

# Ultrazvučno praćenje rehabilitacije četveroglavog mišića natkoljenice nakon ozljede koljenskoga zgloba

Melita UREMOVIĆ

Osiguranje Zagreb d.d., Zagreb

Primijeno/Received: 2002-01-05, Pritvačeno/Accepted: 2002-04-18

Kranji uspješni cilj rehabilitacije nakon ozljede zgloba koljena je postizanje normalnog opsega pokreta zgloba i uspostavljanje aktivne mišićne kontrole u što kraćem vremenskom periodu. Mjerenje opsega pokreta zgloba može se u tijeku rehabilitacije vršiti objektivno s pomoću goniometra. Točno i precizno praćenje oporavka natkoljениčnih mišića nakon ozljede zgloba koljena, moguće je metodom ultrazvučnog mjerenja volumena mišića.

U jasno definiranoj longitudinalnoj studiji, cilj nam je bio standardizirati i vrjednovati samu metodu ultrazvučnog mjerenja volumena mišića i prikladnost primjene te metode u praksi, u svrhu objektivizacije rehabilitacije četveroglavog mišića natkoljenice.

Mjerenje je bilo provedeno u istim vremenskim intervalima na 30 ispitanika koji su u anamnezi imali ozljedu zgloba koljena i 30 asimptomatskih ispitanika, koji su činili kontrolnu skupinu

Dobiveni rezultati su pokazali da se ehosonografijom može točno i precizno pratiti tijek promjene volumena mišića pri procesu atrofije, koja nastaje za vrijeme imobilizacije i tijekom restitucije mišića za vrijeme provođenja fizikalne terapije.

Prije primjene potrebno je točno odrediti reproducibilnost metode i pogreške mjerenja. UZ-metoda ima dobru ponovljivost jer pogreška ne prelazi 2 % vrijednosti mjerenja.

## Ključne riječi:

četveroglavi mišić natkoljenice, rehabilitacija ozljeda zgloba koljena, ultrazvučno mjerenje volumena mišića

## The Ultrasound Measurements of the Femoral Muscle Rehabilitation after a Knee-joint Injury

The final purpose of successful rehabilitation of knee-joint is to achieve a normal knee movement and establish active muscular control as soon as possible. Measuring the knee

movement can be done during the rehabilitation objectively by means of a goniometer. Correct and accurate monitoring of the recovery of femoral muscles after a knee-joint injury is possible through a method of ultrasound measurement of muscular volume.

In a clearly defined longitudinal study, it was our goal to standardize and evaluate the very method of ultrasound measurement of muscular volume, and how appropriate the practical application of the method was, to enable general conclusions on the rehabilitation of the femoral muscle.

The measurement was conducted in the same time intervals on 30 injured persons and 30 participants who served as a control group. The results have shown that ultrasound can serve to accurately monitor the process of atrophy that develops during immobilization, as well as the course of muscle restitution during the physical therapy.

Full recovery of m. rectus femoris was achieved with more than half of the patients, i.e. 54,4 % of women and 53,8 % of men.

M. vastus intermedius responded less readily to physical therapy. Full recovery was achieved in 22,2 % of female and 28,6 % male patients. Within the same time intervals, there was no change in muscular mass in the control group.

Prior to implementation, it is necessary to precisely determine the reproducibility of the method and measurement errors.

The ultrasound method has good reproducibility because an error does not exceed 2 % of the measurement value.

However, practical application of ultrasound measurement is not simple, because it requires experience and procedure standardization.

**Key words:**

femoral muscle rehabilitation, rehabilitation after a knee-joint injury, ultrasound measurement of the muscular volume

## **Uvod / Introduction**

Koljeno je najsloženije građeni zglob čovjeka, a njegova je funkcionalna stabilnost osigurana zajedničkim djelovanjem zglobnih tijela, sveza, zglobne čahure, meniska i mnogobrojnih okolnih mišića (1). U posljednje vrijeme povećan je broj ozljeda koljenskog zgloba, kako u prometu, tako i u športskim aktivnostima. Najveći broj ozljeđenika ljudi su mlađe i srednje životne dobi, a to znači radno sposobni, pa je vrlo bitno, nakon ozljede što ranije započeti s rehabilitacijom kako bi se postigao što brži i bolji oporavak. Svaka ozljeda koljenog zgloba rezultira razvojem hipotrofije natkoljenične mu-

