

7º Congresso Nacional de Biomecânica

Guimarães – Portugal | 10 - 11 fevereiro 2017

Livro de Resumos



Editores: Paulo Flores *et al.*

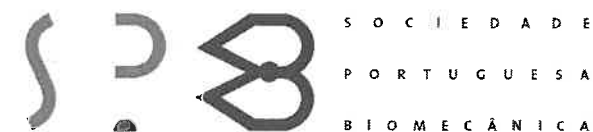
Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade do Minho



SOCIEDADE
PORTUGUESA
BIOMECÂNICA

ATAS DO
7º CONGRESSO NACIONAL DE BIOMECÂNICA

PROCEEDINGS OF THE
7TH PORTUGUESE CONGRESS ON BIOMECHANICS



COMISSÃO DE HONRA | HONOR COMMITTEE

Reitor da Universidade do Minho
Doutor António M. Cunha

Presidente da Câmara Municipal de Guimarães
Dr. Domingos Bragança

Presidente do Health Cluster Portugal
Doutor Luís Portela

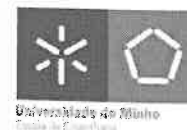
Presidente da Sociedade Portuguesa de Biomecânica
Doutor Paulo Fernandes

Presidente da Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária
Doutor Pedro Mesquita

COMISSÃO ORGANIZADORA | ORGANIZING COMMITTEE

Paulo Flores, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
Filipe Marques, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
Filipe Silva, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
José Carlos Teixeira, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
José Luís Alves, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
José Pimenta Claro, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
Nuno Dourado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
Sara Cortez, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
João Folgado, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

PATROCÍNIOS E APOIOS INSTITUCIONAIS | SPONSORSHIP AND INSTITUTIONAL SUPPORT



<i>Título</i>	7º Congresso Nacional de Biomecânica
<i>Organização</i>	Paulo Flores Filipe Marques Filipe Silva José Carlos Teixeira José Luís Alves José Pimenta Claro Nuno Dourado Sara Cortez João Folgado
<i>Editor</i>	Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
<i>Depósito Legal</i>	420832/17
<i>ISBN</i>	978-989-20-7304-0

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou transmitida de qualquer outra forma ou por qualquer meio, electrónico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou outros, sem prévia autorização escrita da editora.

COMISSÃO CIENTÍFICA | *SCIENTIFIC COMMITTEE*

Adélia Sequeira (IST)	José Luís Alves (UM)
Amílcar Ramalho (UC)	José Manuel Casanova (FMUC)
António Completo (UA)	José Oliveira Simões (UA)
António Figueiredo (UC)	Josep Llagunes (UPCatalonia)
António Ramos (UA)	Leandro Machado (FADEUP)
António Silva (UTAD)	Lídia Carvalho (INESCTEC)
António Veloso (FMH)	Luciano Menegaldo (UFRJ)
Aurélio Faria (UBI)	Luís Rocha (UM)
Cristina Santos (UM)	Luís Roseiro (ISEC)
Daniela Vaz (IPL)	Luísa Sousa (FEUP)
Elza Fonseca (IPB)	Manuel Gutierrez (FMUP)
Fernando Simões (IST)	Marco Parente (FEUP)
Fernando Gilberto Costa (FMUP)	Maria Augusta Neto (UC)
Filipa João (FMH)	Mário Augusto Vaz (FEUP)
Filipe Carvalho (CMRRC-Rovisco Pais)	Mário Forjaz Secca (UNL)
Filipe Silva (UM)	Mário João Gamelas (UNL)
Gonçalo Dias (UC)	Miguel Tavares da Silva (IST)
Helena Moreira (UTAD)	Miguel Velhote Correia (FEUP)
Hélder Rodrigues (IST)	Nuno Dourado (UM)
Jacinto Monteiro (FMUL)	Paulo Flores (UM)
Javier Cuadrado (UCoruña)	Paulo R. Fernandes (IST)
Joana Costa Reis (UÉvora)	Paulo Piloto (IPB)
João Espregueira-Mendes (CEM)	Pedro Coelho (UNL)
João Folgado (IST)	Pedro Martins (FEUP)
João MCS Abrantes (ULusófona)	Pedro Morouço (IPL)
João Manuel Tavares (FEUP)	Renato Natal Jorge (FEUP)
João Paulo Vilas-Boas (FADEUP)	Rita Santos Rocha (IPS)
Jorge Ambrósio (IST)	Ronaldo Gabriel (UTAD)
Jorge Belinha (FEUP)	Rui Barreiros Ruben (IPL)
Jorge Láins (CMRRC-Rovisco Pais)	Rui Lima (UM)
José Alberto Ramos Duarte (FADEUP)	Rui Miranda Guedes (FEUP)
José Carlos Reis Campos (FMDUP)	Vera Moniz-Pereira (FMH)
José Luís Alves (UM)	

