

CERCETĂRI PRIVIND DEZVOLTAREA ȘI FABRICAREA UNUI EXOSCHELET UȘOR PENTRU CORECTAREA POSTURII

GRECU Cristian¹, MOISESCU Flavius², RADU Oana³, TUDOROIU Claudia⁴ și VISOIU Gabriela⁵

⁴Facultatea IMST, Specializarea: CIMA, Anul de studii: I Master, e-mail: clau_mihaela94@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. ec. **DOICIN Cristian**, s.l. dr. ing. **ULMEANU Mihaela**

REZUMAT: Deformarea poziției este o cauză comună a durerilor în partea inferioară a spatelui. Postura incorectă a corpului poate avea cauze multiple: afecțiuni congenitale, boli musculare, inegalități între membre, efortul asimetric, dar și viciile de postură, cum ar fi o poziție incorectă la birou, o poziție curbată a spatelui în timpul mersului sau muncă în agricultură, care solicită constant o poziție aplecată a corpului. Lucrarea de față prezintă etapele dezvoltării unui produs inovativ pentru corectarea posturii corpului uman. Pentru aceasta s-a realizat o cercetare de piață privind necesitatea realizării acestui produs și o analiză a produselor existente deja pe piață. De asemenea, s-au dezvoltat diferite concepte pentru un produs de corectare a posturii folosind metoda de brainstorming. Într-un final, produsul a fost proiectat cu ajutorul instrumentelor de proiectare asistate de calculator.

CUVINTE CHEIE: analiză de piață, brainstorming, exoschelet, proiectare

1. Introducere

Exoscheletul este un sistem mobil, antrenat de motoare electrice/pneumatice, pârghii și motoare hidraulice sau combinații ale acestora, care susține efortul la efectuarea unor activități fizice, sporind capacitatea fizică și rezistența în timp. În prezent s-au dezvoltat mai multe tipuri de exoschelete spinale, care sunt folosite preponderent pentru persoane în vârstă sau cu dizabilități, dar și în domeniul construcțiilor de diferite tipuri, acestea necesitând o activitate intensă și de lungă durată ce poate duce la vătămarea pe termen lung a coloanei vertebrale.

Principalul obiectiv al acestei lucrări este dezvoltarea unui produs inovativ de tip exoschelet purtabil pentru menținerea unei poziții ideale a corpului în timpul zilei.

2. Stadiul actual

În acest capitol se realizează o analiză de piață cu privire la produsele existente și necesitățile clienților. Analiza se face în funcție de segmentul de piață vizat având ca obiectiv necesitatea și posibilitatea implementării unui nou produs.

2.1 Selectarea potențialilor clienți

Segmentul de piață vizat cuprinde persoane ce își desfășoară activitatea cu preponderență în corporații, într-un mediu de lucru ce nu necesită foarte multă activitate fizică. Prin urmare, aceste persoane sunt expuse unor riscuri ce implică apariția deformării coloanei vertebrale și anume, boli precum cifoza, scolioza, lordoza.

2.2 Date culese de la potențialii clienți

Ancheta de piață asupra potențialilor clienți s-a realizat prin intermediul unui chestionar. La acest chestionar au răspuns 30 de persoane alese în funcție de segmentul de piață stabilit anterior. În urma răspunsurilor primite se au în vedere următoarele concluzii:

- Dintre persoanele intervievate 93% își desfășoară activitatea profesională la birou, iar 7% își desfășoară activitatea pe teren.

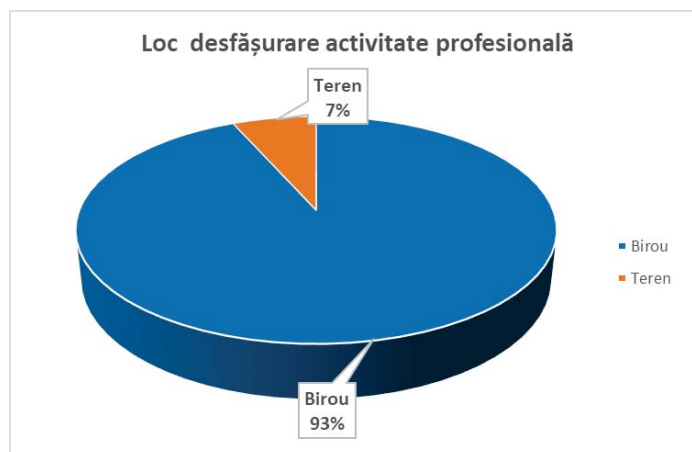


Fig. 1 Desfășurare activitate profesională

- 44% dintre persoane se confruntă des cu dureri de spate datorită activității profesionale statice și 23% dintre persoane se confruntă foarte des cu durerile de spate

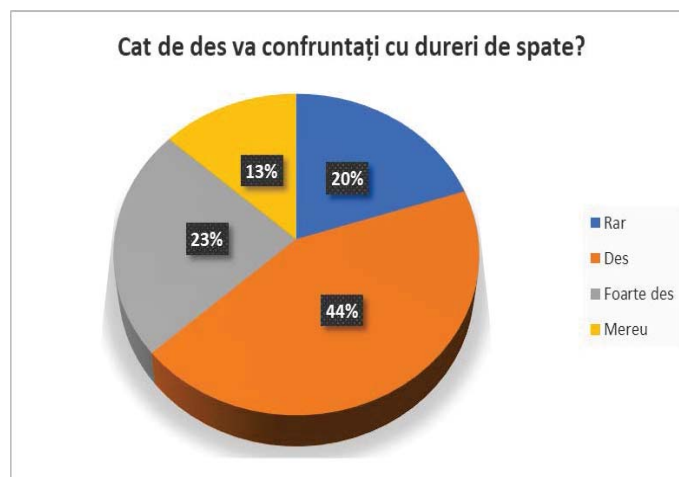


Fig. 2 Frecvența apariției durerii de spate

Durerea de spate este o problemă ce apare frecvent; poate să apară ocazional sau poate fi cronică.