skulature, koja može iznositi i do 1 cm na dan. Uspješna rehabilitacija koljenskog zgloba znači postići puni opseg pokreta u zglobu, te uspostaviti normalni tonus natkoljениčne musculature (2,3). Opseg pokreta zgloba tijekom rehabilitacije može se objektivno mjeriti goniometrom, dok se oporavak musculature do sada pratio mjerenjem opsega natkoljениčne musculature centimetarskom vrpcom. Ta je metoda neizravna, jer su tim mjerenjima obuhvaćeni svi dijelovi natkoljениce (kost, potkožno masno tkivo te debljina kože) (4,5). Točno i precizno mjerenje površine volumena četveroglavog mišića natkoljениce tijekom rehabilitacije može se vršiti ultrazvučno, kompjutoriziranom tomografijom ili magnetskom rezonancijom. Pri ehosonografskom snimanju nema ionizirajućeg zračenja, niski su troškovi pretrage i uređaj je u širokoj primjeni. Za vrijeme snimanja postoji dobra prostorna rezolucija, snima se stvarno vrijeme, postoji mogućnost trodimenzionalne evaluacije. Pretraga se može ponavljati bez štetnog djelovanja za ozlijeđenika. Nedostatak takvog načina prikaza ispitivanog mišića je u djelomičnoj preglednosti ozlijeđenog ekstremiteta (6,7).

Za razliku od ehosonografije, kod kompjutorizirane tomografije postoji dobra prostorna i velika kontrastna rezolucija, dobije se snimak cijelog ekstremiteta. Moguća je detaljna analiza, a snimanje se može vršiti i za vrijeme nošenja sadrene imobilizacije.

Za vrijeme snimanja kompjutoriziranom tomografijom prisutna je velika doza iradijacije, ne može se snimati stvarno vrijeme, a prilikom prisustva osteosintetskog materijala u području zgloba koljena na kompjutoriziranoj tomografiji dobiju se artefakti. Pretraga je skupa i nije prikladna za longitudinalno praćenje promjena mišića i definiranje dinamike tih promjena (8-11).

Kod snimanja magnetnom rezonancijom nema ionizirajućeg zračenja, postiže se optimalna rezolucija kontrasta, moguće je snimanje u više ravnina i snimanje se može vršiti kroz gips. No, sama pretraga je skupa i kontraindicirana kod bolesnika s pace makerom i feromagnetnim stranim tijelom (12-15).

## **Ispitanici i metode / Patients and Methods**

Ispitivanje se temeljilo na longitudinalnom ispitivanju mišićne mase ultrazvučnom ehosonografijom odraslih osoba nakon ozljede zgloba koljena, u tijeku njihova liječenja i rehabilitacije.

Ispitivanjem je bilo obuhvaćeno 30 ispitanika s ozljedama koljenskog zgloba u dobi od 15 do 50 godina, i to 9 osoba ženskog spola i 21 osoba muškog spola,

a 30 asimptomatskih ispitanika iste životne dobi činilo je kontrolnu skupinu. Kod svakog ispitanika dijagnoza ozljede koljene bila je verificirana radiografski, ehosonografski i klinički, a od same ozljede do prvog mjerenja nije prošlo više od 48 sati. Kao parametre za ocjenu ispitivanja koristila sam dob, spol, tjelesnu masu, tjelesnu visinu, zanimanje, dijagnozu ozljede, datum ozljede, datum mjerenja, duljinu natkoljenice zdrave i ozlijeđene noge, obujam natkoljenice i ultrazvučno mjerenje volumena *musculus vastus intermedius* i *musculus rectus femoris* ozlijeđene i zdrave noge mjereno na sredini natkoljenice – 5 cm proksimalno i 5 cm distalno od sredine.

