

SAÚDE SOBRE RODAS: REVISÃO SOBRE ALGUNS ASPECTOS QUE INFLUENCIAM A EXPOSIÇÃO DE CADEIRANTES À VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO

M. Volpini*, M. Pinotti* e M.L.M. Duarte**

* Laboratório de Bioengenharia - Labbio, Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG – Belo Horizonte, Brasil

** Grupo de Acústica e Vibrações em seres humanos – GRAVI sh, Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG – Belo Horizonte, Brasil
e-mail: marivolpini@yahoo.com.br

Resumo: Indivíduos que utilizam a cadeira de rodas como principal meio de locomoção, encontram durante a propulsão obstáculos como rampas, lombadas e superfícies irregulares, que geram vibração e podem resultar em dores nas costas, degeneração dos discos e outros efeitos prejudiciais à saúde. Este trabalho teve como objetivo pesquisar o que existe publicado sobre a vibração de corpo inteiro (VCI) a qual os usuários de cadeira de rodas estão submetidos e analisar em, um primeiro momento, os parâmetros pneus, superfícies de circulação e suspensão. A literatura encontrada foi pequena em termos de números, mas bastante rica em termos de conteúdo de informações.

Palavras-chave: cadeira de roda, vibração de corpo inteiro (VCI), acessibilidade.

Abstract: *Individuals using a wheelchair as their primary means of locomotion encounter obstacles such as ramps, bumps and odd surfaces during propulsion that generate vibration and may result in back pain, disks degeneration and other health effects. The goal of the present study is to research what has been published about the influence of whole body vibration (WBV) that wheel chair users are subject to and to analyze, initially, the parameters tires and roofing surfaces and suspension. The literature found was small in terms of numbers, but rich enough in terms of content and information*

Keywords: *wheelchair, whole body vibration (WBV), accessibility.*

Introdução

A cadeira de rodas é um dos dispositivos mais importantes comumente utilizado por idosos e por deficientes físicos, no entanto, poucos avanços foram feitos em relação à acessibilidade. A maioria das calçadas são estreitas e com terrenos irregulares e acidentados, tornando a utilização da cadeira de rodas uma atividade laboriosa [1]. A cadeira de rodas vibra durante seu percurso principalmente quando transpõe obstáculos ou passa por superfícies irregulares, resultando em vibração de corpo inteiro (VCI) do

cadeirante [2]. A VCI pode resultar em desconforto, interferir em atividades, causar danos à saúde, dor, enjôo e, em indivíduos com lesão medular, pode provocar espasmos tônicos [2]. Para indivíduos hígidos as frequências de 4 a 12 Hz foram determinadas como a faixa de frequência mais perigosa da VCI, mas não existem estudos que determinem estes valores para pessoas com lesão medular e com espasticidade [2]. A ISO 2631-1 [3] foi desenvolvida para definir os métodos de coleta, os efeitos e as preocupações com a saúde associadas com a VCI. A norma define uma zona de perigo à saúde, caracterizada pela quantidade de VCI considerada insegura. Quando a exposição à vibração é avaliada por um período longo de tempo, níveis acumulativos menores são considerados danosos à saúde. Os efeitos danosos da VCI podem ser desconsiderados quando existe um período de descanso de oito horas [4], no entanto isso é extremamente raro durante um dia normal de um cadeirante, e por dias, meses e anos, resultando em exposição cumulativa à VCI que causa lesões secundárias [4]. Pesquisas têm demonstrado os efeitos negativos associados à exposição à VCI em humanos na postura sentada e, diante disso, os usuários de cadeira de rodas vem sendo uma preocupação.

Assim, o objetivo deste estudo foi pesquisar o que existe publicado sobre a VCI à qual os usuários de cadeira de rodas estão submetidos e analisar alguns dos diversos parâmetros (pneus, superfícies, suspensão e tipos de assento) capazes de alterar a transmissão dessa vibração aos cadeirantes.

