

Milica Čizmić<sup>1</sup>

## TERAPIJSKI ASPEKTI INDIVIDUALNO DOZIRANE FIZIČKE AKTIVNOSTI

**Sažetak:** Insulinska rezistencija (IR) sa posledičnim hiperinsulinizmom je u osnovi nastanka razvojnog procesa od gojaznosti ka nastanku insulin nezavisnog dijabetesa (NIDDM). Ovom procesu doprinosi i smanjena fizička aktivnost koja se manifestuje smanjenom fizičkom sposobnošću. Pod uticajem redovne individualno dozirane fizičke aktivnosti aerobnog karaktera može se povećati biološka efikasnost insulina i uticati na proces nastanka rane i evolutivne arterioskleroze. Iznalaženje što efikasnijeg programa fizičke aktivnosti u sprečavanju ovih procesa cilj je njihove primene u preventivne i terapijske svrhe.

**Gljučne reči:** gojaznost, insulinska rezistencija, insulin nezavisni dijabetes, fizička aktivnost, program fizičke aktivnosti

**Abstract:** Insulin resistance (IR) with resultant hyperinsulinism is basically the origin of the development process from obesity to insulin-independent diabetes mellitus (NIDDM). This process contributes to a reduced physical activity that is manifested in a reduced physical ability. Under the influence of a regular individually measured physical activity of aerobic character, it is possible to increase biological efficiency of insulin and affect the process of early and evoluteve atherosclerosis. Finding a more effective program of physical activity for preventing these processes is the goal of their preventive and therapeutic application.

**Key words:** obesity, insulin resistance, insulin-independent diabetes mellitus, physical activity, physical activity program

---

<sup>1</sup> Doc. dr. sc med. Milica Čizmić, VMA Beograd, Klinika za endokrinologiju, Crnotravska 17.  
E-mail: milici23@sbb.co.rs

## ***Uvod***

Prvi pisani podaci o uticaju fizičke aktivnosti na zdravlje potiču od Kung Fua iz drevne Kine i stari su oko 500 godina. Tek krajem prošlog veka objavljena su prva naučna istraživanja o uticaju fizičke aktivnosti na zdravlje. U tom cilju formirani su kriterijumi za doziranje fizičke aktivnosti zdravstvene namene (1). Sedatarni način života zastupljen je u zapadnim zemljama sa tendencijom širenja u zemljama u razvoju. Uočen je porast hroničnih degenerativnih oboljenja, kao što su kardiovaskularna, metabolička, endokrinološka, oboljenja lokomotornog sistema čija se etiologija može dovesti u vezu sa smanjenom fizičkom aktivnošću (1,2). Po definiciji, hipokinezija je nedovoljan nivo aktivnog kretanja. Osnovna karakteristika hipokinezije je takav nivo telesne aktivnosti koji je hronično ispod praga nadražaja koji omogućava održavanje funkcionalnog kapaciteta najvažnijih organskih sistema (3).

## ***Fiziološke karakteristike aerobne sposobnosti***

Fizička radna sposobnost se u praksi najčešće identifikuje sa aerobnom sposobnošću, odnosno sa maksimalnom potrošnjom kiseonika ( $V_{O_2}$ ) max koja je izražena u l/min, ml/kg/min ili Met-ima. Najvažniji simptom hipokinezije je smanjenje aerobne sposobnosti što je praćeno smanjenjem fizioloških i morfoloških procesa u organizmu, posebno onih koji koriste kiseonik kao energent pri radu submaksimalnog intenziteta (4,5). Pod uticajem smanjene fizičke aktivnosti nastaju morfološke i funkcionalne promene u organizmu. Dolazi do smanjenja mišićne mase, tonusa i snage, smanjenja gustine mišićnih kapilara i broja mitohondrija, kao i oksidativnih enzima. Smanjenjem mase miokarda nastaje smanjenje udarnog volumena srca sa povećanjem srčane frekvencije. Nastaje i smanjenje koncentracije lipoproteinske lipaze uz povećanje ukupnog i LDL holesterola, triglicerida, smanjenje HDL holesterola. Smanjenje broja, senzitivnosti i efikasnosti insulinskih receptora dovodi do pojave hiperinsulinemije i hiperglikemije (2,5,6). Novija istraživanja ukazuju na povezanost snižene fizičke aktivnosti i povećane učestalosti karcinoma pluća, kolona, jajnika, dojki i prostate (7,8,9,10).

