

# Müokardi kohanemine kehalise koormusega spordiga tegelevatel lastel

Anatoli Landõr, Kadri Tõnnis – TÜ spordimeditsiini ja taastusravi kliinik

**Võtmesõnad:** lastesport, EKG-muutused rahuolekus, koormustest, EKG-muutused koormusel

**Müokardi kohanemist kehalise koormusega uuriti 10–17aastastel spordiga tegelevatel poistel ja tüdrukutel koormustesti ajal registreeritud elektrokardiogrammi (EKG) alusel. Koormustestiks kasutati astmeliselt suurenevat koormust veloergomeetril. Uuritavatel lastel leiti sageli EKG-muutusi rahuolekus enne testimist, mis peegeldas laste nõrka tervislikku seisundit. Kehalise koormuse mõjul mitmekordistus uuritavatel repolarisatsioonihäire esinemine, mis viitab müokardi mitteadekvaatsele kohanemisele kehalise koormusega ning arenevale südamelihase ülekoormusele. Uuringu tulemused osutavad vajadusele töötada välja rahvastiku arengulised normid koormus-EKG jaoks spordiga tegelevatel lastel, mida saab kasutada noorsportlaste EKG-koormustesti hindamisel iga-aastase tervisekontrolli raames.**

Laste tervis on meie ühiskonnas muutumas teravaks probleemiks. Tsivilisatsiooni areng – suur vaimne koormus koolis, vähene kehaline aktiivsus vabal ajal, ebatervislik toitumine, aktiivsete ajaviitmisvormide (mängud väljas) asendumine passiivsetega (arvuti,

teler) – soodustab laste kehalise arengu ja võimekuse ning tervisliku seisundi halvendamist. Sagedasemateks probleemideks lastel on rühihäired (skolioos, lampjalgsus), ainevahetusehäired (ala- ja ülekaalulisus), kroonilised infektsioossed kolded (krooniline tonsilliit, karioossed hambad), kopsuhaigused (bronhiaalastma, krooniline bronhiit), südamehaigused (kõrgenenud vererõhk, müokardiit, müokardiopaatia, südameklapirikked) (1). Hea tervislik seisund on eriti tähtis lastel, kes lisaks õppimisele tegelevad spordiga. Õigesti doseeritud kehaline koormus avaldab organismile arendavat ja tugevdavat mõju. Samas eksisteerib oht südame ja vereringe ülekoormuse tekkeks. Spordiga tegelevatel lastel võib see areneda kas omandatud või kaasasündinud patoloogia korral, vale treeningumetoodika tagajärjel või ebaõige kehalise arengu foonil suurte koormuste puhul.

Kehaline koormus avaldab organismile positiivset mõju siis, kui see vastab harastaja vanusele ja ettevalmistuse tasemele ning kui treeningumetoodika arvestab laste organismi iseärasustega. Üleminek spordikoolide süsteemilt spordiklubide süsteemile tõi noorsportlaste ettevalmistamisel esile probleemid treenerite tasemes. Osal treeneritest puudub erialane ja pedagoogiline haridus, nad ei valda treeningumetoodikat ning neil puuduvad teadmised spordi- ja ealise füsioloogia kohta. Treeningukoormuste mitteratsionaalne kasutamine, eriti ettevalmistuse forsseerimine ning harjutamine ja võistlemine haigena võib soodustada noorsportlaste organismi ülekoormust.

Spordiarstidele on üheks probleemiks ka võrdlusmaterjali puudumine, kuna andmed EKG-muutuste kohta Eesti lastel (spordiga tegelevatel ja mittetegelevatel) nii rahuolekus kui ka koormuse ajal puuduvad.

Töö **eesmärgiks** oli hinnata mõlemast soost 10–17aastaste spordiga tegelevate laste südame kohanemisreaktsioone kehalisele koormusele koormustesti ajal registreeritud elektrokardiogrammi alusel.