- Pentru 67% dintre clienți ar fi util un produs pentru corectarea posturii și pentru 0% dintre clienți nu ar fi deloc util un asemenea produs

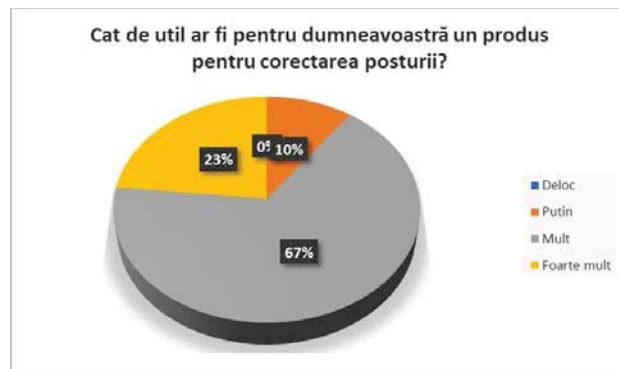


Fig.3 Utilitate produs pentru corectarea posturii

- 27% dintre persoane folosesc deja un produs pentru corectarea posturii, iar 73% încă nu au folosit

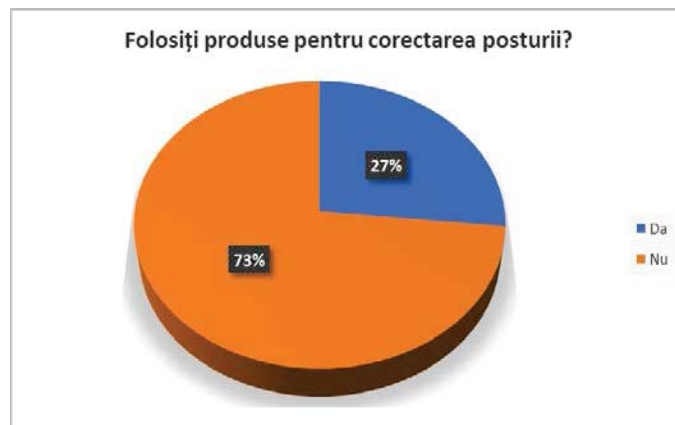


Fig.4 Utilizare produse pentru corectarea posturii

- Produsele cunoscute pentru corectarea posturii de către persoanele intervievate sunt:
 - ✚ corector de spătar
 - ✚ corset medical
 - ✚ tijă metalică în coloană
 - ✚ centură pentru spate
 - ✚ spătar
 - ✚ un produs opțional care se poate atașa spătarului scaunului de birou
 - ✚ scaune speciale
 - ✚ pernă lombară
 - ✚ centură, ham
- Persoanele intervievate doresc să îmbunătățească la un asemenea produs următoarele caracteristici: materialul, posibilitatea de a ajusta poziția produsului în funcție de nevoi, modul de strângere al curelelor, facilitatea de montaj/ utilizare, confort deoarece aceste produse sunt dificil de utilizat vara; geometrie potrivită pentru spate, în funcție de persoanele ce utilizează produsul, flexibilitate și ușurința de purtare, modul de prindere al produsului.

- Majoritatea potențialilor clienți doresc un produs dintr-un material ușor, confortabil atât iarna, cât și vara.
- 76% dintre persoane sunt cu vârste cuprinse între 30-40 ani și 57% sunt de sex feminin

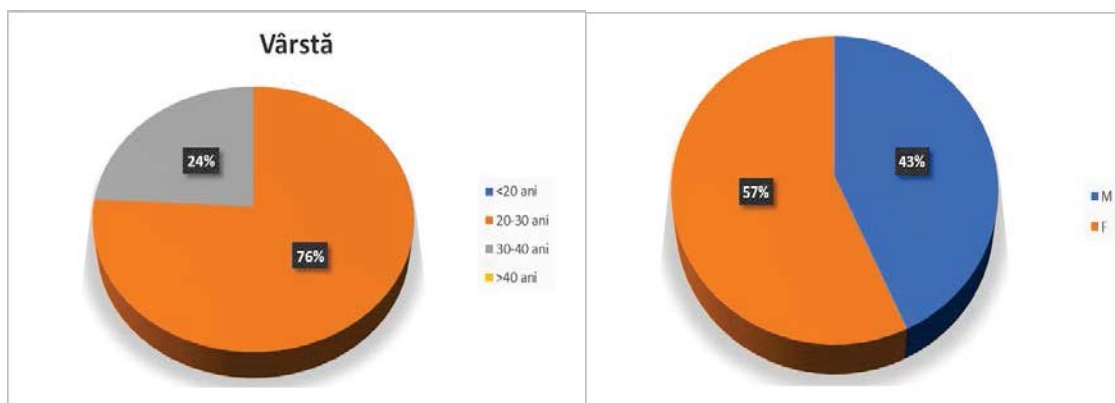


Fig. 5 Date despre potențialii clienți

Nevoia unui produs pentru corectarea posturii vine de la adoptarea unei posturi incorecte în fața calculatorului, în timpul orelor de lucru.

În urma analizei profilului persoanelor intervievate se poate observa că bolile coloanei vertebrale pot apărea încă de la vârste cuprinse între 20-30 de ani.

Neadoptarea unei posturi corecte în fața calculatorului poate duce la următoarele afecțiuni:

- Cifoza (cocoșa) – apare atunci când o persoană stă în fața calculatorului cu umerii îndreptați în față, astfel generând o formă curbată a coloanei

Simptomele cifozei sunt: dureri de spate, sensibilitate la nivelul coloanei și chiar oboseală. Cu toate acestea, în faza de debut, această boală nu prezintă niciun simptom, ea evoluând silențios și modificând aspectul corpului.

- Lordoza este o altă afecțiune întâlnită, fiind de fapt o deviație a coloanei vertebrale. Un simptom important în lordoza este proeminența bazinului înspre posterior. O cauză favorizantă la femei este purtarea încălțămintei cu tocuri înalte, determinând înclinarea bazinului înainte și a trunchiului înapoi.