Može se zaključiti da je uticaj sniženog nivoa aerobne sposobnosti nezavisan faktor rizika za nastanak kardiovaskularnih, metaboličkih i nekih malignih oboljenja.

Za suzbijanje nepovoljnih zdravstvenih efekata fizičke neaktivnosti neophodno je dostizanje i održavanje prosečnog nivoa fizičke sposobnosti. U svim životnim dobima neophodna je određena fizička aktivnost za održavanje „fiziološkog fitnesa“, koji podrazumeva optimalno odvijanje metabolizma masti, ugljenih hidrata, održavanje telesne mase i odbrambenih sposobnosti organizma (11). Ljudi funkcionišu, izgledaju i osećaju se bolje kada vode aktivan život (WHO, 1998) (9).

### ***Principi programiranja fizičke aktivnosti zdravstvene namene***

Zdravstveni efekti fizičke aktivnosti mogu se očekivati samo onda kada su isključene kontraindikacije za njenu primenu i kada je fizička aktivnost pravilno dozirana (12). Nedovoljna fizička aktivnost neće izazvati adaptacione odgovore neophodne da bi se ostvarili odgovarajući zdravstveni efekti, dok predozirana fizička aktivnost izaziva različite oblike oštećenja zdravlja. Osnovni cilj programa fizičke aktivnosti zdravstvene namene jeste povećanje aerobne sposobnosti ( $V_{O_2}$ )<sub>max</sub>. Program individualno dozirane fizičke aktivnosti napravljen je tako da je prilagođen biološkim karakteristikama osobe, odnosno nivou aerobne sposobnosti i zdravstvenog stanja učesnika programa. To je program prilagođavanja i odnosi se na učestalost, intenzitet i trajanje fizičke aktivnosti uz primenu opštih preporuka o obliku fizičke aktivnosti.

Američki koledž za sportsku medicinu (ACSM) postavio je globalne principe modeliranja fizičke aktivnosti koji se odnose na intenzitet, učestalost i trajanje programa fizičke aktivnosti aerobnog karaktera (13):

1. Učestalost vežbanja: 3 – 5 dana u nedelji.
2. Intenzitet vežbanja: 60–90% maksimalne frekvencije srčanog rada ( $HR_{max}$ )<sup>2</sup> ili 50–85% maksimalne potrošnje kiseonika ( $V_{O_2}$ )<sub>max</sub> ili maksimalne rezerve frekvencije srčanog rada ( $HR_{max}$  reserve). Maksimalna rezerva srčanog rada izračunava se iz razlike između maksimalne frekvencije srčanog rada i frekvencije srčanog rada u mirovanju ( $HR_{min}$ )<sup>3</sup> (Karvonen, 1957).
3. Trajanje vežbanja: 20–60 min kontinuirane aerobne fizičke aktivnosti. Trajanje zavisi od intenziteta aktivnosti; tako da aktivnost nižeg intenziteta treba sprovesti u dužem trajanju.
4. Oblik aktivnosti: preporučuje se fizička aktivnost koja angažuje velike mišićne grupe koje se mogu odvijati kontinuirano i koje su aerobne po prirodi, kao što su hodanje, planinarenje, trčanje, džoging, vožnja bicikla, ples, penjanje stepenicama, plivanje, klizanje i igre tipa izdržljivosti.

U praksi se za doziranje intenziteta opterećenja, preko maksimalnog prirasta pulsa (koji se smatra identičnim doziranju preko ( $V_{O_2}$ )<sub>max</sub>, koristi formula Karvonen:  $TP = k (fC_{max} - fC_{min}) + fC_{min}$ , u kojoj su  $TP$  = trenažni puls,  $fC_{max}$  = maksimalna frekvencija srčanog rada (izračunava se preko formule:  $220 - \text{godine starosti}$ ),  $fC_{min}$  = vrednost jutarnjeg pulsa u postelji neposredno posle buđenja. Vrednost koeficijenta  $k$  je od 0,5 do 0,85% kada se trenažno opterećenje dozira u rasponu od 50% ili 85% od maksimalnog prirasta pulsa.