**MATERJAL JA MEETODID**

Analüüsiks kasutati erinevate spordialadega tegeleva 738 poisi ja 646 tütarlapse 2004.–2007. a koormustesti ajal registreeritud elektrokardiogrammi (EKG). Uuritavate laste vanus oli 10–17 aastat ning senine spordiga tegelemise kestus 1–11 aastat. EKG registreerimiseks kasutati seadet GE Medical Systems IT CardioSoft (Saksamaa). Rahuoleku EKG registreeriti lamavas asendis ja testimisel, istudes veloergomeetril. Koormustestiks kasutati astmeliselt tõusvat koormust veloergomeetril (Ergometer eBike Basic/Comfort, Saksamaa) võimsusega 1, 2 ja 3 W/kg kestusega à 3 minutit (vt jn 1). Taastumisperioodi kestus oli 6 minutit, EKG-näitajad registreeriti taastumisperioodi 2., 4. ja 6. minutil. Testi tegemisel ja EKG analüüsimisel juhinduti tunnustatud seisukohtadest (2, 3), võttes arvesse ealist aspek-

ti (4). Koormuste südame löögisageduse (SLS) väärtuste põhjal arvatati Karpmani valemi järgi (5) uuritavate üldine keheline töövoime ( $PWC_{170}$ ).

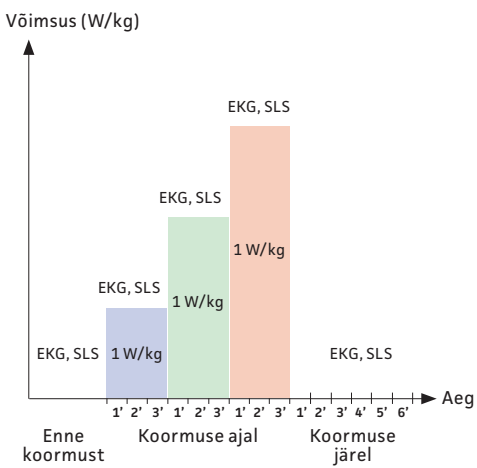
Andmete statistiliseks analüüsiks kasutati tarkvara Statistica, mille abil leiti kogutud andmete aritmeetilised keskmised ja standardhälbed ning kontrolliti näitajate erinevuste usaldusväärsust (Studenti t-test).

**TULEMUSED JA ARUTELU**

Rahuolekus ja kehalise koormuse ajal registreeritud EKGsid analüüsiti kahes rühmas: poisid ja tütarlapsed. Uuringu tulemused näitavad, et nii poistel kui ka tütarlastel esinevad rahuolekus elektrokardiograafilised muutused. Leitud EKG-muutused jaotati nelja rühma: automatismi-, ülejuhte-, depolarisatsiooni- ja repolarisatsioonihäired (vt tabel 1).

Uuritavatel tütarlastel on usaldusväärselt ( $p < 0,01$ ) suurem automatismihäirete esinemissagedus kui poistel, kuid poistel esineb usaldusväärselt ( $p < 0,001$ ) sagedamini ülejuhtehäireid. De- ja repolarisatsioonihäirete esinemissageduses usaldusväärsed erinevusi tütarlaste ja poiste vahel ei leitud. Sagedased EKG-muutused rahuolekus uuritavatel lastel (10 ja enam juhtumit) on toodud tabelis 2.

Kui siinustahhükardiat esineb sagedamini tütarlastel (peaaegu kaks korda rohkem), siis siinusbradükardiat esineb sagedamini poistel. Siinustahhükardia sagedat esinemist tütarlastel võib seletada uuritavate vanusega ja südame väiksemate mõõtmetega ning südame väiksema löögimahuga. Uuritavatel poistel võib siinusbradükardia esinemise suurt protsenti seostada mitmeaastase sporditreeninguga, mis poistel on tõhusam ja intensiivsem. Nomotoopsete rütmihäirete kliiniline hinnang sõltus uuritava vanusest, treeningu suunitlusest, harjutamise staažist ja muutuste ulatusest. Ektoopiliste rütmide ja ekstrasüstoolia esinemissagedus poistel ning tütarlastel on praktiliselt võrdne ja vastab kirjanduse andmetele samas vanuses lastel (6).



