

## **PIELEA ARTIFICIALĂ CARE SE REPARĂ SINGURĂ-UN MATERIAL-MINUNE PENTRU MEDICINA VIITORULUI**

**Bianca-Ștefania MANOLE**

**Răzvan PREDA**

Conducător științific: Ș.L. dr. ing. **Delicia ARSENE**

Ș.L. dr. ing. **Larisa BUȚU**

**REZUMAT:** Pielea artificială este folosită din ce în ce mai des în medicină, în zilele noastre, semnificând un adevărat progres în găsirea unui înlocuitor al pielii umane. Pielea artificială constituie stratul exterior al noilor generații de proteze, aceasta reușind să le redea utilizatorilor, într-un procent foarte ridicat, capacitățile tactile. Cercetătorii au implantat între 8000 și 10000 de receptori pe suprafața țesutului artificial, astfel încât acesta să fie capabil de a simula o experiență cât mai apropiată de cea reală. Pielea artificială ar putea, de asemenea, să ajute la dezvoltarea unui sistem care să sporească precizia datelor colectate de către roboți.

**CUVINTE CHEIE:** piele artificială, proteză, receptori, roboți

### **1.INTRODUCERE**

Pielea reprezintă o suprafață receptorie extrem de vastă, care asigură o sensibilitate diversă, protejează corpul de leziuni mecanice și microorganismele, participă la secretarea unor produse finale ale metabolismului și îndeplinește de asemenea un important rol de termoregulație, execută funcțiile de respirație, conține rezerve energetice, leagă mediul înconjurător cu tot organismul.

Suprafața pielii nu e uniformă, pe ea fiind prezente orificii, cute și proeminente.

Pielea umană este o structură cu proprietăți excepționale: flexibilă, sensibilă la stimuli, rezistentă, capabilă de a transmite semnale electrice și, mai ales, capabilă să se vindece singură. Cercetătorii de la Universitatea Stanford, SUA, au reușit performanța excepțională de a realiza un material sintetic

care prezintă, în bună măsură, aceste caracteristici ale pielii umane.

Ei au reușit să fabrice un polimer flexibil, electroconductor și care se auto-repară.



*Fig.1.Piele artificială*

## 2. PIELEA ARTIFICIALĂ VINDECĂ RĂNILE ȘI REDUCE CICATRICILE

Un prototip de piele artificială folosită pentru vindecarea rănilor a fost realizat de cercetătorii britanici. Aceștia susțin că pielea artificială pare să fie asimilată mult mai bine de organism decât toate celelalte tipuri de substituenți de piele folosiți în trecut. Cercetătorii speră că acești substituenți vor deveni o alternativă la grefele de piele.

În prezent, cea mai bună metodă de a trata arsurile sau rănile foarte mari este să se preleveze piele din altă parte a corpului pacientului și să se grefeze pe zona afectată. Dar zonele de unde este prelevată pielea sunt afectate, deci o altă metodă, cum este cea a pielii artificiale, ar fi bine venită. Cercetătorii britanici cred că această ultimă versiune de piele artificială este foarte bună pentru tratarea leziunilor majore ale pielii. Pielea artificială este creată dintr-o matrice făcută din fibrină, o proteină care se găsește în rănile în curs de vindecare. La aceasta se adaugă celulele de tip fibroblast - celule folosite de organismul uman în sintetizarea unor noi țesuturi. Într-un proces care efectiv copiază metoda prin care organismul reface pielea în zonele afectate, celulele produc și eliberează o altă proteină, colagenul, care face matricea și mai stabilă. În această formă pielea artificială este aplicată pe zonele afectate. Cercetătorii spun că datorită faptului că matricea are o formă stabilă este mult mai rezistentă la schimbările care au loc în timpul procesului de vindecare a rănilor.

Cercetătorii au efectuat teste pe 6 voluntari cărora le-au luat o porțiune de piele de pe braț și au pus în locul respectiv o grefă de piele artificială realizată în laborator. După 28 de zile pielea artificială se integrase în organismul primitiv, rănile se vindecaseră iar cicatricile rămase erau destul de mici. Părerile experților au

fost împărțite, unii susțin că pielea artificială poate face minuni, alții spun că trebuie făcute teste serioase, nu pe persoane sănătoase și cu răni mici făcute în laborator, ci pe persoane care chiar au suferit arsuri reale. Această descoperire constituie încă un pas înainte în medicină și se preconizează că multe cazuri medicale vor avea o rezolvare mai bună și mai rapidă datorită acestei descoperiri.