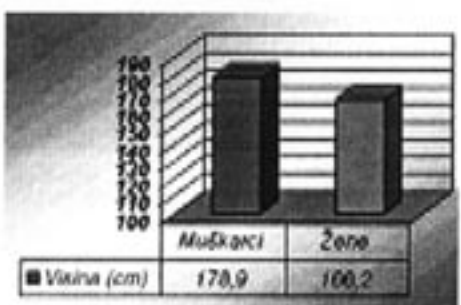
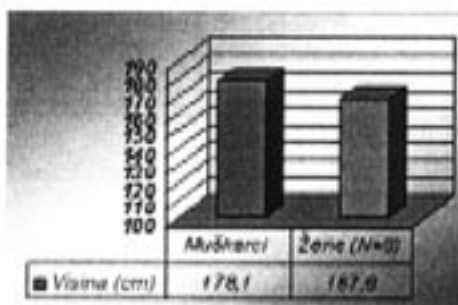
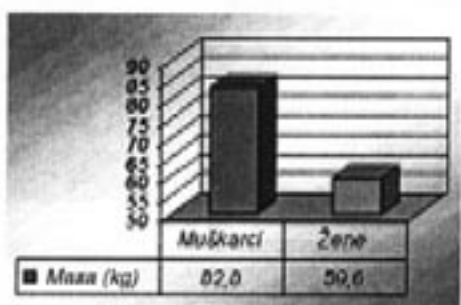
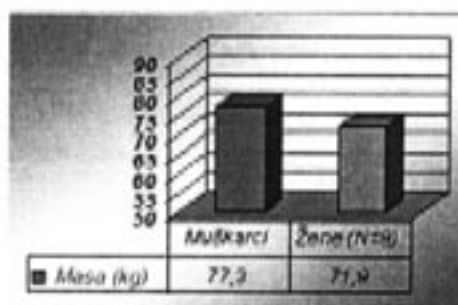
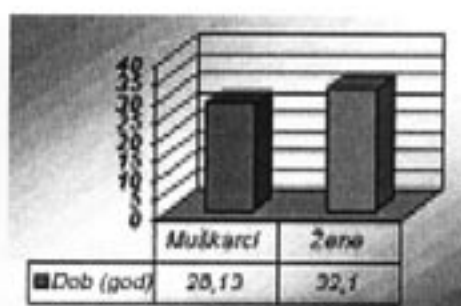
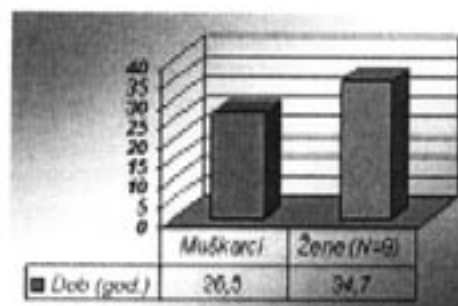
## **Mjerenja / Measurements**

Sva su mjerenja provedena ultrazvučnim aparatom Kranzbüchler, Medizinische Systeme GmbH, Njemačka, uporabom linearnih sondi frekvencije 7,5 Mhz.

Za vrijeme mjerenja ispitanici su bili u ležećem položaju na leđima, s ispruženim nogama, u stanju mišićne relaksacije, u neutralnom položaju stopala. Najprije su mjerene duljine obiju noga mjereći udaljenost od velikog trohantera do lateralnog kondila goljenične kosti centimetrskom vrpcom. Nakon toga se odredila sredina natkoljenica, te točka 5 cm proksimalno i 5 cm distalno od sredine. Na dobivenim točkama izmjeren je obujam obiju natkoljenica. Na istim točkama potom je izvršeno uzdužno i poprječno ultrazvučno mjerenje *musculus vastus intermedius* i *musculus rectus femoris*. Sva su mjerenja vršena 3 puta, i to: u roku do 48 sati nakon ozljede, nakon skidanja imobilizacije i po završetku rehabilitacije. Iz poznatih podataka o duljini i širini linearne sonde te duljini središnjega dijela četveroglavog mišića natkoljenice i srednje vrijednosti veličine izmjerenih mišića, izračunat je volumen za svaki ispitivani mišić.

## **Rezultati / Results**

Za statističku obradu podataka upotrijebljen je računalni program SPS (SPSS -7.5 for Windows, SPSS nc., Chichago, U.S.A.). Opći podatci o ispitanicima prikazani su aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom, a za prikaz mjerenja volumena mišića korišten je i median s rasponom mjerenja. Mjerenja su međusobno uspoređena parnim i neparnim t-testom.



Slika 1. Opći podatci za ozlijeđene ispitanike (N = 30) prema spolu

Slika 2. Opći podatci za kontrolnu skupinu (N = 30) prema spolu

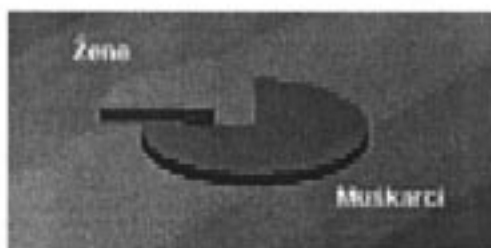
Prema osnovnim parametrima (dob, spol, masa i visina) nema statistički značajne razlike između ispitanika i kontrolne skupine ( $p < 0,001$ ) (slike 1 i 2).

