

**УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ**

**ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА**

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**1. Одлука Већа за медицинске науке Универзитета у Крагујевцу**

Одлуком Већа за медицинске науке Универзитета у Крагујевцу, број IV-03-746/20 од 20.07.2016. године именовани су чланови комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Николе Јанковића**, под називом:

**„Оптимизација компјутерских модела у предвиђању деформација хрскавице, менискуса и лигамената колена код спортиста”**

Чланови комисије су:

1. **Доц. др Иван Јовановић**, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за уже научне области Микробиологија и имунологија и Онкологија, председник
2. **Проф. др Ненад Филиповић**, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу за уже научне области Примењена механика и Примењена информатика и рачунарско инжењерство, члан
3. **Проф. др Биљана Миличић**, ванредни професор Стоматолошког факултета Универзитета у Београду за ужу научну област Медицинска статистика и информатика, члан

На основу увида у приложену документацију, Комисија подноси Наставно-научном већу Факултета медицинских наука у Крагујевцу следећи

## **2. Извештај комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације**

Кандидат **Никола Јанковић** испуњава све формалне услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета медицинских наука у Крагујевцу за пријаву теме докторске дисертације.

### **2.1 Кратка биографија кандидата**

Никола Јанковић је рођен 08.09.1978. године у Косовској Митровици. Основну школу и средњу Прву техничку школу завршио је у Крагујевцу. Машински факултет Универзитета у Крагујевцу уписао је школске 1997/98. године, а дипломирао је школске 2001/02. године са просечном оценом 9,26 као **студент генерације**.

Након дипломирања уписао је постдипломске студије на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу, где је положио све испите предвиђене статутом факултета и одбранио приступни рад као услов за пријаву теме докторске дисертације. Током постдипломских студија, као стипендиста Министарства науке, учествовао је у извођењу наставе из пет предмета на овом факултету. Током 2009. године студирао је 10 месеци на Наравословнотехничкој факултети Универзитета у Љубљани у оквиру Басилеус пројекта под менторством проф. Др Томажа Родича.

Током основних и постдипломских студија, Никола Јанковић је вишеструко награђиван за постигнуте успехе и од Машинског факултета и од Универзитета у Крагујевцу. Награђиван је и за постигнуте резултате на тамичењима у знању на машинијадама. На основу високих академских резултата сврстан је међу хиљаду најбољих студената са Универзитета у Републици Србији 2000. године од стране Краљевске норвешке амбасаде у Београду. Примао је неколико престижних стипендија.

2010. године прелази на Факултет медицинских наука где од 2010 до 2012. године ради као сарадник у настави а од 2012. године као асистент на свим предметима Катедре за медицинску статистику и информатику. Одлуком број 05-5338 од 19.07.2011. године одобрава му се прелаз са постдипломских студија Машинског факултета у Крагујевцу и упис у трећу годину докторских академских студија Медицинског факултета у Крагујевцу, изборно подручје Менаџмент људским ресурсима.

Никола Јанковић је радио и у Центру за виртуелну производњу на Машинском факултету. Одлично познаје рад на рачунару. Поседује два престижна Microsoft сертификата. Поседујем сертификат за рад у софтверу за обраду лимова Autoform, стечен у Холандији. Учествовао је на неколико пројеката и аутор је и коаутор преко 10 научних радова. Говори енглески језик. Координатор је Менса Србије за Крагујевац.

## **2.2 Наслов, предмет и хипотезе докторске тезе**

**Наслов:** „Оптимизација компјутерских модела у предвиђању деформација хрскавице, менискуса и лигамената колена код спортиста”

**Предмет:** Предмет студије је да се применом компјутерских модела предвиде реалне вредности деформација хрскавице, менискуса и лигамената колена код врхунских спортиста. Оптерећења се одређују код фудбалера и фудзалера при различитим врстама и фазама скокова. Циљ је да се класичним статистичким методама и методама истраживања података оптимизује компјутерски 1D модел тела и 3D модел колена. Уколико би знали реалне вредности деформација у колenu услед оптерећења током тренинга, могли би да предвидимо и утичемо на спречавање евентуалних повреда. Рад има посебан значај за испитивање оптерећења у колenu код фудзалера с обзиром да је та област још увек недовољно истражена.

