

## TIPURI DE ARCURI ELASTICE UTILIZATE ÎN TRATAMENTUL ORTODONTIC CU APARATE FIXE

### TYPES OF ELASTIC ARCHWIRES USED IN THE ORTHODONTIC TREATMENT WITH FIXED APPLIANCES

Alexandrina Muntean<sup>1</sup>, Dana Feștilă<sup>1</sup>, Magdalena Enache<sup>2</sup>, Bogdan Hanga<sup>3</sup>, Mircea Ghergie<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitatea de Medicină și Farmacie “Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca

<sup>2</sup>Universitatea de Medicină și Farmacie “Carol Davila” București

<sup>3</sup>Cabinet Medical de Medicină Dentară “V&B Family Dent”, Brașov

Autor corespondent: **Dana Feștilă**, email [dana.festila@gmail.com](mailto:dana.festila@gmail.com)

#### Abstract:

*Introduction:* Arch wire's elastic properties are important for an orthodontic appliance. The orthodontist has the possibility to choose, from the wire types, the one who fits better to a particular clinical situation. Choosing the appropriate arch wire size and alloy is important for reaching the treatment objectives.

*Objective:* This paper objective is to evaluate orthodontists' preferences regarding the elastic arch wires used in the alignment and finishing phases.

*Discussions:* A questionnaire was spread among orthodontists regarding the most used elastic arch wires for dental alignment and finishing. From 70 participants that have responded to it, almost all have used round Nitinol due to its super elastic properties, for dental alignment. The rectangular Nitinol wires were used especially in the last finishing phase of orthodontic treatment.

*Conclusions:* Round Nitinol arch wires were preferred by orthodontists due to their super elasticity and strength, qualities that ensure optimal orthodontic forces, within biological limits.

#### Rezumat:

*Introducere:* Proprietățile elastice ale arcului sunt foarte importante pentru funcționarea aparatului ortodontic. Ortodontul are posibilitatea să aleagă dintr-o varietate de arcuri, pe cel care se potrivește cel mai bine unei anumite situații clinice. Selectarea unei dimensiuni adecvate a firului și a unui anumit tip de aliaj este importantă pentru alegerea obiectivelor terapeutice propuse.

*Obiectiv:* Obiectivul acestei lucrări este de a evalua preferințele medicilor ortodonți în ceea ce privește arcurile elastice utilizate în fazele de aliniere și de finisare ale tratamentului.

*Discuții:* Studiul a fost realizat pe baza unui chestionar. Din cei 70 de participanți care au răspuns la acesta, aproape toți au folosit pentru alinierea dentară, arcuri rotunde de Nitinol datorită proprietăților sale super elastice. Sârmele dreptunghiulare de Nitinol au fost utilizate în special în ultima fază, cea de finisare.

*Concluzii:* Arcurile rotunde de Nitinol au fost preferate de ortodonți, datorită super elasticității și rezistenței lor, calități care asigură forțe ortodontice optime, în limite biologice.

**Key-words:** *orthodontic treatment, orthodontic arch wire, elastic arch wire, finishing arch-wire, types of arch wires*

**Cuvinte cheie:** *tratament ortodontic, arc ortodontic, arc elastic, arc de finisare, tipuri de arcuri*

#### Introducere

Aparatele ortodontice fixe au fost primele aparate utilizate în ortodonție, cu timpul devenind tot mai perfecționate. Spre deosebire de alte tipuri de aparate ortodontice, cele fixe permit deplasarea corporală a dinților în toate cele trei planuri spațiale, prin mișcări simultane

și multiple, putând rezolva cazuri dificile de anomalii dento-maxilare, inclusiv la adulți. Arcurile sunt elementele active ale aparatelor fixe, care declanșează forța ortodontică, proprietățile lor contribuind la corectarea malpozițiilor dentare, deplarea dinților în ocluzie stabilă și obținerea unei forme ideale a

arcadelor dentare. Pe parcursul tratamentului ortodontic se folosește o secvență de arcuri, diferite ca și structură, proprietăți, dimensiuni și formă pe secțiune. (Segner and Ibe, 1995) Alegerea corectă a unui tip de arc într-o anumită etapă de tratament este esențială pentru atingerea obiectivelor terapeutice propuse.

