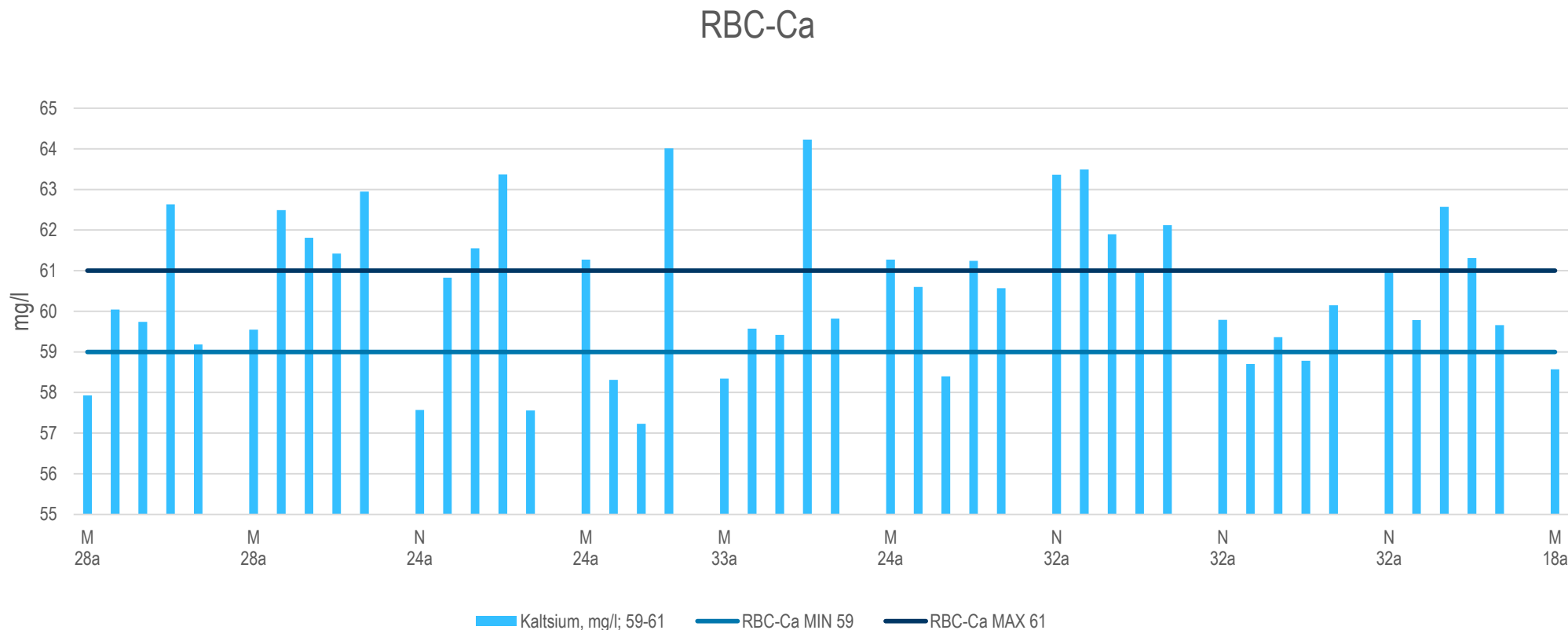
Kaltsiumi allikad

Rikkalikud allikad (≥ 180 mg/100 g)	Head allikad (90–180 mg/100 g)
juustud	kibuvitsamarjad
mandlid	keedetud munakollane
parapähklid	piim-keefir-pett, kohupiim-kodujuust
piimašokolaad	osad pähklid-seemned
	luudega kaladest konservid
	jogurt

Allikas: NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 6.0, www.nutridata.ee, 2014

(Eesti toitumis- ja liikumissoovitused, 2015)

- RBC-Ca normis tulemusi 36%, madalamaid 22%, kõrgenenud tulemusi 40%
- RBC-Ca naistel normis tulemusi 40%, madalamaid 20%, kõrgenenud tulemusi 40%
- RBC-Ca meestel normis tulemusi 36%, madalamaid 24%, kõrgenenud tulemusi 40%



Kaltsium

- Dünaamikat vaja vaadata individuaalselt
- Suusatajatel kaltsiumi väärtused (RBC) olid madalamad suusahooajal, suurema füüsilise koormuse korral, puhkeperioodil kõrgemad
- Esimeste analüüside tulemustes esines rohkem madalamaid väärtusi, lisaainete tarvitamisel ja puhkeperioodil väärtused tõusevad
- Naissportlastel tulemused koormuse perioodil samuti madalamad, tarvitatud lisaainena, kontrollitud ka vitamiin D
- Uuringuperioodi lõpuks normist madalam väärtus kiiruisutajal

Seleen

- Organismis 10 -14 mg, erütrotsüütides rakusiseselt ca 65%, plasmas 35%, leidub kõikides kudedes (**rohkem lihastes**, maksas, spermas), esineb selenometioniinina, samuti selenotsüsteiinina, selenoproteiin P jt
- **Kofaktor glutatiooni peroksüdaasi** (GPx, antioksüdantne ensüüm) ja kilpnäärmehormoonide ainevahetuses (joodtüroniini dejodinaas, T4-T3)
- Erütrotsüütides, juustes, küüntes sisaldub palju GPx.