De cele mai multe ori însă, principala cauză de apariție a lordozei este poziția incorectă a corpului atunci când persoana stă la birou mult timp.

Majoritatea potențialilor cumpărători doresc să cheltuiască pe un produs de corectare a posturii între 80-150 de lei.

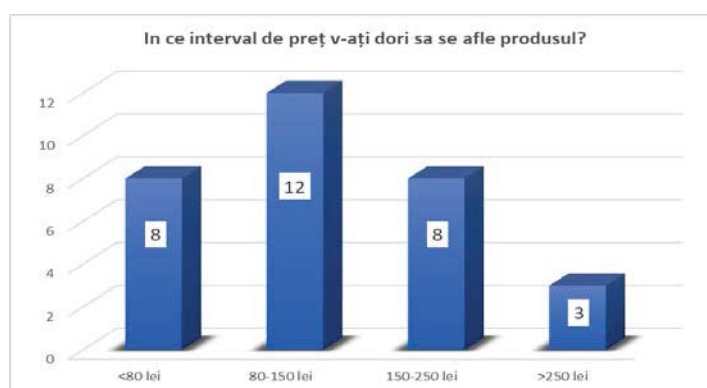


Fig.6 Preț produs

2.3 Date despre produse concurente

Pe piață se află numeroase tipuri de produse pentru corectarea posturii corpului uman. Printre acestea se enumeră:

- Centura pentru corectarea posturii
- Orteză toracică
- Centura pentru îndreptarea umerilor
- Corset
- Corector de postura cu inserții metalice

După o cercetare amănunțită a produselor existente pe piață, s-au găsit următoarele tipuri de produse concurente:



Fig. 7 Centură pentru îndreptarea umerilor



Fig.8 Orteză

- a) Centura de corectare a posturii obligă persoana să stea în poziția cea mai sănătoasă, recomandată de toți medicii ortopezi, și care presupune: privirea mereu înainte, umerii orizontali și ușor împinși în sus, spatele drept și care își păstrează linia naturală în formă de S, abdomenul tras spre interior, fără să fie încordat și greutatea corpului repartizată pe întreaga talpă.



Fig. 9 Corector postură spate și claviculă



Fig. 10 Orteză pentru coloana vertebrală

- b) Orteza toracică elastică ajută la corectarea pozițiilor vicioase ale coloanei toracale, prevenirea apariției bolilor asociate cu ținuta incorectă a corpului uman, insuficiența sistemelor respirator, cardiovascular, digestiv.



Fig. 11 Orteza toracică



Fig. 12 Corector de postură

- c) Centura pentru îndreptarea umerilor este un produs destinat copiilor și adolescenților cu defecte de postură, care au spatele îndoit sau care au căzuta cutia toracică. Aceasta forțează în mod eficient menținerea posturii corecte și este recomandată persoanelor adulte în cazul afecțiunilor discurilor intervertebrale la nivel toracic.



Fig.13 Corset pentru îndreptarea coloanei

- d) Corsetul te ajută să obții o poziție corectă a coloanei vertebrale, te ajută să scapi de dureri și să previi afecțiunile cauzate de o postură incorectă. Imediat după fixarea corectă a corsetului benzile elastice aliniaza umerii în poziția potrivită. Corsetul se poartă câteva ore pe zi.



Fig. 14 Orteza

- e) Corectorul de postură cu inserții metalice este destinat atât profilaxiei deformărilor siluetei cât și pentru tratamentul diferitelor patologii ce afectează coloana vertebrală precum scolioza, cifoza, “spate rotund”.

Deși majoritatea produselor de acest fel par să aibă o eficiență foarte mare, s-a constatat că există persoane care nu au simțit modificări în urma utilizării acestor produse, nu au ajutat nici la corectarea posturii și nici la diminuarea durerii.

3. Dezvoltare produs nou

În urma cercetării de piață cu privire la un nou produs de corectare a poziției corpului uman și nevoia de a realiza un astfel de produs, s-au organizat sesiuni de brainstorming pentru a dezvolta diferite concepte și de a alege cea mai bună variantă pentru un produs inovativ.

În urma sesiunilor de brainstorming s-au schițat următoarele concepte:

- **Concept 1** - Prin acest concept se dorește adoptarea unei posturi corecte a corpului uman care să mențină coloana vertebrală în poziția ideală cu ajutorul unor electromagneți dispuși pe o bandă flexibilă de cauciuc.

