

COMPARATIVE ASPECTS OF TOUCH SENSITIVITY IN DIFFERENT SKIN TERRITORIES OF THE HUMAN BODY

Adriana CRASUC*, Rodica TOROK OANCE

West University of Timisoara, Faculty of Chemistry, Biology, Geography, Department of Biology-Chemistry, Pestalozzi 16, Timișoara

*Corresponding author e-mail: adriana.crasuc98@e-uvv.ro

Received 19 May 2021; accepted 5 July 2021

ABSTRACT

People have the ability to perceive, process, react and adapt to certain physical elements of the environment, both positive and negative. Every day they are exposed to different tactile stimuli. Tactile perception can vary depending on several factors among them being the stimulated region and individual age. The tactile sense is controlled by our somatosensory system. It includes a network of nerve endings and receptors on the skin, thus experiencing a variety of sensations such as touch, temperature, pressure, vibration, itching and pain, which are perceived at the receptors: Meissner, Pacini, Merkel, Ruffini, hair follicle receptors, etc. The role of tactile processing throughout human lives cannot be underestimated. The aim of this study is to analyze comparatively the tactile spatial thresholds in different regions of the body and also the association between tactile sensitivity and age. Results show that among the analyzed skin regions the most sensitive is at the phalanges. There is a positive correlation of the tactile spatial threshold with age, which indicates a decrease of the tactile sensitivity with growing age.

KEYWORDS: tactile spatial threshold, skin region, age, correlation

INTRODUCERE

Tegumentul este un organ vital ce acoperă întregul exterior al corpului, formând o barieră de protecție împotriva agenților patogeni și a diferitelor leziuni determinate de un agent extern. Pielea are o suprafață de 1,8 m², o densitate de 1250 kg / m³ și o greutate de 5 kg (Sherrick și Cholewiak, 1986). Protejează corpul împotriva luminii, căldurii, infecțiilor și rănilor. Pielea ajută, de asemenea, la reglarea temperaturii corpului, colectează informații senzoriale din mediu, stochează apă, vitamina D, grăsimi și joacă un rol în sistemul imunitar (Schoenwolf, 2009).

Pielea poate fi împărțită în trei categorii principale: piele glabră (de exemplu, pielea mai groasă, fără păr, de pe palme sau plantă), piele păroasă (marea majoritate a pielii corpului, care conține diferite tipuri de fire de păr) și piele mucocutanată (de exemplu, buzele). Cei mai numeroși receptori tactili sunt prezenți la vârful degetelor (Vallbo și Johansson, 1984), iar pielea

păroasă are o densitate mult mai redusă a acestora față de pielea glabră (Provitiera, 2007).

Sistemul nervos poate identifica rapid locul aplicării stimulului în orice parte a corpului. Când un anumit obiect vine în contact cu pielea, receptorii din această zonă a pielii devin mai activi. Această creștere a activității informează sistemul nervos cu privire la existența unui stimul în respectiva zonă (Stilla, 2007). Senzația este capacitatea creierului de a percepe modificările mediului înconjurător (intern sau extern). Aceste modificări sunt recepționate de terminații nervoase sau diferite celule modificate. Modificările pot fi provocate de schimbări de temperatură, presiune, atingere sau schimbări de natură chimică care sunt transformate într-un semnal electric transportat de fibrele nervoase spre sistemul nervos central până la creier (Bergmann, 2010).

Percepția senzațiilor tactile inofensive și nocive se bazează pe neuroni senzoriali mecanosensibili speciali care se încadrează în două categorii generale: mecanoreceptorii cu prag mic (LTMR) care reacționează la stimularea mecanică inofensivă și mecanoreceptorii cu prag înalt (HTMR) care răspund stimulilor mecanici nocivi (Hidalgo, 2013). Tipurile de semnale senzoriale, care ajută la determinarea localizării modificărilor rapide și precise de la nivelul pielii și respectiv ale intensității semnalului senzorial, sunt transmise prin fibre nervoase senzoriale care au abilitatea de a conduce mai rapid stimulul. În schimb presiunea, atingerea slab localizată și, în special, gădilarea, sunt transmise prin intermediul fibrelor nervoase cu conducere mult mai lentă, care necesită mult mai puțin spațiu în fasciculul nervos în comparație cu fibrele rapide (Tang, 2015). Discriminarea tactilă are mai multe componente, inclusiv localizarea punctelor de stimulare, discriminarea în două puncte, stereognoză, barognoză, grafestezie și discriminare tactilă complexă. Abilitatea de a recunoaște dimensiunea, forma și textura obiectelor prin palpare este cunoscută sub numele de stereognoză. Stereognozele implică receptori senzoriali multipli, precum și integrarea informațiilor.