Joonis 1. Koormustesti skeem.

**Tabel 1.** Elektrokardiograafilised muutused uuritavatel lastel rahuolekus

	Automatismihäired		Ülejuhtehäired		Depolarisatsioonihäired		Repolarisatsioonihäired	
	Juhtude arv	%	Juhtude arv	%	Juhtude arv	%	Juhtude arv	%
Poisid	203	27,6	231	31,3	172	23,3	78	10,6
Tütarlapsed	198	30,7	151	23,3	144	22,3	65	10,1

Tähelepanu väärib PQ-intervalli lühenemise (< 0,10 sek) sagedane esinemine uuritavatel (20,6%-l poistel ja 22,4%-l tütarlastel), kusjuures WPW (Wolffi-Parkinsoni-White'i) sündroomi leiti 1,3%-l uuritavatel (4 poisil ja 3 tütarlapsel), mis ületab tunduvalt sündroomi esinemissagedust (0,1–0,2%) rahvastikus (6, 7). Hisi kimbu parema sääre osalist blokaadi leiti sagedamini poistel, mida võib seletada nende suuremate treeningukoormustega ja pikema harjutamisperioodiga ning parema vatsakese suurema koormusega harjutamisel.

Treeningukoormuse mõju müokardile avaldub uuritavatel parema koja ja parema vatsakese elektrilise aktiivsuse kasvu sagedases esinemises. Treeningute algetappidel langeb lastel suhteliselt suurem koormus südame paremale poolele (mahuline koormus suureneva vere tagasivoolu näol), mis avaldub südamelihase vastavate osade kohanemises (hüpertroofias) ning suurema elektrilise potentsiaali produtseerimises. Vasaku vatsakese elektrilise aktiivsuse kasvu tähel-

dati harva, vaid üksikutel juhtudel. Vasaku koja hüpertroofiat uuritavatel ei leitud. Uuritavatel tütarlastel oli depolarisatsioonihäirete esinemissagedus veidi suurem kui poistel.

Uuritavatel poistel ja tütarlastel leiti rahuolekus repolarisatsioonihäiretest müokardi difuusheid muutusi ning varajase repolarisatsiooni sündroomi. Difuusheid muutusi esines uuritavatel lastel kaks korda enam kui varajase repolarisatsiooni sündroomi. Mõlema muutuse esinemissagedus oli veidi suurem tütarlastel.

Uuringu raames leiti noorsportlastel rahuolekus üksikud raskemad EKG-muutused: atrioventrikulaarne rütm sõlme alumisest osast, ventrikulaarne paroksüsmaalne tahhükardia, II astme atrioventrikulaarblokaad, bifastsikulaarsed blokaadid (Hisi kimbu parema sääre ja vasaku sääre eesmise haru blokaad, Hisi kimbu parema sääre ja vasaku sääre tagumise haru blokaad), WPW-sündroom kaasneva rütmihäirega. Nende häirete korral oli vaja lisauuringuid ning lastekardioloogi abi.

**Tabel 2.** Sagedasemad EKG-muutused uuritavatel

Muutused	Poisid		Tütarlapsed		
	Juhtude arv	%	Juhtude arv	%	
Automatismihäired	Siinusbradükardia	78	10,6	62	9,6
	Siinustahhükardia	54	7,3	88	13,6
	Siinusarütmia	44	6,0	48	7,4
	Ektoopilised rütmid	32	4,3	31	4,8
	Ekstrasüstoolia	34	4,6	39	6,1
Ülejuhtehäired	PQ-intervalli lühenemine	152	20,6	148	22,4
	Hisi kimbu parema sääre osaline blokaad	74	10,0	28	4,4
Depolarisatsioonihäired	Südame parema koja hüpertroofia	59	8,0	110	17,1
	Südame parema vatsakese hüpertroofia	78	10,6	99	15,4
Repolarisatsioonihäired	Difuusheid häired	52	7,0	54	8,3
	Varajase repolarisatsiooni sündroom	26	3,6	28	4,4