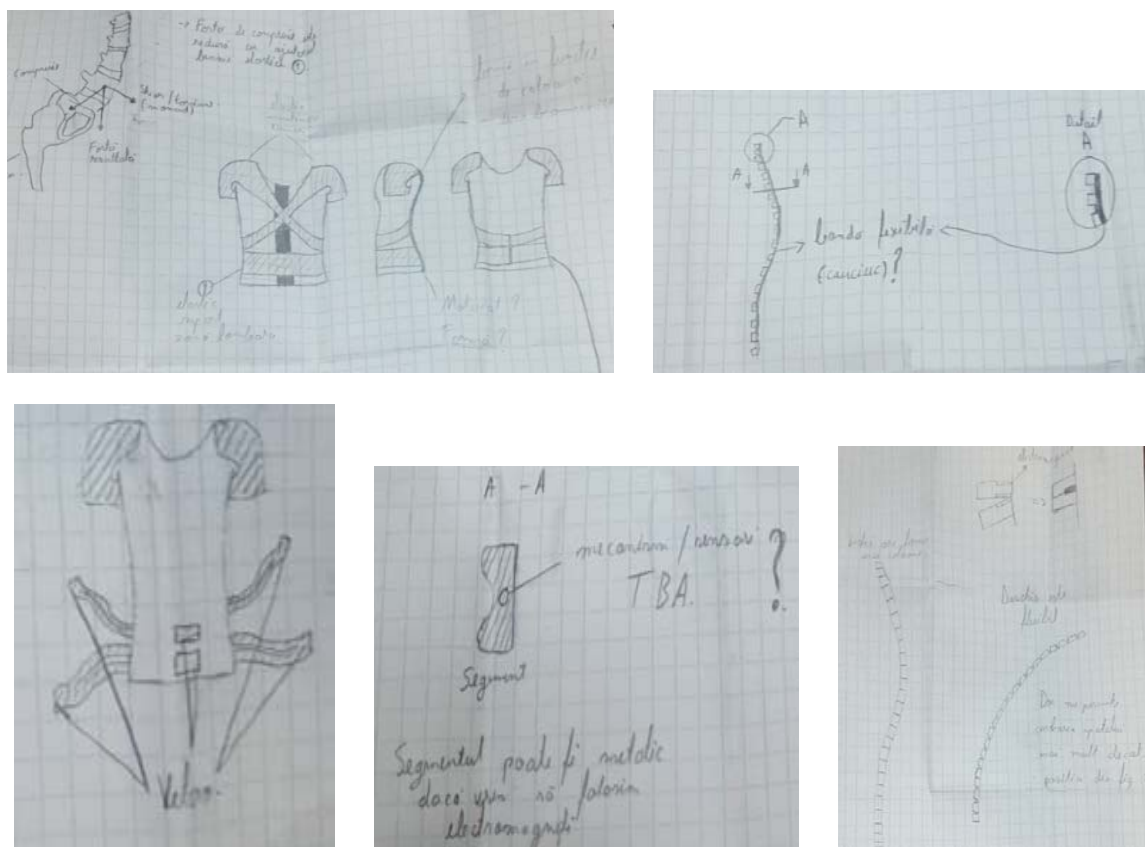


Fig. 15 Concept 1

- **Concept 2** - Prin acest concept se încearcă corectarea posturii cu ajutorul benzilor elastice și a unui element fix dispus pe coloana vertebrală, însă principalul defect sunt benzile elastice ce jenează utilizatorul sub braț.



Fig.16 Concept 2

- **Concept 3** - Prin acest concept s-a urmărit dispunerea diferită a benzilor elastice.

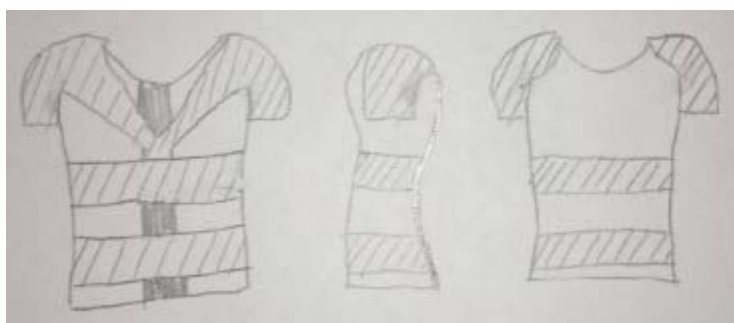


Fig.17 Concept 3

- **Concept 4** - Acest concept a fost dezvoltat pornind de la ideea unui corset fără mâneci. Principalul defect al acestui concept a fost acela că benzile elastice nu erau suficiente pentru a îndrepta postura corpului uman.

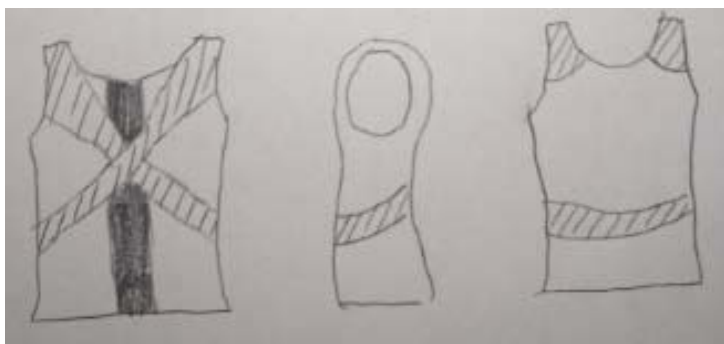


Fig. 18 Concept 4

3.1 Stabilire specificații

Pentru produsul “**Exoschelet pentru corectarea posturii**” s-au stabilit următoarele specificații:

- Tip produs: corector postură
- Mărimi diferite în funcție de greutatea corpului uman:

Tabelul 1 - Tabel mărimi produs exoschelet

Mărime	XS	S	M	L	XL
Circumferința toracelui (cm)	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120

- Greutate produs (relativ ușor – aproximativ 1 kg)
- Pentru: femei și bărbați
- Material: format din 78% poliester și 22% nailon
- Timp purtare: 6 ore/zi
- Reglabil
- Grad de elasticitate: ridicat
- Mod întreținere: 30° la spălare
- Grad de fixare: semi-rigid

Folosind instrumentul de management și anume, benchmarkingul de produs, se compară caracteristicile, funcționalitățile și performanțele produselor concurente.

Prin analiza acestor elemente, se observă că produsele au caracteristici funcționale asemănătoare în ceea ce privește materialul, dimensiunile și durata de purtare a produselor.

Din analiza produselor concurente se observă că nu există un parametru sau senzor(i) pentru a indica poziția ideală a corpului, benzile elastice folosite pentru produsele concurente se uzează în timp, având ca și consecința adoptarea unei posturi incorecte.

Făcând o comparație între produsele concurente și conceptul realizat, se observă că majoritatea produselor existente nu prezintă un element pentru susținerea întregii coloane vertebrale, iar aceste produse se dovedesc a fi inutile în timp.

3.2 Proiectare conceptuală

În urma cercetării de piață cu privire la un nou produs de corectare a posturii, s-a proiectat un prim concept:



Fig. 19 Exoschelet pentru corectarea posturii 1

Acest produs funcționează cu ajutorul unor electromagneți dispuși pe o bandă flexibilă din cauciuc. Prin acționarea unui buton electromagneții se atrag și cu ajutorul benzilor elastice, coloana vertebrală este adusă într-o poziție ideală.