PREFÁCIO

Este livro contém os resumos dos trabalhos apresentados no 7º Congresso Nacional de Biomecânica (CNB2017) que decorreu no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Minho, em Guimarães, Portugal, nos dias 10 e 11 de fevereiro de 2017.

O Congresso Nacional de Biomecânica (CNB) é o mais importante e prestigiado encontro científico organizado em Portugal, na área da Biomecânica. O CNB é um importante fórum de discussão e colaboração entre investigadores das várias áreas da Biomecânica, promovendo parcerias e projetos de investigação de interesse comum. Além disso, o CNB procura incentivar a participação dos estudantes com o objetivo de potenciar o crescimento e a interação da Biomecânica em Portugal.

O evento é bienal, e a primeira edição, sob o nome “Encontro 1 Biomecânica”, realizou-se em Martinchel, Abrantes em fevereiro de 2005. Em 2007 realizou-se o 2º Encontro em Évora. Na terceira edição, realizada em Bragança em 2009, houve uma alteração de designação para o atual Congresso Nacional de Biomecânica. Nas edições seguintes, 2011, 2013 e 2015, o Congresso Nacional de Biomecânica continuou a crescer tendo-se realizado em Coimbra, Espinho e Leiria, respetivamente.

Nesta 7ª edição do Congresso Nacional de Biomecânica foram aceites cerca de 160 trabalhos de 10 países. O presente livro está dividido em diversos capítulos que refletem os diferentes tópicos do congresso, nomeadamente: antropometria; biofabricação; biomateriais; biomecânica cardiovascular, biofluidos e hemodinâmica; biomecânica celular e molecular; biomecânica da lesão/impacto; biomecânica de reabilitação; biomecânica desportiva; biomecânica do crânio e coluna; biomecânica do sistema músculoesquelético; biomecânica dos tecidos; biomecânica ocupacional; biomecânica orofacial; biomecânica ortopédica; biomecânica respiratória; cirurgia assistida por computador; engenharia dos tecidos; ensino da biomecânica; mecânica experimental em biomecânica; visão por computador em biomecânica.

A Comissão Organizadora do CNB2017 agradece a todos os Patrocinadores pelo apoio concedido, bem como à Comissão Científica pela cooperação e avaliação dos trabalhos. Uma palavra especial para os autores, porque sem autores não haveria CNB. Por último, um agradecimento especial à Sociedade Portuguesa de Biomecânica pelo privilégio que nos concedeu de poder organizar o 7º Congresso Nacional de Biomecânica, e pelo muito apoio que prestou.

Guimarães, 10 de fevereiro de 2017

A Comissão Organizadora

Paulo Flores
Filipe Marques
Filipe Silva
José Carlos Teixeira
José Luís Alves
José Pimenta Claro
Nuno Dourado
Sara Cortez
João Folgado

INTRODUCTION OF THE PRESIDENT OF SPB

Dear Colleagues,

This year we are attending to the 7th Congress of the Portuguese Society of Biomechanics (SPB). The Congress is probably the most important event of the Society, and its regular organization, every two years since 2005, is an evidence of the vitality of the scientific community on Biomechanics. In the present Congress we have 159 presentations (138 oral and 21 posters) and, once again, we reward excellence on the biomechanics research through the Young Researcher Award (Prize “João Arménio Correia Martins”), Best Poster Award, Best MSc Student Award and Best PhD Student Award. Thus, the congress is a strong contribution for encouraging, supporting and disseminating the biomechanics research undertaken in Portugal.