Za parametre  $fC_{min}$ ,  $fC_{max}$ ,  $MPP$  i ( $V_{O_2}$ )<sub>max</sub> kod svakog ispitanika pravi se individualni „dozimetar“ za intenzitet opterećenja i to na sledeći način:

---

<sup>2</sup>  $HR_{max} = 220 - \text{godine starosti}$ .

<sup>3</sup>  $HR_{min}$  – jutarnji puls izmeren u krevetu neposredno posle buđenja.

- a. Preko formule Karvonena određuju su vrednosti trenažnog pulsa koji odgovara intenzitetu rada u rasponu od 40% do 80% MPP. Tokom sesija fizičke aktivnosti primenjuju se intenziteti opterećenja na tredmilu, koji odgovaraju intenzitetima rada od 45 do 55% u fazi zagrevanja i hlađenja, a 55 do 70% u fazi sesije vežbanja.
- b. S obzirom na to da intenziteti rada izraženi u %MPP odgovaraju  $\%(V_{O_2})_{max}$ , za svaku vrednost trenažnog pulsa u rasponu 40 – 80% MPP obračunava se energetska cena u  $(VO_2)_{max}$  i izražava se u kcal ( $1 / (VO_2) = 5$  kcal.)
- c. Na osnovu analize memorijskih pulseva u svakoj sesiji fizičke aktivnosti, intenzitet izvršenog rada izražen je preko prosečne vrednosti TP i %MPP ( $\%(V_{O_2})_{max}$ ), a energetska cenu sesija preko ukupne kalorijske potrošnje.

Inicijalni nivo fizičke sposobnosti je važan faktor za doziranje intenziteta vežbanja. Osobe sa niskim nivoom fizičke sposobnosti mogu dostići značajne trenažne efekte čak i uz trenažni puls na nivou 40 – 50% HR max rezerve. Osobe sa višim nivoom aerobne sposobnosti zahtevaju trenažne stimuluse većeg intenziteta. Niži do umeren intenzitet fizičke aktivnosti dužeg trajanja, posebno se preporučuje kod odraslih osoba, nesportista, zbog činjenice da se ovakvi naponi lakše podnose i zbog mogućih rizika koje izaziva visok intenzitet fizičkog napora (13).

Množenjem prosečnog intenziteta napora u kcal/min i njegovog trajanja u min, dobija se ukupna energetska cena izvršenog rada u okviru svake sesije vežbanja. Smatra se da energetska zahtevi pojedinih sesija vežbanja u okviru programa fizičke aktivnosti za povećanje aerobne sposobnosti ne bi trebalo da budu niži od 150kcal (13,14).

Modelovanje programa fizičke aktivnosti podrazumeva postupak kojim se utvrđuje trajanje svake pojedinačne sesije, odabrati vežbe koje će se primenjivati, utvrditi njihov redosled, trajanje i broj ponavljanja svake pojedinačne vežbe. Svaka sesija treba da počne vežbama za zagrevanje, da bi se intenzitet napora postepeno povećavao i da se svaka sesija završava postepenim „hlađenjem“ (12).

### ***Adaptacioni odgovor organizma na redovnu fizičku aktivnost***

Mnoga epidemiološka istraživanja su potvrdila da redovna, individualno dozirana fizička aktivnost štiti organizam od hroničnih oboljenja (9). Isto tako postoji raznolikost u primeni fizičke aktivnosti među nacijama. Južnoazijati manje primenjuju fizičku aktivnost nego Evropljani, što utiče na veću učestalost dijabetesa i kardiovaskularnih rizika u toj populaciji (41,42,43).

Pod uticajem redovne, individualno dozirane fizičke aktivnosti aerobnog karaktera može se povećati biološka efikasnost insulina. To se ostvaruje preko više mehanizama: povećanjem broja insulinskih receptora, njihove senzitivnosti i efikasnosti,

povećanjem stvaranja glukoznog transporta GLUT-4 na nivou ćelijske membrane mišića i masnog tkiva (16, 17).

Već nakon jednokratne fizičke aktivnosti prolazno se povećava broj i senzitivnost insulinskih receptora za 36% (18). Nakon dvonedelnog programa individualno dozirane fizičke aktivnosti kod ispitanika sa insulin nezavisnim dijabetesom, uz povećanje maksimalne potrošnje kiseonika ( $\dot{V}O_2$ )<sub>max</sub>, utvrđeno je poboljšanje glikoregulacije i niz drugih parametara aterogeneze (19).