Organismile oluline:

- Luude ja lihaste funktsioneerimiseks (sh südamelihase)
- Immuunsüsteemi tugevdamiseks
- Kilpnäärme hormoonide sünteesiks
- Rakkudes antioksüdantse ensüümi GPx sünteesiks

Imendub peensooles, soodustavad vitamiinid E, A, C, pärsvad raskemetallid ja fütaat

Seleeni defitsiiti esineb piirkondades, kus teda pinnases on vähe:

- Luu- ja lihaskonna düsfunktsioon (müalgia),
- Südamelihase haigus - kardiomüopaatia (Keshani tõbi)
- Vaimne alaareng, nägemisvõime alanemine
- Alopeetsia, dermatiidid, hüpotüreoos
- Kaalulangus
- Immuunsupressioon, erinevad põletikulised haigused
- Hiinas rikastatakse soola seleeniga ja maksavähki haigestumine langes 35%, on leitud preventiivset efekti ka eesnäärmevähi korral

Seleeni liig: küüslaugu lõhn suust, dermatiit, mürgistusnähud, selenoos- juuste, küünte, hammaste väljalangemine

Seleen (µg/p)	Naised ¹	Mehed ¹
Soovitav kogus (RI)	50	60

Normaalse söömise korral seleenipuudust ei esine, toiduga saadav seleen mõjutab plasma/seerumi ja erütrotsüütide seleeni sisaldust

Rikkalikud allikad (≥11 µg/100 g)	Head allikad (5,5–11 µg/100 g)
kuumtöödeldud maks ja neerud, maksapasteet	pekanipähklid
enamik kalu, kalatooteid ja mereande (sh krevetid)	kõrvitsaseemned
päevalilleseemned, parapähkel	kodujuust
kuumtöödeldud sea-, veise- ja linnuliha	leib, sai
kamapallid, paljud pudruhelbed	aurutatud brokoli, küüslauk
keedetud muna, paljud juustud	rosinad, kuivatatud aprikoosid
keedetud kuskuss	
halvaa	

Allikas: NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 6.0, www.nutridata.ee, 2014

Seleeni tulemused

- **RBC-Se: 33% referentsväärtuste piires, 0% madalaid ja 67% kõrgemaid tulemusi**
- **S-Se 80% referentsväärtuste piires, 6% madalaid ja 14% kõrgeenenud tulemusi**

- **Naistel RBC-Se 20% normis, 0% normist madalamaid tulemusi, kõrgemaid 80%**
- **Naistel S-Se normis 78%, 0% madalamaid tulemusi, kõrgemaid 22%**

- **Meestel RBC-Se normis 44%, 0% madalaid, 56% kõrgeenenud tulemusi**
- **Meestel S-Se 82% normis, 12% madalamaid, 6% kõrgeenenud tulemusi**

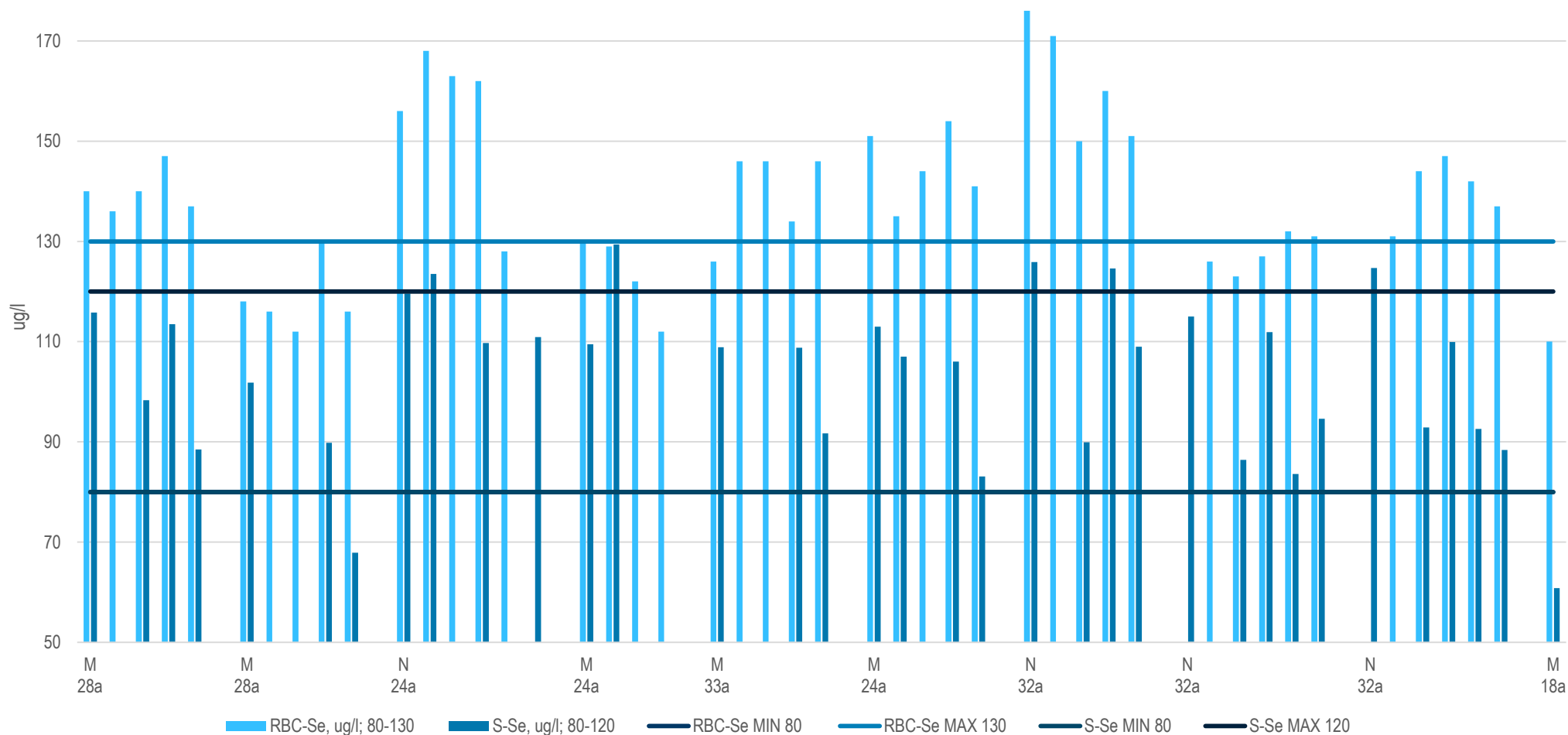
Erütrotsüütide siseselt seleenipuudust ei leitud, tulemused olid normis või kõrgeenenud.