Prima etapă în terapia cu aparate fixe, este cea de aliniere dentară, care are drept scop corectarea malpozițiilor dentare. Urmează etapa de deplasare dentară, în care sunt folosite arcuri rigide, pentru ca în ultima etapă de tratament ortodontic, cea de finisare, să fie nevoie să ne întoarcem din nou la arcuri mai flexibile. Arcurile utilizate în prima și ultima etapă sunt arcuri elastice, ale căror proprietăți depind de compoziția aliajului. Arcurile pot fi confecționate din oțeluri inoxidabile și aliaje de crom, cobalt, titan, nichel, molibden și cupru. Arcurile ortodontice confecționate din oțeluri inoxidabile se folosesc frecvent datorită rezistenței și posibilității de conformare. Pot suporta îndoituri de orice formă dorită. Formula tipică conține 18% Crom și 8% Nichel. (Proffit et al, 2006)

Aliajele de Crom-Cobalt au în compoziție 40% Cobalt, 20% Crom, 15% Nichel, 7% Molibden și alte elemente.

Aliajul True-Crome este considerat unul dintre cele mai bune aliaje de oțel cromat. Aliajul de Titan-Molibden (TMA) conține 79% Titan, 11% Molibden, 6% Zinc și 4% Staniu. (Cocârla, 2002)

Aliajul de Nichel-Titan se mai cunoaște și sub numele de Nitinol, fiind un aliaj utilizat în programele spațiale, inventat în anii 1960 de către William F. Buehler, cercetător la Naval Ordnance Laboratory în Maryland. Numele de Nitinol este derivat din componentele aliajului Ni (Nichel), Ti (Titan) iar Nol de la Naval Ordnance Laboratory. (Ruckert and Kusy, 1997). Acest aliaj conține 52% Nichel, 45% Titan și 3% Cobalt. Descoperirea acestui aliaj a fost foarte importantă pentru ortodonție, datorită calităților sale excepționale, și anume memoria formei (de aceea se mai numesc arcuri cu memorie) și superelasticitatea. Dacă Nitinolul este încălzit la o temperatură de tranziție, acesta poate reveni la forma inițială manufacturată. (Gurkel et al, 2001, Miura, Mogi and Okamoto, 1990) Proprietățile arcurilor ortodontice realizate din aliaje din Nichel-Titan sunt foarte utile în

timpul primei faze de aliniere datorită abilității lor excepționale de a aplica o forță ușoară după numeroase activări. (Nanda, 2005) Proprietățile acestui tip de aliaj nu pot fi expuse fără a înțelege mai întâi faptul că acesta poate exista în mai multe forme de structură cristalină. La temperaturi mici și la un stres mare, forma martensitică este mai stabilă, pe când la temperaturi mari și la un stres mai mic este mai stabilă forma austenitică (austenita este definită ca fiind un amestec de carbon și fier, cu structură cristalină cubică cu fețe centrate, paramagnetică; martensita este definită ca fiind o soluție solidă suprasaturată de carbon și fier, rezultată prin răcirea bruscă a austenitei, cu o structură cristalină, tetragonală. (Berzins and Roberts, 2005) Deși multe aliaje metalice există în mai multe forme cristaline, unicitatea aliajelor din NiTi este faptul că tranziția dintre cele două structuri este complet reversibilă și se întâmplă la o temperatură relativ mică. Aceasta fază de tranziție permite unor aliaje de NiTi să prezinte două proprietăți remarcabile, nemăintâlnite la alte materiale: memoria formei și superelasticitatea. (Biermann, Berzins and Bradley, 2007) Memoria formei se referă la capacitatea materialului de a reveni la forma sa inițială după ce a fost deformat plastic în forma martensitică. Această schimbare de structură cristalină, numită termoelasticitate, era importantă la Nitinolul original utilizat în industria spațială, însă s-a dovedit dificil de exploatat în aplicațiile ortodontice (Ijima et al, 2011). Superelasticitatea se referă la o gamă foarte largă de tensiuni reversibile pe care anumite fire de NiTi le pot suporta datorită fazei de tranziție martensită-austenitică. În ortodonție, asta înseamnă că arcul ortodontic poate transmite inițial aceeași forță, indiferent dacă a fost îndoit mai mult sau mai puțin. (Miura et al, 1986) Deși memoria de formă este o reacție termică, iar superelasticitatea una mecanică, ele sunt interconectate. Memoria de formă a aliajelor se manifestă clinic numai dacă apare și transformarea indusă de stresul transmis. (Santoro, Nicolay and Cangialosi, 2011) O variantă a arcurilor de NiTi sunt cele activate termic. Arcurile de NiTi activate prin căldură pot menține configurația deformată la temperatura camerei, dar când firul atinge temperatura din cavitatea orală, va reveni la forma inițială. Proprietățile arcurilor de NiTi le-au făcut să fie