Utvrđeno je da jednokratna fizička aktivnost povećava insulinom stimulisanu potrošnju glukoze kod zdravih osoba, kao i onih sa IR. Ovi efekti su kratkotrajni, te se fizička aktivnost mora ponavljati i primenjivati redovno u dužem vremenskom periodu ako se želi povoljan terapijski efekat (19,20). Efekti redovne fizičke aktivnosti na IR utvrđivani su kod zdravih osoba i kod osoba obolelih od tipa 2 dijabetesa, nezavisno od starosti i stepena gojaznosti. Kod zdravih osoba redovnim aerobnim vežbanjem insulinska senzitivnost može se povećati do nivoa tipičnog za mlade sedaterne osobe i to nezavisno od promene telesne mase i strukture sastava tela (21,22).

Postoji određena raznolikost u proceni efekata primenjene fizičke aktivnosti kod bolesnika sa tipom 2 dijabetesa, koje bi mogle da se objasne različitim stepenom ispoljenosti IR ili metaboličke kontrole. Kovisto i De Fronzo su dokazali da primenom fizičke aktivnosti postoji poboljšanje periferne insulinske senzitivnosti kod tipa 2 dijabetesa merene kao glukozna potrošnja za vreme hiperinsulinskog euglikemijskog klampa. Tako Lampan i saradnici nalaze da fizička aktivnost kod osoba sa IR i tipom 2 dijabetesa sama za sebe ne poboljšava uvek osetljivost skeletnih mišića na insulin, već povećanje ( $\dot{V}O_2$ )<sub>max</sub> najverovatnije predstavlja uslov za poboljšanje metabolizma glukoze i insulina (23).

De Fronzo je dokazao da smanjenje IR zavisi od bazalnog nivoa insulina, pre primene fizičke aktivnosti. Smanjenje insulinske sekrecije nakon primene fizičke aktivnosti izrazitije je u osoba sa inicijalno visokim nivoom insulina i C-peptida. Procenjivan je i efekat fizičke aktivnosti u trajanju od 3 meseca na insulinsku sekreciju, bez promene u telesnoj masi. Visok nivo bazalnog insulina smanjen je usled poboljšanja periferne insulinske senzitivnosti. U odnosu na ovu grupu bolesnika, kod bolesnika sa tipom 2 dijabetesa i sa inicijalno niskim nivoom insulina, i pored visokog stepena IR, efekat fizičke aktivnosti na promene bazalne koncentracije insulina bio je znatno manji. Glukozna tolerancija kod svih bolesnika poboljšana je zbog povećane periferne insulinske senzitivnosti. U istraživanju gde je metabolička efikasnost merena određivanjem insulinemije tokom stimulacije u toku 5 sati OGTTa, već nakon desetodnevog programa individualno dozirane fizičke aktivnosti kod tipa 2 dijabetičara, dokazano je povećanje biološke efikasnosti insulina smanjenjem insulinemije i površine ispod stimulisane krive za 33,1% uz korekciju poznog hipersekretornog pika (24). Lampan i saradnici dokazali su da osobe sa tipom 2 dijabetesa imaju niži nivo ( $\dot{V}O_2$ )<sub>max</sub> u odnosu na zdrave osobe (23,24). U stanju loše metaboličke kontrole kod

dijabetičara, fizička aktivnost ne poboljšava ni maksimalnu potrošnju kiseonika kao ni metaboličku kontrolu koja se, naprotiv, može i pogoršati, jer ovi bolesnici ne mogu da postignu dovoljan intenzitet fizičkog napora koji je nužan za postizanje povoljnih efekata (25,31,32,33).

Kod osoba obolelih od tipa 2 dijabetesa sa prvim stepenom gojaznosti, već nakon prve sesije vežbanja povećava se insulinom stimulirana potrošnja glukoze za 22%, a posle šeste nedelje programiranih mišićnih aktivnosti za 42% (26,34,35,36). Poboljšanje insulinske senzitivnosti pod uticajem programirane fizičke aktivnosti održava se samo 12 do 48 sati nakon poslednje sesije vežbanja, praktično gubi se nakon tri do pet dana mirovanja.