### **Хипотезе:**

1. Оптимизовани компјутерски модели ће имати задовољавајућу тачност за реално описивање стања хрскавице, менискуса и лигамената при задатом оптерећењу
2. Деформације хрскавице, менискуса и лигамената колена су знатно веће код скока са замахом у односу на скок без замаха
3. Деформације хрскавице, менискуса и лигамената колена су знатно веће у фази доскока у односу на фазу одскока
4. Деформације хрскавице, менискуса и лигамената колена су знатно веће код фудбалера него код фудзалера
5. Планирани и програмирани тренажни процес утиче на знатно смањење деформација у хрскавици, менискусу и лигаментима колена

## 2.3 Испуњеност услова за пријаву теме докторске дисертације

Кандидат је објавио рад у целини у научном часопису међународног значаја категорије M52 у коме је први аутор, чиме је испунио услов за пријаву докторске тезе:

**N. Janković**, M. Radović, D. Petrović, N. Zdravković, N. Filipović. Mining data from CFD simulations for aneurysm and carotid bifurcation models. Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics 2012; 6(2):133-144. **M 52- 1,5 бод**

## 2.4. Преглед стања у подручју истраживања

Од укупног броја повреда у модерном врхунском фудбалу око 20% чине повреде зглоба колена. Код фудбалера, када су повреде зглоба колена у питању, најчешће су повреде медијалног колатералног лигамента око 18-21%, затим менискуса (преко 15%, зависно од аутора) па предњег укрштеног лигамента (12-15%), који у последње време постаје све учесталија повреда.

Сила ће се мерити експериментално приликом скока спортисте на плочу (force-plate) и користиће се софтвер за аквизицију података мерене силе са плоче и истовремено праћење специјализованом ултрабрзом камером која може да сними максимално 100 фрејмова у секунди у колор резолуцији 656x490. Ултрабрза камера и уређај за аквизицију мерених сила се повезују са једним персоналним рачунаром са којим се врши истовремено управљање експериментом као и снимање резултата мерене силе у 100 фрејмова у секунди.

За одређивање напона и деформација хрскавице, менискуса и лигамената користи се компјутерски 1D модел тела и компјутерски 3D модел колена. Модели су базирани на методи коначних елемената. Liu и Nigg (2000. година) и Nigg и Liu (1999. година) су направили модел са 4 степена слободе који садрже круте (кости) и деформабилне (мишићи и друга мека ткива). Дејство мишића и тетива је моделирано опругама и пригушницама. Маса потребне за компјутерски модел одређиваће се вагом за мерење телесне структуре методом биоимпеданце, модел Танита.

Према подацима доступним у радовима, мерењем помоћу магнетне резонанце добијене су средње вредности дебљине хрскавице тибие 2,4mm (SD=0,9mm) и средње вредности дебљине хрскавице фемура 2,1mm (SD=0,6mm). Коришћењем математичког модела, добијено је да је дебљина хрскавице тибие 2,3mm а дебљина хрскавице фемура 2,2mm.

## 2.5. Значај и циљ истраживања

### Циљеви:

1. Оптимизација 1D компјутерског модела за пригушење и крутост колена и 3D компјутерског модела за материјалне карактеристике хрскавице, менискуса и лигамената колена
2. Одређивање утицаја различитих врста скокова (са и без замаха) на деформацију хрскавице, менискуса и лигамената колена
3. Одређивање утицаја контракција при максималним и субмаксималним скоковима на деформацију хрскавице, менискуса и лигамената колена
4. Поређење деформација хрскавице, менискуса и лигамената колена код фудбалера и фудсалера
5. Утицај планираног и програмираног тренажног процеса на смањење деформација у хрскавици, менискусу и лигаментима колена

**Значај:** Оптимизацијом компјутерског модела колена добићемо реалне вредности деформација хрскавице, менискуса и лигамената колена услед оптерећења изазваног различитим врстама и фазама скокова током тренинга врхунских спортиста. Ови резултати касније могу послужити и за спречавање евентуалних повреда колена током тренинга. Посебан значај овог рада је истраживање код фудсалера с обзиром да је ова област још увек недовољно испитана.