Materiais e métodos

Realizou-se pesquisa bibliográfica, sendo utilizadas para tanto as bases de dados Pubmed, Science Direct, Periódicos Capes, respectivamente nos seguintes endereços eletrônicos: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed, www.sciencedirect.com/, www.periodicos.capes.gov.br. A pesquisa restringiu-se a trabalhos na língua inglesa e não houve limitação quanto à data de publicação dos estudos. Os descritores/*keywords* utilizados foram: whole body vibration, vibration, wheelchair, transmissibility, accessible surface. A avaliação

realizada nos artigos será descrita com uma subdivisão de assuntos. Serão abordados a VCI à qual o usuário de cadeira de rodas está submetido e alguns fatores que influenciam a transmissibilidade desta vibração.

Revisão da literatura

Indivíduos que utilizam suas cadeiras para locomoção, por um período prolongado durante o dia, associado a rampas, superfícies irregulares e outros obstáculos, podem ser expostos a níveis prejudiciais de VCI. Os níveis prejudiciais podem resultar em lesões secundárias como dor nas costas e no pescoço, dor muscular e fadiga, além de outros efeitos nocivos [5]. Embora os usuários de cadeira de rodas estejam frequentemente submetidos à oscilação e ao choque, poucas pesquisas têm sido realizadas para avaliar a vibração experimentada por eles e para descobrir formas de reduzir a VCI que ocorre [6], [7]. Diante disso, a pesquisa geral buscou conhecer os diversos parâmetros (pneus, superfícies, suspensão e tipos de assento) capazes de alterar a vibração à qual os cadeirantes estão submetidos diariamente, sendo que neste trabalho serão abordados de forma mais aprofundada apenas os três primeiros.

1.1. Pneus

Fabricantes de pneus têm inovado suas tecnologias com vistas a obter um produto que garanta melhor absorção de choques e menor vibração. A empresa americana Spinergy lançou no mercado internacional um pneu que ao invés da tradicional fibra de aço, utiliza fibra de um polímero sintético. Segundo a empresa este polímero combinado a resistentes produtos químicos, água e compósitos à prova de UV resulta em um material flexível, com força capaz de absorver o impacto de forma mais eficiente em 25% [2].

Vorrink et al. [2] analisou dois tipos diferentes de pneus e suas capacidades de absorver choque e vibração. Em seu estudo, 13 indivíduos com lesão medular realizaram um teste de obstáculo com os dois tipos de pneus (Spinergy e outro padrão). As vibrações foram medidas com acelerômetros, e espasticidade e desconforto foram avaliados com escalas analógicas visuais. Ele relacionou a capacidade de reduzir a vibração à diminuição do desencadeamento de espasticidade. Concluiu-se, neste estudo que sob as condições de metodologia de pesquisa as quais os testes foram realizados, o pneu Spinergy, quando comparado ao pneu padrão, não absorveu mais vibração, nem diminuiu o desencadeamento de espasticidade ou melhorou o conforto dos pacientes quando transpondo obstáculos ou superfícies irregulares [2].

Um estudo anterior realizado por Hughes et al. [8] comparou o pneu Spinergy com outros dois pneus tradicionais fabricados com fibra de aço e analisou a eficiência energética e o conforto de 20 cadeirantes com paraplegia após percorrerem uma trajetória com curvas em diferentes superfícies. Ao fim do estudo observou-se

que o pneu Spinergy promovia maior conforto, mas não diferia em termos de eficiência energética dos outros dois pneus avaliados.

1.2. Superfícies

Algumas pesquisas têm sido conduzidas a respeito da exposição da VCI em diversas superfícies durante a mobilidade com rodas, seja em bicicletas, skates, carrinhos de bebê ou cadeiras de rodas. Os resultados revelam diferenças entre as superfícies, os pavimentos de paralelepípedo, por exemplo, são os com maior transmissibilidade de vibração [5]. Por tanto, algumas superfícies causariam menos efeitos secundários à vibração que outras [5].