În ultimul deceniu, au luat avânt cercetările în domeniul așa-numitelor „dispozitive electronice epidermice”, circuite electronice subțiri și flexibile ce pot fi purtate atașate pe piele sau pot oferi senzații tactile purtătorilor de proteze ale membrelor. Problema este că siliciul, materialul de bază utilizat în industria electronică, nu este flexibil, astfel încât multe proiecte de cercetare s-au axat pe căutarea unor moduri de a produce senzori electronici flexibili.

În paralel, există un interes crescând pentru polimerii care se auto-repară și au fost dezvoltate câteva asemenea materiale; în 2008, de exemplu, a fost prezentat un cauciuc special, capabil să își mențină proprietățile mecanice chiar după mai multe „runde” de rupere și auto-reparare.

Specialiștii de la Universitatea Stanford au combinat aceste două concepte, realizând un polimer capabil de auto-reparare mecanică, dar și bun conducător de electricitate, prin incorporarea unor atomi de nichel care permit electronilor să „sară” de la un atom metalic la altul. Materialul este, de asemenea, sensibil la presiune și torsiune, deoarece aplicarea unor asemenea forțe modifică distanțele dintre atomii de nichel, afectând capacitatea electronilor de a trece de la un atom la altul și modificând astfel rezistența electrică a polimerului.

Pentru a demonstra că materialul își poate recăpăta proprietățile chiar după ce a fost supus

unor acțiuni distructive, cercetătorii au tăiat efectiv o bucată din el cu un bisturiu; după ce au unit și apăsă marginea tăiată timp de 15 secunde, au constatat că fragmentul de polimer nu numai că și-a redobândit integritatea, dar și-a recăpătat și conductivitatea în proporție de 98%. Iar operațiunea poate fi repetată de zeci de ori, cu același rezultat.

Rămâne de văzut dacă „auto-vindecarea” funcționează și în cazul în care polimerul este nu tăiat cu un bisturiu - ceea ce produce o tăietură precisă, fără deformări mecanice semnificative în jurul ei - ci supus unor acțiuni ce produc deformări și deteriorări mai avansate ale structurii.

Între timp, inventatorii se preocupă să facă „pielea artificială” mai elastică, deoarece, deși flexibilă, actualmente nu suportă întinderea. Elasticitatea sporită ar însemna un pas înainte, spre următoarea generație de materiale de acest gen.

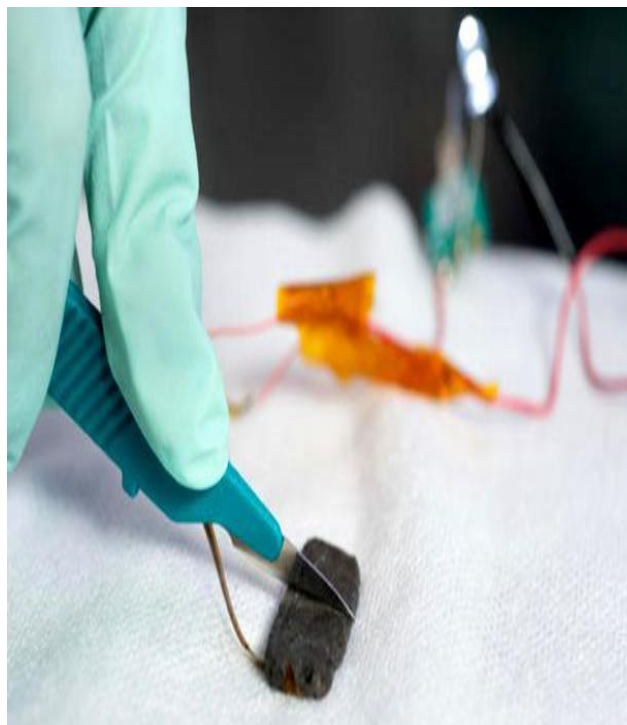


Fig. 2. Verificarea prototipului

### 3. CU PIELEA ARTIFICIALĂ PROTEZELE CAPĂTĂ PROPRIETĂȚI TACTILE

Atunci când pierzi un braț sau un picior, vei pierde mai mult decât membrul fizic: Ai pierdut simțul tactil. Asta este o problemă. Fără a atinge, nu contează cât de inteligentă este proteza, aceasta o să se simtă ca o fantomă a fostului tău membru.