Prema dobivenim rezultatima nema statistički značajne razlike u raspodjeli ozljede lijeve i desne noge s obzirom na spol ozlijeđenika (slika 3).

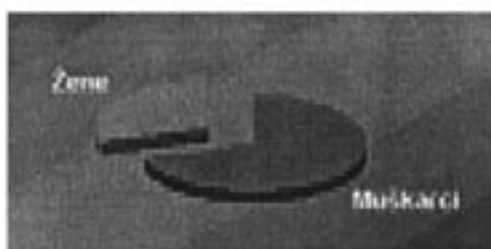
Dobiveni rezultati mjerenja volumena *musculus rectus femoris* i *musculus vastus intermedius* (slike 4 i 5) potvrdili su da kod prvog mjerenja, tj. u roku



Lateralizacija ozlijeđenih mišića noge u ozlijeđenih ispitanika (N=3) po spolu (Lijeva noga)



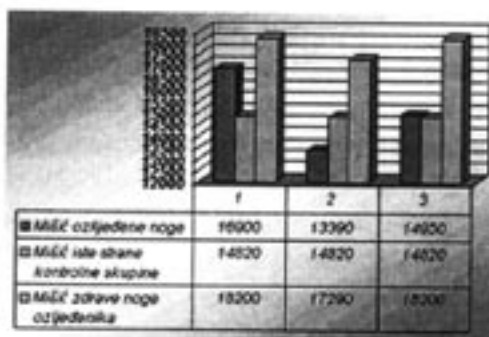
Lateralizacija ozlijeđenih mišića noge u ozlijeđenih ispitanika (N=3) po spolu (Desna noga)



Lateralizacija ozlijeđenih mišića noge u ozlijeđenih ispitanika (N=3) po spolu (Lijeva + desna noga)

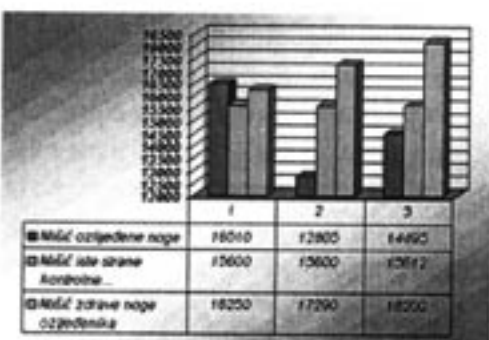
Slika 3. Lateralizacija ozlijeđenih mišića nogu prema spolu

do 48 sati nakon ozljeđivanja nema razlike između dobivenih vrijednosti volumena mišića zdrave i ozlijeđene noge ispitanika, kao niti kod kontrolne skupine, pa se taj volumen smatra normalnim volumenom. Zbog mirovanja i imobilizacije dolazi do hipotrofije natkoljениčnih mišića ozlijeđene noge. Između prvoga i drugog mjerenja postoji statistički značajna razlika u dobivenim vrijednostima u smislu smanjenja mišićne mase, dok između drugoga i trećeg mjerenja postoji statistički značajna razlika u dobivenim vrijednostima volumena u smislu povećanja mišićne mase. Za vrijeme mirovanja dolazi do smanjenja volumena mišića zdrave noge ispitanika, a nakon provedene fizikalne terapije dolazi do povećanja volumena mišića zdrave noge, ali znatno manje nego ozlijeđene. U kontrolnoj skupini nije bilo razlika u dobivenim vrijednostima volumena mišića u sva tri mjerenja (slike 4 i 5).