Seerumis esines normist madalamaid väärtusi. Vajalikuks kontsentratsiooniks rakusiseselt peetakse 80-130 ug/L (dr. Bayeri labor), aga maksimaalne toime ainevahetusprotsessidele avaldub väärtuses 140 – 160 ug/L (dr. Bayeri labor).

Uuringuperioodi lõpuks rakusisest seleenipuudust ei esinenud, dünaamikat seoses füüsilise koormusega on raske hinnata

Seeleni tulemused uuringus

RBC-Se, S-Se



Raud

- Organismis 3,5 - 4g, on heemi (hemoglobiin, müoglobiin) komponent, organismis seotuna valkudega (transferriin, ferritiin), vaba raud muutub toksilisteks pro-oksüdandiks, tekitades ülitugevat oksüdatiivset stressi. **Erütrotsüüdis sees 99%, plasmas 1%.**
- Imendub kaksteistsõrmiksooles
- Toitudest imendub hästi loomsest toidust (**heemne raud**), halvasti taimedest (**mitteheemne raud**) - fütaat (spinat, oad, kakaos) ja oksaalhape (rabarber, spinat) on rauaga mitteimenduvates kompleksides
- **Tees ja kohvis sisalduv tanniinhape, fütaadid, Ca, Zn ja kiudained, alkohol pärssivad mitteheemse raua imendumist**
- **Maohapet pärssivad ravimid vähendavad toidus oleva raua imendumist**
- Imendumist parandab toidu keetmine, C-vitamiini rikas toit
- Lääneriikide dieet sisaldab ca 10 -15 mg/päevas, vaid 5 – 10% imendub, rauapuuduse korral on imendumine parem, 20 – 30%
- **Raua liigne manustamine võib langetada vase ja tsingi imenduvust sooles, olles puuduse põhjustajaks**

Raud on vajalik:

- vereloomes hemoglobiini ja lihaskoes müoglobiini (hapnikku siduv lihaskiudude valk) sünteesiks
- biomolekulide koostises, mis osalevad ATP tootmises ja aitavad kahjutuks teha organismi sattunud kehavõõraid ühendeid (peroksüdaasid, tsütokroomid, tõstes seeläbi vastupanuvõimet stressile ja haigustele)

Puuduse põhjuseks ebapiisav saamine toiduga, suurenenud vajadus (füüsiline lihaskoormus, kiire kasvuperiood), imendumishäired ja suurenenud kaod haiguste tõttu

Rauadepoo analüüs on ferritiin

Rauapuudusel tekivad: rauapuudusaneemia (ca 5% elanikest), latentne rauadefitsiit (3-4 x rohkem kui aneemiat) – halb füüsiline koormustaluvus, kognitiivse, käitumusliku teovõime langus, immunoloogilise kaitsevõime kahjustumine, esineb sagedamini infektsioone jt

Raua liig: rauapreparaatide üleannustamine põhjustab mao ja soole limaskesta erosiooni. Raua liig võib kahjustada maksa, kõhunääret, neerusid, kesknärvisüsteemi ja erütrotsüüte.

Hemokromatoos on seotud hemokromatoosi geeni (HFE *gene*) mutatsioonidega (hepatomegaalia, maksafibroos, liigesepõletik, suhkurtõbi, kardiomüopaatia ja südamepuudulikkus)

Raud (mg/p)	Naised ¹	Mehed ¹
Soovitatav kogus (RI)		
14–17-aastased	15	11
18–60-aastased	15 (10 ²)	10
>61-aastased	10	10

Rikkalikud allikad (≥2,5 mg/100 g)	Head allikad (1,3–2,5 mg/100 g)
kuumtöödeldud maks, maksapasteet, veretooted	pärm
kuumtöödeldud sea- ja veiseliha	keedetud herned
sardiini-, sproti- ja tuunikalakonserv	kaerahelbe- ja tatrapuder
müsli	keedetud täisterariis ja -makaronid
enamik pähkleid-seemneid, keedetud oad	paljud kuivatatud puuviljad ja marjad
tume šokolaad, kakaopulber, halvaa	enamik teisi kalakonserve, krevetid
keedetud muna	
paljud leivad, täisterasaiaid	

* Vaatamata sellele, et osade taimset päritolu toitude raua absoluutväärtuses sisaldus on mõnest loomset päritolu toitude omast suurem, tuleb pidada silmas, et raua imenduvus loomset päritolu allikatest on suurem kui taimset päritolu allikatest