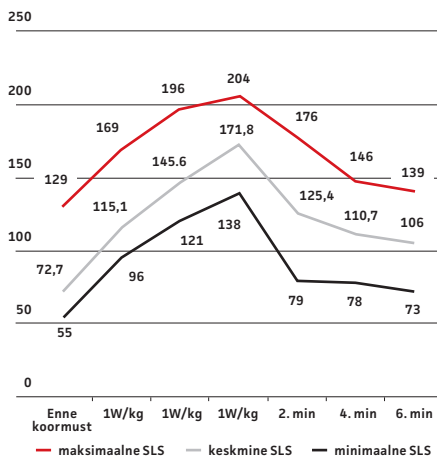
Südame löögisagedus enne testimist kõiksuurtes piirides nii poistel kui ka tütarlastel. Suured väärtused olid tingitud ühelt poolt laste testimiseelsest emotsionaalsest seisundist (n-ö stardieelne palavik) ja teiselt poolt organismi kehvast funktsionaalsest võimekusest. Uuritavate südame löögisageduse väiksed väärtused rahuolekus viitavad heale funktsionaalsele võimekusele ja pikajalisele spordistaažile.

Noorsportlaste organismi adaptatsiooni jälgiti südame löögisageduse muutuste kaudu. Joonisel 2 ja 3 on esitatud uuritavate südame keskmise, maksimaalse ja minimaalse löögisageduse väärtuste dünaamika testimise etappidel. Organismi adekvaatse reaktsioonina kehalisele koormusele täheldati südame löögisageduse kasvu testimisel vastavalt sooritatava kehalise koormuse võimsuse suurendamisele. Südame löögisageduse keskmised väärtused testimise etappidel kinnitavad valitud koormuste õiget suurust. Koormusel 3 W/kg oli südame löögisagedus uuritavatel poistel  $171,8 \pm 13,8$  l/min ning tütarlastel  $178,4 \pm 10,2$  l/min. Õiget koormuste valikut kinnitab ka üldise kehalise töövoime ( $PWC_{170}$ ) keskmiste väärtuste lähedus kolmanda koormuse võimsusele (poistel  $2,9 \pm 0,34$  W/kg ja tütarlastel  $2,7 \pm 0,41$  W/kg). Uuritavate südame maksimaalsete ja mini-

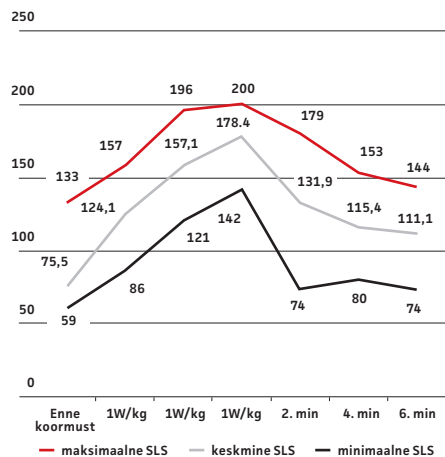
maalsetelöögisageduste väärtuste suured erinevused näitavad väga suurt individuaalset varieeruvust organismi kohanemisel kehaliste koormustega ning peegeldavad üldise kehalise töövoime väga suurt kõikumust. Minimaalsed üldise kehalise töövoime väärtused olid poistel 1,1 W/kg ja tütarlastel 1,5 W/kg ning maksimaalsed vastavalt 4,5 W/kg ja 4,0 W/kg. Erinevused on tingitud uuritavate laste erinevast kehalisest arengust, füüsilisest võimekusest, spordistaažist, lihassmassi arengust, treeningu suunitlusest, puberteediea muutustest organismis jm.

Koormuse järel hakkas südame löögisagedus uuritavatel jõudsalt vähenema, suurem vähenemine toimus teise minuti lõpuks, edaspidi vähenemise tempo aeglustus. Kuuenda minuti lõpuks oli südame löögisagedus uuritavatel suurem testimiseelsetest väärtustest. Ka südame löögisageduse taastumise kiiruses täheldati väga suurt individuaalset varieeruvust.