U većini radova ističe se da je povećanje insulinske senzitivnosti pod uticajem programiranog vežbanja aerobnog karaktera proporcionalno ostvarenom povećanju aerobne sposobnosti. Međutim, Erikson i saradnici su dokazali da 12-nedeljni program kružnog treninga pojedinih mišićnih grupa sa teretom i bez povećanja ( $VO_2$ )<sub>max</sub> utiče na povećanje insulinske senzitivnosti za 38% (27,28). Novija istraživanja ukazuju na to da fizička aktivnost sa teretom pojedinih grupa mišića, ako je pravilno odabrana i dozirana, može da utiče na smanjenje IR. Ovakve aktivnosti stimulišu mišiće na način koji se razlikuje od stimulacije aerobnog treninga i time za sada nepoznatim mehanizmima dodatno doprinose povećavanju insulinom izazvanu potrošnju glukoze. To je razlog zbog kojih se u okviru terapije IR sve više preporučuje kombinacija aerobnog treninga i kružnog treninga sa teretom pojedinih grupa mišića umerenog intenziteta, učestalosti tri do pet sesija nedeljno i trajanju svake sesije od 15 do 60min (28,29,30).

U istraživanju koje je sprovedeno 2000. god., primenom dvonedeljnog programa individualno dozirane fizičke aktivnosti kod gojaznih insulin nezavisnih dijabetičara, značajno je uticao na povećanje aerobne sposobnosti ( $p < 0.05$ ) i smanjenje insulinske rezistencije ( $p < 0,001$ ), izraženo u procentima za 96,7% (4,37,38,39). Uz povećanje insulinske senzitivnosti ostvareno je poboljšanje metaboličke kontrole, odnosno smanjenje glikemije našte,  $p < 0,05$ , za 26,43%, smanjenje koncentracije lipoproteinskih frakcija (triglicerida  $p < 0,05$ , odnosno za 21,3%, i LDL holestrola  $p < 0,05$  za 16,43%) i smanjenje faktora koagulacije (X faktora  $p < 0,05$  za 12,3%) uz ubrzanje fibrinolize i povećanje aktivnosti PAI-1  $p < 0,01$ , odnosno za 30,8%. Program fizičke aktivnosti sastojao se od sesija hodanja na tredmilu, 5 puta nedeljno, trajanja 35 min. Sesije su se sastojale od 3 dela: prvi deo – 5 min zagrevanja sa intenzitetom rada 45–55% ( $VO_2$ )<sub>max</sub>, drugi – trenažna aktivnost 25 min intenziteta rada 55–75% ( $VO_2$ )<sub>max</sub> i treći – hlađenje 5 min intenziteta rada 45–55% ( $VO_2$ )<sub>max</sub>. Rezultati predstavljaju doprinos iznalaženju što efikasnijeg modela fizičke aktivnosti za smanjenje insulinske rezistencije i uspostavljanju metaboličke kontrole kod insulin nezavisnog dijabetesa. Ovi ciljevi se mogu postići već nakon 14 dana programirane fizičke aktivnosti (4,37,38,39).

Efekat različitih tipova fizičke aktivnosti još uvek je nepoznat (40). U studiji Eriksona i saradnika, iz 2003. god., dokazano je da umerena i teža fizička aktivnost ili profesionalna fizička aktivnost, kao i rekreativna fizička aktivnost, dovode do smanjenja rizika za nastanak tipa 2 dijabetesa. Istovremenom upotrebom dva ili tri tipa fizičke aktivnosti značajno se smanjuje rizik od nastanka dijabetesa nego upotrebom samo jednog tipa fizičke aktivnosti. Smatra se da je optimalni terapijski pristup, kod gojaznih bolesnika sa tipom 2 dijabetesa, primena kombinacije fizičke aktivnosti i kalorijske restrikcije (41,42).