În urma proiectării, acest produs s-a dovedit a fi greu de realizat din cauza electromagneților care jenuau utilizatorul, cât și de asemenea, întâmpinarea unor dificultăți în vederea proiectării produsului.

Ulterior, acest produs a fost îmbunătățit, iar benzile cu electromagneți au fost înlocuite cu două servomotoare și au fost adăugați doi senzori pentru compararea în permanență a poziției utilizatorului cu poziția ideală, cât și pentru alertarea utilizatorului în cazul în care se adoptă o poziție incorectă.



Fig. 20 Exoschelet pentru corectarea posturii 2

3.4 Descriere funcționare

Produsul “*Exoschelet pentru corectarea posturii*” ajută la obținerea unei poziții corecte a spatelui, diminuarea durerilor și prevenirea afecțiunilor cauzate de o postură incorectă.

După ce produsul este reglat corespunzător (în funcție de dimensiunile utilizatorului) pe corpul uman, benzile elastice aliniaza umerii în poziția corectă cu ajutorul servomotoarelor. Servomotoarele au rolul de a strânge treptat benzile elastice până în momentul în care umerii ajung în poziția corectă (figura 21).



Fig. 21 Servomotor 1

Cel de al doilea servomotor acționează banda elastică pentru zona lombară, această bandă preia parțial presiunea de pe această zonă și permite menținerea unei posturi corecte (figura 22).



Fig. 22 Elemente componente

Servomotoarele funcționează cu ajutorul unor acumulatori (figura 22). Totodată sunt atașați și doi senzori pentru a comunica în permanenta poziția corpului utilizatorului.

În momentul în care utilizatorul adoptă o poziție greșită, senzorii compară poziția ideală a coloanei vertebrale cu poziția utilizatorului, iar servomotoarele se declanșează și benzile elastice aliniază umerii în poziția corectă.

Principalele beneficii în utilizarea produsului “Exoschelet pentru corectarea posturii” sunt următoarele:

- obținerea unei poziții corecte a spatelui
- eliminarea durerilor din zona spatelui și zona umerilor
- împiedicarea deformării coloanei vertebrale și apariția cocoșei, prevenind astfel spondiloza, scolioza, cifoza și alte afecțiuni ale spatelui
- reducerea stresului și îmbunătățirea funcțiilor organelor

3.3 Arhitectura produsului

În acest capitol se urmărește realizarea arhitecturii produsului “Exoschelet pentru corectarea posturii”, iar pentru aceasta s-au folosit date din domeniul biomecanicii coloanei vertebrale și simularea unei analize FEA cu ajutorul instrumentului de proiectare asistată de calculator.

Coloana vertebrală formează organul axial al corpului uman, o structură heterogenă complexă rezultată din succesiunea alternantă a 33-35 de unități rigide -vertebrele- cu 23 unități deformabile - discurile intervertebrale. La naștere o coloană care combină rezistența cu flexibilitatea, permițând o protecție maximă a măduvei spinării în condițiile unei restricții minime a mobilității. Ca o adaptare la poziția de ortostatism, coloana vertebrală prezintă curburi care îi cresc de zece ori rezistența în comparație cu o coloană rectilinie, permit absorbția șocurilor în timpul locomoției și îi facilitează mobilitatea în direcții preferențiale. [1]

Din punct de vedere biomecanic, rahisul funcționează ca o coloană flexibilă multisegmentată, fixată la bază de suportul pelvin. În plan sagital prezintă curburi tipic umane necesare păstrării ortostatismului, absorbției șocurilor și creșterii rezistenței la încovoiere. Modelul acestor curburi este derivat de la curbura primară fetală, occipito-coccigiană (figura 16). Cifoza toracală (2) rezultă direct din modificarea curburii primare, fiind întinsă între T2 –T12. În primele luni de viață extrauterină se conturează lordoza cervicală (1) care evoluează odată cu ridicarea capului copilului și se definitivează în ortostatism. Se întinde între C1-T2, cu apexul la C4-C5. Lordoza lombară (3) apare când copilul stă în poziție șezândă și crește după ce învață să meargă. Cifoza sacrată (4) aparține coloanei fixe, întinsă între joncțiune și vârful coccisului, reprezentând partea caudală a curburii primare. [1]

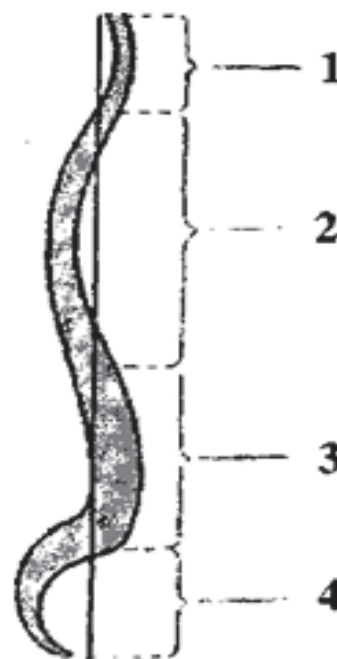


Fig. 23 Curburile sagitale ale coloanei vertebrale

În vederea studiului materialului s-a realizat o analiză FEA printr-o simulare statică asupra unui material textil elastic.

Proprietățile materialului sunt determinate printr-un modul al lui Young de 150N/m^2 și o densitate de 15 kg/m^3 .