Uuringu tulemused näitavad, et automatismihäirete arv uuritavatel koormuste võimsuse suurenemisega pidevalt vähenes. Põhjuseks oli siinussõlme aktiivsuse kasv, mis kutsus esile füsioloogilist siinustahhükardiat, vähendas hingamise mõju südamerütmile ning surus maha ektoopilised rütmid. Südame löögisageduse kasvuga



Joonis 2. Südame löögisageduse muutused testimisel uuritavatel poistel.



Joonis 3. Südame löögisageduse muutused testimisel uuritavatel tütarlastel.

**Tabel 3.** Repolarisatsioonihäirete esinemissageduse dünaamika uuritavatel koormustesti ajal

	Rahuolek		Kehaline koormus					
			1 W/kg		2 W/kg		3 W/kg	
	Juhtude arv	%	Juhtude arv	%	Juhtude arv	%	Juhtude arv	%
Poisid	78	10,6	129	17,6	177	24,0	236	32,0
Tütarlapsed	64	9,9	246	38,1	289	44,7	314	48,7

kaasnev diastoli lühenemine vähendab ekstrasüstolite tekke võimalust. Siiski avastati üksikutel uuritavatel ekstrasüstoolia teke kehalise koormuse ajal, ilma et oleks esinenud ekstrasüstooliat enne testimist.

EKG-koormustesti andmete analüüs näitab, et kehalise koormuse mõjul muutus uuritavatel ülejuhte- ja depolarisatsioonihäirete esinemissagedus vähe.

Suurem muutuste dünaamika leiti testimisel repolarisatsioonihäire esinemissageduses. Kehalise koormuse suurenemisega kaasnes repolarisatsioonihäire (ST-segmen-di depressioon, T-saki inversioon) esinemissageduse kasv (vt tabel 3), eriti tütarlastel. Kui uuritavatel poistel kasvas repolarisatsioonihäire esinemissagedus kehalise koormuse suurenemisel ühtlaselt, siis tütarlastel täheldati repolarisatsioonihäire sageduse suurimat kasvu kehalise koormuse esimesel astmel, teisel ja kolmandal koormuse astmel oli kasv mõõdukas. Tõusva kehalise koormuse mõjul suurenes uuritavatel repolarisatsioonihäire esinemissagedus, mis näitab müokardi mitteadekvaatset kohanemist kehalise koormusega ning arenevat südamelihase ülekoormust uuritavatel (2, 6, 8).

Muutuste jälgimine repolarisatsioonihäiretega uuritavatel taastumisperioodil võimaldas kindlaks teha kaks müokardi kohanemisvarianti. Osal juhtudel uuritavate koormuspuhused repolarisatsioonihäired taastumisperioodi jooksul taandusid, mis viitab müokardi ajutisele mitteadekvaatsele reaktsioonile kehalisele koormusele ning müokardi võimele kiiresti taastuda. Teistel uuritavatel jäid kehalisel koormusel tekkinud repolarisatsioonihäired püsima taastumisperioodi lõpuni või isegi süvenesid taastumisperioodi jooksul. Sellisel juhul võib

olla tegemist kehalise koormuse suurema mõjuga müokardile, müokardi puuduliku reaktsiooniga kehalisele koormusele ja/või aeglustunud taastumisprotsessiga.

Leitud repolarisatsioonihäirete asukohaks oli ülekaalukalt südame tagasein (84,3%), väiksemal määral esines taga- ja lateraalseina muutuste kombinatsiooni (12,8%) ning harva esines häireid südame-tipu piirkonnas (2,9%). Repolarisatsioonihäirete esinemissagedus uuritavate laste erinevates vanuserühmades kõikus testimisel suurtes piirides. Kõige raskemal koormusastmel (3 W/kg) oli muutuste sagedus vahemikus 22,2% (14aastastel) kuni 47,6% (17aastastel) poistel ning 28,5% (11-aastastel) kuni 65,6% (15aastastel) tütarlastel.