## 2.6 Веза истраживања са досадашњим истраживањима

У литератури која се бави овом тематиком, укупна површина контакта хрскавице и кости је од 400 до 1350mm<sup>2</sup>. Коришћењем математичког модела, при оптерећењу од 700N (поасонов коефицијент 0,45) контактна површина је 730mm<sup>2</sup>. Са смањењем Поасоновог коефицијента на 0,05 контактна површина се повећа на 818mm<sup>2</sup>. Контактна површина хрскавице у медијалном одељку је већа него у бочном одељку. Укупна површина контакта се повећава при клечању, и износи 900 mm<sup>2</sup>.

У литератури која се бави овом тематиком, максимални контактни притисак је од 2,10 до 5,83МПа. Критеријум за оштећење хрскавице је максимални контактни притисак од 4,5МПа. Максимални контактни притисак у хрскавици је већи при клечању него при

стајању. За Поасонов коефицијент 0,45, максимални контактни притисак за модел клечања при сили од 300N износи 4,25MPa, при сили од 600N 4,66MPa и при сили од 1000N 5,15MPa. С друге стране, за модел стајања, при сили од 300N максимални контактни притисак је свега 1,87MPa, при сили од 600N 2,49MPa и при сили од 1000N је 3,25MPa. Код компјутерске симулације оптерећења у колону приликом скока код спортиста, максимални напон у хрскавици под утисајем силе амплитуде 400N износи 1,4 MPa.

Менискус и лигаменти трпе највеће оптерећење, и њихова улога у човековом организму је да буду стабилизатори и апсорбују део оптерећења. Приликом кретања испитаника (уз максималну силу оптерећења од 580N), највећи напон на менискусу јесте на месту контакта хрскавица и менискуса и износи око 1.5 MPa. Максимални напон код укрштених и колатералних лигамената је на месту контакта лигамента и одговарајуће кости. Код укрштених лигамената је добијен већи напон него код колатералних и он износи око 2.5 MPa. Код колатералних максимални напон је око 1.5 MPa.

## **2.7 Методе истраживања**

Подаци који ће се користити у овом истраживању се односе на врхунске спортисте, конкретно на 30 фудбалера ФК Црвена звезда из Београда и 15 фудбалера КМФ Економац из Крагујевца. Услов је да су сви испитаници лиценцирани играчи својих клубова, од 18 до 35 година и да су прошли лекарски преглед. У истраживању ће се одређивати оптерећење које трпи колена при разним врстама и разним фазама скокова. Сила ће се мерити експериментално при скоку на плочу (force plate), и то: сила при одскоку, сила при доскоку, висина одскока и време контакта са подлогом код понављајућих скокова.

Први корак је да се подаци обраде класичним статистичким техникама и добију одређена сазнања о везама између сила и осталих карактеристика испитаника. Други корак је оптимизација 1D компјутерског модела како би се одредиле вредности пригушења и крутости за сваког испитаника. За оптимизацију овог модела користиће се технике истраживања података (data mining). Трећи корак је примена 3D компјутерског модела колена како би се приказале реалне деформације и напони хрскавице, менискуса и лигамената колена. Такође, применом класичних статистичких метода утврдиће се да ли је оптерећење веће код фудбалера него код фудбалера и да ли планирани и програмирани тренажни процес код фудбалера утиче на статистички значајно смањење сила у колону.

### **2.7.1 Врста студије**

Врста студије је математичко моделирање на основу података добијених мерењем.

## **2.7.2 Популација која се истражује**

Истраживање ће се спровести на узорку од 50 играча сениорских екипа фудбалских клубова ФК Црвена звезда из Београда и КМФ Економац из Крагујевца, старосне доби од 18 до 35 година.