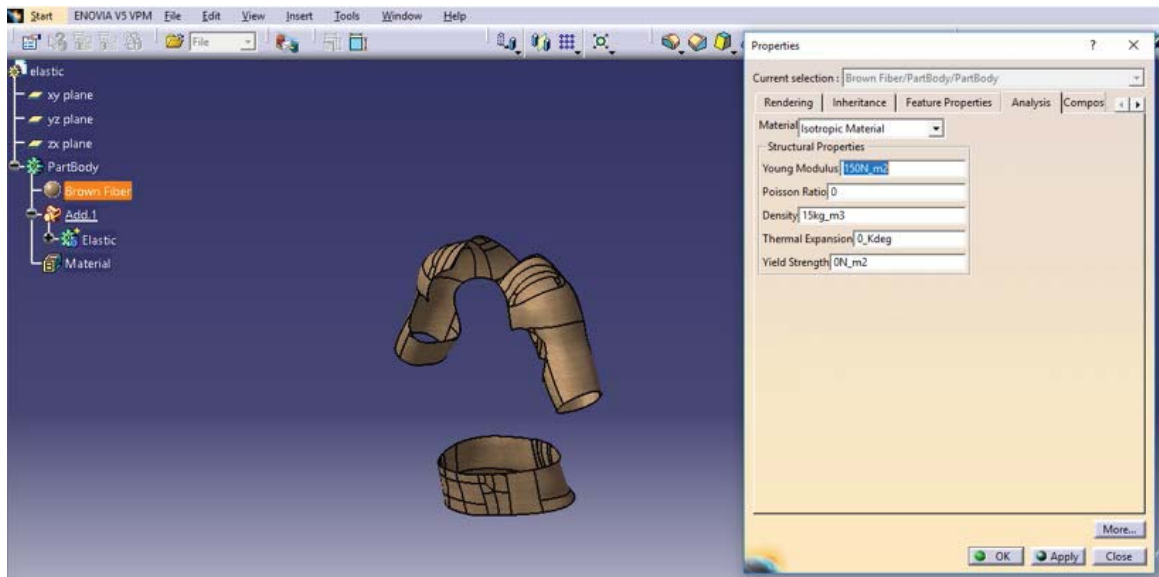


Fig. 24 Date de intrare

În urma aplicării unei forțe de 20 N, prin simulare s-au constatat următoarele:

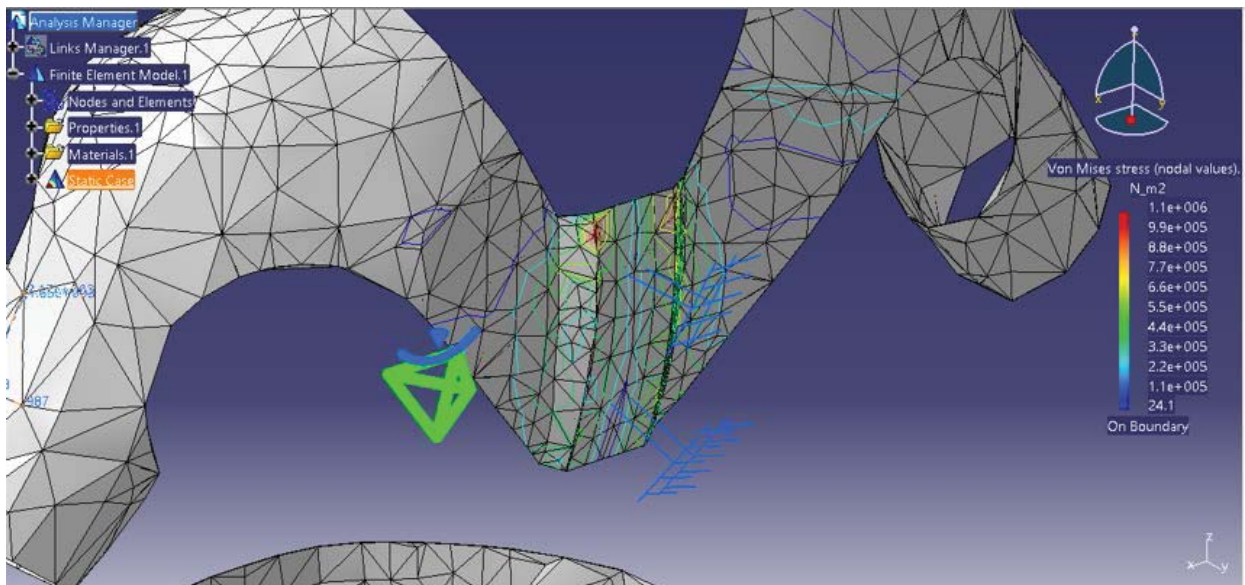


Fig. 25 Analiza statică 1

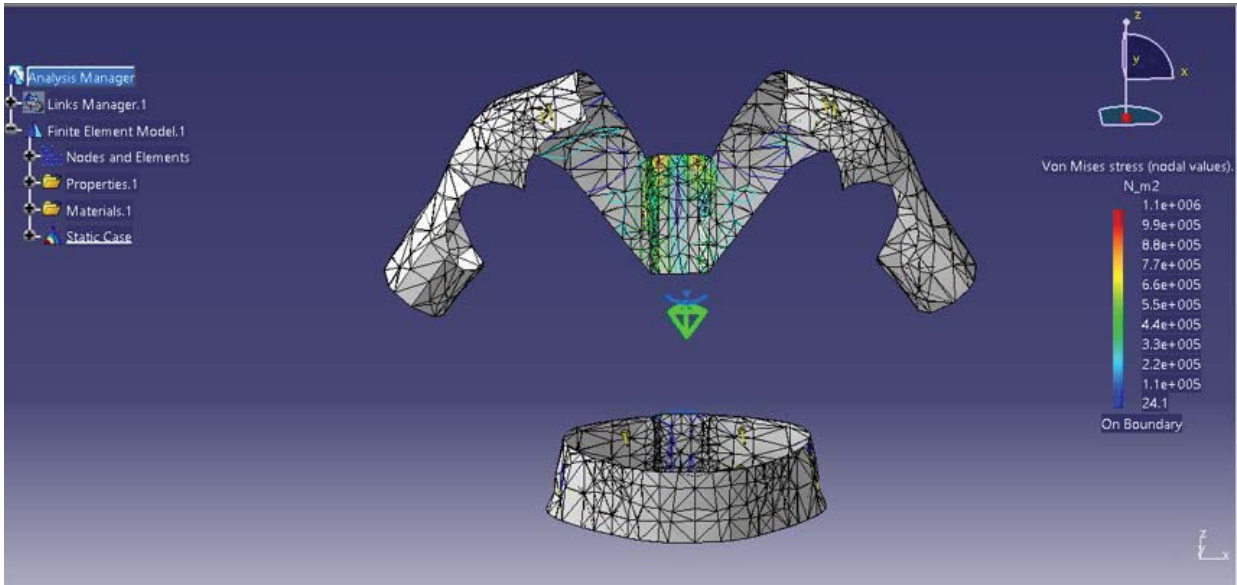


Fig. 26 Analiza statică 2

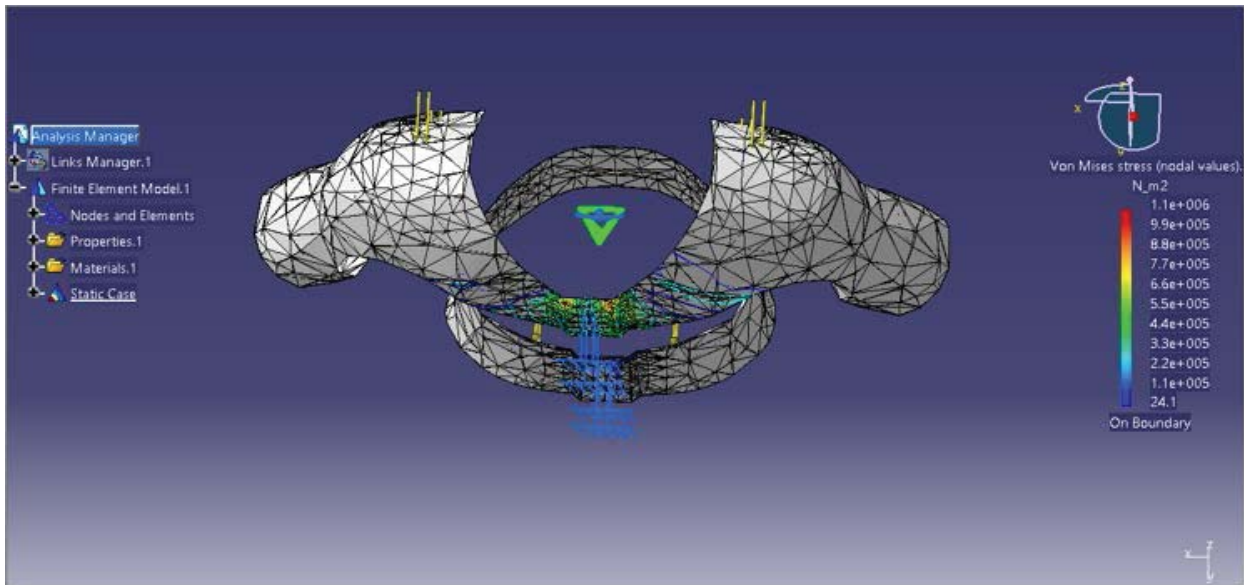


Fig. 27 Analiza statică 3

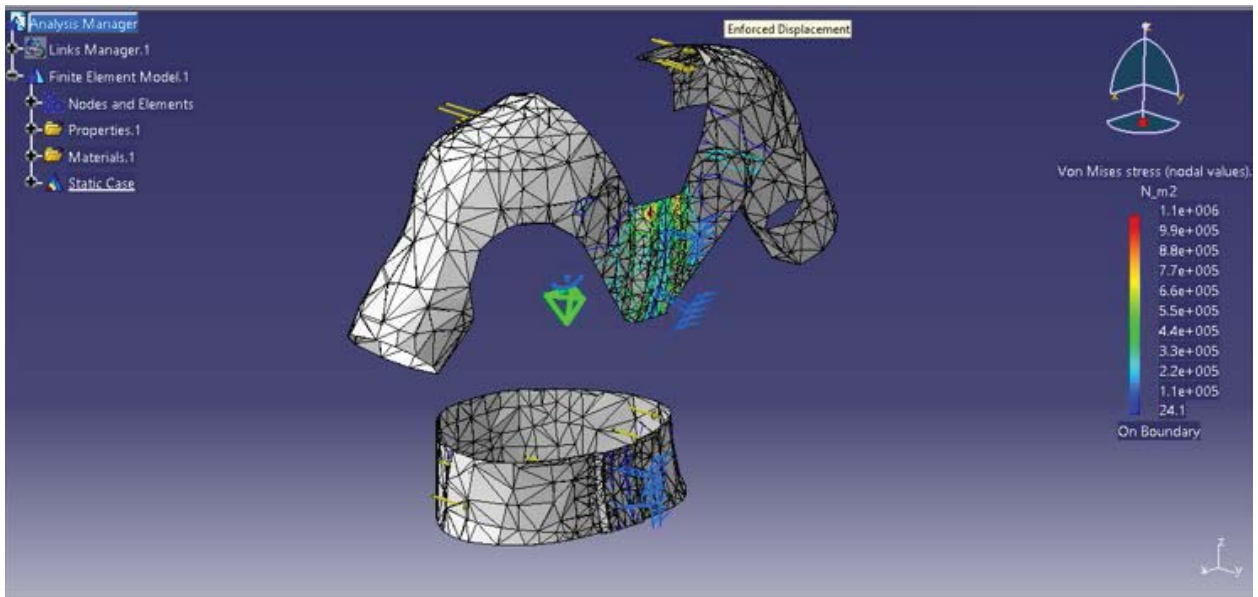


Fig. 28 Analiza statică 4

Asupra zonei toracale posterior coloanei vertebrale este exercitată o forță net superioară celorlalte zone. De aceea se consideră necesară rigidizarea acestei zone.