materialele preferate pentru aplicațiile ortodontice în care sunt necesare mai multe activări cu o forță aproximativ constantă, cum este cazul fazei inițiale de aliniere. Astfel, în această primă fază, arcurile de NiTi și cele activate termic sunt de elecție. (*International Organization for Standardization, 2006, Brantley, 2020*)

Arcurile Beta-Titan au fost introduse de AJ Wilcock Jr. în 1988. Acestea mai sunt cunoscute în literatură sub numele de TMA și oferă o combinație de dorit între rezistență și elasticitate, cu o bună plasticitate. Astfel, este un material excelent pentru faza intermediară și de finisare. (*Kapila and Sachdeva, 1989*)

Arcurile Cupru-Nichel-Titan au fost introduse de Rohit Sachdeva și Suichi Miyazaki în 1994. Adaosul de Cupru la aliajul de Nichel-Titan îmbunătățește proprietățile termoreactive ale acestor arcuri. Disponibile în trei tipuri, în funcție de temperatura de transformare (27, 35 și 40 de grade Celsius), generează forțe constante, ușoare, care asigură o mișcare dentară biologică și eficientă, chiar și în cea mai mică dimensiune. (*Agarwal A, Agarwal D and Bhattacharya, 2011*)

Arcurile multistrand sunt arcuri din oțel inoxidabil, alcătuite din trei sau mai multe fire împletite. Proprietățile acestor arcuri depind de caracteristicile fiecărui fir în parte și cât de strâns au fost împletite. Arcurile de oțel de tip multistrand oferă o combinație impresionantă de rezistență și flexibilitate, însă în ultimul timp au fost tot mai mult înlocuite de arcurile din NiTi (*Voudouris, 1997*)

Toate aceste arcuri elastice pot fi, la rândul lor, rotunde sau rectangulare pe secțiune, având dimensiuni crescânde. Cu cât arcul este mai subțire, cu atât este mai flexibil. (*Brantley and Eliades, 2001, Alobeid et al, 2017*)

### Scopul lucrării

Având în vedere varietatea mare de arcuri, ce tip de arc este recomandat în scopul alinierii și finisării dentare?

Obiectivul acestei lucrări este acela de a evalua preferințele medicilor ortodonți în utilizarea arcurilor elastice.

### Material și metodă

Acest studiu este unul prospectiv, bazat pe răspunsul la întrebările unui chestionar, pe care l-am distribuit unui număr de 100 de medici

specialiști în ortodonție din mediul urban, pe teritoriul orașelor Cluj-Napoca și Brașov, atât personal, în 20 de cabinete individuale, 15 în Cluj-Napoca și 5 în Brașov, precum și în mediul online, prin intermediul platformei Google Forms.