Полазећи од постављеног проблема, предмета, циљева и задатака истраживања, а имајући у виду организационе могућности потребне за спровођење овог истраживања, узет је оптималан број испитаника како би се истраживање спровело коректно, а резултати били егзактни.

Испитаници би требало да испуне следеће услове:

- да су регистровани чланови својих клубова,
- да су подвргнути општим и специјалистичким медицинским прегледима и немају органских и соматских обољења,
- да су стари од 18 до 35 година,
- да су подвргнути иницијалном тестирању моторичке, функционалне и метаболичке припремљености током припремног мезоциклуса, који је непосредно претходио такмичарском мезоциклусу у коме ће се обавити финална тестирања..

## **2.7.3 Узорковање**

Компјутерски модел ће бити оптимизован за сваког испитаника појединачно. С обзиром да је циљ рада да се одреди реално стање напона и деформација у хрскавици, менискусу и лигаментима при различитим фазама и врстама скокова код врхунских спортиста (фудбалера), узорак сачињавају две групе испитаника:

1. Играчи фудбалског клуба Црвена звезда из Београда и то 30 испитаника и
2. Играчи клуба малог фудбала (футсал) Економац из Крагујевца и то 15 испитаника.

## **2.7.4 Варијабле које се мере у студији:**

Независне варијабле: врсте скокова (са и без замаха), фазе скокова (одскок и доскок) и врсте спортиста (фудбалери и футсалери)

Зависне варијабле: сила при одскоку, сила при доскоку, висина одскока, време контакта са подлогом код понављајућих скокова (за суножни скок са замахом, суножни без замаха, 10 понављајућих скокова, једноножни лева, једноножни десна)

Збуњујуће варијабле: старост, индекс телесне масе, телесна маса, телесна висина, проценат телесних масти, проценат телесне мишићне масе.

### **2.7.5 Снага студије и величина узорка**

Измерене вредности користиће се за оптимизацију компјутерског модела, док ће се класичним статистичким методама испитивати: да ли је оптерећење у колелу статистички значајно веће код фудбалера него код футсалера (хипотеза 4) и да ли планирани и програмирани тренажни процес утиче на статистички значајно смањење оптерећења у колелу код футсалера. (хипотеза 5) За одређивање величине узорка користи се софтвер G\*Power 3.0.10. За прорачун је узета жељена снага студије од најмање 0,8, вероватноћа да ће се направити грешка типа 1 ( $\alpha=0,05$ ), за тест упарених узорака (с обзиром да нисам нашао радове који се баве оптерећењима у колелу код футсалера пре и након припремног периода, узимам препоручене вредности за величину ефекта) добија се минимална величина узорка од 15 испитаника.

### **2.7.6 Статистичка анализа**

Статистичка обрада података је само један сегмент овог рада. Резултати ће бити приказани табеларно и графички. Подаци ће бити приказани дескриптивно помоћу учесталости, мера централне тенденције (мод, медијана и аритметичка средина) и мера варијабилности (квантили, варијанса и стандардно одступање).

За проверу нормалности расподеле користиће се Shapiro-Wilk-ов тест. За одређивање зависности између квантитативних варијабли, користиће се корелација. За одређивање зависности између квалитативних варијабли, користиће се хи-квадрат тест или Фишеров тест тачне вероватноће. За поређење карактеристика између две групе, користиће се т тест независних узорака или Mann-Whitney-ев тест, а за поређење карактеристика између више група, користиће се ANOVA или Kruskal-Wallis-ов тест, у зависности од нормалности расподеле података. За поређење карактеристика у два временска тренутка, користиће се т тест упарених узорака или Wilkoxson-ов тест, у зависности од нормалности расподеле података.



Сви тестови ће се радити са интервалом поверења од 95%, односно уз ниво статистичке значајности од 0,05. За статистичку обраду података користиће се софтвер IBM SPSS Statistics v.20.