Testul de discriminare în două puncte este testul cel mai frecvent utilizat pentru evaluarea senzorială după repararea nervului, a fost de asemenea utilizat pentru a investiga pragurile discriminatorii tactile (Bell-Krotoski și colab, 1993). Discriminarea în două puncte este utilizată pe scară largă pentru măsurarea acuității spațiale tactile, iar pragul în două puncte ca măsură a acuității spațiale se bazează pe presupunerea că două puncte se pot distinge de unul numai atunci când cele două puncte sunt suficient de separate pentru a evoca focarele distincte spațial de activitate neuronală (Weber, 1996), aceasta fiind mediată de fibrele care se proiectează spre cortexul cerebral prin intermediul sistemului coloanei dorsale (Berne și Levy, 1998). Distanța dintre cele două puncte se numește distanță de prag și zonele

pielii care sunt mai sensibile vor distinge cele două puncte la o distanță mai mică. Stimularea subiectului se poate face într-un punct sau în două puncte pe zona testată. Această discriminare variază în funcție de locația pe corp (Proske și Gandevia, 2012). Sistemul tactil, care este activat în testul de discriminare în două puncte, folosește tipuri diferite de receptori. Un receptor senzorial tactil poate fi definit ca terminația periferică a unui neuron senzorial și a structurilor sale accesorii, care pot face parte din celula nervoasă sau pot proveni din țesutul epitelial sau conjunctiv. Diferite tipuri de receptori răspund la diferite tipuri de stimulare, cum ar fi vibrațiile, presiunea sau atingerea, și le transformă în semnale electrice (Ding, 2016). Receptorii care se adaptează încet continuă să trimită impulsuri către creier pentru o perioadă relativ lungă de timp când se aplică un stimul constant. Receptorii care se adaptează rapid se declanșează în momentul în care are loc aplicarea unui stimul și, uneori, când acesta încetează, dar acești nu continuă să răspundă la un stimul constant (Fertonani, 2001). Având receptori variați și capacități diferite de „raportare”, sistemul tactil ne permite să ne conectăm mai rapid la mediul nostru și să distingem o mare varietate de senzații. Densitatea receptorilor și dimensiunile câmpurilor receptoare ale neuronilor centrali influențează capacitatea de discriminare în două puncte. Alt aspect important pentru realizarea discriminării fine în două puncte constă în conectarea receptorilor învecinați la diferiți neuroni ai sistemului nervos central (SNC).

S-a demonstrat că mișcările repetitive și extrem de calificate, așa cum se întâmplă în cazul muzicienilor clasici profesioniști, pot duce la modificări ale sensibilității tactile și la o reorganizare corticală corespunzătoare a sensibilității somatosenzoriale. De asemenea, se știe că muzicienii profesioniști experimentează frecvent dureri musculo-scheletice în timpul carierei lor. Astfel au existat studii în care s-a cercetat interacțiunea complexă dintre durerea cronică, antrenamentul muzicienilor și procesarea somatosenzorială. S-a constatat că muzicienii și non-muzicienii cu durere cronică au prezentat o acuitate spațială tactilă mai redusă și o sensibilitate crescută a durerii la presiune și căldură, comparativ cu non-muzicienii lipsiți de durere (Peinemann, 2001).

Lucrarea de față vizează realizarea unei comparații a pragurilor spațiale tactile ale unor teritorii tegumentare, identificarea regiunii tegumentare cu cea mai mare sensibilitate tactilă precum și analiza corelației dintre sensibilitatea tactilă și vârstă.

