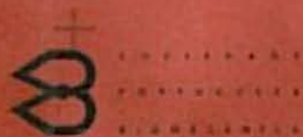


5º Congresso Nacional de
Biomecânica

Espinho - Portugal | 8 e 9 de Fevereiro 2013



LIVRO DE RESUMOS - BOOK OF ABSTRACTS

5º Congresso Nacional de **Biomecânica** • 5th Portuguese Congress on **Biomechanics**

Fórum de Arte e Cultura de Espinho, Portugal 8 e 9 de Fevereiro | 8th-9th, February | 2013

Comissão Organizadora | Organizing Committee

Renato Natal Jorge

João Manuel R.S. Tavares

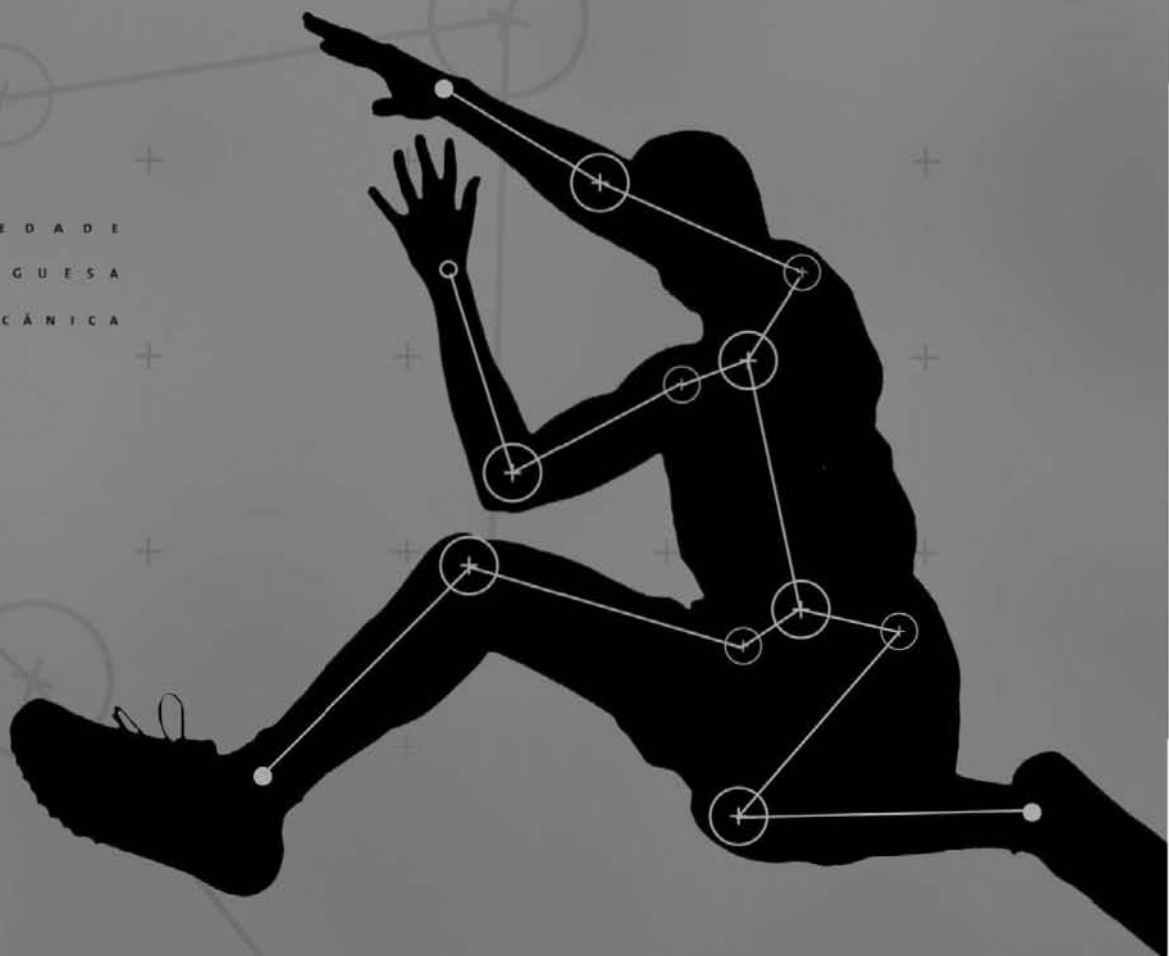
Jorge Belinha

Marco Parente

Pedro Martins



SOCIEDADE
PORTUGUESA
BIOMECÂNICA



ATAS DO
5º CONGRESSO NACIONAL DE BIOMECÂNICA
*PROCEEDINGS OF THE
5TH PORTUGUESE CONGRESS ON BIOMECHANICS*



COMISSÃO ORGANIZADORA / *ORGANIZING COMMITTEE*

Renato M. Natal Jorge, FEUP
João Manuel R.S. Tavares, FEUP
Jorge Américo de Oliveira Pinto Belinha, IDMEC-FEUP
Marco Paulo Lages Parente, IDMEC-FEUP
Pedro Alexandre Lopes de Sousa Martins, IDMEC-FEUP

PATROCÍNIOS E APOIOS INSTITUCIONAIS / *SPONSORSHIP AND INSTITUTIONAL SUPPORT*



COMISSÃO CIENTÍFICA / *SCIENTIFIC COMMITTEE*

Adélia Sequeira, IST-UTL
António Completo, Univ de Aveiro
António Silva, UTAD
António Torres Marques, FEUP
António Veloso, FMH-UTL
Arcelina Marques, ISEP-IPP
Aurélio Faria, UBI
Cristina Mateo Martinez, IDMEC
Eduardo Borges Pires, IST-UTL
Elza Fonseca, IPB
Fernanda Gentil, IDMEC, ESTSP-IPP
Fernando Simões, IST-UTL
Filipa Manuel Machado Sousa, FADEUP-UP
Gilberto Costa, FMUP-UP
Helena Moreira, UTAD
João Folgado, IST-UTL
João Levy Melancia, FML-Univ Lisboa
João MCS Abrantes, Univ Lusófona
João Paço, Hospital CUF, FML-Univ Lisboa
João Paulo Flores Fernandes, Univ Minho
João Paulo Vilas-Boas, FADEUP-UP
João Santos Baptista, FEUP-UP
Joaquim Silva Gomes, FEUP-UP
Jorge Ambrósio, IST-UTL
José Alberto Ramos Duarte, FADEUP-UP
José Carlos Reis Campos, FMDUP-UP
José Manuel Casanova, FM-Univ Coimbra
José Oliveira Simões, Univ de Aveiro
Kostas Gianikellis, Univ de Extremadura, Espanha
Leandro Machado, FADEUP-UP
Lídia Carvalho, Univ de Aveiro
Luís Roseiro, ISEC-IPC
Luisa Sousa, FEUP-UP
Manuel Gutierrez, FMUP-UP
Mário Augusto Vaz, FEUP-UP
Mario Forjaz Secca, FCT, Univ Nova de Lisboa
Miguel Tavares da Silva, IST-UTL
Miguel Velhote Correia, FEUP-UP
Paulo Piloto, IPB
Paulo Rui Fernandes, IST-UTL
Ronaldo Calçada Dias Gabriel, UTAD
Rui Barreiros Ruben, IPL
Rui Lima, IPB
Rui Miranda Guedes, FEUP-UP
Santos Rubim, ESTSP-IPP