1. Mjerenje nakon ozljede
2. Mjerenje nakon 7 dana
3. Mjerenje po završenoj fizikalnoj terapiji

Slika 4. Rezultati mjerenja m. rectus femorisa



1. Mjerenje nakon ozljede
2. Mjerenje nakon 7 dana
3. Mjerenje po završenoj fizikalnoj terapiji

Slika 5. Rezultati mjerenja m. vastusa intermediusa

## Rasprava / Discussion

Zbog mirovanja i imobilizacije, koja je neophodna nakon ozljeđivanja zgloba koljena radi sazrijevanja ožiljnog tkiva i što bržeg organiziranja mišićnih fibrila, dolazi do smanjenja elastičnosti periartikularnih struktura, što uzrokuje smanjenje opsega pokreta u zglobu i može dovesti do razvoja fibroze vezivnog tkiva (16). Istovremeno, za vrijeme imobilizacije zbog izostanka mišićnih kontrakcija dolazi do hipotonije i hipotrofije mišića ozljeđene noge. Hipotrofija zbog inaktiviteta zahvaća sve mišiće, a nastaje vrlo brzo, može iznositi i do 1 cm na dan. Stoga se već za vrijeme imobilizacije započinje s rehabilitacijom ozljeđe zgloba koljena (17,18). Uspješna rehabilitacija koljenskoga zgloba znači postići puni opseg pokreta u zglobu i uspostaviti normalan tonus i trofiku natkoljениčne muskulature, što je bitno za funkcionalnu stabilnost zgloba (19,20). Dosadašnji način praćenja oporavka natkoljениčne muskulature bio je mjerenje obujma natkoljениčne mus-



kulature uporabom centimetarske vrpce. Ta je metoda neizravna, jer su tim mjerenjem obuhvaćeni svi dijelovi natkoljenice (21). Točno i precizno mjerenje površine i volumena natkoljeničnih mišića tijekom rehabilitacije može se vršiti ehosonografski, kompjutoriziranom tomografijom ili magnetnom rezonancijom (22-24). U svjetskoj literaturi postoji dosad samo jedan objavljen rad sa Sveučilišta u Liverpoolu, kod kojeg je paralelno mjeren volumen mišića kvadriceps femorsi metodom magnetne rezonancije i snimanjem na statičkom B modelu ultrazvuka (22). U tom ispitivanju sudjelovalo je 10 zdravih dobroboljaca, a koji u anamnezi nisu imali podatke o ozljedi natkoljenice ili o neuromuskularnom poremećaju. Ispitivanje se vršilo na lijevoj natkoljenici, sve ultrazvučne snimke učinjene su prije snimanja magnetnom rezonancijom. Snimanje je provedeno uporabom technicare EDP 1200 staničnog B-modus scanera uz 5 Mhz sondu. Slike su bile zabilježene na Sony video štampaču. Snimanje magnetnom rezonancijom je vršeno s pomoću Signa sustava snimanja cijelog tijela. Svi ispitanici su za vrijeme snimanja bili u ležećem položaju s potpuno ispruženom nogom u neutralnom položaju. Površina poprječnog presjeka četveroglavog mišića natkoljenice mjerena je na točki gdje se spaja proksimalna i distalna trećina natkoljenice. Kako bi se moglo računati s koeficijentom pogreške od 4-5 % učinjeno je sedam aksijalnih presjeka natkoljenice s razmakom između presjeka od 5 cm. Bland i Altman su utvrdili da je razlika između prosjeka kod procjene površine poprječnog presjeka mišića na slikama dobivenim ultrazvučnim mjerenjem bila - 0,49 cm<sup>2</sup>, dok je razlika volumena iz snimki magnetne rezonancije bila 36,85 cm<sup>3</sup>. Dobivene razlike između metoda ne smatraju se relevantnim u kliničkoj praksi, jer nema statistički značajne razlike između dobivenih vrijednosti površina poprječnog presjeka i volumena pri usporedbi mjerenja pomoću ultrazvuka i magnetne rezonancije. Taj podatak dokazuje da je ultrazvučna metoda, za razliku od drugih metoda, prikladnija za istraživanje toga područja (24-27).

U ovom se radu željelo primijeniti novi način ispitivanja promjene volumena natkoljenične musculature koji je maksimalno pojednostavnjen za primjenu u redovnom rutinskom kliničkom radu. Reproducibilnost metode određena je opetovanim mjerenjem na zdravim ispitanicama u kratkom vremenskom periodu od jednog dana, jer se u tom periodu ne očekuje promjena u volumenu mišića. Iz razlike mjerenja i koeficijenta varijabilnosti tih mjerenja procijenjena je pogreška metode. U radu su istraživanja provedena longitudinalno, u nekoliko navrata, s različitim intervalima, kako bi se odredila dinamika atrofije mišićne mase tijekom imobilizacije te kasnije, nakon rehabilitacije, restitucija volumena mišića. Nameće se zaključak da dinamika promjene stanja mišića pri negativ-



nom kvocijentu promjene volumena u jedinici vremena (kod atrofije) i pri pozitivnom kvocijentu (kod restitucije volumena mišića) nije linearna.