### **Zaključak**

Saznanja o širokim preventivnim i terapijskim zdravstvenim efektima dostizanja i održavanja prosečnog nivoa fizičke sposobnosti velika su dostignuća savremene medicine. Svetska zdravstvena organizacija je, zajedno sa Međunarodnim udruženjem za sportsku medicinu, promovisala deklaraciju pod nazivom „Fizička aktivnost i zdravlje“ i ukazala na njen globalan značaj. Svetska zdravstvena organizacija takođe propagira svoja načela o primeni fizičke aktivnosti i dijete u školama. Promoviše se upotreba zdrave hrane i primene fizičke aktivnosti kod dece u školama u cilju prevencije zdravlja i nastanka dijabetesa (30, 31). Teži se primeni programiranih fizičkih aktivnosti u cilju poboljšanja zdravlja u rutinskoj praksi (9).

### **Literatura**

1. Živanić S., Fizička aktivnost i zdravlje, Vojnosanit Pregl 1997; 54 (6): 11–6.
2. Alessi M., Peiretti F., Morange P., Henry M., Nalbone G., Juhan-Vague I., Production of plasminogen activator inhibitor 1 by human tissue: Possible link between visceral fat accumulation and vascular disease, Diabetes 1997; 46: 860–7.
3. Hollmann W., Sport i telesni trening kao preventive u kardiologiji, Rekreativna i masovni oblici fizičke kulture III, Sport indok centar, JZFKMS Beograd, 1975; 47–54.
4. Čizmić M., Efekti dvonedelnog programa individualno dozirane fizičke aktivnosti na insulinsku rezistenciju u gojaznih insulin-nezavisnih dijabetičara (magistarski rad), Beograd: Vojnomedicinska akademija; 1992.
5. Saltin B., Rowel L., Functional adaptations to physical activity and inactivity, Fed Proceed 1980; 38: 1506–13.
6. Kirwan JP., Hickner RC., Yarasheski KE., Koht WM., Wiethop BV., Holloszy JO., Eccentric exercise indices transient insulin resistance in healthy individuals, J Appl Physiol 1992; 72: 2197–202.
7. Blair SN., Exercise and health, Sports Sci Exerc 1990; 3 (29): 1–9.
8. Blair SN., Kohl HW., Paffenberger RS., Clark DG., Cooper KH., Gibbons LW., Physical fitness and all-cause mortality; a prospective study of healthy men and women, JAMA 1989; 262: 2395–401.

9. Federation Internationale de Medicine Sportive (FIMS) and the World Health Organisation (WHO): Physical activity for health; A call to governments of World Sports Med 1995; 1.
10. Kohl HW., La Porte Re SN., Physical activity and cancer: epidemiological perspective, Sports Med 1988; 6 (2): 222–37.
11. Zivanic S., Cizimic M., Dragojevic R., Vanovic M., Is there a direct connection between ( $V_{O_2}$ )<sub>max</sub> increase and insulin resistance decrease after aerobic training. In Diabetologia – abstract book of the 35<sup>th</sup> annual meeting of the EASD. Brussel 1999. p. 185. (OP)
12. Životić-Vanović M., Živanić S., Dimitrijević B., Individualno doziranje fizičke aktivnosti u sportskoj rekreaciji, Godišnjak Fakulteta za fizičku kulturu Univerziteta u Beogradu 1992; 4: 88–95.
13. American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercises for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. Schweiz Ztschr Med 1993; 41 (3): 127–37.
14. Kent M., Oxford Dictionary of Sports Science & Medicine, Oxford: Oxford University Press; 1998.
15. President Council on Physical Fitness and Sports, Moderate activity brings big health rewards. PCPFS Newsletter 1996; 96 (22): 1–6.
16. Nyholm B., Mengel A., Nielsen S., Skjaebaek CH., Moller N., Alberti KG., Schmitz O., Insulin resistance in relatives of NIDDM patients: the role of physical and muscle metabolism, Diabetologia 1996; 39: 813–22.
17. Zorzano A., Munoz P., Camps M., Mora C., Testar X., Palacin M., Insulin induced redistribution of GLUT-4 glucose carrier in muscle fiber, Diabets 1996; 45: 70–8.
18. Eriksson JG., Exercise and treatment of type 2 diabetes mellitus An update. Sports Med 1999; 27: 381–91.
19. Katz MS., Lowenthal DT., Influences of age and exercise on glucose metabolism implications for management of old diabetics, South Med J 1994; 87: 870–3.
20. Tonino RP., Effect of physical training on insulin resistance of aging, The Am Physiol Soc 1989; 352–6.
21. Lampman MR., Schteingart DE., Santiga JT., Savage PJ., Hydrick CR., Bassett DR. et al., The influence of physical training-age on glucose tolerance, insulin sensitivity and lipids and lipoprotein concentrations in middle hypertriglyceridemia, carbohydrate intolerant men, Diabetologia 1987; 30: 380–5.
22. De Fronzo RA., The triumvirate B-cell, muscle and liver. A collision responsible for NIDDM, Diabetes 1988; 37: 667–87.
23. Ronnema T., Mattila K., Lehtonen A., Kallo V., A controlled randomized study of the effect of long-term physical exercise on the metabolic control in type 2 diabetic patients. Acta Med Scan 1986; 220 (3): 220–24.
24. King DS., Dalsky GP., Clutter WE., Effects of lack of exercise on insulin secretion and action in trained subjects, Am J Physiol 1988; 254: 248–69.
25. Eriksson JG., Groop LC., Resistance training improves insulin sensitivity in children of type 2 diabetic patients, Diabetologia 1994; 37: 623–4.