## 2.8 Очекивани резултати докторске дисертације

Познато је да су повреде колена међу најчесталијим повредама /друге по реду) код фудбалера и фудбалера, конкретније повреде хрскавице, менискуса и лигамената. Очекује се да ће се применом статистичке обраде података приказати постојеће зависности између оптерећења и деформација које се јављају у хрскавици, менискусу и лигаментима. Очекује се да ће се применом техника истраживања података (*data mining*-а) оптимизовати компјутерски модел колена и одредити материјалне карактеристике хрскавице, менискуса и лигамената. Очекује се да ће се на основу поменутог компјутерског 3Д модела колена реално приказати деформације које се јављају у хрскавици, менискусу и лигаментима. Очекује се да се добије реалан приказ деформација у хрскавици, менискусу и лигаментима у односу на различите врсте скокова (са и без замаха), у односу на контракције при максималним и субмаксималним скоковима (фаза одскока и доскока), у односу на планирани и програмирани тренажни процес (на почетку и крају припремног периода) и у односу на врсту спорта (фудбал или фудбал). Значај ове студије огледа се у два сегмента и то у праћењу реалног стања деформација хрскавице, менискуса и лигамената у колелу услед одређених оптерећења и у предвиђању и елиминисању евентуалних повреда код врхунских спортиста.

## 2.9 Оквирни садржај дисертације

Од укупног броја повреда у модерном врхунском фудбалу око 20% чине повреде зглоба колена. Код фудбалера, када су повреде зглоба колена у питању, најчешће су повреде медијалног колатералног лигамента око 18-21%, затим менискуса (преко 15%, зависно од аутора) па предњег укрштеног лигамента (12-15%), који у последње време постаје све учесталија повреда.

За потребе овог истраживања одређиваће се силе које делују на колелу при скоку фудбалера ФК Црвена звезда из Београда и фудбалера КМФ Економац из Крагујевца. Ове силе ће се одређивати како за различите врсте скокова, тако и за одскок и доскок код фудбалера и фудбалера. Код фудбалера КМФ Економац из Крагујевца одређиваће се силе које делују на колелу при скоку, пре и након планираног и програмираног тренажног процеса. Сила ће се мерити експериментално приликом скока спортисте на плочу (*force*-

plate) и користиће се софтвер за аквизицију података мерене силе са плоче и истовремено праћење специјализованом ултрабрзом камером која може да сними максимално 100 фрејмова у секунди у колор резолуцији 656x490. Ултрабрза камера и уређај за аквизицију мерених сила се повезују са једним персоналним рачунаром са којим се врши истовремено управљање експериментом као и снимање резултата мерене силе у 100 фрејмова у секунди.

За одређивање напона и деформација хрскавице, менискуса и лигамената користи се компјутерски 1D модел тела и компјутерски 3D модел колена. Модели су базирани на методи коначних елемената. Liu и Nigg (2000. година) и Nigg и Liu (1999. година) су направили модел са 4 степена слободе који садрже круте (кости) и деформабилне (мишићи и друга мека ткива). Дејство мишића и тетива је моделирано опругама и пригушницама. Масе потребне за компјутерски модел одређиваће се вагом за мерење телесне структуре методом биоимпеданце, модел Танита.

За оптимизацију компјутерског модела, користиће се резултати добијени класичним статистичким методама као и технике истраживања података. За статистичку обраду података користиће се софтвер IBM SPSS Statistics v20. Анализа података (*data mining*) је релативно младо и интердисциплинарно поље информатике, које се бави откривањем нових образаца у великим скуповима података. Она користи методе који су у пресеку вештачке интелигенције, машинског учења, статистике и система база података. Свеукупни циљ *data mining*-а је екстракција знања из постојећих података и трансформација у облик подесан за даљу употребу. За примену *data mining*-а користи се софтвер Weka 3.6.

### **3. Предлог ментора**

Комисија за ментора ове докторске дисертације предлаже **проф. др Небојшу Здравковића**, ванредног професора Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Медицинска статистика и информатика. Проф. др Небојша Здравковић испуњава услове за ментора докторских дисертација, у складу са стандардом 9. за акредитацију студијских програма докторских академских студија на високошколским установама.