Cu toate acestea, simțul tactil rămâne un lucru complex pentru a fi imitat. El se bazează pe milioane de receptori de atingere mici încorporați în piele, care receptează fiecare stimul și apoi îl transmite la creier prin căi neuronale. Acum, cercetătorii fac în cele din urmă progrese în construirea de ceva asemănător în acest sens, cu multiple implicații: O echipă de la Universitatea Stanford a creat "piele" artificială, care se poate întinde, îndoii, și transmite impulsuri nervoase direct la creier. Cercetarea, condusă de inginerul chimist Zhenan Bao, a fost publicată în revista Science.

Membrele protetice de azi sunt deja mai mult decât inteligente. În acest an, pentru prima dată, pacienții cu paralizie au demonstrat capacitatea de a-și muta membrele protetice, folosind doar gândurile lor, ca parte a unui proiect de cercetare DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Acești pacienți au fost echipați cu o interfață creier-computer care a transmis în mod direct comenzile creierelor lor la mașinile pe care le manipula. Ei au fost capabili să dea mâna și să-și localizeze în spațiu membrele artificiale.

Dar, oricât de fascinantă este abilitatea de a controla proteze doar prin intermediul minții, viitoarele membre artificiale trebuie să fie capabile să facă mai mult. Fără simțul tactil, nu ar fi capabile să smulgă un strugure fără să-l spargă sau să-l strivească. Echipa lui Bao a găsit

o modalitate de a simula acest simț, ocolind nervii în totalitate, folosind materiale inteligente și senzori preciși. "Pielea" realizată de ei transmite impulsuri electrice direct la părțile creierului responsabile de atingere și de senzație, și ar putea fi folosit pe protezele controlate de minte, cum ar fi cele testate de DARPA.

Aceasta nu este prima incursiune în aducerea înapoi a simțului celor care l-au pierdut. Cercetătorii din trecut s-au folosit de nervi existenți la nivelul membrilor secționate pentru a transmite atingerea la alte părți ale corpului, în principal, prin utilizarea mecanismelor biologice proprii organismului, în moduri noi. De exemplu, cercetătorii de la Case Western Reserve University din Ohio au avut succes în atașarea capetelor de fascicule nervoase lezate la nivelul brațelor, la senzori electronici de protezare a pacienților. Acei pacienți au putut diferenția de la șmirghel la bumbac și la apa curgând pe dosul mâinilor lor. Munca lui Bao, în schimb, caută să construiască simțul tactil de la zero.

Comparativ cu mâna umană, desigur, experiența este un produs brut. Bao estimează că ea ar putea plasa până la 10.000 de senzori pe o mână prostetică; prin comparație, fiecare mână umană este echipată cu milioane de receptori de atingere. Cu toate acestea, după standardele tehnologice, îmbunătățirea este exponențială. Senzorii Bao sunt mici în comparație cu cei voluminoși pe care cercetătorii îi utilizează în prezent. Mai mult decât atât, aceștia sunt destul de preciși pentru a simți și de a transmite o serie de presiuni, de la "o atingere blândă la o

strângere de mână fermă", așa cum Bao a formulat. În viitor, acest tip de material ar putea fi folosit pentru a face membrele controlate de creier mai agile și mai placate.

Acel viitor este, probabil, destul de departe. Spre deosebire de cercetarea DARPA, pielea echipei Stanford a fost demonstrată doar la șoareci, care nu sunt întotdeauna cea mai bună folie umană. Dar, împreună cu alte progrese în domeniul membrilor prostetice, sugerează că protezele urmează să se îmbunătățească. (Într-un document separat în 2012, Bao și echipa sa au prezentat o "piele", realizată dintr-un material polimer care se poate auto-vindeca după ce a fost zgâriată.)