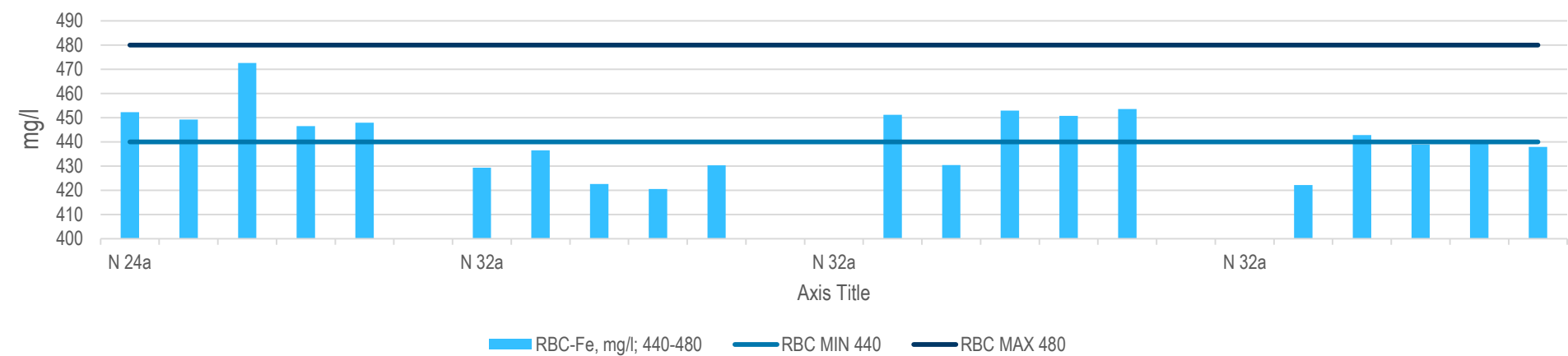
Allikas: NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 6.0, www.nutridata.ee, 2014

Raua tulemused uuringus

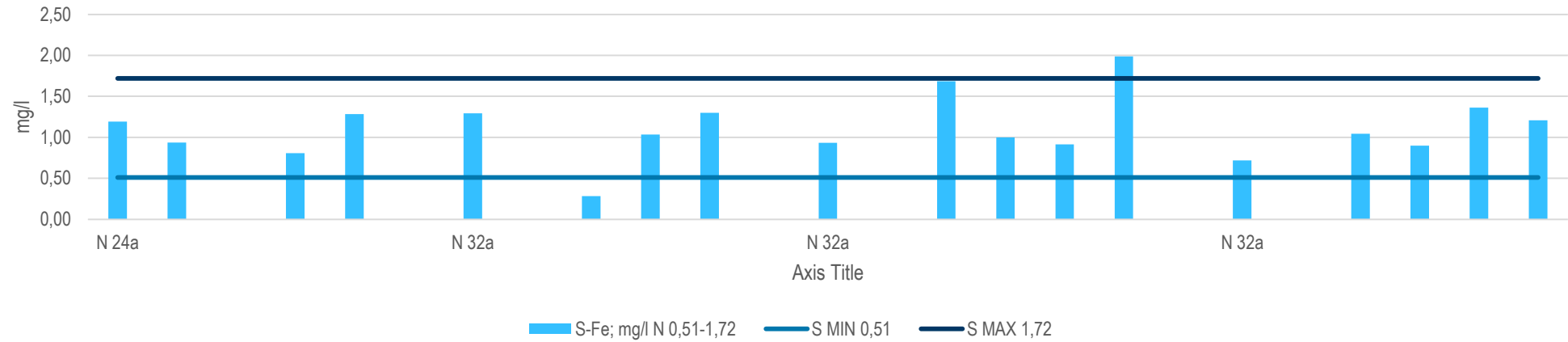
- **RBC-Fe: esines 47% referentsväärtuste piires, 18% madalaid ja 36% kõrgemaid**
- Seerumis S-Fe kokku 81% normis, 6% madalamaid tulemusi, 14% kõrgenenud
- **Naistel RBC-Fe normis 55%, 45% normist madalamaid tulemusi, kõrgemaid 0%**
- S-Fe naistel 89% normis, **5,5%** madalamaid tulemusi, kõrgemaid 5,5%
- **Meestel RBC-Fe 44% normis, 56% kõrgenenud tulemusi, 0% madalaid**
- Meestel S-Fe 72% normis, **22%** kõrgenenud väärtusi, 6% madalamaid

Naistel ilmnes rakusiseselt madalaid tulemusi, mis ei väljendunud alati seerumi analüüsis. Meestel tulemused pigem kõrgemad ja rakusiseselt kõrgemaid väärtusi ilmnes rohkem kui seerumis. Uuringuperioodi lõpuks esines rakusisest puudust kahel jooksjal.