ÍNDICE

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA ACELERAÇÃO TIBIAL ASSOCIADO AO CENTRO DE PRESSÃO PLANTAR NO CHUTE DE JOGADORES DE FUTEBOL DE CAMPO. <i>SILVA, Marcelo Guimarães, HIRATA, Tamotsu</i>	1
THE ROLE OF POROELASTICITY ON THE BIOMECHANICS OF THE INTERVERTEBRAL DISC: A FINITE ELEMENT STUDY <i>André Castro, Paulo Flores, António Completo e J. L. Alves</i>	7
ESTUDO DO ESTÍMULO MECÂNICO EM CONSTRUÇÕES CELULARES DE AGAROSE <i>Joana Pereira, António Completo, António Ramos, Carlos Relvas e José Simões</i>	13
ARTICULAÇÃO RADIOCARPAL – ESTUDO NUMÉRICO DE UM MODELO ESPECÍFICO DE PACIENTE <i>Joana Pereira, António Completo, António Ramos, Carlos Relvas e José Simões</i>	17
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE UM DISPOSITIVO GERADOR DE PULSOS MECÂNICOS PAR A INDUÇÃO DO AUMENTO DA DENSIDADE ÓSSEA <i>A. I. Arroyave Guzmán e R. Gonzalez Lima</i>	23
ANÁLISE CINEMÁTICA DA MARCHA NO 3.º TRIMESTRE DE GRAVIDEZ E PÓS-PARTO <i>Marco Branco, Rita Santos Rocha, Liliana Aguiar, Filomena Vieira e António Veloso</i>	29
RELAÇÃO DAS FORÇAS REATIVAS DO APOIO DURANTE O CAMINHAR E A ATIVIDADE FÍSICA EM MULHERES PÓS-MENOPÁUSICAS <i>João P.C. Fonseca, Ronaldo E.C.D. Gabriel, João Manuel R. S. Tavares, Florbela R. Aragão, Adriana S. Leite, José Aurélio M. Faria e Maria Helena R. Moreira</i>	33
FORÇAS REATIVAS DO APOIO DURANTE O CAMINHAR E DENSIDADE MINERAL ÓSSEA DO CALCÂNEO EM MULHERES PÓS-MENOPÁUSICAS <i>Marisa Pereira, Ronaldo Gabriel, Florbela Aragão, João Fonseca, Adriana Leite, Aurélio Faria e Helena Moreira</i>	39
THE HARMONIC MODE OF THE LEG SPRING <i>Wangdo Kim, Antonio P. Veloso, Filípa João,</i>	45
BONE IMPLANT MANUFACTURE FROM LYOPHILIZED HUMAN BONE <i>F.A. Rojas, L.M. Bernal</i>	47
ESTUDO BIOMECÂNICO DO DIRECCIONAMENTO DAS FIBRAS DA CAMADA CENTRAL DA MEMBRANA TIMPÂNICA DO OUVIDO MÉDIO <i>Carolina Garbe, Fernanda Gentil, Carla Santos, Marco Parente, Renato Natal Jorge</i>	53
UTILIZAÇÃO DE TÉCNICA TERMOGRÁFICA, PARA DETERMINAÇÃO DE DESEQUILÍBRIOS MUSCULARES, DURANTE O TRANSPORTE DE LAPTOP EM MOCHILA SUPORTADA POR UM ÚNICO OMBRO <i>João Rocha, Luís Queijo e Jorge Santos</i>	59
COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO E ANÁLISE DE RESISTÊNCIA MECÂNICA DE VIDA ÚTIL DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS PARA PRÓTESES DENTÁRIAS <i>Ciuccio, R. L., Pastoukbov, V.</i>	63
FROM MACRO TO SUBDOMAIN MODELLING AND NUMERICAL SIMULATION OF THE BIOMECHANICAL BEHAVIOUR OF NATIVE CARTILAGE <i>S. Cortez, A. Completo e J.L. Alve</i>	67
CONTRIBUIÇÃO DOS MOMENTOS DE FORÇA DO MEMBRO INFERIOR NO SALTO UNILATERAL (HOPPING) <i>Filípa João, António Veloso, Sílvia Cabral, Vera Moniz-Pereira e Thomas Kepple</i>	73

MECANISMOS DE ORIENTAÇÃO E DE BLOQUEIO PARA ANDARILHOS COM RODAS <i>Ana Fartaria, Carlos Campos e Jorge Siopa</i>	79
INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO NA QUALIDADE DOS MOVIMENTOS DE ALCANÇAR E TRANSPORTAR EM INDIVÍDUOS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA <i>Ana Pereira, Ângela Fernandes, Helena Sousa, Rubim Santos</i>	85
AVALIAÇÃO POSTURAL POR FOTOGAMETRIA EM ATLETAS DA JUVENTUDE VIDIGALENSE <i>Inês Domingues, Carlos Campos e Jorge Siopa</i>	91
INFLUÊNCIA DE MODELOS CINEMÁTICOS NOS MOMENTOS DE FORÇA DOS MEMBROS INFERIORES GERADOS POR IDOSOS DURANTE A LOCOMOÇÃO <i>Vera Moniz-Pereira, Sílvia Cabral, Filomena Carnide e António P. Veloso</i>	97
ANÁLISE DE COMPONENTES ACETABULARES COM ABAS <i>Rui B. Ruben, Diogo Teixeira e Nuno M. Alves</i>	103
SEGMENTAÇÃO DO FÉMUR COM RECURSO A CONTORNOS ACTIVOS PARA APOIO À ARTROPLASTIA TOTAL DA ANCA <i>Diogo Ferreira de Almeida, Rui B. Ruben, João Folgado e Paulo R. Fernandes</i>	107
DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DA ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR <i>R. J. Duarte, A. Ramos, M. Mesnard, H. R. Marques, C. Relvas, A. Completo, J.A. Simões</i>	113
ESTUDO NUMÉRICO DA FIXAÇÃO DE IMPLANTE TEMPOROMANDIBULAR, INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE PARAFUSOS <i>R. J. Duarte, A. Ramos, M. Mesnard, C. Relvas, A. Completo, J.A. Simões</i>	117
A INFLUÊNCIA DE UM CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO NO ESCOAMENTO SANGUÍNEO COM NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS <i>N. Pereira, M. Mujika, S. Arana, T. Correia, A. M. T. Silva, H. T. Gomes, P. J. Rodrigues, R. Lima</i>	123
A NOVEL METHODOLOGY FOR MEASUREMENT OF THE INTRADISCAL PRESSURE AND HEIGHT DISC VARIATION OF INTERVERTEBRAL DISC UNDER COMPRESSION <i>Ângelo Araújo; Nuno Peixinho, António Pinho & J.C.P. Claro</i>	129
EFFECT OF THE SINTERING CYCLE ON THE PROPERTIES OF ALUMINA/LAS DENTAL CERAMIC <i>M. Guedes, D. Arteiro, M. I. Delgado and A. C. Ferro</i>	135
METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DA COLUNA VERTEBRAL PRÉ E PÓS VERTEBROPLASTIA <i>Gabriela Guevara, Elza M. M. Fonseca e Luísa M. S. Barreira</i>	141
MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO GLOBAL NO ESTUDO DA CINEMÁTICA DA MARCHA NA MULHER GRÁVIDA <i>Liliana Aguiar, António P. Veloso, Rita Santos-Rocha, Marco Branco e Filomena Vieira</i>	147
REMODELAÇÃO DO TECIDO ÓSSEO DO OSSO DA MANDÍBULA UTILIZANDO UM MÉTODO NUMÉRICO SEM MALHA <i>J. Belinha, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i>	153
ANÁLISE DO INCISIVO CENTRAL DO MAXILAR USANDO UM MÉTODO SEM MALHA <i>S.F. Moreira, J. Belinha, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i>	159
ANÁLISE DE UM IMPLANTE DENTÁRIO UTILIZANDO UM MÉTODO SEM MALHA <i>J. Rafael Andrade, J. Belinha, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i>	165
REMODELAÇÃO NUMÉRICA DO TECIDO ÓSSEO DEVIDO À APLICAÇÃO DE IMPLANTES DENTÁRIOS <i>A.S. Ferreira, J. Belinha, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i>	171

