

CONSIDERATII PRIVIND UTILIZAREA VIBRATIILOR INDUSE IN SCOP TERAPEUTIC IN ORGANISMUL UMAN

Florin **Bausic**
Cristian **Pavel**
Amelitta **Legendi**

- prof. univ.dr.ing.
- prof. univ.dr.ing.
- conf. univ.dr.ing.

- U.T.C. Bucuresti
- U.T.C. Bucuresti
- U.T.C. Bucuresti

Abstract

Vibration has been chosen as a form of nonphysiological mechanical stimulation because its beneficial effect can be easily applied to humans with the use of simple devices such as vibrating platforms as Galileo 2000 without the need for effort on the part of the patient. This paper focuses on the analytical simulation of the FFT of mechanical vibrations in order to detect some similarity to experimental results about the use of vibrating platforms like Galileo 2000 and to predict skeleton damages.

1. STADIUL ACTUAL AL CUNOȘȚINȚELOR

Motivul pentru care cele mai utilizate dispozitive medicale sunt dispozitivele ortopedice, este creșterea numărului de accidente datorate osteoporozei, în urma cărora e necesară o intervenție chirurgicală reparatorie și în care sunt implicate persoane tinere sau de vârstă a treia. În S.U.A. traumatismele osoase în urma accidentelor provocate de osteoporoza sau de defecte ale structurii osoase este de 5 milioane de accidentați, cheltuindu-se pentru îngrijirea lor 5 milioane de dolari anual. Dintr-o statistică multicentrică realizată în 1995 și reluată în 2005, rezultă că incidența leziunilor sistemului osos datorită osteoporozei sau a unor defecte ale structurii osoase este de 20,5%. În România o statistică a Spitalului de Urgență București realizată în 1980 pe 862 de cazuri, releva un procent de 11% din totalul politraumatismelor având drept cauză osteoporoza și 21% accidentele auto. Aceeași statistică efectuată în 2000 arată că procentul a crescut la 51% pentru accidente auto și la 23% pentru osteoporoza.

Din cele prezentate reiese foarte clar importanța utilizării unor dispozitive ortopedice și traumatologice care să conducă în timpul osteosintezei la accelerarea refacerii masei osoase. Utilizarea acestor dispozitive ortopedice, existente deja în dotarea spitalelor, necesită de cele mai multe ori intervenții chirurgicale și folosirea unor sisteme de fixare și instrumentar aferent cumpărat din import de la una dintre firmele specializate care s-au impus pe piață: Aesculap, Orthofix, Synthesis, Peretti, Fixxano, etc.

Până în prezent utilizarea acestor dispozitive ortopedice în România s-a făcut doar în scopul de recuperare și mai puțin de prevenție. Studii recente [1],[2],[3],[4],[5],[6] in vivo, au arătat că **vibrații mecanice** bine dozate având frecvența cuprinsă în intervalul 15-60 Hz pot fi benefice pentru structura osoasă a organismului uman sau animal.

Aceasta a determinat ca vibrațiile mecanice să fie utilizate în scop terapeutic. Astfel au fost proiectate și utilizate cu succes dispozitive de dozat vibrații cum sunt: Galileo 2000 [5], Proellix, Power-Plate, etc. Trebuie de remarcat faptul că acest concept de utilizare al vibrațiilor în scop terapeutic a fost utilizat în Grecia antică de către atleții care participau la olimpiade. Astfel aceștia se pregăteau utilizând **mese oscilatorii** ce își produceau efectul prin acțiune mecanică îmbunătățind echilibrul și tonusul în general. Acest concept a fost

preluat de catre cercetatorii de la NASA [17], care au adoptat antrenamentul cu vibratii pentru cosmonauti în contracararea efectului negativ al imponderabilitatii asupra organismului uman. Dispozitivul Power-Plate, existent acum si în România la unele centre de fitness, unde este utilizat **numai în scopuri de relaxare**, este fabricat utilizând tehnologia de la NASA. Studii efectuate pe aceste dispozitive arata ca rezistenta osoasa este crescuta prin stimularea directa a regenerarii tesutului.

În cadrul prezentului articol se propune efectuarea unor studii privind determinarea si utilizarea unor **indici/criterii de confort ale organismului uman si animal** supus actiunii vibratiilor mecanice induse în mod terapeutic prin intermediul unor dispozitive de dozat vibratii existente, concept care este o noutate pe plan mondial, deoarece aceste dispozitive de tipul Proellixe si Power-Plate sunt utilizate în centrele de fitness din România numai în scop de relaxare sau de gimnastica de intretinere si mai putin de recuperare si preventie a defectelor structurii osoase.