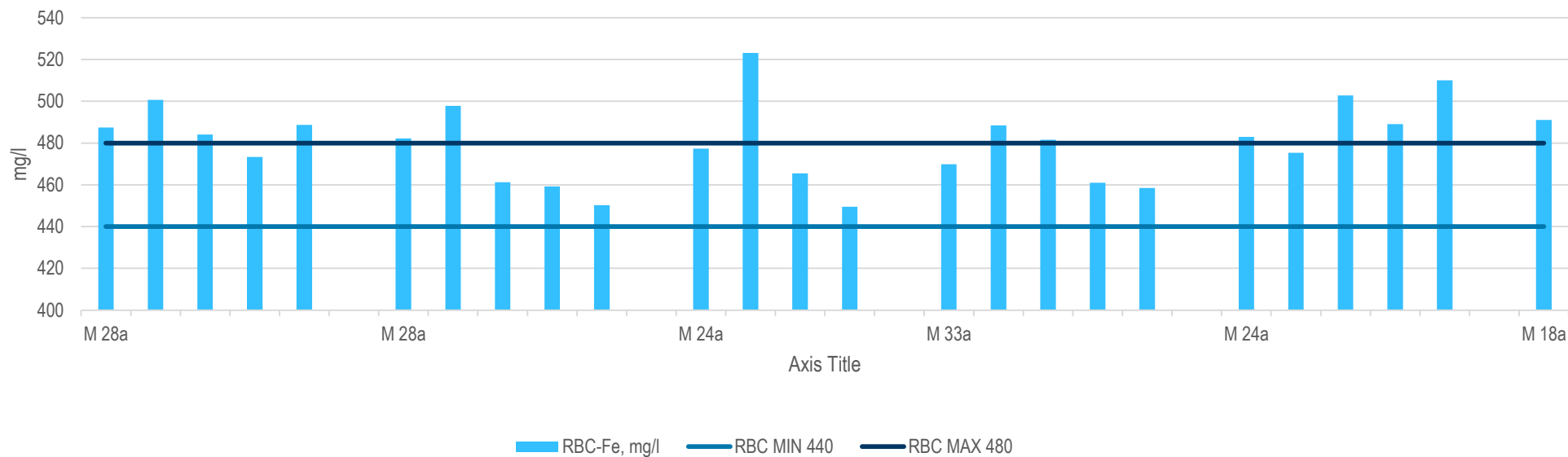
RBC-Fe naised



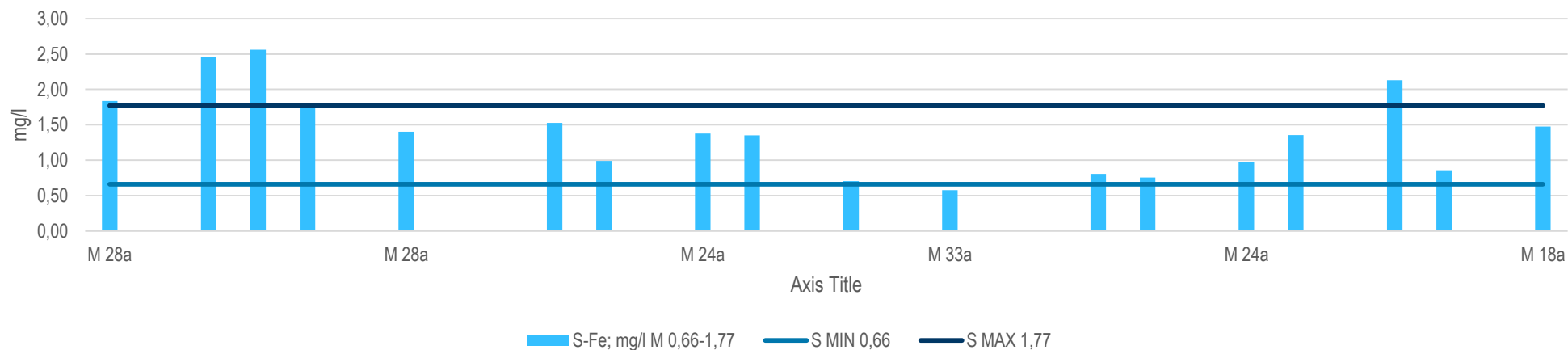
S-Fe naised



RBC-Fe mehed



S-Fe mehed



Vask

Organismis 50 – 120 mg, 40% lihaskoes, 15% maksas, 6% plasmas ja erütrotsüütides. Rakusiselt erütrotsüütides 40%, rakuväliselt 60%

Imendub peensooles, transporditakse maksa (plasmas tseruloplasmiiniga), eritub peamiselt sapiga

Imendumine on pärsitud kõrge tsingi (>50 mg päevas) ja raua manustamise korral

Vaske on peamiselt vaja:

- hemoglobiini sünteesiks (soodustab raua omastamist erütrotsüütide arengus)
- hingamisahela võtmeensüümis (tsütokroomi oksüdaas)
- ensüümide toimeks, mis osalevad sidekoe moodustumisel kollageeni ja elastiini tekkes
- luukoe tekkeks
- antioksidantseks kaitseks (antioksidantse ensüümi Zn + Cu SOD- superoksiid dismutaas koostises)

Vasepuuduse sümptomeid segatoitluse korral esineb harva, aga: langeb leukotsüütide arv (lümfoopenia koos infektsioonitundlikkuse tõusuga), hemoglobiin, liigeste ja sidemete funktsioonihäired, naha valulikkus ja tundlikkuse tõus

Liig- Wilsoni tõbi (Cu ladestused kudedes)

Vask

Vask (mg/p)	Naised ¹	Mehed ¹
Soovitatav kogus (RI)	0,9	0,9
Rase	1,0	
Imetav ema	1,3	
Keskmine vajadus (AR)	0,7	0,7
Tarbimise alampiir (LI)	0,4	0,4
Tarbimise ülempiir (UL)	5,0	5,0