BLOOD FLOW STUDY IN A STENOSED CAROTID BIFURCATION <i>Lúcia C. Sousa, Catarina F. Castro, Carlos C. António, Rui Chaves, Rosa Santos, Pedro Castro and Elsa Azevedo</i>	177
FROM MEDICAL IMAGE TO 3D ENTITIES CREATION <i>Diogo, S G; Claro, J C P</i>	181
VARIAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA EM FUNÇÃO DA MASSA CORPORAL NO COLO DO FÊMUR E COLUNA VERTEBRAL <i>Jairson C. Dinis, Ana I. Pereira, Elza M. M. Fonseca</i>	187
DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE POSTURAS, CONFORME A METODOLOGIA OWAS, USANDO CÂMERAS DE PROFUNDIDADE <i>Karoline Viana Leão, Anselmo Cardoso de Paiva, Aristófanés Correa Silva e Ivana Marcia Oliveira Maia</i>	193
EFEITO DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS SEGUNDO PILATES EM INDIVÍDUOS COM ASMA CONTROLADA – CONTROLO MOTOR/FUNÇÃO VENTILATÓRIA <i>António Mesquita Montes, Paulo Carvalho, Daniel Costa, Camilo Moreira, Pedro Monteiro e Manuel Rubim Santos</i>	197
AUXILIARES DE MARCHA E FORÇAS DE REACÇÃO AO SOLO <i>C. Melo, C. Crasto, A. Montes e R. Santos</i>	205
A INFLUÊNCIA DA IMOBILIZAÇÃO DO JOELHO NA CINEMÁTICA DO MEMBRO CONTRALATERAL <i>Mariana Santos, Alexandre Lopes, Inês Mesquita e Carlos Crasto</i>	211
METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA NECROSE TÉRMICA POR FURAÇÃO NUM MODELO 3D DE UMA MANDÍBULA HUMANA <i>Diana C. A. Monteiro, Elza M. M. Fonseca, Luísa M. S. Barreira, Kelly Magalhães</i>	217
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA ÓSSEA DA VÉRTEBRA L3 EM DIFERENTES PACIENTES DO GÉNERO FEMININO <i>Sónia F. D. Silva, Elza M. M. Fonseca e Luísa M. S. Barreira</i>	223
INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE PENETRAÇÃO NO LIMIAR DA DOR À COMPRESSÃO <i>Micaela Rodrigues, Vera Bernardo, Paula Silva and Célio Figueiredo-Pina</i>	229
ESTIMATION OF CADAVERIC RIGIDITY – MODIFICATIONS OF THE MECHANICAL PROPERTIES <i>F. Ferreira, P. Martins e R.N. Jorge</i>	235
BIOMECHANICAL MODELS FOR HUMAN GAIT ANALYSES USING INVERSE DYNAMICS FORMULATION <i>Pedro Moreira, Urbano Lujrís, Javier Cuadrado, Paulo Flores</i>	241
ESTUDO CASO DA EFICIÊNCIA MECÂNICA NA EXECUÇÃO DO TOQUE AO LADO, DA GINÁSTICA AERÓBICA, NUM PRATICANTE INEXPERIENTE <i>Cristiana Mervé, Andreia Raposo, Carolyne Silva, Liliana Faúlha, Ana Conceição, Hugo Louro, Vítor Milheiro e Marco Branco</i>	247
FINITE ELEMENT SIMULATION OF DAILY ACTIVITIES HELD BY THE INTERVERTEBRAL DISC <i>Hélder Correia, André Castro, J.C.P. Claro e J.L. Alves</i>	253
ARTICULAÇÃO DA ANCA: MODELO BIOMECÂNICO BASEADO NA ANATOMIA ESPECÍFICA DO PACIENTE <i>D.G. Tavares, J. Lourenço, F.M.F. Simões, E.B. Pires e P.A. Rego</i>	259
MODELLING OF A PROSTHETIC HAND FEATURING INDIVIDUAL GRIP ON EACH ONE OF THE FIVE FINGERS <i>Joana Rosa, Joana Sousa and R. Baptista</i>	265
VALIDAÇÃO DE ELÉTRODOS TÊXTEIS PARA MEDIÇÃO DE ELETROMIOGRAFIA <i>Pedro Fonseca, Márcio Borgonovo-Santos, André Catarino, João Paulo Vilas-Boas, Miguel Velbote Correia</i>	271

ANÁLISE CINEMÁTICA 3D DA TÉCNICA FOSBURY FLOP <i>Paulo Oliveira, Rui B. Ruben e Pedro Morouço</i>	277
LOWER LIMB KINEMATICS OF TRANSFEMORAL AMPUTEES' GAIT: A PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS APPROACH <i>Denise Soares, Marcelo Castro, Emilia Mendes and Leandro Machado</i>	281
UNDERSTANDING THE ROLE OF THE ANNULUS FIBROSUS IN THE BIOMECHANICS OF THE INTERVERTEBRAL DISC <i>Clara Cavalcanti, J. L. Alves</i>	285
OFF INFLUENCES THE NUMBER OF MICROTUBULES AT THE BASE OF PRIMARY CILIA <i>Lina C. Espinha, David A. Hoey, Paulo R. Fernandes, Hélder C. Rodrigues e Christopher R. Jacobs</i>	291
ANÁLISE AO DESEMPENHO DE ATLETAS NO LANÇAMENTO DO DARDO <i>Diogo Correia, João Matias, Nuno André, Paulo A. P. Gameiro e Rui B. Ruben</i>	295
FABRICAÇÃO DE MICROCANAIS UTILIZANDO O MÉTODO DE XUROGRAFIA: VISUALIZAÇÃO DA CAMADA LIVRE DE CÉLULAS <i>E. Pinto, D. Pinho, D. Bento, T. Correia, V. Garcia, R. Dias, J. M. Miranda, R. Lima</i>	301
ESTIMAÇÃO E ANÁLISE AUTOMÁTICA DE PARÂMETROS DA POSTURA ERGONÔMICA UTILIZANDO SENSORES DE PROFUNDIDADE <i>Darlan Quintanilha, Aristóфанes Silva e Anselmo Paiva</i>	307
ANÁLISE BIOMECÂNICA DAS FRATURAS DO FÉMUR: ESTUDO PRELIMINAR DE UMA HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA <i>Maria G. A. Fernandes, Daniel N. Rocha, Jorge V. L. Silva, Elza M. M. Fonseca, Marcos P. Barbosa</i>	313
TRANSFEMORAL AMPUTEES' GAIT: PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS OF THE KNEE MOMENTS <i>Denise Soares, Marcelo Castro, Emilia Mendes and Leandro Machado</i>	319
DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMAS DE FORÇAS EXTENSOMÉTRICAS SUBAQUÁTICAS PARA APLICAÇÃO EM NATAÇÃO DESPORTIVA <i>Karla de Jesus, Hélio Roesler, Kelly de Jesus, Luis Mourão, Ricardo J. Fernandes, Mário Vaz, João Paulo Vilas-Boas</i>	323
DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA MARCHA EM DOENTES COM ORTÓTESES TORNOZELO-PÉ <i>C. Pessoa, F. Martins, I. Fonseca, L. Roseiro, A. Almeida F. Carvalho</i>	329
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS DISCOS INTERVERTEBRAIS DA REGIÃO LOMBAR QUANDO SUJEITOS A CARGAS VERTICAIS <i>Bebiana Mendonça, João Ribeiro, Mário Vaz e H. Lopes</i>	335
MEASUREMENT OF RED BLOOD CELLS DEFORMATION INDEX IN A HYPERBOLIC MICROCHANNEL <i>Vera Faustino, Diana Pinho, Tomoko Yaginuma, Ricardo C. Calbelha, Geyong Man-Kim, Sergio Arana, Rui Lima, Isabel C.F.R. Ferreira and Mónica S.N. Oliveira</i>	341
PESQUISA DA CONFIGURAÇÃO ÓTIMA DA PRÓTESE ARTERIAL USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS <i>Linda V. S. Alves, Catarina F. Castro e Luísa C. Sousa</i>	345
DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL APPARATUS TO DETERMINE IMPACT RESPONSE OF ARTICULAR CARTILAGE <i>Janeite Alves, Pedro Correia, Nuno Peixinho e Paulo Flores</i>	349
AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DE VÁRIOS MÚSCULOS DA PERNA QUANDO SUBMETIDOS A EXERCÍCIO FÍSICO INTENSO COM A TÉCNICA BOLD <i>Ana Rita Justo Pereira, José Nuno Alves, Sérgio Saraiva Alves, Filipa João, Mário Forjaz Secca e António Veloso</i>	355

