

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра био- и наномеханики**

РУДЕНКО
Николай Александрович

Аннотация к дипломной работе:

**КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИКИ
КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СТЕПЕНЯХ
НЕСТАБИЛЬНОСТИ**

Научный руководитель:
доцент
А.В. Никитин

Минск, 2025

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа содержит: 49 стр., 36 рис., 2 табл., 25 источников.

Ключевые слова: КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ; КОЛЕННЫЙ СУСТАВ; МЕНИСКИ; КРЕСТООБРАЗНЫЕ СВЯЗКИ; НЕСТАБИЛЬНОСТЬ.

Объектом исследования является биомеханика коленного сустава человека.

Цель работы – построение и сравнительный анализ конечно-элементных моделей коленного сустава при различных степенях нестабильности, направленный на оценку влияния повреждений связочного аппарата на распределение нагрузок, смещений и напряженно-деформированного состояния суставных структур.

Основные методы исследования: трёхмерное моделирование в ANSYS SpaceClaim и SolidWorks и конечно-элементный анализ в ANSYS Workbench;

В дипломной работе получены следующие результаты:

- Сформированы КЭ-модели трёх состояний сустава: здоровый; с разрывом боковой (латеральной) связки; с разрывом передней и задней крестообразных связок.
- Назначены ортотропные свойства для костной ткани и изотропные – для менисков, связок и суставного хряща.
- Заданы контактные условия: «Frictionless» для хрящ-хрящ и хрящ-мениск, «Bonded» для прикреплений хряща к кости и менисков к тибии.
- Проведён контактный анализ и рассчитаны распределения перемещений и напряжений в здоровом суставе (макс. смещение 9,20 мм, напряжения до 28 МПа).
- При разрыве латеральной связки суммарное перемещение возросло до 9,68 мм, пиковые напряжения – до 17,94 МПа, деформации – до 0,12 мм/мм.
- При разрыве медиальной связки наблюдается смещение до 9,99 мм, напряжения до 16,39 МПа, деформации до 0,14 мм/мм.
- Полный разрыв ACL+PCL приводит к «выдвижному ящику» (Y-смещение до 11,35 мм), напряжениям до 44 МПа и деформациям до 0,30 мм/мм.

Дипломная работа носит прикладной характер. Её результаты могут быть применены при оптимизации хирургических вмешательств и разработке программ реабилитации.

АНАТАЦЫЯ

Дыпломная праца ўключае: 49 стар., 36 мал., 2 табл., 25 крыніц.

Ключавыя словы: КАНЧАТКОВА-ЭЛЕМЕНТНАЕ МАДЭЛЯВАННЕ; КАЛЕННЫ СУСТАЎ; МЕНІСКІ; КРЫЖАПАДОБНЫЯ ЗВЯЗКІ; НЯСТАБІЛЬНАСЦЬ.

Аб’ект даследавання – біяметаніка каленнага сустава чалавека.

Мэта працы – пабудова і параўнальны аналіз канчаткова-элементных мадэляў каленнага сустава пры розных ступенях нястабільнасці, накіраваны на ацэнку ўздзеяння пашкоджанняў звязчнага апарату на размеркаванне нагрузак, зсуваў і напружана-дэфармацыйнага стану суставных структур.

Асноўныя метады даследавання: трохмернае мадэляванне ў ANSYS SpaceClaim і SolidWorks; канчаткова-элементны аналіз у ANSYS Workbench.

У дыпломнай працы атрыманы наступныя вынікі:

- Сфармаваны КЭ-мадэлі трох станаў сустава: здаровы; з разрывам латэральнай звязкі; з разрывам папярэдняй і задняй крыжападобных звязак.
- Прызначаны ортатропныя ўласцівасці для касцявой тканкі і ізатропныя – для меніскаў, звязак і храстка.
- Заданы ўмовы кантакту: «Frictionless» для храсток-храсток і храсток-меніск, «Bonded» для прымацаванняў да касцей.
- Праведзены кантактны аналіз і вылічаны размеркаванні зсуваў (макс. 9,20 мм) і напружанняў (да 28 МПа) у здаровым суставе.
- Пры разрыве латэральнай звязкі зсув вырас да 9,68 мм, напружанне – да 17,94 МПа, дэфармацыя – да 0,12 мм/мм.
- Пры разрыве медыяльнай звязкі: зсув 9,99 мм, напружанне 16,39 МПа, дэфармацыя 0,14 мм/мм.
- Поўны разрыў ACL+PCL дае «высоўны скрыню» (Y-зсув 11,35 мм), напружанні да 44 МПа і дэфармацыі да 0,30 мм/мм.

Дыпломная праца мае прыкладны характар. Яе вынікі могуць быць выкарыстаны пры аптымізацыі хірургічных умяшальніцтваў і распрацоўцы праграм рэабілітацыі.

ANNOTATION

This thesis contains: 49 pp., 36 figs., 2 tables, 25 references.

Keywords: FINITE ELEMENT MODELLING; KNEE JOINT; MENISCI; CRUCIATE LIGAMENTS; INSTABILITY.

Research object: biomechanics of the human knee joint.

Objective: to develop and perform a comparative analysis of finite element models of the knee joint under various degrees of instability, aimed at assessing the impact of ligament injuries on load distribution, displacements, and stress–strain state of joint structures.

Methods: 3D modelling in ANSYS Space Claim and SolidWorks; finite element analysis in ANSYS Workbench; ligament modelling by spring elements; contact analysis with “Frictionless” and “Bonded” pairings; comparative stress–strain calculations for three instability scenarios.

Results:

- Three FE models constructed: healthy joint; lateral collateral ligament tear; combined ACL+PCL rupture.
- Orthotropic material properties assigned to bone tissue; isotropic – to menisci, ligaments and cartilage.
- Contact conditions: “Frictionless” for cartilage–cartilage and cartilage–meniscus, “Bonded” for cartilage–bone and meniscus–tibia interfaces.
- In the healthy model, max. displacement 9.20 mm, stresses up to 28 MPa.
- LCL tear: displacement increased to 9.68 mm, peak stress 17.94 MPa, strain 0.12 mm/mm.
- MCL tear: displacement 9.99 mm, stress 16.39 MPa, strain 0.14 mm/mm.
- ACL+PCL rupture: “drawer” movement $Y = 11.35$ mm, stresses up to 44 MPa, strains up to 0.30 mm/mm.

This work has an applied focus and may inform surgical planning and rehabilitation program development.