### Criterii de includere în studiu:

- Participanții trebuiau să fie medici specialiști ortodonți, cu experiență în domeniu de cel puțin un an
- Participanții au fost de acord cu prelucrarea datelor
- Participanții au completat toate întrebările din chestionar

### Criterii de excludere din studiu:

- Medici specialiști ortodonți cu experiență profesională sub un an
- Medici rezidenți în specialitatea ortodonție sau medici de stomatologie generală sau de alte specialități de medicină dentară
- Participanții nu au fost de acord cu prelucrarea datelor
- Participanții nu au răspuns la toate întrebările

Chestionarul a cuprins un total de 9 întrebări, din care 2 întrebări deschise, iar numărul final al respondenților care au întrunit criteriile de includere, a fost de 70. Întrebările au fost astfel formulate încât să reflecte gradul de cunoaștere a proprietăților fiecărui tip de arc elastic utilizat, mai ales că, la ora actuală, există o mare varietate pe piața ortodontică. Alegerea corectă a unui tip de arc este esențială pentru atingerea obiectivelor terapeutice propuse. Răspunsurile au fost analizate statistic folosind programul SPSS 25 (*SPSS Inc, Chicago, SUA*), fiind considerate semnificative statistic pentru  $p$  mai mic sau egal cu 0,05.

### Rezultate și discuții

Toți cei chestionați au utilizat cel mai frecvent arcuri elastice de NiTi. Doar 18,6% dintre respondenți, au spus că utilizează arcuri de oțel inoxidabil pentru faza de aliniere. Arcurile rotunde au fost utilizate cel mai frecvent, urmate de arcurile rectangulare și de cele multistrand, de asemenea rotunde pe secțiune. Utilizarea arcurilor rotunde elastice a determinat la

majoritatea celor chestionați, o durată a etapei de aliniere de 3-4 luni. (Tabel 1-3)

Valid	Frecvența	Procent	Procent valid	Procent cumulativ
<b>NiTi</b>	<b>70</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Tabel 1 - Aliaje utilizate cel mai frecvent

Valid	Frecvența	Procent	Procent valid	Procent cumulativ
DA	13	18.6	18.6	18.6
NU	57	81.4	81.4	100.0
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	

Tabel 2 - Frecvența utilizării arcurilor de oțel inoxidabil

Valid	Frecvența	Procent	Procent valid	Procent cumulativ
Rotund	37	52.9	52.9	52.9
Rectangular	24	34.2	34.2	87.1
Multistrand	9	12.9	12.9	100
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

Tabel 3 - Tipuri de arcuri elastice utilizate mai frecvent

Dintre cei care au afirmat că utilizează arcuri elastice rectangulare pentru faza de aliniere (41%), 86% au motivat că le oferă un bun control al torque-ului, 7%, că ajută la menținerea poziției grupului incisiv, iar alți 7% au spus că le consideră mai utile pentru aliniere și nivelare fără însă a preciza exact motivul. Majoritatea celor din această categorie au afirmat că etapa de aliniere a durat în jur de 6 luni sau mai mult. (Tabel 4)

Tip de arc	< 3 luni	3-4 luni	4-5 luni	5-6 luni	>6 luni
Procent					
Rotund	8.6	18.6	17.1	8.6	0.0
Rectangular	0.0	5.7	2.9	8.6	17.1
Multistrand	0.0	0.0	7.1	2.8	2.9
<b>TOTAL</b>	<b>8.6</b>	<b>24.3</b>	<b>27.1</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

Tabel 4 - Durata etapei de aliniere cu diverse tipuri de arcuri elastice

Între cei care nu utilizează arcuri rectan-

gulare elastice pentru aliniere, motivele au fost următoarele: nu este o practică cu care ei să fie obișnuiți (70%), nu au nevoie de informații suplimentare (angulație, torque) transmise dinților în prima fază de aliniere (10%), forțele dezvoltate de aceste arcuri sunt prea mari (10%), nu găsesc nici un motiv pentru care ar face-o (5%), dinții trebuie să fie deja aliniați pentru a putea insera acest tip de arc (5%). În ceea ce privește utilizarea arcurilor multistrand, cu aceste arcuri, durata fazei de aliniere a fost de 4-5 luni la majoritatea respondenților. (Tabel 4)