¹ Alates 14. eluaastast

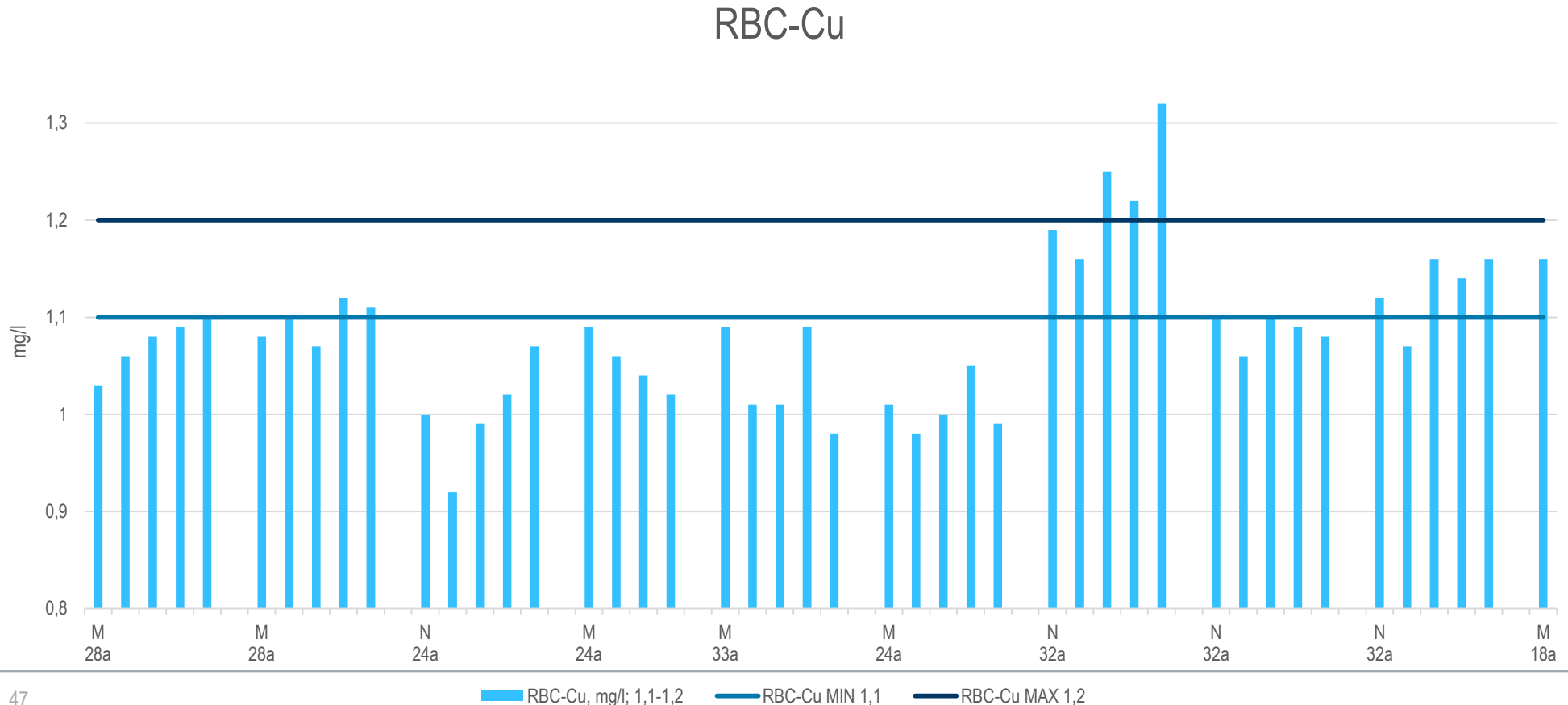
Tabel 4.38 Vase peamised rikkalikud ja head allikad

Rikkalikud allikad ($\geq 0,18$ mg/100 g)	Head allikad (0,09–0,18 mg/100 g)
kuumtööteldud maks, maksapasteet	granaatõun, kiivi, datlid
enamik seemneid-pähkleid	pärm
tatrapuder, seemed	küüslauk, peet, hapukapsas, spinat,
keedetud täisterariis, enamik pudruhelbeid	kuumtööteldud baklažaan, maapirn
kuivatatud puuviljad-marjad	küpsetatud verivorst
hersed-oad-läätsed	keedetud bataat, keedetud kartulid
kuumtööteldud lõhe ning sea- ja veiseliha	banaan, vaarikad, ananass, mustikad, viinamarjad,
leib, täisterasai	jõhvikad, mustsõstrad, pirn, kirsid
avokaado, mustjuur	kaerahelbepuder, müsli
metasmaasikad, kibuvitsamarjad	osad juustud
šokolaad (eriti tume), kakaopulber, halvaa	heeringa-, sproti- ja sardiinikonserv
	tomatimahl

Allikas: NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 6.0, www.nutridata.ee, 2014

- RBC-Cu normis tulemusi 29%, madalamaid 64%, kõrgenenud tulemusi 7%
- Naistel RBC-Cu normis tulemusi 40%, madalamaid tulemusi 45%, kõrgenenud 15%
- Meestel RBC-Cu normis tulemusi 20%, madalamaid tulemusi 80%, kõrgenenud 0%

Normist madalamat vase sisaldust enamikes teostatud analüüsides erütrotsüütides tuvastati kuuel sportlasel. Vase imendumist seedetraktis pärsib tsingi ja raua lisamanustamine.



Mangaan

- Organismi mangaanisisaldus ca 10–20 mg, luudes ja rohkesti mitokondreid sisaldavates elundites- maks, pankreas ja neerud (mitokondrite superoksiid dismutaasi kofaktor). Oluline kofaktor süsivesikute ainevahetuses (püruvaat karboksülaas), aminohapete sünteesis (arginaas), kilpnäärme hormoonide sünteesis, rasvhapete ja kolesterooli sünteesis
- Koos vitamiin K-ga toetab koagulatsiooni
- **Lihaskoes ja plasmas on mangaani kontsentratsioonid madalad**
- Imendub kogu peensoole ulatuses, eritumine toimub peamiselt sapi kaudu
- Imendumist pärsivad oksaalhape, fütaat, raud, vask ja kaltsium. Suurte mangaani koguste tarbimine pärsib raua imenduvust ja suuremat mangaani imenduvust on registreeritud rauapuuduse korral
- **Mangaani puudust inimestel esineb harva, sümptomid:**
naha muutused, hüperkolesteroleemia, lisaks neile ka difuusne luu demineraliseerumine ja kasvuhäired