CELL-FREE LAYER MEASUREMENTS IN A BIFURCATION MICROCHANNEL: COMPARISON BETWEEN A MANUAL AND AUTOMATIC METHODS <i>David Bento, Diana Pinbo, Elmano Pinto, Tomoko Yaginuma, Teresa Correia, José Lima, Ana I. Pereira, Carla S. Fernandes, Ricardo Dias, Rui Lima</i>	359
AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DOS MÚSCULOS DA PERNA POR IRM ATRAVÉS DE T2 <i>José Nuno Alves, Ana Rita Justo Pereira, Sérgio Saraiva Alves, Filipa Oliveira João, Mário Forjaz Secca e António Prieto Veloso</i>	363
DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE DESGASTE EM PRÓTESE TOTAL DE QUADRIL <i>Michel Haddad, Mauro Pedro Peres e Marcelino Pereira Nascimento</i>	367
FABRICO DE UMA PRÓTESE FEMORAL POR MAQUINAGEM CNC NUMA FRESADORA DE 3 EIXOS <i>Pedro Ferreira, Fernando Simões, Carlos Relvas e António Ramos</i>	371
ANÁLISE DE PONTE SOBRE IMPLANTES DENTÁRIOS USANDO UM MÉTODO SEM MALHA <i>H.M.S. Duarte, J. Belinha, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i>	377
ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CIMENTO-EM-CIMENTO NA REVISÃO DA ARTROPLASTIA DA ANCA <i>Nuno Jorge, Luís Roseiro, Fernando Simões e Pedro Carvalhais</i>	379
ENHANCED VELOCITY OF RED BLOOD CELLS IN HIGHLY BRANCHED VESSELS: INFLUENCE OF THE VESSELS DIAMETER <i>Bianca Pires, Luís Pimparel, Diana Pinbo, Rui Lima and Ricardo Dias</i>	385
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DE UMA PRÓTESE PARA CICLISTAS COM AMPUTAÇÃO TRANSTIBIAL <i>P. Ferreira, L. Roseiro, V. Lopes, I. Costa, J. Almeida e Telmo Pinão</i>	391
BIOMECÂNICA DA COLUNA CERVICAL: INFLUÊNCIA DOS LIGAMENTOS <i>P. C. Fernandes, J. Folgado e P. R. Fernandes</i>	397
AUTOMATIC CALCULATION OF THE SKIN'S LINES OF NON-EXTENSION AT THE ANKLE JOINT <i>Sara P. Marreiros, Ana R. Domingues, Jorge M. Martins, Miguel T. Silva and Dava J. Newman</i>	401
DESENVOLVIMENTO DE UM MICRODISPOSITIVO BIOMÉDICO PARA A SEPARAÇÃO DE CÉLULAS SANGUÍNEAS <i>Susana Novais, Diana Pinbo, Ana I. Pereira, Maite Mujika, Sergio Arana, Rui Lima</i>	407
THERMO-MECHANICAL BEHAVIOR OF TRANSTIBIAL PROSTHESIS INTERFACES: INFLUENCE ON CORRECT PROSTHETIZATION <i>Adriana Cavaco, A. Ramalho, Sandra Pais and Luísa Durães</i>	411
COMPARAÇÃO DE CRIANÇAS COM E SEM JOELHOS VALGOS, PRATICANTES DE HÓQUEI EM PATINS, UTILIZANDO SISTEMAS DE ANÁLISE DE MOVIMENTO <i>Nuno M.J. Oliveira, Rubim Santos, M.A.P. Vaz e M.A. Marques</i>	417
MODELING AND ANALYSIS OF AN ANKLE-FOOT ORTHOSIS (AFO) USING MULTIBODY METHODOLOGIES <i>P. Ferreira, F. G. Flores, P. Flores, M. Siebler and A. Kecskeméthy</i>	423
ANÁLISE CINEMÁTICA DA TÉCNICA DE CRAWL EM DIFERENTES VARIANTES DE UM PROTOCOLO INCREMENTAL E INTERMITENTE PARA OBTENÇÃO DO VO2MÁX <i>Kelly de Jesus, Karla de Jesus, João Paulo Vilas-Boas e Ricardo J. Fernandes</i>	429
PROJETO, CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM PEDAL INSTRUMENTADO PARA BICICLETA <i>Vitor Lopes, Luís Roseiro, Pedro Ferreira, Inácio Costa e José Almeida</i>	435

CONSIDERAÇÕES HIDRODINÂMICAS DE VÁLVULAS NEUROLÓGICAS DE DERIVAÇÃO LIQUÓRICA <i>Camila Bim, Edson Del Rio Vieira, Sérgio Said Mansur, Marcos Pinotti, José Ricardo Camilo e Angelo Luiz Maset</i>	441
IMAGE FILTERING, CONTRAST ENHANCEMENT AND DEFORMATION ANALYSIS OF COMPLEX ANATOMICAL CONDUITS AND MICROCIRCULATION EXPERIMENTS. <i>Ana J. João, Alberto M. Gambaruto e Adélia Sequeira</i>	445
ÚLTIMOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉCTRICA FUNCIONAL NA MARCHA <i>Cátia Galvão, Carlos Vasconcelos, Jorge Martins, Miguel Silva, Paulo Melo</i>	451
CONTROL OF A FORCE SENSING ACTUATOR TO ASSIST THE ANKLE JOINT MOVEMENT <i>Carlos F. Vasconcelos, Paulo L. Melo, Jorge M. Martins and Miguel T. Silva</i>	457
ANÁLISE CINEMÁTICA DO PUTTING EM JOGADORES PERITOS: ESTUDO DO EFEITO DO AFASTAMENTO DA BOLA AO BURACO <i>Gonçalo Dias, Rui Mendes, Maria António Castro, Micael Conceiro, Orlando Fernandes, João Paulo Vilas-Boas</i>	463
PLATAFORMA ELECTROMECASTRÓNICA PARA EXERCÍCIOS FISIOTERAPÊUTICOS DE ELEVADA PRECISÃO <i>Ana L. G. Fernandes¹, Fernando J. T. E. Ferreira e Miguel Couceiro</i>	467
AVALIAÇÃO DO EFEITO DO EXERCÍCIO INTENSO NA ESTRUTURA E ARQUITECTURA DE VÁRIOS MÚSCULOS DA PERNA ATRAVÉS DE TENSORES DE DIFUSÃO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA <i>Sérgio Saraiva Alves, Ana Rita Justo Pereira, José Nuno Alves, Filipa João, Mário Forjaz Secca e António Veloso</i>	471
GESTURE'S NARRATIVE IN CONTEMPORARY MUSIC FOR PERCUSSION: A PRELIMINARY RESEARCH. <i>Aroso N., Baltazar A., Lourenço S., Martins L.G., Ferreira Lopes P.</i>	475
OPTIMIZAÇÃO DE FORMA MULTI-OBJECTIVO DE UM STENT CORONÁRIO <i>Nelson Ribeiro, João Folgado e Hélder Rodrigues</i>	481
REMODELAÇÃO ÓSSEA DA OMOPLATA APÓS UMA ARTROPLASTIA TOTAL DO OMBRO <i>Carlos Quental, João Folgado, Paulo Fernandes e Jacinto Monteiro⁴</i>	487
ANÁLISE DO ÂNGULO DE PENACÃO DO GASTROCNÉMIO NUMA POPULAÇÃO JOVEM SEDENTÁRIA E ATIVA. <i>Maria António Castro, Alexandra André, Margarida Pocinbo, Paula Tavares, Orlando Fernandes</i>	491
INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DO ATLETA NA BICICLETA NA DISTRIBUIÇÃO DO PESO CORPORAL PELO SELIM E PELO GUIADOR EM CICLISTAS NÃO COMPETITIVOS <i>Vitor Milbeiro; Hugo Louro; Marco Branco; Ana Conceição</i>	497
FIBER OPTIC SENSORS FOR BIOMECHANICAL AND BIOMEDICAL APPLICATIONS <i>Paulo Roriz, Orlando Frazão, José Luís Santos and José Simões</i>	503
IS THE CALLUS SHAPE AN OPTIMAL RESPONSE TO A MECHANOBIOLOGICAL STIMULUS? <i>F. Ribeiro, P.R. Fernandes, J. Folgado, J.M. Garcia-Aznar</i>	509
MARCHA DO OBESO: RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DAS FORÇAS DE REACÇÃO DO SOLO ANTES E APÓS CIRURGIA BARIÁTRICA. <i>Mafalda Cortez, Marcelo P. Castro, Sofia Abreu, Maria João Matos, Paula Freitas, Davide Carvalho, Leandro Machado</i>	515
DESENVOLVIMENTO DE CORDAS BIODEGRADÁVEIS EM PDO PARA REGENERAÇÃO DE LIGAMENTOS <i>André C. Vieira, Joana C. Vieira, Juliana Cruz, Raul Figueiro e Rui M. Guedes</i>	517
DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE DE SCAFFOLDS PARA ENGENHARIA DO TECIDO ÓSSEO UTILIZANDO DFC <i>Rubina Marques, Marta Dias, José Miranda Guedes e Paulo Fernandes</i>	523