**JÄRELDUSED**

1. Uuritavatel spordiga tegevatel lastel esinesid enne testimist sagedased EKG-muutused rahuolekus, mis peegeldavad laste nõrka tervislikku seisundit ning olid osaliselt seotud ka suurte treeningukoormustega.
2. Kehalise koormuse mõjul mitmekordistub repolarisatsioonihäire esinemine uuritavatel. See viitab müokardi mitteadekvaatsele kohanemisele kehalise koormusega ja arenevale südamelihase ülekoormusele. Muutuste asukohaks oli ülekaalukalt südame tagasein, väiksemal määral esines taga- ja lateraalseina muutuste kombinatsiooni ning harva esines häireid südame-tipu piirkonnas. Sagedamini leiti repolarisatsioonihäireid tütarlastel.
3. Uuringu tulemused näitavad, et testi ajal kehalise koormuse võimsuse suurenemisel vähenes automatismihäirete arv uuritavatel pidevalt, ülejuhte- ja

depolarisatsioonihäirete esinemissagedus uuritavatel muutus kehalise koormuse mõjul vähe.

4. Uuringu tulemused viitavad vajadusele välja töötada rahvastiku arengulised nor-

mid koormustesti sooritamisel registreeritud koormus-EKG jaoks spordiga tegelevatel lastel.

*anatoli.landor@kliinikum.ee*

## KIRJANDUS

1. Koolitervishoiu näitajad: 2005., 2006. ja 2007. aastal. <http://www.haigekassa.ee/raviasutusele/tervisedendus/kool/>
2. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th edition. Philadelphia: Lippincot, Williams & Wilkins; 2006.
3. American Thoracic Society & American College of Chest Physicians (ATS/ACCP). Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167(2):211–77.
4. O'Connor M, McDaniel WJ, Brady WJ. The pediatric electrocardiogram. Part 1: age-related interpretation. *Am J Emerg Med* 2008;26(2):221–8.
5. Karpman VL, Belotserkovski ZB, Gudkov IA. Testirovanie v sportivnoi medicine. Moskva: Fizkultura i sport; 1988.
6. Zemtsovski EV. Sportivnaja kardiologia. Sankt-Peterburg: Hippokrat; 1995.
7. Sarubbi B. The Wolff-Parkinson-White electrocardiogram pattern in athletes: how and when to evaluate the risk for dangerous arrhythmias. The opinion of the pediatric cardiologist. *J Cardiovasc Med* 2006;7(4):271–8.
8. Cooper C, Storer T. Exercise testing and interpretation. Cambridge: Cambridge University Press; 2005.

## SUMMARY

### Peculiarities of adaptation of the myocardium to physical load in children engaged in sport according to the ECG data of loading test

The health condition of Estonian children raises some concern. The problem is acute in children who are engaged in sports: there have been cases of sudden death during physical activity, and there is the danger of exceeding recommended physical loads.

**AIM.** The aim of the study was to find out changes in ECG at rest and to assess changes in ECG registered during exercise test in 10–17-year-old children.

**METHODS.** Altogether 738 boys and 646 girls, aged 7–17 years, who were engaged in sports and had 1 to 11 years of training experience were selected for the study. The GE Medical Systems IT CardioSoft (Germany) was used to register ECG. Step-wise increasing loads on an ergometer (eBike Basic/Comfort, Germany) were used for the exercise test

with a step length of 3 minutes and an effort of 1, 2 and 3 W/kg.

**RESULTS.** We observed frequent changes in ECG at rest before the test in children engaged in sports, which can be attributed to a weakened health condition and partly to high exercise loads.

We noted an increase in the rate of disturbances in the repolarisation process under the influence of the physical load, especially in girls. This suggests that processes of adaptation to physical loads are not adequate and that overloading is still going on.

**CONCLUSION.** The results of the study show that it is necessary to establish normative values for changes in ECG registered during the exercise test in children engaged in sports.