Mangaan

Mangaani puudust segatoitluse korral ei esine, defitsiidi sümptomid:

- naha muutused
- hüperkolesteroleemia
- difuusne luu demineraliseerumine ja kasvuhäired
- glükoosi metaboliseerumine aeglustub (veresuhkru taseme tõus)

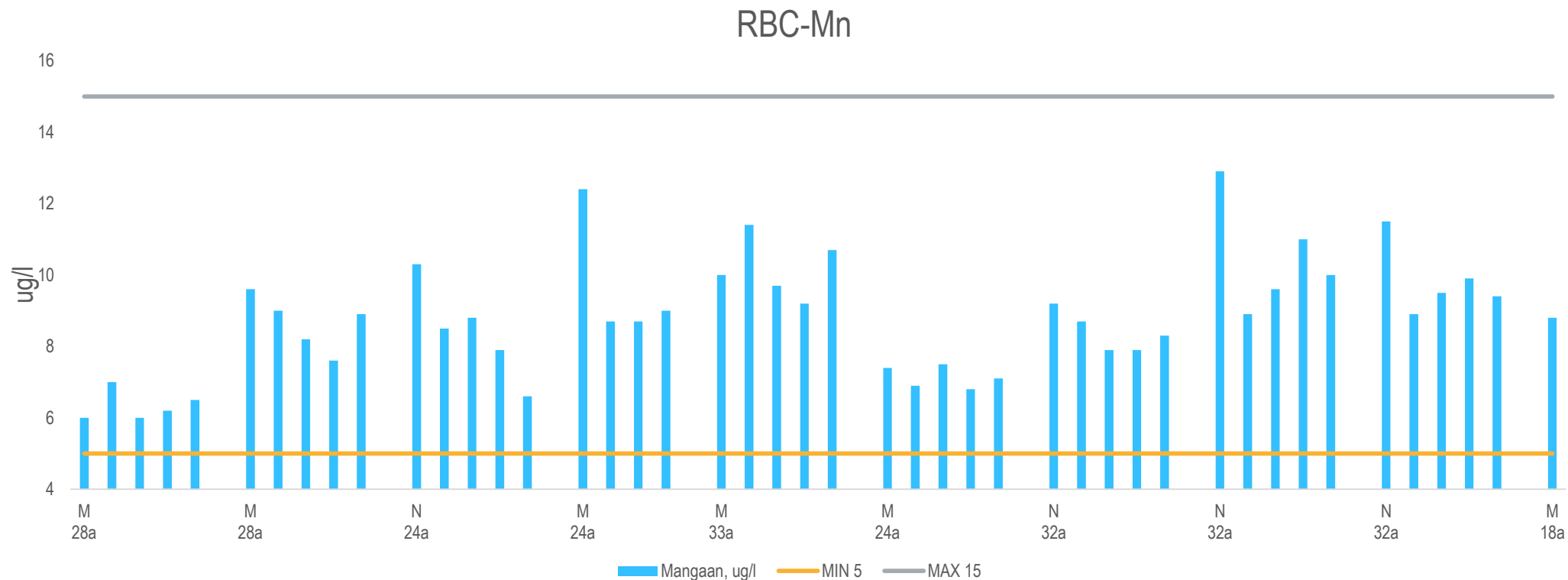
Mangaani liig- kaevandustes Mn aurude sissehingamisel: parkinsonismi- laadsed sümptomid

Mangaani aktsepteeritavaks tarbimiskoguseks täiskasvanutele on umbes 10 mg päevas

Täisteraviljad, pähklid ja lehtköögiviljad sisaldavad rohkesti mangaani. Tee võib mangaani tarbimisele samuti oluliselt kaasa aidata. (8)

Mangaan

- RBC-Mn tulemused olid referentsväärtuste piires 100%



Fosfor

- Fosforit organismis on 800–1200 g, millest 85% asub luustikus ja ülejäänu on kõigi kudede vahel ühtlaselt jaotunud. Peamiselt on see rakusisene anioon ja luustikus on fosfaat üldiselt liitunud kaltsiumiga moodustades hüdroksüapatiidi

Fosforit on peamiselt vaja:

- lihaskontraktsioonideks
- organismi energiavahetuses osalemiseks (ATP koostises)
- biomolekulide normaalseks ehituseks (nt nukleiinhapped)
- hammaste ja luukoe arenguks ja talitluses koos kaltsiumiga

Imendumine toimub kaksteistsõrmiksoole epiteelis ja peensoole ülaosas, sõltudes kaltsitrioolist (1,25-dihüdroksüvitamiin D3)

Fosfori puudust esineb, kui see on kestnud pikka aega, näiteks kõhulahtisuse korral

Fosfor

Täpne fosforivajadus ei ole teada, kuid 400 mg päevas peetakse täiskasvanuile kohaseks tarbimiskoguseks, (et säilitada plasma kontsentratsioon 0,8 mmol/l)

Tasakaalustatud söömisel fosfori defitsiiti ei teki

Fosfor (mg/p)	Naised ¹	Mehed ¹
Toitaine hinnanguline vajalik kogus (AI)		
Rase	600	600
Imetav ema	700	
	900	
Keskmine vajadus (AR)	450	450
Tarbimise alampiir (LI)	300	300
Tarbimise ülempiir (UL)	3000	3000