2. REZULTATE STIINTIFICE PRELIMINARE

2.1. DIRECTII DE CERCETARE

Cercetarile efectuate în cadrul Catedrei de Mecanica tehnica si Mecanisme din UTCB, s-au axat în principal în trei directii distincte si anume :

- simularea pe calculator a transmisibilitatii vibratiilor induse în scop terapeutic în organismul uman în vederea compararii cu datele din literatura precum si cu rezultatele analizelor experimentale efectuate cu ajutorul unor dispozitive de tip Galileo 2000 [10] ;
- analiza FFT pentru determinarea spectrului de frecvente al structurii osoase prin simularea pe calculator a raspunsului sistemului dinamic echivalent al organismul uman în interactiune cu dispozitivul de dozat vibratii [11] ;
- utilizarea indicelui de confort W_z definit de norma ISO 2631/1_2007, în cazul inducerii de vibratii în scop terapeutic prin intermediul unor dispozitive de tip Galileo 2000 si a defini un interval optim în care vibratiile sa nu conduca la efecte neplacute si chiar daunatoare [12].

În abordarea unitara a acestor trei directii de cercetare , în cadrul Catedrei de Mecanica tehnica si Mecanisme din UTCB s-a conceput un prim model dinamic cu 6 grade de libertate care sa modeleze interactiunea dispozitiv Galileo 2000-structura osoasa. Acest model provine din simplificari aduse modelului propus de Brüel & Kjaer în [8] .

Modelul dinamic are 6 grade de libertate corespunzatoare deplasarilor pe verticala, dupa cum urmeaza:

- y_1 deplasarea piciorului
- y_2 deplasarea soldului
- y_3 deplasarea coloanei vertebrale
- y_4 deplasarea umarului
- y_5 deplasarea bratelor
- y_6 deplasarea capului

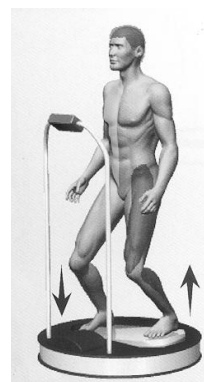


Fig.1. Dispozitivul de generare a vibratiilor induse în scop terapeutic

2.2. Rezultate științifice preliminare privind simularea pe calculator a transmisibilității vibrațiilor induse în scop terapeutic organismul uman

Factorul de transmisibilitate al forței se definește ca raportul dintre amplitudinea forței transmise la receptor F_T și amplitudinea forței generate de sursă F_0 :

$$T = \frac{F_T}{F_0} = \frac{\sqrt{1 + (2\zeta\eta)^2}}{\sqrt{(1 - \eta^2)^2 + (2\zeta\eta)^2}}$$

unde :

ζ – raportul de amortizare

η – raportul dintre pulsația vibrației generate de dispozitivul din fig.1 și pulsația proprie a structurii osoase

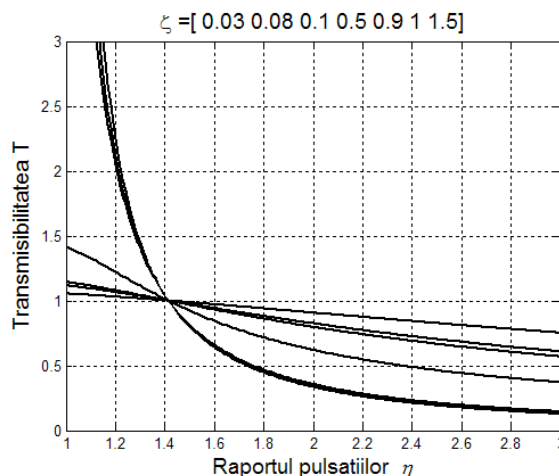


Fig.2. Simularea transmisibilității forțelor

Pentru un raport de amortizare $\zeta \in [0,03 \ 0,08 \ 0,1 \ 0,5 \ 0,9 \ 1 \ 1,5]$ se obține reprezentarea din figura 2. Comparând rezultatele obținute prin simulare pentru modelul din fig.1 cu rezultatele obținute de [3] se constată pentru unele valori ale raportului de amortizare ζ o bună similitudine.

2.3. Rezultate științifice preliminare privind analiza FFT

Spectrul de frecvențe al structurii osoase poate fi determinat cu ajutorul transformatei FFT aplicate răspunsului organismului uman prin intermediul vibrațiilor induse în scop terapeutic cu ajutorul unor dispozitive de tip Galileo 2000. O parte a rezultatelor parțiale obținute prin simulare pe calculator a răspunsului sistemului mecanic format din modelul cu 6 grade de libertate sunt prezentate mai jos. Astfel pentru modelul dinamic, pentru deplasarea soldului obținem rezultatele din figurile de mai jos.