În ceea ce privește analiza de mai jos, trebuie să se utilizeze un material cu un modul de elasticitate mai mic pentru o mai bună imobilizare a pacientului în exoschelet (figura 29, figura 30)

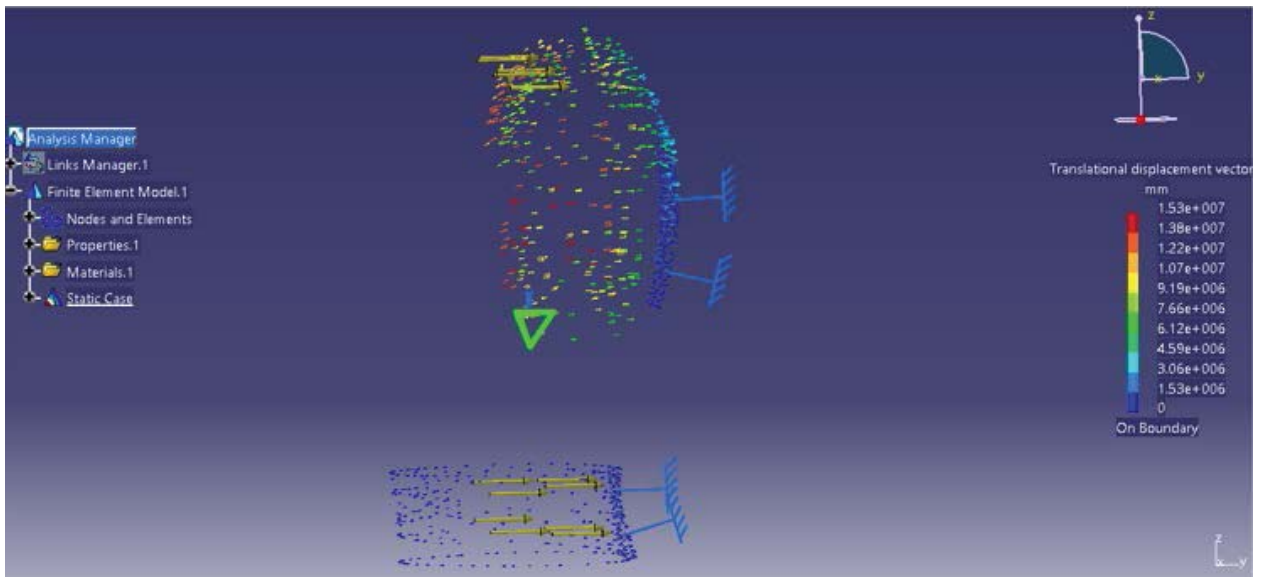


Fig. 29 Deplasare material 1

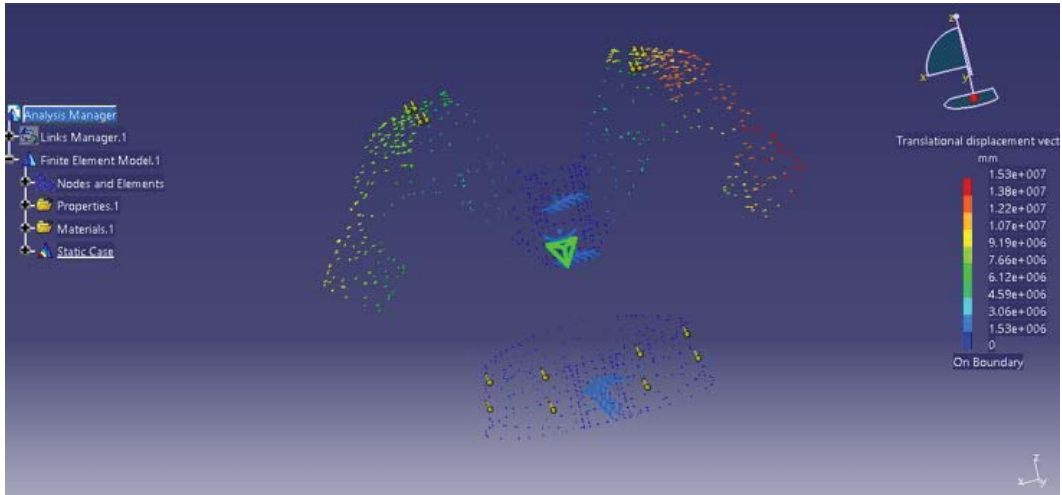


Fig. 30 Deplasare material 2

În concluzie, în figurile de mai sus este prezentată deplasarea materialului atunci când se aplică o forță de 20N.

Pentru un grad mai mare de confort în ceea ce privește purtarea exoscheletului pentru corectarea posturii, trebuie utilizat un material lejer, care să nu rețină transpirația și să mențină temperatura corpului constantă pentru ca acesta să poată fi utilizat în orice anotimp.

După o analiză a materialelor existente, s-a optat pentru un material format din 78% poliester și 22% nailon, material ce prezintă o tehnologie ce permite reglarea țesăturii în funcție de temperatura corpului. Principiul de funcționare al materialului este următorul: în momentul în care temperatura corpului este mai ridicată țesătura se deschide pentru a permite aerului să pătrundă și în momentul în care temperatura corpului este mai scăzută, materialul izolează căldura eliberată de corp.

6. Concluzii

În concluzie, produsul “Exoschelet pentru corectarea posturii” provine în urma necesității clienților a unui produs de înalta calitate cu privire la corectarea posturii corpului uman și ameliorarea durerilor, probleme ce sunt întâlnite din ce în ce mai des.

Principalul obiectiv al acestei lucrări a fost atins prin cercetarea pieței și aducerea elementelor de noutate asupra produsului .

Produsul prezintă ca și elemente de noutate senzori pentru detectarea poziției incorecte și servomotoare ce ajută la aducerea corpului în poziția corectă.

“Exoscheletul pentru corectarea posturii” este conceput astfel încât să-i permită clientului utilizarea produsului pe o perioadă mai mare de timp, fără să aibă elemente care să îi producă disconfort. Servomotoarele de acționare a benzilor elastice pot fi reglate, astfel încât utilizatorul poate decide gradul de strângere al produsului.

Pentru partea centrală a produsului se va alege un material rigid care să faciliteze modul de acționare al benzilor elastice în momentul în care senzorul se va declanșa.

8. Bibliografie

[1] Baciu C., Anatomia funcțională și biomecanica aparatului locomotor, București, Ed. Sport-Turism, 1977