HIDROGÉIS BASEADOS EM ALGINATO PARA A REGENERAÇÃO DE PELE <i>Rúben F. Pereira, Ausenda Mendes e Paulo J. Bártolo</i>	529
THE ELASTIC PROPERTIES OF THE BREAST SKIN <i>Nílza Ramião, Pedro Martins e António Fernandes</i>	535
ANÁLISE DE TENSÕES NO TORNOZELO ANTES E APÓS UMA ARTROPLASTIA TOTAL <i>Daniela Rodrigues, João Folgado e Paulo Fernandes</i>	541
ANÁLISE DAS PROPRIEDADES BIOMECÂNICAS DO PAVIMENTO PÉLVICO E DO FETO <i>M.E.T. Silva, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge, T. Mascarenhas, A.A. Fernandes</i>	547
NUMERICAL STUDY OF THE FLOW OF A BLOOD ANALOG FLUID IN A BIFURCATION WITH A STENOSIS: PULSATILE FLOW AND ELASTICITY OF THE FLUID <i>S.I.S. Pinto, E.D. Costa, J.B.L.M. Campos, J.M. Miranda</i>	553
DISTRIBUIÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES DO PAVIMENTOS PÉLVICO: COMPARAÇÃO ENTRE TRATOGRAFIA E MODELO DE ELEMENTOS FINITOS <i>Sofia Brandão, Marco Parente, Thuane Roza, Hugo Ferreira, Teresa Mascarenhas, Isabel Ramos, Renato Natal Jorge</i>	559
INFLUÊNCIA DA IDADE NA MOBILIDADE DO PAVIMENTO PÉLVICO EM MULHERES COM INCONTINÊNCIA URINÁRIA DE ESFORÇO <i>Thuane Da Roza, Sofia Brandão, Teresa Mascarenhas, José Alberto Duarte, Marco Parente e Renato Natal Jorge</i>	565
COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO DO PÉ TRAUMÁTICO PRÉ E PÓS ORTÓTESE PLANTAR <i>Rodrigues, F., Ramos, A., Duarte, R. J., Relvas, C., Completo, A., Simões, J. A.</i>	569
PRODUÇÃO DE MEMBRANAS DE ALGINATO DE SÓDIO CONTENDO LEVODOPA E SUA LIBERTAÇÃO CONTROLADA <i>Margarida Franco, Tânia Viana, Sara Biscaia e Paulo Bártolo</i>	571
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DOS DANOS NOS MÚSCULOS DO PAVIMENTO PÉLVICO DURANTE UM PARTO VAGINAL <i>P. Maia, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge, A.A. Fernandes</i>	577
FEMORAL NECK BONE ADAPTATION TO HABITUAL WEIGHT-BEARING PHYSICAL ACTIVITY BY COMPUTATIONAL ANALYSIS <i>M. M. Machado, P. R. Fernandes, G. Cardadeiro and F. Baptista</i>	581
DISPOSITIVO MECÂNICO PARA A PRÁTICA DE CICLISMO ADAPTADO COM COMPETIÇÃO EM CLASSE C2 <i>L. Roseiro, P. Ferreira, V. Lopes, I. Costa, J. Almeida e T. Pinão</i>	587
INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA DO PARAFUSO NA TRANSFERÊNCIA DE CARGA NA PRÓTESE TMJ, ESTUDO NUMÉRICO <i>Ramos, A., Mesnard, M., Relvas, C., Completo, A., Simões, J. A.</i>	591
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA ENTRE ESTRUTURAS DE ZIRCONIA DE 3 MARCAS: VITA IN-CERAM YZ, SIRONA INCORIS ZI E IVOCLAR IPS EMPRESS CAD <i>Gonçalo Silva, Lúdia Carvalho</i>	597
ESTUDO MECÂNICO DE NANOCOMPÓSITOS PLA/GNP E COMPÓSITOS PLA/BIOVIDRO PARA DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO LIGAMENTAR <i>Viviana Correia Pinto, José Xavier, Artur Pinto, Fernão D. Magalhães, Rui Miranda Guedes</i>	601
MODELOS CONSTITUTIVOS HIPERELÁSTICOS PARA A MODELAÇÃO NUMÉRICA DO TECIDO MUSCULAR DO PAVIMENTO PÉLVICO <i>Dulce A. Oliveira, Marco P.L. Parente e Renato M. Natal Jorge</i>	607

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA POR CIMENTAÇÃO OU FURAÇÃO NUM MODELO DENTÁRIO <i>Kelly Magalhães, Elza M. M. Fonseca e Diana C. A. Monteiro</i>	613
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE ESTRUTURAS ÓSSEAS UTILIZANDO UMA FORMULAÇÃO ISOGEOMÉTRICA <i>R.P. Tavares, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge, A.A. Fernandes</i>	619
DISTINÇÃO ENTRE INCIDÊNCIAS NUMA MAMOGRAFIA <i>Rita Filipa S. Teixeira e João Manuel R. S. Tavares</i>	62
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ORIENTAÇÃO DINÂMICA PARA UM ACTUADOR FLUÍDICO FLEXÍVEL <i>Daniel Pina, Joaquim G. Mendes, Renato N. Jorge, António Augusto Fernandes, António Moreira</i>	631
ANÁLISE DA PRESSÃO PLANTAR EM ATLETAS (8-14 ANOS) EM FUNÇÃO DA CLASSE OCLUSAL MOLAR DE ANGLE <i>Marta América, Janete Leiras, Joaquim Moreira, Lídia Carvalho</i>	637
ANÁLISE BIOMECÂNICA DO PROTOCOLO – SALTO COM CONTRA MOVIMENTO <i>Paulo A. G. Piloto, Luísa M. S. Barreira</i>	643
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO DA BICICLETA NAS VIBRAÇÕES INDUZIDAS AO CORPO HUMANO EM PRÁTICA DE CICLISMO INDOOR <i>Paulo Dechichi, Leandro Furtado, Carlos Alcobia, Luís Roseiro e Ana Amaro</i>	649
TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA EM ARTROPLASTIAS DO JOELHO <i>Carlos Alcobia, Luís Roseiro, Pedro Carbais, Augusta Neto</i>	655
ESTUDO NUMÉRICO DA INFLUÊNCIA DA RESOLUÇÃO DA TAC NO COMPORTAMENTO DO ÚMERO. UM CASO CLÍNICO. <i>Bola, M., Ramos, A., Rebas, C., Completo, A., Simões J.A.</i>	659
ANÁLISE VASCULAR DE SCAFFOLDS SOB DEGRADAÇÃO <i>Susana R. Almeida, Henrique A. Almeida e Paulo J. Bártolo</i>	665
DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA INTEGRADA PARA AVALIAÇÕES ERGONÓMICAS <i>Ana Catarina Mateus, Henrique A. Almeida e Nuno Alves</i>	669
APLICAÇÃO COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO À SELEÇÃO DE PRÓTESE PARA A ARTROPLASTIA DA ANCA <i>Pedro Carreira, Henrique A. Almeida e Paulo J. Bártolo</i>	675
TÉCNICAS DE EXTRUSÃO PARA PRODUÇÃO DE SCAFFOLDS PARA APLICAÇÕES EM ENGENHARIA DE TECIDOS <i>Sara Biscaia, Tânia Viana, Henrique A. Almeida e Paulo J. Bártolo</i>	681
3D COMPARISON BETWEEN MIMICS AND INVESALIOUS BONE RECONSTRUCTION MODELS <i>Ruba Zeibak, Dino Freitas, Henrique A. Almeida and Paulo J. Bártolo</i>	683
DEVELOPMENT OF A WALKING INTEGRATIVE REHABILITATION DEVICE <i>Manabu Okui, Dino Freitas, Henrique A. Almeida and Paulo J. Bártolo</i>	689
ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA TEMPORAL DOS MÚSCULOS DO TRONCO DURANTE O SWING COM DIFERENTES TACOS DE GOLFE <i>Luís Silva, Sérgio Marta, João Vaz, Orlando Fernandes, Maria António Castro, Andreia De Paula, Pedro Pezarat-Correia</i>	695
EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO COLAGÉNIO DE ESCAMAS DE SARDINHA <i>Ermelinda Alves Almeida, Daniela C. Vaz e Ausenda L. A. Mendes</i>	701