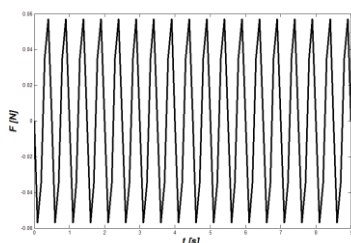


Fig.3. Forța $F=0,006\sin(16\pi t)$

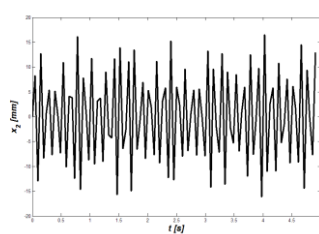


Fig.4. Răspunsul $y_2 = y_2(t)$

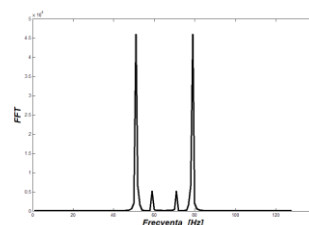


Fig.5. Transformata FFT pt y_2

Din analiza datelor obținute din simularea pe calculator se constată că utilizarea analizei FFT conduce la identificarea frecvențelor proprii de vibrație ale componentelor structurii osoase a modelului dinamic echivalent al organismului uman.

2.4. Rezultate stiintifice preliminare privind utilizarea indicelui de confort

Indicele de confort poate fi determinat cu ajutorul relatiei:

$$W_Z = \sqrt[10]{a^3 \cdot B^3} \quad (1)$$

unde

a - amplitudinea acceleratiei în punctele de interes considerate

B - factor de ponderare în frecventa definit de relatie:

$$B(v) = 1,14 \sqrt{\frac{\left[(1 - c_1 v^2)^2 + c_3 \right] 355 v^2}{\left[(1 - c_2 v^2) \right]^2 + (c_4 v - c_5 v^3)^2} (1 + 3,55 v^2)} \quad (2)$$

unde : c_i sunt coeficienti de corectie determinati experimental

Pentru acceleratii ale vibratiilor induse terapeutic de la $0,01 \text{ m/s}^2$ la 1 m/s^2 s-a obtinut reprezentarea grafica din figura 6 .

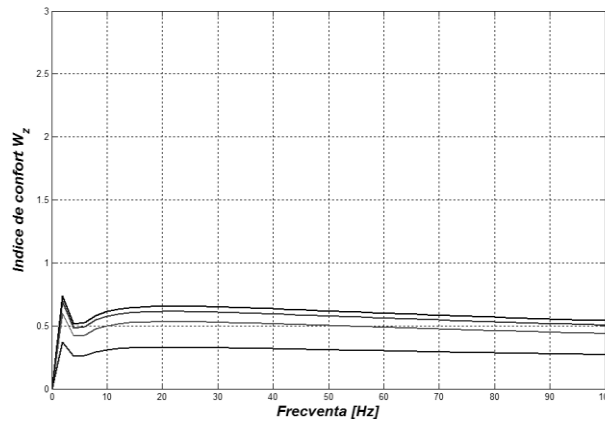


Fig.6. Indicele de confort in functie de frecventa

CONCLUZII

Analizând reprezentarea din figura 6 si comparând cu datele din literatura si cu unele studii anterioare, privind indicele de confort al pasagerilor unui vagon de metrou [14], se constata existenta unui interval în care nivelul acceleratiilor vibratiilor induse terapeutic nu au nici un **efect nociv sau daunator asupra organismului uman**.

BIBLIOGRAFIE

- | | | |
|-----|-------------------------------|--|
| [1] | C. Rubin
M. Pope | Transmissibility of 15 Hertz to 35 Hertz Vibration Human Hip and Lumbar Spin. <i>Spine Volume 28, Nr. 23, pp 2621-2627, 2003, Lippincott Williams & Wilhelm.</i> |
| [2] | M. Tylee
M. Popovic | Human Responses to Vibration Therapy. <i>4 Journal of Biomechanics.</i> |
| [3] | S. Tanaka
I. Alam | Stochastic resonance in osteogenic response to mechanical loading. <i>Faseb Journal-fj 02_0561.fji</i> |
| [4] | S. Torvinem | Effect of Whole Body Vibration on Muscular Performance, Balance and Bone. <i>Thesis, Tampere, 2003, Finland</i> |
| [5] | J. LaMote
R. Zernicke | Rest insertion combinet with high-frequency loading enhances osteogenesis. <i>J. Appl. Physiol. 96: 1788-1793, 2004</i> |
| [6] | T. S. Keller
C. J. Colloco | A rigid body model of the dynamic posteroanterior motion response of the human lumbar spine. <i>PMID 12381970-Medline</i> |
| [7] | L. Xie
J. Jacobson | Low-level mechanical vibrations can influence bone resorption and bone formation in the growing skeleton. <i>Bone, June 4, 2006.</i> |