Ehasonografsko praćenje promjena volumena mišića tijekom rehabilitacije je jednostavno i prihvatljivo u svakodnevnoj praksi, te omogućuje tijekom rehabilitacije točno i precizno praćenje odgovora svakog mišića posebno na primijenjenu fizikalnu terapiju.

## LITERATURA / REFERENCES

1. Ruszkowski I. i sur. *Ortopedija*. 3. izdanje. Zagreb: Juma 1986;311-317.
2. Schweitzer ME, Train D, Deely DM, Hume EL. *Medial collateral ligament injuries; evaluation of multiple signs, prevalence and location of associated bone bruises, and assessment with MR imaging*. *Radiology* 1995;194(3):825-829.
3. Pećina M. *Koljeno. Primijenjena biomehanika*. 1. izd. Zagreb: Juma 1982; 243-260.
4. Young A, Stokes M, Round JM, Edwards RHT. *The effect of high-resistance training on the strength and cross sectional area of the human quadriceps*. *Eur J Clin Invest* 1983;13:411-17.
5. Sipilä S, Suominen H. *Ultrasound imaging of the quadriceps muscle in elderly athletes and untrained men*. *Muscle Nerve* 1991;14:527-33.
6. Ikai M, Fukunaga T. *A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement*. *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie wünschliesslich Arbeitsphysiologie (Berlin)* 1970;28:173-80.
7. Stokes M, Young A. *Measurement of quadriceps cross-sectional area by ultrasonography a description of the technique and its applications in physiotherapy*. *Physiotherapy Practice* 1986;2:31-6.
8. Rice CL, Cunningham DA, Paterson DH, Lefcoe MS. *Arm and leg composition determined by computed tomography in young and elderly men*. *Clin Physiol* 1989;9:207-20.
9. Schantz P, Randall-Fox E, Hutchison W, Tyden A, Astrand PO. *Muscle fibre distribution, muscle cross-sectional area and maximum voluntary strength in humans*. *Acta Physiotherap Scandinavia* 1983;117:210-26.
10. Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. *Changes in force, cross sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps*. *Eur J Appl Physiol* 1989;59:310-19.

11. Nicholas JJ, Taylor FH, Buckingham RB, Ottonello D. *Measurement of the circumference of the knee with ordinary tape measure*. Rheumatology Disease 1976;35:282.
12. Stokes M. *Reliability and repeatability of methods for measuring muscle in physiotherapy*. Physiotherapy practice 1985;1:71-6.
13. Beneke R., Neuerberg J, Bohndorf K. *Muscle cross-section measurement by magnetic resonance imaging*. Eur J Appl Physiol 1991;63:424-9.
14. Petterson H, Hamlin DJ, Manusco A, Scott KN. *Magnetic resonance imaging of the musculo-skeletal system*. Acta Radiol 1985;26:225-34.
15. Engstrom CM, Loeb GE, Reid JG, Forrest WJ, Avruch L. *Morphometry of the human thigh muscles. A comparison between anatomical sections and computer tomographic and magnetic resonance images*. J Anat 1991;176:139-56.
16. Jajić I. *Patofiziološka osnova rane kinezioterapije u traumatologiji. Traumatologija u suvremenoj medicini*. III. Kontinuirana postdiplomska nastava na Medicinskom fakultetu u Zagrebu, Zagreb, 1983;199.
17. Woodall W, Welsh J. *A biomechanical basis for rehabilitation programs involving the patellofemoral joint*. J Orthop Sport Phys Ther 1990;11:535-542.
18. Reilly DT, Martens M. *Experimental analysis of the quadriceps muscle force and patello-femoral joint reaction force for various activities*. Acta Orthop Scand 1972;43:126-137.
19. Pučar I. *Kinezioterapija*; Z. Domljan i sur. *Fizikalna medicina*. Zagreb: Medicinski fakultet; 1993.4.
20. Jajić I. *Specijalna fizikalna medicina*. Zagreb: Školska knjiga; 1991.
21. Fornage B. *Léchographie et la médecine du sport*. J d' Echographie et de Médecine Ultrasonore 1986; 7:111-112.
22. Fornage B, Tousche D, Deshayes JL, Segal Ph. *Diagnostic des calcifications du tendon rotulien. Comparasion écho-radiographiquw*. J Radiol 1984; 65:355-359.
23. Aisen AM, Martel W, Braunstein EM, McMillin KI, Phillips WA, Kling TF. *MRI and CT evaluation of primary bone and soft-tissue tumors*. AJR 1986;146:749-756.