Wolf et al. [4] além de terem avaliado à exposição à vibração de 10 indivíduos saudável enquanto percorriam 9 diferentes superfícies realizando a propulsão da própria cadeiras de rodas, hipotetizaram que as superfícies, após desgaste relacionado ao clima, resultariam em níveis de VCI consideravelmente menores, por se tornarem mais planas e com menos irregularidades. Maeda et al.[1] aplicou um questionário em 33 usuários de cadeira de rodas e os resultados revelaram que a VCI é sentida pelos cadeirantes no pescoço, na coluna e nas nádegas, sendo que a mesma é percebida de forma diferente de acordo com a superfície do terreno e com o tipo de obstáculo pelo qual estão passando e a vibração afeta ainda, psicologicamente o conforto dos mesmos. Pearlman et al.[9] observou após analisar dados das acelerações tridimensionais do assento de cadeira de rodas de 10 indivíduos que realizaram a propulsão em 6 tipos de calçadas, que superfícies bisotadas com 8 mm não são adequadas para propulsão de cadeira de rodas. Cooper et al. [10] produziu resultados semelhantes após analisar frequências de percursos em seis superfícies diferentes, o que lhe possibilitou observar que apenas a superfície bisotada com 8 mm produz níveis significativamente altos e prejudiciais de VCI.

1.3. Suspensão

Nos esforços para prevenir lesões secundárias às cargas de vibração, os fabricantes de cadeiras de rodas têm incorporado a suspensão traseira em seus novos projetos [11]. Ao posicionar elementos de suspensão entre o eixo e o assento da cadeira de rodas, procura-se reduzir a transmissão de vibrações para o usuário. Até o momento, três tipos de elementos de suspensão são mais comuns: os elastômeros, as molas e as unidades de amortecimento com mola [11]. Apesar das tentativas dos fabricantes de cadeira de rodas em solucionar os problemas relacionados à vibração, através da colocação de suspensão nas cadeiras de rodas, estudos demonstraram que ela não necessariamente reduz a quantidade de VCI [12]. Além disso, observou-se com o estudo de Kwarciak et al [13] que algumas cadeiras de rodas manuais sem suspensão apresentam um

desempenho melhor quando comparada com outras cadeiras com suspensão.

Cooper et al. [14], em um Estudo de Caso, examinou as diferenças na transmissibilidade de choque e de vibração à um usuário de cadeira de rodas manual com e sem a tradicional suspensão no garfo do rodízio da rodinha dianteira e com e sem sistema de suspensão traseira. Observou-se que o sistema de suspensão no garfo do rodízio da rodinha dianteira reduz o choque e a vibração a qual o cadeirante está exposto, enquanto que a suspensão traseira reduz somente alguns fatores relacionados ao choque e à vibração, não sendo melhor que o projeto tradicional da suspensão no garfo do rodízio da rodinha dianteira, como muitas vezes é pensado.

Um estudo mais recente determinou após monitoramento por duas semanas de 37 cadeirantes sem úlceras dérmicas, com idade maior que 18 e independentes para realizar transferências, que a VCI a qual estes indivíduos estão sujeitos excede o valor da Norma Internacional, mostrando a necessidade de melhoria nos sistemas de suspensão [15].

Requejo et al. [16], [17] utilizou um simulador de vibrações para avaliar se as forças de reação do assento experimentadas por indivíduos do sexo masculino, cadeirantes e com lesão medular são influenciadas pela suspensão da cadeira de rodas, pelas inervações dos músculos do tronco e pela velocidade. Concluiu-se que o sistema de suspensão de uma cadeira de rodas é capaz de reduzir a força e a aceleração experimentada pelos cadeirantes e pode melhorar a função manual dos usuários em termos de conforto e de destreza, especialmente para aqueles indivíduos sem adequado controle de tronco. Determinou-se também que a exposição à vibração depende do sistema de suspensão, assim como do controle do tronco e da velocidade e minimizando as forças transmitidas ao cadeirante, melhora-se a qualidade da propulsão da cadeira [16], [17].

Discussão

A literatura encontrada sobre os parâmetros estudados (influência dos pneus, tipo de superfície rodante, e suspensão), parâmetros estes capazes de alterar a vibração à qual os cadeirantes estão submetidos, foi pequena em termos de números, mas bastante rica em termos de conteúdo de informações. Inicialmente, pode-se perceber que apenas um pequeno grupo de pesquisadores aborda os temas de forma mais sistemática, o que limita ainda mais os estudos. Para os dois primeiros parâmetros pode-se perceber uma escassez ainda maior de trabalhos. Os parâmetros suspensão e tipo de assento, podem se beneficiar das pesquisas realizadas para as indústrias automotivas e agrícolas, apesar de tal correlação não ter sido encontrada.

