

Modelação computacional de um tumor do ouvido médio e análise biomecânica do seu impacto na audição

Carla F. Santos¹, Leonor Mendonça¹, Fernanda Gentil², Marco Parente¹, Renato Natal Jorge¹

¹ Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering (INEGI),: fsantos.carla@gmail.com; rnatal@fe.up.pt;

² Clínica ORL – Dr. Eurico Almeida e Escola Superior de Saúde - P. Porto, WideX: fernanda.fgnanda@gmail.com

RESUMO

A otite média crónica é uma condição que pode levar ao aparecimento e crescimento de um tumor benigno do ouvido médio, um colesteatoma, o que poderá comprometer a audição [1]. De forma a avaliar a influência do crescimento de um colesteatoma na função auditiva, foi utilizado um modelo do ouvido médio desenvolvido através do método de elementos finitos. O colesteatoma foi modelado na conexão entre o martelo e a bigorna, e foram desenvolvidos três tumores de diferente tamanho [2].

Os deslocamentos da membrana timpânica e da platina do estribo foram analisados após a imposição de um nível de pressão sonora de 80dB SPL na membrana timpânica. Foi realizada uma análise entre as frequências de 100Hz a 10kHz para estado estacionário.

Os resultados foram comparados com a situação saudável e a análise indica que o desenvolvimento do colesteatoma leva à diminuição dos deslocamentos das estruturas no início e no fim da cadeia ossicular. Outras simulações que foram realizadas incluem a atribuição de diferentes propriedades ao tumor de maiores dimensões, considerando que estas estruturas se tornam mais duras e densas ao longo do tempo. A degradação dos ossículos simulando uma situação real e atribuindo propriedades do tumor a alguns elementos ósseos também foi analisada. Nos resultados correspondentes a estas simulações foram observadas as maiores diferenças de deslocamento. É cientificamente aceite que estas diferenças no deslocamento estão relacionadas com a perda auditiva, desta forma é possível concluir que o crescimento de um tumor no ouvido médio irá conduzir a problemas auditivos.

Palavras-chave: tumor do ouvido médio, modelos computacionais, MEF, perda auditiva.

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera que a perda auditiva tem um impacto significativo no estudo da Carga Global de Doenças, principalmente nos países industrializados [3], sendo a otite média (OM) a patologia mais frequentemente associada ao ouvido médio [4]. Os colesteatomas podem ser congénitos ou adquiridos, sendo este último caso o mais comum [5]. O desenvolvimento desta condição, ocorre devido ao funcionamento ineficiente do canal auditivo, pois esta estrutura impede uma ventilação adequada do ouvido médio, dificultando o tratamento da OM. Um canal auditivo ineficiente também pode levar a um vácuo parcial do ouvido médio, o que levará a um deslocamento da membrana timpânica (MT), criando um cisto que pode evoluir para colesteatoma. A incidência do colesteatoma é estimada em 9,2 por 100.000 habitantes por ano nos países do norte da Europa [6]. Sendo mais elevada em crianças entre os 5 e 15 anos, e por isso a idade média para o diagnóstico do colesteatoma adquirido é aos 9,7 anos. Os homens têm maior probabilidade de desenvolver esta condição, sendo a proporção homens / mulheres cerca de 1,4 [5].

MATERIAIS E MÉTODOS

O Método dos Elementos Finitos (MEF) foi usado no desenvolvimento deste estudo biomecânico relativo à presença de um colesteatoma no ouvido médio. Os softwares utilizados neste trabalho foram o Femap e o ABAQUS, sendo o primeiro utilizado para modelar as diferentes estruturas e o segundo para realizar as simulações [7]. O crescimento tumoral foi simulado através da modelação de três tumores de tamanhos diferentes, os quais foram colocados no ouvido médio, entre o martelo e a bigorna [8]. Na Figura 1 está representado o modelo utilizado no presente estudo, a Figura 1a) mostra o martelo (a verde) e a bigorna (a rosa), e a Figura 1b) inclui a estrutura tumoral (colesteatoma) de menor dimensão entre os dois ossículos (a amarelo).