MATERIALE ȘI METODE

Studiul a inclus un număr de 15 participanți sănătoși cu vârsta cuprinsă între 11 și 60 de ani de sex masculin și respectiv de sex feminin. La fiecare dintre subiecți s-a măsurat pragul spațial tactil prin stimulare în două puncte folosind un șubler electronic. Pragurile spațiale tactile au fost determinate în următoarele teritorii tegumentare: regiunea mijlocie a frunții, regiunea laterală a gâtului, regiunea centrală a plantei piciorului, fața anterioară a gambei, regiunea anterioară a falangei distale, regiunea centrală a palmei, fața anterioară a antebrațului și respectiv regiunea centrală a abdomenului (mezogastru) evidențiate în imaginea alăturată (FIG 1).

Pentru determinarea pragului spațial tactil subiecții au stat relaxați, în decubit dorsal, având ochii închiși. Stimularea tactilă s-a început prin atingerea tegumentului cu brațele șublerului apropiate maximal și s-a continuat cu stimulări succesive de aceeași intensitate, dar cu deschiderea treptată a brațelor șublerului până când subiectul a putut distinge cele două puncte de stimulare. S-a citit și s-a notat distanța indicată de șubler, aceasta fiind considerată pragul spațial al percepției tactile.

Prelucrarea statistică a datelor a fost realizată cu programul GraphPadInStat.

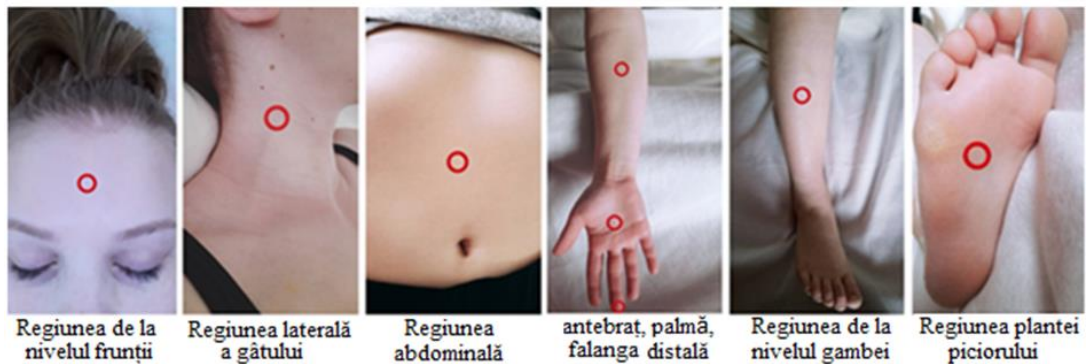


FIG .1. Evidențierea regiunilor cutanate la nivelul cărora s-a realizat stimularea tactilă.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Este cunoscut faptul că pragul tactil variază din mai multe cauze, printre care practica, medicamente, atenție, oboseală etc și că există diferențe între valorile evidențiate la persoanele mai în vârstă față de valorile obținute la persoanele mai tinere (Nicolas, 2017). În ordinea descrescătoare, cele mai sensibile regiuni tegumentare (în funcție de pragul spațial tactil al sensibilității) s-au dovedit a fi reprezentate de partea anterioară a degetului mijlociu (falangei distale) urmată de regiunea laterală a gâtului, partea mijlocie a frunții,

regiunea centrală a palmei, fața anterioară a gambei piciorului, fața anterioară a antebrațului, regiunea centrală a plantei piciorului, cea mai puțin sensibilă zonă fiind reprezentată de regiunea centrală a abdomenului (mezogastru).

Distanța minimă necesară pentru ca subiectul să perceapă două puncte distincte poate fi considerabilă, în timp ce în anumite cazuri de hiperestezie, această valoare limită poate fi foarte mică (Brown-Séguard, 1894), dar totuși pragul de sensibilitate evidențiat la nivelul falangei distale a fost același pentru ambele grupuri. Weber (1978) și Weinstein (1968) au descoperit că zona falangei distale este cea mai sensibilă la discriminare prin aplicarea unui stimul, această zonă prezintă o densitate mare a receptorilor și prezintă o rezistență mai mare la pierderea sensibilității odată cu înaintarea în vârstă (Rabinowitz, 1987).