Como pode ser observado, os três parâmetros pesquisados (pneus, superfície de contato e suspensão) demonstraram alterar de alguma forma a vibração

percebida pelos cadeirantes. Porém, alguns parâmetros parecem ter maior eficácia em minimizar a vibração transmitida que outros. Sabe-se que os altos níveis de vibração experimentados pelos cadeirantes, resultam em queda de desempenho, cansaço e lesões [18].

O pneu parece ser o parâmetro com menor expressividade em atenuar a vibração transmitida para os cadeirantes. É interessante observar que o resultado positivo para a atenuação da vibração, para o pneu “especial” Spinergy aparece somente no estudo qualitativo de Hughes et al. [8], onde um questionário sobre a percepção de conforto foi aplicado em 20 indivíduos. Percebe-se a necessidade de uma pesquisa envolvendo itens como calibragem dos pneus, sua largura e espessura, dentre outros itens, visto que nada foi encontrado neste sentido.

Quanto as superfícies, todos os estudos demonstraram que superfícies diferentes, promovem níveis diferentes de vibração e que os pavimentos aceitáveis para o itinerário de qualquer cadeirante são aqueles bisotados até 6 mm, pois geram um nível de vibração dentro do limiar permitido.

Apesar do tipo de pneu e da superfície influenciarem o nível de vibração experimentado pelo cadeirante, a magnitude da transmissão desta vibração pode ou não ser alterada pelo tipo de suspensão e pelo assento da cadeira de rodas. Portanto, mais pesquisas devem ser feitas para se chegar a conclusões mais fidedignas.

Os projetos dos sistemas de suspensão são considerados benéficos para os cadeirantes, uma vez que, além de terem como objetivo a redução dos níveis de vibração, estes sistemas apresentam bons resultados nas indústrias de bicicletas e de automóveis. Porém, não existe nenhum modelo numérico que demonstre essa vantagem e como resultado, o sucesso da suspensão de cadeira de rodas na maior parte permanece não comprovado. Outra questão a cerca da suspensão é que as cadeiras de rodas com este sistema são mais pesadas, por isso acumulam mais energia cinética durante uma queda, deixando-a inadequada para absorção de choques em determinadas alturas. Além disso, quando a suspensão está localizada no garfo de rodízio das rodinhas dianteiras, o centro de massa da cadeira de rodas é jogado para frente, resultando em ângulos de impactos maiores e comprometendo o funcionamento do mesmo [19], [20]. Por isso, são necessários mais estudos sobre o peso e o posicionamento ideal do sistema de suspensão da cadeira de rodas para otimizar a redução na vibração.

Como a literatura é escassa, o desafio continua sendo o de determinar com precisão a capacidade dos quatro parâmetros (pneus, superfície, suspensão e assento) em alterar a vibração transmitida, porém, de forma conjunta. Além disso, percebe-se a necessidade de mais pesquisas recentes sobre o assunto.

Conclusão

O conteúdo apresentado e a comparação de seus resultados permitem concluir que o problema da VCI

tem sido reconhecido pelos usuários de cadeira de rodas e esforços têm sido feitos para mensurar a quantidade de vibração transmitida para os cadeirantes durante a propulsão da cadeira. No entanto, mais estudos são necessários para uma completa compreensão das relações entre os parâmetros estudados e a transmissibilidade da vibração.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao Laboratório de Bioengenharia da UFMG - LabBio e Grupo de Acústica e Vibrações em Seres Humanos da UFMG – GRAVISH.