A análise dinâmica efetuada no trabalho de Areias [8] foi realizada para este modelo com os três tumores de tamanhos diferentes, para frequências entre 100 Hz e 10 kHz e para 80 dB NPS. O deslocamento do umbo (na parte central da MT) e da platina do estribo foram analisados para o caso saudável, sem tumor, e para os três diferentes tamanhos de tumor.

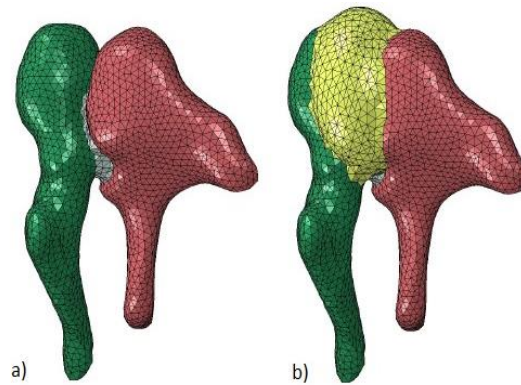


Figura 1. Modelo computacional a) Ouvido médio, b) Ouvido médio com colesteatoma.

Outras simulações foram efetuadas para o tumor de maior dimensão considerando a alterações das propriedades do tumor ao longo do seu desenvolvimento, em que se torna uma estrutura mais dura e densa. As duas alterações avaliadas incluíram: simular o tumor com propriedades semelhantes às dos ossículos, e alguns elementos dos ossículos com propriedades similares às tumorais de forma a mimetizar a degradação óssea causada pelos colesteatomas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para a platina do estribo são mais relevantes do que os obtidos para o umbo, porque a platina do estribo está localizada no final da cadeia ossicular, após o som ser transmitido através dos ossículos, onde se encontra o tumor. Assim, a influência do colesteatoma terá maior impacto neste ponto da cadeia do que no umbo. Os deslocamentos da platina do estribo permitem quantificar a quantidade de informação sonora que chega ao ouvido interno, que será processada a nível cerebral. Para o tumor de maior dimensão, os valores obtidos para o umbo são semelhantes aos das simulações do tumor de dimensão média. O caso em que foi considerada a degradação óssea apresenta deslocamentos maiores do que o caso sem degradação.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos sugerem que a informação sonora transmitida para o ouvido médio diminui à medida que o tumor aumenta a sua dimensão. O fato de as propriedades do colesteatoma evoluírem ao longo do tempo contribui para maiores fenômenos de amortecimento, o que resulta em demasiada informação perdida na cadeia auditiva, que vai ter como consequência a perda auditiva.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Ikeda, H. Nakazato, K. Onoda, R. Hirai, and A. Kida (2006). Facial nerve paralysis caused by middle ear cholesteatoma and effects of surgical intervention. *Acta Oto-Laryngologica*, vol. 126, no. 1. Taylor & Francis, pp. 95–100.
- [2] M. M. T. M. H. A. N. Tamara Raveh Tilleman (2004). The elastic properties of cancerous skin: Poisson's ratio and Young's modulus. *Isr Med Assoc J*, vol. 12, no. 6.
- [3] T. Zahnert (2011). Differenzialdiagnose der schwerhörigkeit. *Deutsches Arzteblatt*, vol. 108, no. 25. pp. 433–444.
- [4] Peter S. Morris and Amanda J. Leach (2009). Acute and Chronic Otitis Media. *Pediatr. Clin. North Am.*, vol. 56, no. 6, pp. 1383–1399.
- [5] Kenneth L. Kennedy and Achint K. Singh (2020). Middle Ear Cholesteatoma. *StatPearls*.
- [6] M. F. Bhutta, I. G. Williamson, and H. H. Sudhoff (2011). Cholesteatoma. *BMJ*, vol. 342, no. 7797, p. 596.
- [7] M. Smith (2009). ABAQUS/Standard User's Manual, Version 6.9. Dassault Systèmes Simulia Corp.
- [8] B. André Faria Areias. (2014). Simulação biomecânica do ouvido humano, incluindo patologias do ouvido médio. (Master thesis, Universidade do Porto).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior através da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) da bolsa de investigação SFRH/BD/108292/2015 e do projeto UIDB/50022/2020—co-financiado pelo LAETA e pela FCT.