În general, indiferent de tipul de arc utilizat, în cazul majorității, alinierea dentară a durat 4-5 luni. (Tabel 5)

Durata	Frecvența	Procent	Procent valid	Procent cumulativ
<3 luni	6	8.6	8.6	8.6
3-4 luni	17.0	24.3	24.3	32.9
4-5 luni	19.0	27.1	27.1	60.0
5-6 luni	14.0	20.0	20.0	80.0
>6 luni	14.0	20.0	20.0	100.0
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

Tabel 5 - Durata etapei de aliniere dentară

Ultima etapă a tratamentului ortodontic, cea de finisare, a fost realizată preponderent cu arcuri de alte dimensiuni decât cele elastice utilizate și pentru etapa de aliniere (54%). (Tabel 6)

Valid	Frecvența	Procent	Procent valid	Procent cumulativ
DA	32	45.7	45.7	45.7
NU	38	54.3	54.3	100.0
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	

Tabel 6 - Frecvența arcurilor elastice utilizate în etapa de finisare

Dintre cei care au utilizat arcuri de aliniere în etapa de finisare, jumătate dintre ei au observat efecte secundare.

Proprietățile elastice ale arcului au o importanță vitală pentru funcționarea aparatului ortodontic. În prezent, ortodontul poate selecta, dintre toate tipurile de arcuri disponibile, pe cel

mai potrivit pentru o anumită situație clinică. Selectarea, la rândul său, a unei dimensiuni adecvate a arcului și a unui anumit tip de aliaj, oferă rezultate optime și previzibile ale tratamentului. Prin urmare, clinicianul trebuie să fie familiarizat cu proprietățile mecanice și cu aplicațiile clinice care derivă din aceste proprietăți. Caracteristicile arcurilor joacă un rol major în integritatea structurală a dinților și țesuturilor de susținere, precum și în eficacitatea funcțională a aparatului ortodontic. (Kapila and Sachdeva, 1989, Linge and Linge, 1991, Ewans and Durning, 1996)

Un arc de aliniere ideal ar trebui să aibă o bună plasticitate și elasticitate, o duritate biocompatibilă, fricțiune scăzută și un cost redus. (Kapila and Sachdeva, 1989)

Arcurile de NiTi, fiind superelastice, se pot angaja la nivelul bracket-urilor unor dinți malpoziționați sever, pe care îi aliniază relativ repede. Spre deosebire de arcurile convenționale, sunt capabile să suporte deformații foarte mari, eliberând forțe ușoare și moderate la revenirea la forma inițială. (Waters, 1992, Evans, Jones and Newcombe, 1998) Acestea sunt și motivele pentru care aproape toți participanții la studiu au utilizat aceste arcuri în faza de aliniere dentară. Un studiu comparativ realizat de Segner și Ibe între diverse arcuri declarate superelastice și comercializate de diferite companii pentru etapa de aliniere, a ajuns la concluzia că majoritatea nu aveau nici o pseudoelasticitate și nici un avantaj asupra arcurilor de NiTi convenționale. (Segner, Ibe 1995, Bellini et al, 2016) Tot în categoria arcurilor superelastice intră și arcurile de Nichel-Titan cu adaus de Cupru. Cu toate că și acestea eliberează forțe ușoare și continue, ele nu au fost utilizate de respondenții acestui studiu. Gravina și colaboratorii, susțin că, în comparație cu arcurile de NiTi activate termic, care suferă o deformație mai mică, arcurile de CuNiTi activate termic la 35°C și deformate elastic prezintă o deflecție și o revenire la forma inițială mai puțin favorabile din punct de vedere biologic. (Gravina et al, 2013, Gravina et al, 2014)

În ceea ce privește forma pe secțiune, arcurile rotunde de NiTi au fost folosite mai mult în faza de aliniere, comparativ cu cele rectangulare, utilizate mai frecvent pentru etapa de finisare. Acest rezultat este în concordanță cu

cel al lui Jian, Lai și colaboratorii. (Jian, Lai et al, 2013)

Arcurile de BetaTitan nu au fost utilizate de participanții la acest studiu. Având o elasticitate mai redusă și fiind capabile de deformare plastică, ele sunt aplicate mai mult în fazele intermediare ale tratamentului de către unii ortodonți, în timp ce alții nu le utilizează deloc.