REABILITAÇÃO VESTIBULAR EM SÍNDROMES VERTIGINOSAS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO EM ELEMENTOS FINITOS <i>Carla Santos, Fernanda Gentil, Carolina Garbe, Marco Parente, Renato Natal Jorge</i>	707
INFLUÊNCIA DAS FLANGES NAS PRÓTESES CIMENTADAS DA ARTICULAÇÃO DA ANCA <i>Ángela Pedrosa e Rui B. Ruben</i>	713
ANÁLISE DINÂMICA DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO OUVIDO MÉDIO COM PRÓTESE TOTAL <i>Fernanda Gentil, Marco Marques, Carolina Garbe, Carla Santos, Marco Parente, Pedro Martins, Renato Jorge</i>	719
CONTRIBUIÇÃO DOS MOMENTOS DE FORÇA DOS MEMBROS INFERIORES PARA A ACELERAÇÃO DO CENTRO DE MASSA NA PARTIDA DE BLOCOS <i>Silvia Cabral, Vera Moniz-Pereira, Filipa João e António P. Veloso</i>	723
LIPOTOOL: ESTUDO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO TECIDULAR <i>T. F. Andrade, M. T. Restivo, M. R. Quintas, M. F. Chouzal, C. M. Silva, T. M. Amaral</i>	729
ANALYSIS OF THE BILATERAL COORDINATION PATTERNS OF LOWER LIMB SEGMENTS AT DOWN SYNDROME IN RUNNING <i>Andreas Skiadopoulos, Carlos Espino Palma and Kostas Gianikellis</i>	733
3D KINEMATICS OF SURGEONS' UPPER-ARM ROTATION IN LAPAROSCOPY <i>Andreas Skiadopoulos, Carlos Espino Palma and Kostas Gianikellis</i>	737
"DINAMSOFT 1.0": A SOFTWARE FOR 3D BIOMECHANICAL ANALYSIS OF STANDARD FORCE TRAINING EXERCISES AND WEIGHT LIFTING <i>Kostas Gianikellis, Andreas Skiadopoulos, Jorge Barrios Muriel and Ignacio Domínguez</i>	741
CIMENTO ÓSSEO ACRÍLICO CONTENDO ANTIBIÓTICOS: AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS <i>Matos A, Vaz M., Almeida AJ, Bettencourt A</i>	745
ESTIMATING LEG MUSCLES SHORT-RANGE STIFFNESS IN VIVO AT DIFFERENT KNEE ANGLES <i>Ana C. V. Ferreira, Erwin de Vlugt, Jurriaan H. de Groot and Hugo A. Ferreira</i>	751
ANÁLISE DO MOVIMENTO DE LEVANTAR: ESTUDO DE CASO <i>Rita Proença, Clara Cavalcanti</i>	757
DESENVOLVIMENTO DE UMA CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA DE BAIXO CUSTO <i>Samuel F. Do Nascimento, Keyll Carlos R. Martins, Vítor R. P. Santos e Lidia Santos P. Martins</i>	763
INFLUENCE OF RESTORATIVE TECHNIQUE ON THE FRACTURE RESISTANCE AND MODE, STRAIN, AND STRESS DISTRIBUTION OF ENDODONTICALLY TREATED MAXILLARY PREMOLARS. <i>Milito, Giovana A., Novais, Veridiana R., Noritomi, Pedro Y., Araújo, Cleudmar A., Gomide, Henner A., Fernandes Net, Alfredo J., Soares, Carlos J., Soares, Paulo V.</i>	769
INFLUENCE OF RESTORATIVE TECHNIQUE, CERVICAL LESION AND TYPE OF LOAD ON THE BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF ENDODONTICALLY TREATED MAXILLARY PREMOLARS <i>Machado, Alexandre C., Pereira, Fabrícia A., Reis, Bruno R., Milito, Giovana A., Zeola, Livia F., Meira, Josete B.C., Cesar, Paulo F., Soares, Paulo V.</i>	775
INFLUENCE OF NON-CARIOUS CERVICAL LESIONS MORPHOLOGY LOAD TYPE AND RESTORATION ON BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF MAXILLARY PREMOLARS: A FINITE ELEMENT ANALYSIS. <i>Vilela, Ana L.R, Machado, Alexandre C., Milito, Giovana A., Zeola, Livia F., Faria, Vítor L.G., Naves, Marina F.L., Souza, Paola G., Soares, Paulo V.</i>	781

NON-CARIOUS CERVICAL LESIONS: INFLUENCE OF MORPHOLOGY AND LOAD TYPE ON BIOMECHANICAL BEHAVIOUR OF MAXILLARY INCISORS <i>Tolentino, Andrea B., Faria, Vitor L.G., Naves, Marina F.L., Michael, Jason A., Ranjithkar, Sarbin, Kaidonis, John, Townsend, Grant and Soares, Paulo V.</i>	787
INFLUENCE OF DENTAL CORONARY STRUCTURE REDUCTION ON BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF UPPER PREMOLARS <i>Zeola, Livia F. , Santos-Filbo, Paulo C.F., Menezes, Murilo S., Novais, Veridiana R., Neves, Flávio D., Fernandes-Neto, Alfredo J., Soares, Carlos J., Soares, Paulo V.</i>	793
INFLUENCE OF ABFRACTION DEPTH, ROOT MORPHOLOGY AND LOADING ON THE MECHANICAL BEHAVIOR OF PREMOLARS <i>Naves, Marina F.L., Souza, Lorraine V., Pereira, Fabricia A., Reis, Bruno R., Machado, Alexandre C., Milito, Giovana A., Fernandes-Neto, Alfredo J., Soares, Paulo V.</i>	799
EFFECTS OF NCCL LESION SIZE AND LOADING CONDITIONS ON STRESSES AND STRAINS IN PREMOLAR TEETH <i>Souza, Paola G., Spini, Pedro H.R., Zeola, Livia F., Milito, Giovana A., Faria, Vitor L.G., Machado, Alexandre C., Pereira, Fabricia A., Soares, Paulo V.</i>	805
EFFECT OF NON-CARIOUS CERVICAL LESIONS AND CORONARY STRUCTURE LOSS ASSOCIATION ON BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF MAXILLARY PREMOLARS. <i>Gonzaga, Ramon C.Q., Souza, Paola G., Tolentino, Andrea B., Zeola, Livia F., Milito, Giovana A., Machado, Alexandre C., Reis, Bruno R., Soares, Paulo V.</i>	811
INFLUENCE OF TYPE PREPARATION AND RESTORATIVE MATERIAL ON STRESS DISTRIBUTION IN PREMOLARS <i>Faria, Vitor L.G., Reis, Bruno R., Pereira, Fabricia A., Meira, Josete B.C., Souza, Paola G., Machado, Alexandre C., Quagliatto, Paulo S., Soares, Paulo V.</i>	817
MECHANICAL BEHAVIOUR OF THE PIP BREAST IMPLANTS UNDER COMPRESSION <i>Rita Rynkevici, Pedro Martins, Marco Parente, Maria Barroso, Diana Santos, Renato Natal</i>	823
ANÁLISE DO CAMPO DE DEFORMAÇÕES NOS LIGAMENTOS CRUZADOS DO JOELHO COM FORMULAÇÃO ISOGEOMÉTRICA <i>J.P.S. Ferreira, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge e A.A. Fernandes</i>	829
ESTUDO BIOMECÂNICO DO ÚTERO DURANTE O PARTO <i>P. Rocha, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge e T. Mascarenhas</i>	835
INFLUENCE ROOT MORPHOLOGY ON BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF ENDODONTICALLY TREATED MAXILLARY PREMOLARS <i>P.V. Soares, M.S. Menezes, P.C.F. Santos-Filbo, P. Noritomi, C.J. Soares, A.J. Fernandes-Neto, L.R.M. Martins</i>	839
ON THE DEVELOPMENT OF ADVANCED METHODOLOGIES TO ASSIST ON THE DIAGNOSIS OF HUMAN ARTICULATIONS PATHOLOGIES: A BIOMECHANICAL APPROACH <i>Ana Leal, Filipe Silva, Paulo Flores, Hélder Pereira, João Espregueira-Mendes</i>	845
A PERSPECTIVE ON BONE-CEMENT INTERFACE LOOSENING IN HIP IMPLANTS <i>Natacha Rosa, António Torres Marques</i>	851

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS DISCOS INTERVERTEBRAIS DA REGIÃO LOMBAR QUANDO SUJEITOS A CARGAS VERTICAIS

Bebiana Mendonça¹, João Ribeiro¹, Mário Vaz² e H. Lopes¹

¹ Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Portugal; bimendonca@hotmail.com

¹ Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Portugal; jribeiro@ipb.pt

² Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal; gmavaz@fe.up.pt

¹ Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Portugal; hlopes@ipb.pt

PALAVRAS-CHAVE: Coluna vertebral, Disco Intervertebral, Correlação Digital de Imagem.