The research and development on biomechanics has a great impact on public health and people’s wellness. The state of the art achieved in some areas of biomechanics requires increasing efforts on translation for a better understanding of the importance of public investment on research. It is this challenge I launch to you for the coming years, wishing we are able to work together on this objective. The Portuguese Society of Biomechanics will play its role being a keystone for the researchers to develop their work. The Congress is an opportunity of excellency to find new partnership and to define collaborative projects.

I finish by sincerely thanking the organizing committee, in particular Prof. Paulo Flores, for their professional work during the organization of CNB2017 and wishing to all delegates a very successful event.

Guimarães, February 10th, 2017

Paulo R. Fernandes
President of SPB

ÍNDICE | INDEX

PREFÁCIO	v
PREFACE	vi
NOTA DO PRESIDENTE DA SPB	vii
INTRODUCTION OF THE PRESIDENT OF SPB	viii

Antropometria | *Anthropometrics*

POTENCIAL DOS VALORES PADRÃO DE PARÂMETROS DO PERFIL ANTROPOMÉTRICO RESTRITO PARA A GRAVIDEZ	3
M. Santana, R. Pereira, H. Almeida, R. Ascenso e E. Oliveira	
ERGO DIGITAL – NOVA APLICAÇÃO MÓVEL PARA AUXÍLIO DOS TÉCNICOS EM DIVERSAS AVALIAÇÕES ERGONÓMICAS	5
T. Pinto, N. Domingues, R. Ascenso, E. Oliveira e H. Almeida	

Biofabricação | *Biomanufacturing*

FABRICO DE ORTÓTESES, PRÓTESES E IMPLANTES MULTIMATERIAL: APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA HÍBRIDA DE FABRICO ADITIVO	9
M. Silva, R. Felismina, A. Mateus e C. Malça	
PROTOTYPE PRODUCTION SYSTEM FOR BONE IMPLANTS USING MICROMACHINING TECHNIQUES	11
E.A. Avendaño and F.A. Rojas	

Biomateriais | *Biomaterials*

QUALIDADE DO OSSO CORTICAL DE BOVINOS UTILIZANDO O MÉTODO DE REFINAMENTO RIETVELD	15
R. Erbereli, J.M.D.A. Rollo, R.R. Tullio e C.R. Marcondes	
PRINTING AND CHARACTERIZATION OF DENTAL OR SKELETAL IMPLANTS MADE OF POWDERED CORTICAL LYOPHILIZED BONE GRAFTS	17
A. Tinjacá, A. Robayo and F. Rojas	
DESENVOLVIMENTO DE MODELO ANIMAL <i>IN VIVO</i> PARA VERTEBROPLASTIA PERCUTÂNEA	19
M.T. Oliveira, J.C. Potes, M.C. Queiroga, S. Rehman, K. Dalgarno, A. Ramos e J.C. Reis	
ESTUDO DO PH DE SOLUÇÕES DE H ₂ O ₂ NA EFICIÊNCIA DO BRANQUEAMENTO E NA MICRODUREZA DO ESMALTE	21
A. Branco, M.C. Polido, A.P. Serro e C.G. Figueiredo-Pina	
DESENVOLVIMENTO DE PALMILHA PEDIÁTRICA USANDO GEL DE NANOCELULOSE	23
J. Pires, S. Gagulic, C.M. Reis e P.L. Silva	

SDL200: 4-Channel Datalogging Thermometer). Two K-type thermocouples with 2 mm of diameter were placed into a hole, as closely as possible to the drilled area (approximately 2-3 mm). The drill bit temperature was also monitored and controlled by a thermographic camera (ThermaCAM 365, FLIR Systems) which was fixed to a tripod at a distance of 1.5 m from the drill bit.