Cererile de aici sunt mai mari decât ar părea la prima vedere. "Replicarea unui simț tactil ar fi o provocare grandioasă", spune Bao. "În cazul în care putem face acest lucru, s-ar putea avansa dezvoltarea de tehnologii de care ar putea beneficia alte domenii". De exemplu, un strat subțire, flexibil de "piele" ar putea fi folosit pentru a dezvolta electronicele portabile; senzori mai buni și un contact mai extins cu pielea ar putea monitoriza semnele vitale, cu o precizie sporită. Aceste tipuri de senzori pot fi de asemenea folosiți pentru a spori chirurgia robotică. În prezent, când chirurgii controlează de la distanță roboți pentru a efectua operații delicate, ei nu simt nimic. Echiparea părților robotizate în interiorul pacientului cu pielea artificială, ar putea da chirurgilor feedback esențial pentru a îmbunătăți tehnicile chirurgicale.



*Fig. 3. Grefă*

#### **4. PIELEA ARTIFICIALĂ - INVENȚIA REVOLUȚIONARĂ CE LE VA PERMITE ROBOȚILOR SĂ SIMȚĂ FIECARE ATINGERE**

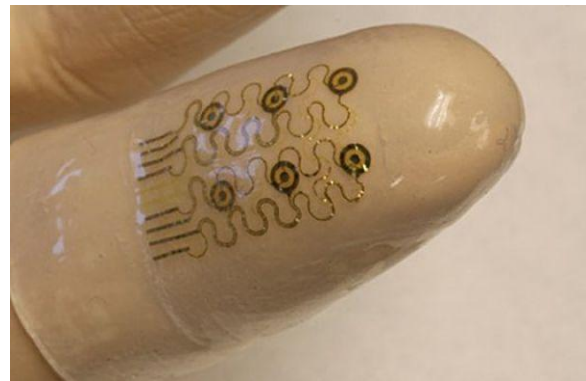
Folosind ceea ce ei numesc „agitație mecanică”, oamenii de știință de la Institutul de Tehnologie din Georgia susțin că au dezvoltat o matrice care poate simți atingerea cu un grad de sensibilitate echivalent cu cel al degetelor umane. Această invenție are potențialul de a duce la o mai bună dezvoltare a protezelor și a roboților.

Matricea transparentă și flexibilă folosește aproximativ 8.000 de tranzistori sensibili la atingere care generează independent semnale piezoelectrice, ceea ce înseamnă că ei emit electricitate atunci când sunt agitați mecanic.

Potrivit oamenilor de știință fiecare dintre acești tranzistori alcătuiesc un grup de 1.500 de nanofire de oxid de zinc care se conectează la electrozi printr-un fir subțire de aur, permițându-i astfel matricei să identifice schimbări ale

presiunii de minimum 10 kilopascali, la fel ca pielea umană.

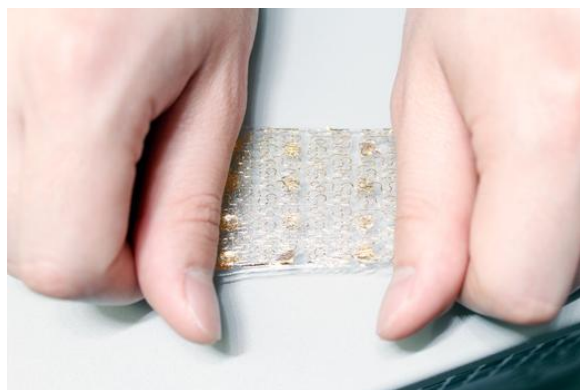
„ Orice mișcare mecanică, precum mișcarea brațelor sau a degetelor unui robot poate fi tradusă în semnale de control. Acest lucru ar putea permite dezvoltarea unei pielii artificiale mai inteligente și mai asemănătoare de cea umană. Îi va permite pielii să simtă activitatea de pe suprafața sa”, a declarat Zhong Lin Wang, coordonatorul studiului.



*Fig. 4. Circuite*



Mulți cercetători au visat la mimarea electronică a simțului tactil, însă echipa de la Institutul de Tehnologie din Georgia a avut o abordare nouă, măsurând mici schimbări de polarizare care apar atunci când materialele piezoelectrice precum oxidul de zinc sunt supuse sub stres mecanic. În acești tranzistori, schimbările piezoelectrice controlează cursul curentului prin nanofire.