### 3.1 Компетентност ментора

**Проф. др Небојша Здравковић** поседује стручне и научне компетенције које су комплементарне са предметом истраживања и планираном методологијом, као и искуство и остварене резултате у развоју научно наставног подмлатка.

Радови предложеног ментора који су у вези са темом докторске дисертације:

1. Filipovic N, Nikolic D, Saveljic I, Tanaskovic I, **Zdravkovic N**, Zivanovic A, Arsenijevic P, Jeremic B, Arsenijevic S. Computer simulation of cervical tissue response to a hydraulic dilator device. *Theor Biol Med Model* 2013;10:64
2. Filipovic ND, Isailovic V, Nikolic D, Peulic AS, Mijailovic N, Petrovic S, Cukovic S, Vulovic R, Matic A, **Zdravkovic ND**, Devedzic GB, Ristic BM. Biomechanical Modeling of Knee for Specific Patients with Chronic Anterior Cruciate Ligament Injury. *Computer Science and Information Systems* 2013; 10 (1):525-545
3. N. Filipovic, D. Milasinovic, **N. Zdravkovic**, D. Böckler, H. von Tengg-Kobligkd. Impact of aortic repair based on flow field computer simulation within the thoracic aorta. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 2011; 101(3):243-252.
4. N.D. Filipovic, A.S. Peulic, **N.D. Zdravkovic**, V.M. Grbovic-Markovic and A.J. Jurisic-Skevin. Transient Finite Element Modeling of Functional Electrical Stimulation. *General Physiology and Biophysics* 2011; 30(1):59-65.
5. N. Janković, M. Radović, D. Petrović, **N. Zdravković**, N. Filipović. Mining data from CFD simulations for aneurysm and carotid bifurcation models. *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics* 2012; 6(2):133-144.

### 4. Научна област дисертације

Медицина. Ужа област Медицинска статистика и информатика.

## 5. Научна област чланова комисије

1. Доц. др Иван Јовановић, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за уже научне области Микробиологија и имунологија и Онкологија, председник
2. Проф. др Ненад Филиповић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу за уже научне области Примењена механика и Примењена информатика и рачунарско инжењерство, члан
3. Проф. др Биљана Миличић, ванредни професор Стоматолошког факултета Универзитета у Београду за ужу научну област Медицинска статистика и информатика, члан

## Закључак и предлог комисије

1. На основу досадашњег успеха на докторским студијама и публикованих радова, **Никола Јанковић** испуњава све услове за одобрење теме и израду докторске дисертације.
2. Предложена тема је научно оправдана, дизајн истраживања је прецизно постављен и дефинисан, методологија је јасна. Ради се о оригиналном научном делу, где се оптимизује компјутерски модел колена како би се одредиле деформације хрскавице, менискуса и лигамената услед оптерећења које се јавља код различитих врста и фаза скокова.
3. Комисија сматра да ће предложена докторска теза **Николе Јаковића** бити од великог научног и практичног значаја јер има за циљ да на основу компјутерског модела одреди деформације хрскавице, менискуса и лигамената колена услед оптерећења изазваног различитим врстама и фазама скокова, нарочито код фудсалера с обзиром да је ова област још увек недовољно истражена.
4. Комисија предлаже Наставно научно већу Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу да прихвати пријаву теме докторске дисертације кандидата **Николе Јанковића** под називом „**Оптимизација компјутерских модела у предвиђању деформација хрскавице, менискуса и лигамената колена код спортиста**” и одобри њену израду.

У Крагујевцу

27.07.2016.

## ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. Доц. др Иван Јовановић, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за уже научне области Микробиологија и имунологија и Онкологија, председник
- 

2. Проф. др Ненад Филиповић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу за уже научне области Примењена механика и Примењена информатика и рачунарско инжењерство, члан
- 

3. Проф. др Биљана Миличић, ванредни професор Стоматолошког факултета Универзитета у Београду за ужу научну област Медицинска статистика и информатика, члан
-