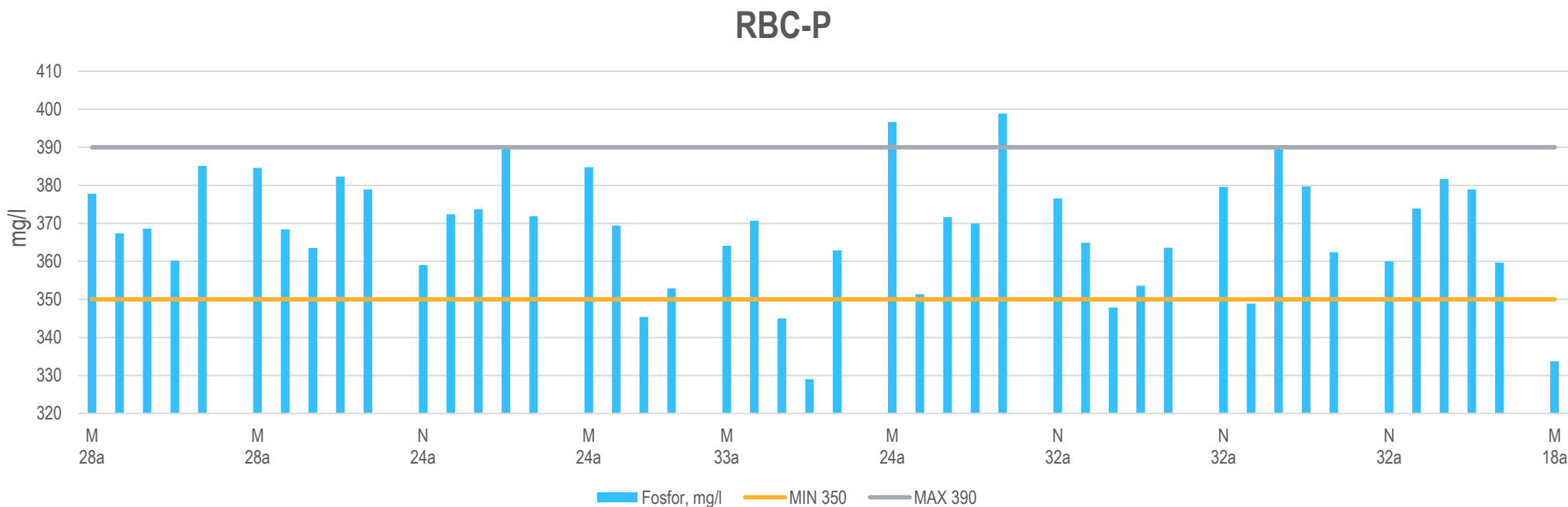
¹ Alates 18.ndast eluaastast

Rikkalikud allikad (≥120 mg/100 g)	Head allikad (60–120 mg/100 g)
seemned-pähklid	kohupiim, kodujuust, jäätis, jogurt
juustud	piim
kuumtöödeldud maks, maksapasteet	keedetud täisterariis, tatrapuder
pärm, keedetud muna	kaunviljad, brokoli, rooskapsas
leib, enamik pudruhelbeid, kaerahelbepuder	enamik kuivatatud puuvilju-marju
kuumtöödeldud sea, veise- ja linnuliha, kala	sink, vorst
küüslauk	
šokolaad, kakaopulber, halvaa	

* Fosfori puhul lähtutakse toitaine hinnangulisest vajalikust kogusest
Allikas: NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 6.0, www.nutridata.ee, 2014

Fosfor

- Normis tulemusi RBC-P 80%, madalamaid tulemusi 13%, kõrgeenenud 7%
- Naistel normis tulemusi RBC-P 85%, madalamaid tulemusi 10%, kõrgeenenud 5%
- Meestel normis tulemusi RBC-P 76%, madalamaid tulemusi 16%, kõrgeenenud 8%



Fosfor

Fosfori sisaldused erütrotsüütides enamikes tulemustes referentsväärtuste piirides.

Dünaamikas ilmnes kahel suusatajal ja kahel maratonijooksjal üksikutes analüüsides fosfori puudust, mida on raske seostada füüsilise koormusega, kuid uuringuperioodi lõpuks rakusisest defitsiiti ei esinenud

Kokkuvõtteks:

- Kestvusalade sportlastel, kelle füüsiline treeningkoormus uuringuperioodil oli suur, ilmnes rakusiseselt määratud analüüsides magneesiumi, kaltsiumi, kaaliumi, vase, tsingi ja naissportlastel ka raua puudust, mis alati ei ilmnenu seerumi analüüsides
- **Suur füüsiline koormus võis alandada rakusisest Mg, Ca, Cu, Fe, Na, K, Zn sisaldust**
- **Uuringuperioodi lõpuks ei esinenud rakusisest defitsiiti P, Ca, K, Se, Mn osas**

Uuringuperioodi lõpuks esines siiski magneesiumi puudust viiel sportlasel, seda ei esinenud ainult kiiruisutajal ja kolmel suusatajal. Naatriumi puudust esines kahel suusatajal, raua rakusisest puudust esines kahel jooksjal, tsingi puudust kahel suusatajal ja kolmel jooksjal, vase puudust kiiruisutajal ja kolmel suusatajal

- Magneesiumi määramine erütrotsüütides võiks olla magneesiumi staatuse, defitsiidi avastamise hea marker
- Spektrofotomeetrilisel meetodil kompleksne mineraalainete määramine erütrotsüütides võiks olla lisavõimalus avastada oluliste mineraalainete puudust või liiga rakkudes (kudedes) ja tulemuste alusel reguleerida toitumist

Täna kuulamast!



estonia.ee