Arcurile de oțel inoxidabil de tip multistrand, care oferă o combinație bună între rezistență și elasticitate, au fost mult mai puțin folosite de către ortodonții chestionați. O dată cu dezvoltarea arcurilor de Nichel-Titan, popularitatea acestora a scăzut. (West and Jones, 1995) Comparativ cu proprietățile elastice ale arcurilor de NiTi convenționale, arcurile de oțel triple și coaxiale au, în general, aceeași rigiditate, dar doar o treime, până la jumătate, din rezistența și intervalul de deflecție a arcurilor de NiTi. (Rucker, Kusy, 2002) Concluziile unor studii clinice au fost însă contradictorii și au demonstrat că, între arcurile de NiTi și cele din oțel inoxidabil de tip multistrand din faza de aliniere nu sunt diferențe semnificative. (Cobb, Kula, Philips and Proffit, 1995)

Rezultatele acestei lucrări au arătat că majoritatea practicienilor utilizează arcurile rotunde în faza de aliniere. Testând proprietățile mecanice a numeroase arcuri elastice de NiTi de diferite secțiuni și dimensiuni, Sarul și colaboratorii au demonstrat că arcurile rotunde generează forțe optime. (Sarul, Kawala and Antoszewska, 2013)

### Concluzii

Cu toate că, la ora actuală, pe piața ortodontică există o foarte mare varietate de arcuri elastice, arcurile de NiTi rotunde au fost cele preferate de ortodonții care au completat chestionarul, datorită superelasticității și rezistenței, calități care asigură forțe ortodontice optime, în limite biologice. Efortul pentru perfecțiune nu a culminat încă cu un arc ideal. Astfel, studiile pentru introducerea de materiale noi, continuă.

### Bibliografie

- [1] Segner D., Ibe D. 1995. Properties of superelastic wires and their relevance to orthodontic treatment. Eur J Orthod, 17, 395-402.