*Fig. 5. Material piezoelectric*

„Este o tehnologie nouă fundamentală care ne permite să controlăm direct dispozitive electronice folosind agitația mecanică. Metoda ar putea fi utilizată într-o gamă largă de arii precum robotica sau interfață computer-om”, a adăugat prof. Wang.

## **5. IGOR SPETIC-RECĂPĂTAREA SIMȚURILOR**

Mâna lui Igor Spetic era strânsă când a fost tăiată de un ciocan de forjare, în urmă cu trei ani, în timp ce realiza o piesă de aluminiu la locul de muncă. Luni de zile după aceea, el a simțit un membru fantomă încă încheștat și care pulsa de durere. "În unele din zile m-am simțit la fel cum am făcut-o atunci când am fost rănit", își amintește el.



*Fig. 6. Igor Spetic*

A primit o proteză, dar pentru amputați ca Spetic, acestea sunt mai mult simple instrumente decât membre. Deoarece proteza nu poate transmite senzații, oamenii care le poartă nu pot simți atunci când au scăpat sau strivit ceva. Acum Spetic, 48 de ani, își recapătă parțial simțul prin electrozi conectați la nervii rămași în brațul său. Spetic este unul dintre cei doi oameni care iau parte la un proces de încercări aflat într-o fază inițială și pentru care este nevoit să meargă în Cleveland la Veterans Affairs Medical Center. Într-un laborator mâna lui prostetică este echipată cu senzori de forță, care sunt conectați la 20 de fire ce ies din antebrațul său drept. Acestea conduc la trei interfețe implantate chirurgical, cu o lungime de șapte milimetri, cu câte opt electrozi încapsulați într-un material polimer, care inconjoară trei nervi majori în antebrațul lui Spetic.

Traducerea informațiilor de la senzorii de pe proteza lui Spetic într-o serie de impulsuri electrice pe care interfețele le pot traduce în senzații. Această tehnologie "este produsul a de 20 de ani de cercetare", spune liderul studiului lui, Dustin Tyler, un profesor de inginerie

biomedicala la Case Western Reserve University și un expert în interfețe neuronale.

În februarie, anul curent, implanturile au fost amplasate și funcționează bine în teste, de mai mult de un an și jumătate. Grupul lui Tyler, bazându-se pe ani de cercetare în neuroștiința cu privire la mecanismele de semnalizare care stau la baza senzației, a dezvoltat o bibliotecă de modele de impulsuri electrice pentru a fi trimise nervilor brațului, care variază în intensitate și sincronizare. Spetic spune că aceste modele de stimulare diferite produc sentimente distincte și realiste în 20 de puncte pe mâna și degetele sale protetice. Senzațiile includ presare pe o bilă de rulment, presare pe vârful unui pix, atingerea unei mingi de bumbac sau atingerea șmirghelului, spune el.



*Fig. 7. Proteza*

În această zi, Spetic se confruntă cu o provocare simplă: a vedea dacă el poate simți un bloc de spumă. El a fost legat la ochi și echipat cu căști de anulare a zgomotului (pentru a se asigura că se bazează doar pe simțul tactil), iar apoi îi este plasat pe mâna deschisă larg blocul, și este atins pe umăr. Spetic închide proteza -o sarcină făcută posibilă prin interfețe comerciale existente la braț și raportează cu succes momentul în care el atinge blocul de spumă.

Deși rezultatele sunt promițătoare, cercetările care implică implanturi chirurgicale sunt consumatoare de timp. Finalizarea studiului pilot, rafinarea metodelor de stimulare, și lansarea studiilor clinice complete vor dura probabil 10 ani. Tyler este în curs de a finaliza, de asemenea, dezvoltarea unui dispozitiv electronic implantabil pentru a furniza stimuli ", astfel încât acest lucru nu este doar pe o masă de laborator, ci este integrată în nevoile societății", spune el. Și el lucrează cu producătorii de proteze pentru a integra senzori de forță și tehnologie de procesare a forței direct în versiunile viitoare ale dispozitivelor.

Când testele sunt finalizate, iar echipamentul este deconectat, contactul sensorial cu mâna lui Spetic se termină brusc. El spune că este "binecuvântat să cunoască acești oameni și să fie o parte din acest proiect". Dar el nu poate să nu-și imagineze ceea ce s-ar putea întâmpla pe viitor. "Ar fi frumos să știu că pot ridica un obiect, fără a fi nevoie să mă uit la el, sau să pot ține mâna soției mele", spune el.