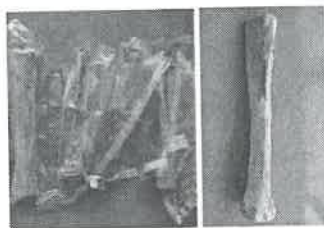


Fig. 1 Human cadaveric tibiae samples

Several holes were made at three different drill speeds (520, 900 and 1370 rpm), in order to evaluate the influence on the drilling process. These velocities were chosen according to the speeds normally used in orthopedic surgeries. The feed-rate was not controlled, since in orthopaedic practice this parameter varies from surgeon to surgeon and in this particular case there will also be a variation, since the drill is hand-held. All the other parameters were considered constant. The holes were made through a drill press machine with multiple speed control and using a twist drill bit with 4 mm of diameter and point angle equal to 118° (Fig. 2). The measurements started from room temperature (23 °C) and each combination of machining parameters were randomly repeated four times. All experiments were performed without irrigation at the drilling site.

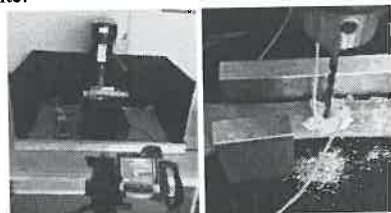


Fig. 2 Experimental setup for drilling bone tissue

3 RESULTS AND CONCLUSIONS

The difficulty in measurements during bone drilling is a common knowledge due to complex nature of the bone tissue as well as the process itself. It is well known that there is variation of the properties from samples taken from different bones species, outcome in variations of results, although subject to identical drilling conditions. In this way it is important, whenever possible, use human bones to ensure reliable results. This study experimentally investigates the effects of drill speed on the elevation of bone temperature during drilling in human cadaveric tibiae models. Within the limits of the present study, results showed that the bone drilling at 520 rpm generates less heat than at faster speeds. These results are in accordance with those of recent studies, using animal models [3].

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the Portuguese Foundation of Science and Technology under research project UID/EMS/50022/2013. The authors gratefully acknowledge the generosity of the body donors.

REFERENCES

- [1] M.G. Fernandes, E.M.M. Fonseca, R.J. Natal, "Thermal analysis during bone drilling using rigid polyurethane foams: numerical and experimental methodologies", *J Braz Soc Mech Sci Eng*, 2016. Doi:10.1007/s40430-016-0560-4 (in press)
- [2] C.J. Meizel-Lambert, J.J. Schultz, M.E. Sigman, "Chemical Differentiation of Osseous and Nonosseous Materials Using Scanning Electron Microscopy-Energy-Dispersive X-Ray Spectrometry and Multivariate Statistical Analysis", *J Forensic Sci*, Vol. 60, pp. 1534-1541, 2015.
- [3] J. Lee, O.B. Ozdoganlar, Y. Rabin, "An experimental investigation on thermal exposure during bone drilling" *Med Eng Phys*, Vol. 34, pp. 1510-1520. 2012.

STRESS ANALYSIS DURING DRILLING OF HUMAN CADAVERIC TIBIAE

M.G. Fernandes¹, L. Azevedo², E.M.M Fonseca³, R. Natal⁴ and M.C. Manzanares⁵

¹ INEGI, Faculty of Engineering of University of Porto, Portugal; mgfernandes@inegi.up.pt

² Polytechnique Institute of Bragança, Portugal; ldazevedo10@gmail.com

³ LAETA, INEGI, Polytechnique Institute of Bragança, Portugal; efonseca@ipb.pt

⁴ LAETA, INEGI, Faculty of Engineering of University of Porto, Portugal; rnatal@fe.up.pt

⁵ University of Barcelona, Faculty of Medicine and Health Sciences, Spain; mcmazanar@ub.edu

KEYWORDS: Drilling, Cadaveric Tibiae, Stress, Strain Gauge

ABSTRACT: Significant researches exist to estimate and to control the bone drilling temperatures, however no published data exist regarding the stress analysis during the bone drilling, mainly in the case of human bones. The inherent difficulties to this process and to collect human bones lead to a lack of information about this subject. The present study investigates the influence of drill speed on the stresses generation of human cadaveric tibiae. An experimental approach of bone drilling has been conducted using linear strain gauges at flat surfaces of bone tissue. It was concluded when the drill speed is lower, the level of stresses in the human cadaveric tibiae are lower.