Referências

- [1] Maeda S, Futatsuka M, Yonesaki J, Ikeda M. Relationship between questionnaire survey results of vibration complaints of wheelchair users and vibration transmissibility of manual wheelchair. *Environmental health and preventive medicine*. 2003 Jul;8(3):82-89.
- [2] Vorrink SNW, Woude LHV, Messenberg A, Crompton P, Hughes B, Sawatzky, BJ. Comparison of wheelchair wheels in terms of vibration and spasticity in people with spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 2008; 45(9): 1269-1280.
- [3] International Organization for Standardization, Mechanical vibration and shock - evaluation of human exposure to whole body vibration - part 1: general requirements, ISO 2631-1:1997/Amd. 1:2010 (en).
- [4] Wolf E, Cooper RA, Pearlman J, Fitzgerald S, Kelleher A, Collins D, Boninger M, Cooper R. Vibration exposure of individuals using wheelchair over sidewalk surfaces. *Disability and Rehabilitation*. 2005; 27(23): 1443-1449.
- [5] Wolf E, Cooper RA, Pearlman J, Fitzgerald S, Kelleher A. Longitudinal assessment of vibrations during manual and Power wheelchair driving over select sidewalk surfaces. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 2007; 44(4):573-580.
- [6] Wolf E, Cooper R, Kelleher A, Fitzgerald S, Ammer W. Assessment of vibration during manual wheelchair propulsion over selected sidewalk surfaces. *RESNA Conference*, 2003.
- [7] Wolf E, Cooper RA, Digiovine C.; Boninger M, Guo S. Using the absorbed Power method to evaluate effectiveness of vibration absorption of selected seat cushions during manual wheelchair propulsion. *Medical Engineering & Physics*. 2004; 26: 799-806.
- [8] Hughes B, Sawatzky B, Hol AT. A Comparison of Spinergy Versus Standard Steel-Spoke Wheelchair Wheels. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86: 596-601.
- [9] Pearlman P, Cooper R, Wolf E, Kelleher A, Fitzgerald S, Ammer W. Vibration during manual wheelchair propulsion over selected sidewalk surfaces are sensitive to weather-related surface wear. *RESNA Conference*, 2004.
- [10] Cooper, R.A.; Wolf, E.; Fitzgerald, S.; Kelleher, A.; Ammer, W.; Boninger, M.; Cooper, R.; Evaluation of selected sidewalk pavement surfaces. *Journal of Spinal Cord Medicine*. 2004; 27(4): 468-475.
- [11] Kawarciak AM, Cooper RA, Ammer WA, Fitzgerald S, Boninger M, Cooper R.. Fatigue Testing of Selected Suspension Manual Wheelchairs Using ANSI/RESNA Standards. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86:123-129.
- [12] Gunaselvam J, Niekerk JL. Seat selection guidelines to reduce whole-body exposure levels in the SA mining industry. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*. 2005; 105: 675-686.
- [13] Kawarciak AM. Performance analysis of suspension manual wheelchairs. 2003. 88f. Thesis (Master's Thesis) - School of Engineering, University of Pittsburgh, 2003.
- [14] Cooper RA, Wolf E., Fitzgerald SG, Boninger ML, Ulreric R, Ammer WA.. Seat and footrest shocks and vibrations in manual wheelchairs with and without suspension. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003; 84: 96-102.
- [15] Garcia-Mendez Y, Pearlman JL, Boninger ML, Cooper RA. Health risks of vibration exposure to wheelchair users in the community. *J Spinal Cord Med*. 2013; 36(4):365-75.
- [16] Requejo PS, Kerdanyan G, Minkel J, Adkins R, Waters R. Effect of rear suspension and speed on seat forces and head accelerations experienced by manual wheelchair riders with spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 2008; 45(7): 985-996.
- [17] Requejo PS, Maneekobkunwong S, Mcnitt GJ, Adkins R, Waters R. Influence of hand-rim wheelchairs with rear suspension on seat forces and head acceleration during curb descent landings. *Journal of Rehabilitation and Medicine*. 2009; 41(6): 459-466.
- [18] Vansickle DP, Cooper RA, Boninger M, Digiovine CP Analysis of vibration induced during wheelchair propulsion. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2001; Jul-Aug; 38(4): 409-21.
- [19] Kawarciak AM, Cooper, RA Wolf EJ. Effectiveness of rear suspension in reducing shock exposure to manual wheelchair users during curb descents. In: *Proceedings of the Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America- 25 th Conference RESNA*. 2002; jun/jul: 365-367.
- [20] DiGiovine CP, Cooper, RA, Fitzgerald SG, Boninger ML, Wolf E, Guo S. Whole-Body-Vibration during manual wheelchair propulsion with selected seat cushions and back supports. *IEEE Transaction Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2003 Sep;11(3):311-22.