RESUMO: Neste trabalho pretende-se caracterizar o campo de deslocamentos e deformações de um disco intervertebral, assim como avaliar a aplicação da técnica de Correlação Digital de Imagem (CDI) neste tipo de material. Para a realização deste trabalho, foi montado um ensaio de compressão de uma coluna vertebral e através do equipamento de CDI foi possível a realização de uma análise global do campo de deslocamentos ocorrido na superfície da coluna vertebral, mais concretamente, no disco intervertebral entre as vértebras L3 e L4.

1 INTRODUÇÃO

Um dos movimentos mais frequentes realizados durante o dia consiste no levantamento e transporte de objetos. Estes mecanismos são realizados de forma automática, sem que tenhamos consciência das exigências sobre o organismo para que estas cargas possam ser elevadas ou sustentadas. No estudo do comportamento mecânico da coluna durante o ato do levantamento e transporte de cargas tem vindo a ser estudado nos últimos anos, recorrendo a técnicas experimentais e numéricas [1].

A coluna vertebral é uma estrutura mecânica complexa, esta é constituída não só pela coluna vertebral, mas também pelos seus tecidos moles, incluindo ligamentos, músculos e redes neurais e vasculares. Esta estrutura é responsável por uma vasta gama de movimentos, incluindo lateral, rotação, virar para a esquerda e para a direita e flexão do tronco, mas a coluna vertebral também envolve e protege da medula

espinal, suporta a cabeça, e é um ponto de fixação para as costelas e para os músculos das costas. Entre as vértebras (a partir de C2 até o sacro) existe um segmento deformável denominado de disco intervertebral. Os discos intervertebrais são articulações móveis, ou que permitem que os movimentos e absorver choques verticais. Os discos são constituídos por duas áreas distintas: uma zona periférica, chamada de anel fibroso, composto por lamelas concêntricas de fibrocartilagem, e um pano macio na área central, altamente elástico, chamado de núcleo pulposo [2].

Neste trabalho implementou-se um ensaio de compressão sobre a coluna vertebral com o intuito de analisar a deformação nos discos intervertebrais. Para tal, recorreu-se à utilização da técnica ótica de Correlação Digital de Imagem (CDI). Estas técnicas óticas permitem uma análise do campo de deslocamentos e de deformações, bem como, a medição, sem contacto,

oferecendo, também, uma informação de caráter global com resoluções submicrométricas. Antes da realização do ensaio foi necessário estudar as funções dos diferentes elementos da coluna vertebral, a sua importância no transporte de cargas [3] e como se distribui o carregamento ao longo da estrutura da coluna.

2 MÉTODOS UTILIZADOS

A CDI é uma técnica de medição sem contacto desenvolvida por Sutton et al. [4-6] e Bruck et al. [8], em que se utiliza um método de correlação matemática para calcular o deslocamento no plano em superfícies de componentes ou estruturas sujeitas a tensões térmicas ou mecânicas. Esta técnica baseia-se na utilização de padrões aleatórios existentes na superfície dos componentes ou estruturas. A técnica compara duas imagens, adquiridas em diferentes estados, uma antes da deformação e outra após deformação. As duas imagens podem, também, ser designadas como imagem de referência (antes da deformação) e imagem deformada (após a deformação) [9].

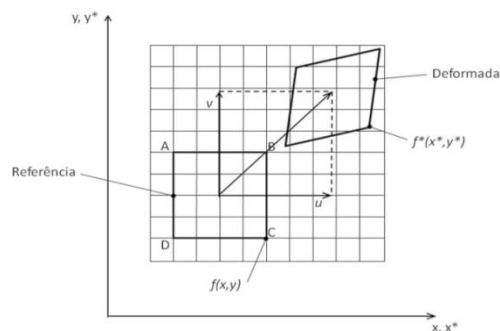


Fig. 1 Variação do estado inicial (referência) para o estado final (deformada).

Nesta técnica o objecto é iluminado por uma fonte de luz não coerente, sendo os padrões de intensidade resultantes da textura da superfície. Estes padrões de intensidade, que deverão ter uma distribuição aleatória, serão subdivididos em áreas de menores dimensões. Cada subdivisão, definida na imagem inicialmente gravada será depois comparada por correlação com imagens obtidas para

estados diferentes de deformação do objecto. Considerando $f(x,y)$ como uma função discreta que define os níveis de cinzento dos pixel da imagem inicial e $f^*(x^*,y^*)$ dos pixel da imagem final [10]. A relação entre as duas funções é definida por,

$$f^*(x^*,y^*) = f(x+u(x,y), y+v(x,y)) \quad (1)$$

onde u e v representam o campo de deslocamentos (Fig. 1).

A determinação do campo de deslocamentos é obtida pela correlação entre o padrão aleatório da imagem inicial (referência) e a sua transformada (deformada). Esta operação é realizada para todos os padrões que se encontrem no centro da rede virtual da imagem inicial, de modo a obter todo o campo de deslocamentos de cada elemento da rede.

Considerando o campo de deslocamento, para um padrão aleatório, como homogéneo e bilinear ao longo dos eixos x e y :

$$u(x,y) = a_u x + b_u y + c_u xy + d_u \quad (2)$$

$$v(x,y) = a_v x + b_v y + c_v xy + d_v \quad (3)$$

A solução exacta, considerada em termos numéricos, é abordada como um processo iterativo.

Os deslocamentos do corpo rígido nos pontos A, B, C e D são calculados durante a iteração i com as componentes do campo de deslocamentos determinadas na iteração $i-1$. O processo iterativo pára na iteração n , quando a posição relativa dos vértices definidos pela rede virtual varia abaixo de um valor crítico, δ_0 , definido no programa.

Os pixels da imagem inicial movem-se para uma posição de sub-pixel na imagem deformada. A dificuldade encontra-se na definição dos níveis de cinza entre esses pontos. Para esse fim, é usada uma função de interpolação, sendo a mais comum a interpolação bilinear de primeira ordem [11].

Com a correlação matemática de $f(x,y)$ e $f^*(x^*,y^*)$, são determinados os campos de

deslocamento $u(x,y)$ e $v(x,y)$. O coeficiente de correlação pode ser calculado pelo método dos mínimos quadrados:

$$C_1 = \int_{\Delta M} (f(x,y) - f^*(x^*,y^*))^2 dx dy \quad (4)$$

onde M é o padrão aleatório na superfície. Os coeficientes de correlação são minimizados na determinação do campo de deslocamento.

A CDI tem sido também utilizada para a medição de campos de deformações [12, 13] com elevada resolução. Uma das maiores dificuldades desta técnica está na aplicação do padrão aleatório, havendo alguns estudos [14] no sentido de analisar a influenciada qualidade do padrão aleatório na exactidão das medições dos campos de deslocamentos e deformações.

3 ENSAIO EXPERIMENTAL

3.1 DESCRIÇÃO DO ENSAIO

Para o estudo descrito, foi especialmente desenvolvida uma montagem para a realização do ensaio, como é possível observar na Fig. 2.



Fig. 2 Representação da montagem realizada neste ensaio.

O estudo foi realizado num modelo médico de uma coluna vertebral (ref. 5120) da empresa Sawbone®. Para realizar a medição com a técnica CDI, foi necessário criar um padrão aleatório sobre a superfície a medir, que correspondeu ao disco intervertebral entre as vértebras L3 e L4: Para a criação do padrão aleatório, foi

utilizado um *spray* de tinta preta para criar o padrão pretendido.

Após a criação do padrão aleatório, a coluna foi fixada sobre uma mesa ótica, de forma a evitar movimentos de corpo rígido, e foram aplicadas várias cargas verticais. A face com o padrão aleatório ficou virada para o sistema de Correlação Digital de Imagem. Para melhorar a definição das imagens obtidas foi utilizado um sistema de iluminação.

No presente trabalho foi utilizado um sistema de CDI comercial, Aramis da Gom, que é constituído por duas câmaras CCD com a resolução 1624 x 1236 pixel, um computador com software específico para correlação digital de imagem e cabos de ligação entre esses dois elementos. O sistema Aramis permite o controlo da taxa de aquisição das câmaras CCD, medir campos deslocamentos e deformações no plano, usando uma câmara, e fora do plano, recorrendo à visão estereoscopia das duas câmaras CCD. No caso em análise pretendeu-se medir o campo de deslocamentos no plano, como tal só foi utilizada uma câmara, a taxa de aquisição foi a de uma imagem por segundo, até um total de 5 imagens. As imagens foram adquiridas durante o ensaio, tendo sido enviadas para o PC, que processou-as de acordo com os algoritmos que foram já descritos neste trabalho.