1 INTRODUCTION

Bone machining includes a number of procedures such as grinding, drilling, milling and sawing. All of them are very common in various surgical interventions [1]. The desired outcome of bone machining is to ensure the bone tissue integrity which leads to success of bone surgery interventions. Before performing those surgical procedures, it is crucial to study the bone drilling and its behaviour for supporting the implementation of appropriate cutting conditions and improve the quality and safety of these interventions. Specifically, the present work focuses on human bone drilling procedures. Bone drilling is often used in orthopaedic surgery. However, if it is not used accurately, especially in fixation procedures, may lead to the tool breakage, structural damage of the bone tissue and thermal necrosis. The importance of the drilling process for further patient evolution has motivated this study on human cadaveric tibiae. The majority of published studies refer the relationship between drilling conditions and the

temperature field results. There is a lack of information on the mechanical bone damage and its surface integrity during drilling. In this study, an experimental model was developed to predict the level of strains and stresses during the drilling process of human cadaveric tibiae. A series of experiments under different drill speeds were conducted, in order to evaluate its effect on mechanical bone damage. Each human cadaveric tibia was instrumented with strain gauges in different surface positions during the drilling process.

2 DRILLING EXPERIMENTS

Experimental drilling operations were performed on three non-embalmed sections of human cadaveric tibiae. The tibiae samples were processed in the Body Donor's Service and Dissection Room of the University of Barcelona (Fig. 1). Each sample was instrumented with three linear strain gauges (1-LY18-6/120, 120Ω±0.35% from HBM) to estimate the level of strain at the *facies medialis* flat tibial surface. To promote the

strain gauge bond, the bone surface was prepared by stripping of the periosteum in the area to which the strain gauge was applied. A small amount of adhesive was applied to the under surface of the strain gauge, which is then immediately placed in the prepared surface of the bone being careful to observe correct alignment. To promote the uniformity of results, all gauges were mounted in identical locations, considering the same distance of 3.5 mm between the hole and the strain gauge (Fig. 1).

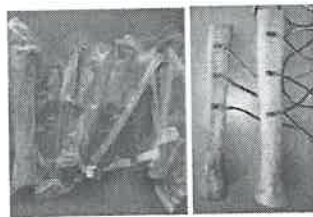


Fig. 4 Cadaveric tibiae before and after instrumentation

Wire leads were soldered to the strain gauge contacts and connected to an acquisition data system (Vishay Micro Measurements P3 Strain Indicator and Recorder). This system allowed to read the strains over time during each step of the drilling. The corresponding profiles of stresses in tibia surface versus drilling depth were calculated. All holes were performed on a vertical drilling machine with a twist drill bit ($\varnothing 4$ mm and point angle of 118°) and using three different drill speeds: 520, 900, 1370 rpm. Temperature control was carried out using a thermal camera (ThermaCAM 365, FLIR Systems) at distance of 1.5 m from the drilling area. The tests were conducted from room temperature (23°C) without applying cooling at the drilling zone. The complete experimental setup for bone drilling is shown in Fig. 2.

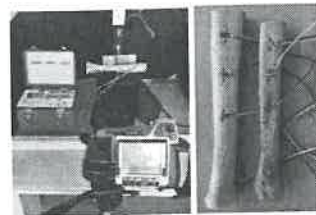


Fig. 5 Drilling tests on cadaveric tibiae

3 RESULTS AND CONCLUSIONS

With three combinations of drilling parameters and six randomly performed measurements for each combination of parameters, eighteen readings have been extracted from all experimental tests. Based upon the experimental results, it can be concluded that a drill bit with a lower drill speed reduce the level of stresses and strains in the human cadaveric tibiae during drilling. The stresses increase with the tool penetration and, consequently, with increasing of hole depth. These results are consistent with our previous studies, using polyurethane foam materials with properties similar to the human cadaveric bone [2].

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the Portuguese Foundation of Science and Technology under research project UID/EMS/50022/2013. The authors gratefully acknowledge the generosity of the body donors.