26. Eriksson J., Taimela S., Koivisto VA., Exercise and metabolic syndrome, *Diabetologia* 1997; 40: 125–35.
27. Harris KA., Holly RG., Physiological response to circuit weight training in borderline hypertensiv subjects, *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19: 246–52.
28. Soukup JT., Kovalski JE., A review of the effects of resistance training for individuals with diabetes mellitus, *Diabetes Educ* 1993; 19: 307–12.
29. Despres JP., Bouchaed C., Savard R., The effects of a 20-week endurance training program on adipose – tissue morphology and lipolysis in men and women, *Metabolism* 1984; 33: 235–9.
30. Quinn ND., Grant PJ., Insulin resistance, thrombosis and vascular risk in type 2 diabetes mellitus, *Pract Diab Int* 1999; 9: 253–5.
31. De Fronzo RA., Ferrannini E., Sato Y., Feling P., Wahrem J., Synergistic interaction between exercise and insulin on peripheral glucosae uptake, *J Clin Invest* 1981; 68: 1468–2.
32. De Fronzo RA., Sherwin RS., Kraemer N., Effect of physical training on insulin action in obesity, *Diabetes* 1987; 36: 1379–85.
33. Čizmić M., Životić-Vanović M., Živanić S., Dragojević R., Efekti dvonedeljnog programa individualno dozirane fizičke aktivnosti na insulinsku rezistenciju kod insulín nezavisnih dijabetičara, *Vojnosanit Pregl* 2003; 60 (6): 683–90.
34. Cizmic M., Dragojevic R., Zivanic S., Effects of 2-week program of physical activity on insulin resistance in obese insulin-independent diabets, In: *Diabetologia – abstract book of the 34<sup>th</sup> annual meeting of the EASD, Barcelona 1998.* p. 26. (PP)
35. Cizmic M., Zivanic S., Zivotic-Vanovic M., The effects of two-week program of individually measured physical activity on insulin resistance in obese non-insulin-depended diabetes mellitus. In abstract book of 10<sup>th</sup> annual congres of European college of sport science, Belgrade 2005. (OP)
36. Katzmarzyk PT., Craig L., Gauvin L., Adiposity, physical fitness and incident diabetes: the physical activity longitudinal study, *Diabetologia* 2007; 50: 538–44.
37. Hu G., Qiao Q., Silventoinen K., Eriksson JG., Jousilahti P., Lindstrom J. et al., Occupational, commuting and leisure-time physical activity in relation to risk for type 2 diabetes in middle-aged, Finnish men and women, *Diabetologia* 2003; 46: 322–29.
38. Hayes L., White M., Unwin N., Bhopal R., Fischbacher C., Harland J. et al., Pattens of physical activity and relationship with risk marker for cardiovascular disease and diabetes in Indian, Pakistani, Bangladeshi and European adults in a UK population, *J of Public Health Med* 2002; 24: 178–8.
39. Fretts AM., Howard BV., Kriska M., Smith NL., Lumley T., Lee ET et al., Physical activity and incident diabetes in American Indians, *Am J Epidemiol* 2009; 170: 632–39.
40. Candeias V., Armstrong T., Xuereb G. Diet and physical activity in schools: Perspectives from the implementation of the WHO global strategy on diet, physical activity and health, *Canadian J of Public Health* 2010; 101: 28–30.