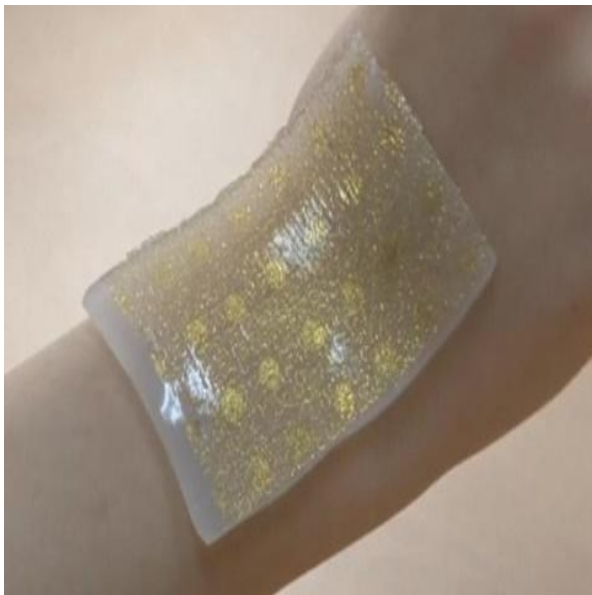
*Fig. 8. Testarea protezei*

## CONCLUZII



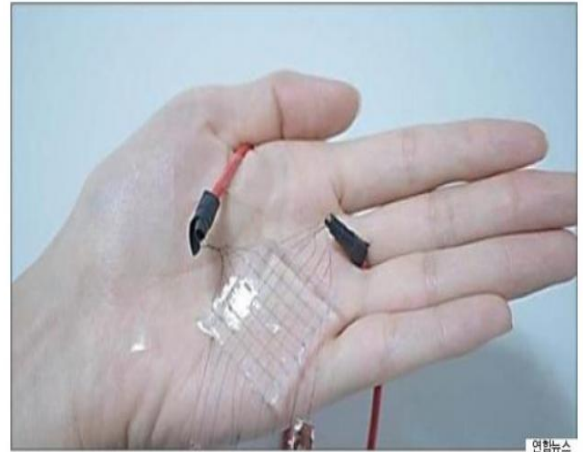
*Fig. 9. Membre prostetice*

- Pielea artificială începe să își dovedească utilitatea în medicina zilelor noastre, cu aplicații atât în cazurile de arsuri majore, cât și în cazurile persoanelor care și-au pierdut membre, redându-le acestora abilitățile chinestezice.



*Fig. 10. Implant de piele*

- Noile generații de proteze, acoperite de pielea artificială tind să copieze cât mai fidel proprietățile pielii umane. Tehnologia nu va fi folosită doar pentru persoane, ci și pentru a implementa mașinăriilor robotizate potențialul de a furniza date cât mai exacte.



*Fig. 11. Nanocircuit*

- Seriile de experimente au fost concretizate prin atașarea unui brat artificial în continuarea antebrațului subiectului Igor Spetic, el recâpătându-și simțul tactil, și totodată vindecându-i durerea cauzată de accident.



### MULȚUMIRI:

Mulțumim doamnelor Ș. L. dr. ing. **Larisa BUȚU** și Ș.L. dr. ing. **Delicia ARSENE** pentru tot sprijinul acordat în realizarea acestei lucrări.

### BIBLIOGRAFIE:

- <https://www.technologyreview.com/s/524676/an-artificial-hand-with-real-feeling/>
- <http://www.descopera.ro/dnews/10817571-pielea-artificiala-inventia-revolutionara-ce-le-va-permite-robotilor-sa-simta-fiecare-atingere>
- <http://www2.technologyreview.com/news/405528/stretchable-silicon/>
- <https://www.technologyreview.com/s/533106/artificial-skin-that-senses-and-stretches-like-the-real-thing/>
- [https://ro.wikipedia.org/wiki/Piele\\_\(anatomie\)](https://ro.wikipedia.org/wiki/Piele_(anatomie))
- <http://health.howstuffworks.com/skin-care/information/anatomy/skin-graft5.htm>