REFERENCES

- [1] C. Santiuste, M. Rodríguez-Millán, E. Giner, H. Miguelé, "The influence of anisotropy in numerical modeling of orthogonal cutting of cortical bone" *Composite Structures*, Vol. 116, pp. 423-431, 2014.
- [2] M.G. Fernandes, E.M.M. Fonseca, R. Natal, "Three-dimensional dynamic finite element and experimental models for drilling processes", *Proc IMechE Part L: J Materials: Design and Applications*, p.1-9, 2015. DOI: 10.1177/1464420715609363 (in press).

VALIDAÇÃO DE MODELO DA ARTICULAÇÃO DO OMBRO INTACTO

Margarida Bola¹, José António Simões^{1,3} e António Ramos²

¹Departamento de Engenharia Mecânica e TEMA, Universidade de Aveiro, Portugal; margarida.bola@ua.pt

²Departamento de Engenharia Mecânica e TEMA, Universidade de Aveiro, Portugal; a.amos@ua.pt

³ESAD - Escola Superior de Artes e Design, Matosinhos, Portugal; josimosoes@esad.pt

PALAVRAS CHAVE: Elementos finitos, testes experimentais, ombro intacto, deformações

RESUMO: Um modelo experimental e um modelo de elementos finitos da articulação do ombro intacto foram desenvolvidos, considerando o úmero e a escápula e as estruturas moles das cartilagens e do ligamento glenohumeral inferior. Ambos os modelos incluem os músculos deltoide, supraespinhal, infraespinhal e subescapular. A simulação foi realizada considerando a articulação em abdução de 90° . O objetivo consistiu em validar o modelo numérico para posteriormente avaliar a biomecânica da artroplastia do ombro.

1 INTRODUÇÃO

A articulação do ombro possui significativa mobilidade e requer controlo muscular para obter estabilidade. Vários estudos *in vitro* tentam replicar o comportamento da articulação [1]. A maioria analisa a influência dos músculos deltoide, infraespinhal, supraespinhal e subescapular no estudo do movimento de abdução.

O objetivo do presente estudo consistiu em desenvolver e validar um modelo numérico da articulação glenohumeral com base num modelo composto experimental, contendo os músculos mais importantes na abdução.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O modelo experimental foi desenvolvido com estruturas compostas de quarta geração do úmero e da escápula (SAWBONES®). As estruturas simulam a articulação do ombro em abdução de 90° , sendo esta a condição mais crítica para o ombro [2].

2.1 MODELO *IN VITRO*

Para além das estruturas compostas, o modelo *in vitro* contém as cartilagens que foram produzidas em silicone recorrendo à técnica de vulcanização à temperatura ambiente. O ligamento glenohumeral inferior

foi simulado através da utilização de um elástico.

Os músculos foram substituídos por fios atuados por músculos pneumáticos. Foi construído um sistema de fixação para a escápula, sendo o úmero equilibrado pelas ações musculares e pela força na sua extremidade (ver Fig. 1).

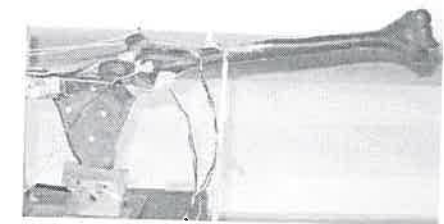


Fig. 1 Modelo experimental em abdução de 90° .

2.2 MODELO NUMÉRICO

Através da digitalização das estruturas compostas modelaram-se as mesmas para a construção das estruturas do ombro, incluindo o osso cortical e esponjoso, as cartilagens e o ligamento (ver Fig. 2). A escápula foi rigidamente fixada no seu ângulo inferior e margem superior. O úmero foi fixado num ponto da base para simular a influência da carga exterior. Foi considerada uma pré-tensão de 1,5 MPa no ligamento (Abaqus

Comissão Organizadora

Paulo Flores

Filipe Marques

Filipe Silva

José Carlos Teixeira

José Luís Alves

José Pimenta Claro

Nuno Dourado

Sara Cortez

João Folgado

ISBN: 978-989-20-7304-0



biomechSOLUTIONS
your reference partner

DISTRIM

A VANGEST COMPANY