- [2] Proffit WR. 2000. Contemporary Orthodontics, 5th Ed., Mosby
- [3] Cocârlă E. 2002. Aparate ortodontice fixe, Ed. Medicală Universitară „Iuliu Hațieganu”
- [4] Ruckert B., Kusy R. 1997. A review of the contemporary arch-wires: their property and characteristics. *Angle Orthod*, 67, 197-208.
- [5] Gurgel J., Kerr S., Powers JM., et al. 2001. Force-deflection properties of superelastic nickel-titanium archwires. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 120, 378-382.
- [6] Miura F., Mogi M. and Okamoto Y. 1990. New application of superelastic NiTi rectangular wire. *J Clin Orthod*, 24, 544-548.
- [7] Nanda R. 2005. Biomechanics and esthetic strategies in clinical orthodontics, Elsevier Health Sciences
- [8] Berzins DW., Roberts H. 2010. Phase transformation changes in thermocycled nickel-titanium orthodontic wires. *Dent Mater*, 26, 666-674.
- [9] Biermann MC., Berzins DW. and Bradley, TG. 2007. Thermal analysis of as-received and clinically retrieved copper-nickel-titanium orthodontic archwires. *Angle Orthod*, 77, 499-503.
- [10] Iijima M., Ohta M., Brantley WA., Naganishi A., Murakami T., Muguruma T., et al. 2011. Transformation behavior of nickel-titanium orthodontic wires under tensile load. *Dent Mater J*, 30, 398-403.
- [11] Miura F., Mogi M., Ohura Y. and Hamanaka H. 1986. The super-elastic property of the Japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 90, 1-10.
- [12] Santoro M., Nicolay OF. and Cangialosi, TJ. 2001. Pseudoelasticity and thermoelasticity of nickel-titanium alloys: a clinically oriented review. Part I: Temperature transitional ranges. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 119, 587-593.
- [13] International Organization for Standardization. 2006. ISO 15841: Dentistry, Wires for use in orthodontics, Geneva
- [14] Brantley WA. 2020. Evolution, clinical applications, and prospects of nickel-titanium alloys for orthodontic purposes. *J World Fed Orthod*, 9, 19-26.
- [15] Kapila S., Sachdeva R. 1989. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 100-109.
- [16] Agarwal A., Agarwal DK. and Bhattacharya, P. 2011. Newer orthodontic wires: a resolution in orthodontics. *Orthodontic Cyber J*, 1-17.
- [17] Voudouris JC. 1997. Interactive edgewise mechanisms: form and function comparison with conventional edgewise brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 111, 19-40.
- [18] Brantley WA, Eliades T. 2001. Orthodontic wires, *Orthodontic Materials: Scientific and Clinical Aspects*, Thieme, 77-103.
- [19] Alobeid C., Dirk S., Reimann T., El-Bialy A. and Jäger C. 2017. Mechanical properties of different esthetic and conventional orthodontic wires in bending tests: An in vitro study. *J Orofac Orthop*, 78, 241-252.
- [20] Evans TJ., Durning P. 1996. Aligning archwires. The shape of things to come? A fourth and fifth phase of force delivery. *Br J Orthod*, 23, 269-275.
- [21] Evans TJ., Jones ML. and Newcombe, RG. 1998. Clinical comparison and performance perspective of three aligning arch wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 114, 32-39.
- [22] Waters NE. 1992. Superelastic nickel-titanium wires. *Br J Orthod*, 19, 319-22.
- [23] Bellini H, Moyano J, Gil J. and Puigdollers A. 2016. Comparison of the superelasticity of different nickel-titanium orthodontic archwires and the loss of their properties by heat treatment. *J Mater Sci Mater Med*, 27, 158.
- [24] Gravina, MA., Brunharo, IH., Canavarro, C., Elias, CN. and Quintão, CK. 2013. Mechanical properties of NiTi and CuNiTi shape-memory wires used in orthodontic treatment. Part 1: stress-strain tests. *Dental Press J. Orthod*, 18, 35-42.
- [25] Gravina MA., Canavarro C., Elias CN., das Graças Chaves M., Brunharo IH., and Quintão CC. 2014. Mechanical properties of NiTi and CuNiTi wires used in orthodontic treatment. Part 2: Microscopic surface appraisal and metallurgical characteristics. *Dental Press J Orthod*, 19, 69-76.
- [26] Jian F., Lai W., Furness S., McIntyre G, Millett D., Hickman J. et al. 2013. Initial arch wires for tooth alignment during orthodontic treatment with fixed appliances. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4.
- [27] West AE., Jones ML. and Newcombe RG.

1995. Multiflex versus superelastic: a randomized clinical trial of the tooth alignment ability of initial arch wires. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 108, 464-471.
- [28] Rucker BK, Kusy RP. 2002. Elastic Flexural Properties of Multistranded Stainless Steel Versus Conventional Nickel Titanium Archwires. Angle Orthod, 72, 302-309.
- [29] Cobb NW., Kula KS., Philips C. and Proffit WR. 1998. Efficiency of aligning archwires for initial alignment. Clin Orthod Res, 1, 12-19.
- [30] Sarul AM., Kawala D. and Antoszewska J. 2013. Comparison of Elastic Properties of Nickel-Titanium Orthodontic Archwires. Adv Clin Exp Med, 22, 253-260.
- MG; designul cercetării: ME, MG; validarea metodologiei: AM, ME; culegerea datelor: BH, analiza datelor și / sau interpretarea datelor: BH, ME; scriere-pregătirea textului inițial: DF; revizuire și editare: DF, AM.

**Recunoaștere:** ME are contribuție egală cu a primului autor

**Surse de finanțare:** niciuna

**Conflicte de interese:** autorii nu au conflicte de interese relevante pentru acest articol

Toți autorii sunt de acord cu publicarea articolului.

**Mulțumiri:** -

**Contribuția autorilor:** Conceptualizare: DF,