A calibração do sistema foi realizada recorrendo à utilização de uma tira de papel milimétrico. O software permite seleccionar dois pontos e definir a distância entre eles, este valor servirá de escala para a determinação do campo de deslocamentos que ocorre na superfície do disco intervertebral durante o ensaio [15].

3.2 RESULTADOS OBTIDOS

Na coluna vertebral em estudo foram utilizadas várias cargas distintas durante os ensaios experimentais. Na Tab. 1 estão indicados as várias cargas utilizadas.

Tabela 1 Diferentes cargas aplicadas.

Carregamento [N]	
1	16,72
2	19,56
3	39,16

A Correlação Digital de Imagem é uma das poucas técnicas óticas que permite a medição do campo de deslocamentos e deformações tão elevados como os que ocorreram durante o ensaio. No entanto, devido ao campo de deslocamentos e deformações elevadas existe o problema de ocorrer descorrelação. Na Fig. 3 está representado um exemplo do campo de deslocamentos e de deformações obtido para uma carga de 39,16 N.

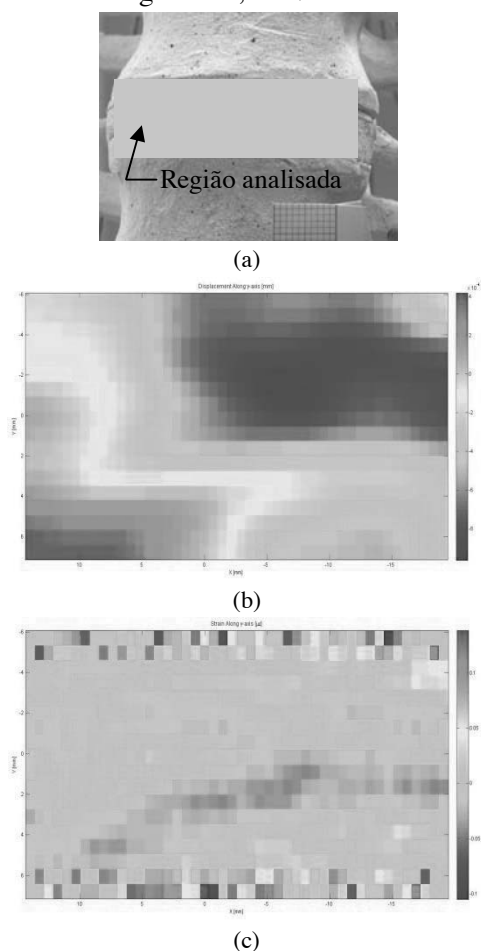


Fig. 3 Medição do campo de deslocamentos e deformações: (a) Zona da coluna vertebral a ensaiar, (b) campo de deslocamentos medidos na direcção vertical e (c) deformações medidos na direcção vertical.

Com a análise dos resultados obtidos a partir da CDI, pode-se verificar o campo de deslocamentos ocorridos na superfície da coluna vertebral não é uniforme.

Fazendo uma análise da variação dos deslocamentos e deformações, na direcção do eixo Y, correspondente ao centro do provete, pode verificar-se que ocorre uma variação alinear, tal como se pode verificar na Fig. 4.

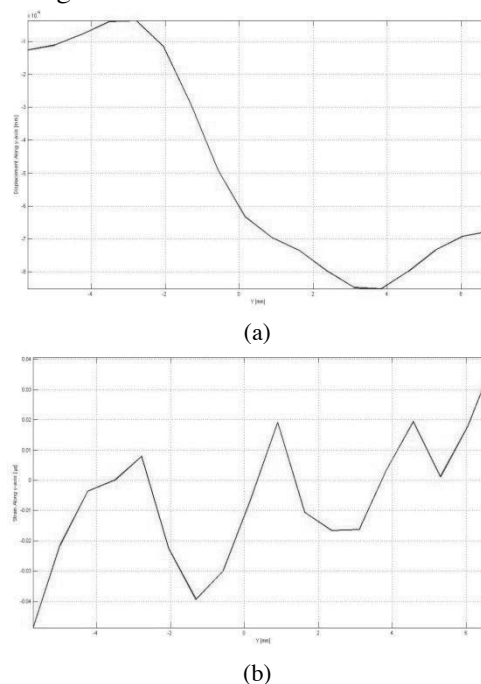


Fig. 4 (a) Variação do deslocamento na direcção Y no centro da zona ensaiada e (b) variação da deformação na direcção Y no centro da zona ensaiada.

Analisando a Fig. 4, verifica-se que o campo de deslocamentos é tendencialmente linear. A variação das deformações mostra um elevado ruído, contudo há uma linha de tendência no seu comportamento.

4 CONCLUSÕES

A técnica de Correlação Digital de Imagem mostrou estar bem adaptada à medição de campos de deslocamentos e de deformações em discos intervertebrais. Tendo em conta a amplitude dos deslocamentos obtidos, esta técnica correlaciona o deslocamento de pequenas subdivisões da imagem, permitindo a medição de deslocamentos de grande amplitude.

Esta técnica apresenta algumas dificuldades, sendo a principal a obtenção de um padrão aleatório.

Verificou-se uma notória diferença no comportamento mecânico entre as vértebras e o disco intervertebral.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro pela cedência do equipamento utilizado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Cappozzo, A., "Compressive loads in the lumbar vertebral column during normal level walking", *Journal of Orthopaedic Research*, 3(1),, pág.292-301, 1983.
- [2] Monteiro, N., et al., "Structural analysis of the intervertebral discs adjacent to an interbody fusion using multibody dynamics and finite element cosimulation", *Multibody System Dynamics*, 25(2), 245-270, 2011.
- [3] Ribeiro, J., Carmo, J. P., "A wireless system for monitoring the influence of heavy loads on vertebral column Behavior", *International Conference on Biomedical Electronics and Devices – Biodevices 2008*, Cosponsored by IEEE and EMB, Funchal, 28 – 31 January, (2008).
- [4] Sutton, M., Wolters, J., Peters, H., Ranson, F., McNeil, R., "Determination of Displacements Using an Improved Digital Correlation Method", *Image and Vision Computing*, 1, 133-139 (1983)
- [5] Sutton, M., Cheng, Q., Peters, H., Chao, J., McNeill, R., "Application of an Optimized Digital Correlation Method to Planar Deformation Analysis", *Image and Vision Computing*, 4,143-151 (1986)
- [6] Sutton, M., Turner, L., Bruck, A., Chae, A., "Full-field Representation of Discretely Sampled Surface Deformation for Displacement and Strain Analysis", *Experimental Mechanics*, 31,168-177 (1991)
- [7] Sutton, M., McNeill, R., Jang, J., Babai, M., "Effects of Subpixel Image Restoration on Digital Correlation Error", *Journal of Optical Engineering*, 27, 870-877 (1988)
- [8] Bruck, A., McNeil, R., Sutton, M., Peters, H., "Digital Image Correlation Using Newton-Raphson Method of Partial Differential Correction", *Experimental Mechanics*, 29,261-267 (1989)
- [9] Hu, T., Ranson, W., Sutton, M., Peters, W., "Application of Digital Image Correlation Techniques to Experimental Mechanics", *Experimental Mechanics*, 25, 232-244 (1985)
- [10] Marcellierl, H., Vescovo, P. et al., "Optical analysis of displacement and strain fields on human skin", *Skin Research and Technology*, 7,246-253 (2001)
- [11] Sutton, M., Orteu, J., Schreier, H., *Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements*, Springer Science and Business Media (2009)
- [12] Hung, P., Voloshin, A., "In-plane Strain Measurement by Digital Image Correlation", *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 25, 215-221 (2003)
- [13] Grant, B., Stone, H., Withers, P., Preuss, M., "High-temperature strain field measurement using digital image correlation", *The Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, 44, 263-271 (2009)
- [14] Lecompte, D., Smitsb, A., Bossuytb, S. et al., "Quality assessment of speckle patterns for digital image correlation", *Optics and Lasers in Engineering*, 44, 1132–1145 (2006)
- [15] Ribeiro, J., Lopes, H., Mendonça, B., Martins, P., Vaz, M. "Caracterização Experimental e Numérica do Campo de Deslocamentos de Tecidos Biológicos Hiper-Elasticos", *X Congresso Ibero-Americano em Engenharia Mecânica*, Porto, 4-7 Setembro (2011)

ISBN 978-989-96276-3-5



U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

FCT
Fundação para a Ciência e a Tecnologia
INSTITUTO DE CIÊNCIA E INOVAÇÃO



inegi driving innovation

U. PORTO