În urma măsurării pragurilor spațiale tactile de la nivelul celor 8 regiuni tegumentare (la toți cei 15 subiecți), am introdus toate valorile în programul GraphPad InStat 3 și am calculat parametri statistici descriptivi (media aritmetică, valoarea minimă, valoarea maximă, limita inferioară a intervalului de confidență de 95% și respectiv limita superioară a intervalului de confidență de 95%) pentru toate regiunile tegumentare analizate (Tabelul 1).

TABELUL 1. Parametrii statistici descriptivi pentru pragul spațial tactil în diferite teritorii tegumentare.

Nr.cr	Teritoriu tegumentar (mm)	Media aritmetică, (mm)	Valoarea minimă (mm)	Valoarea maximă (mm)	Limita inferioară a intervalului de confidență de 95% (mm)	Limita superioară a intervalului de confidență de 95% (mm)
1.	Frunte	6.205	16.210	35.230	23.061	29.934
2.	Gât	4.873	16.730	33.280	23.612	29.010
3.	Talpa	10.051	16.240	48.800	22.559	33.692
4.	Gambă	9.646	1.070	40.130	20.516	31.200
5.	Deget	1.059	4.340	7.650	5.705	6.878
6.	Palma	8.827	12.810	41.100	16.460	26.237
7.	Antebraț	9.895	12.710	47.880	29.305	40.267
8.	Abdomen	11.288	17.580	49.220	23.216	35.719

Pentru a vedea dacă diferențele dintre pragurile spațiale tactile ale teritoriilor tegumentare analizate sunt statistic semnificative am calculat coeficientul de semnificație statistică P.

Astfel am comparat valorile medii ale teritoriilor tegumentare studiate după cum am evidențiat în tabelul alăturat (Tabelul 2), specificând și valoarea coeficientului de semnificație statistică, care a fost demonstrată cu ajutorul testului Mann-Whitney. Am identificat diferențele acestui coeficient comparând câte două teritorii tegumentare și am constatat că acesta poate fi extrem de semnificativ ($p < 0.001$), foarte semnificativ ($p < 0.01$), semnificativ ($p < 0.05$), și nesemnificativ ($p > 0.05$).

Valorile coeficientului de semnificație statistică obținut indică faptul că, deși sunt diferențe între valorile pragurilor spațiale tactile ale unor teritorii tegumentare, acestea sunt nesemnificative statistic în următoarele 16 cazuri: între regiunea centrală a frunții și regiunea laterală a gâtului, între regiunea centrală a frunții și regiunea centrală a plantei piciorului, între regiunea centrală a frunții și fața anterioară a gambei piciorului, între regiunea centrală a frunții și regiunea centrală a abdomenului, între regiunea laterală gâtului și regiunea centrală a plantei piciorului, între regiunea laterală a gâtului și fața anterioară a gambei piciorului, între regiunea laterală a gâtului și regiunea centrală a abdomenului, între regiunea centrală a plantei piciorului și fața anterioară a gambei, între regiunea centrală a plantei piciorului și regiunea anterioară a antebrațului, între regiunea plantei piciorului și regiunea centrală a abdomenului, între fața anterioară a gambei și regiunea centrală a palmei, între fața anterioară a gambei și regiunea centrală a abdomenului, între regiunea anterioară a antebrațului și regiunea centrală a abdomenului, între regiunea centrală a frunții și regiunea centrală a palmei și între regiunea anterioară a gambei și regiunea anterioară a antebrațului.

Diferențele sunt semnificative în următoarele 3 cazuri: între regiunea laterală a gâtului și regiunea centrală a palmei, între regiunea centrală a plantei și regiunea centrală a palmei, între regiunea centrală a palmei și regiunea centrală a abdomenului. Sunt foarte semnificative în următoarele 4 cazuri: între regiunea centrală a frunții și regiunea anterioară a antebrațului, între regiunea laterală a gâtului și regiunea anterioară a antebrațului (FIG 2), între regiunea anterioară a gambei piciorului și regiunea anterioară a falangei distale, între regiunea centrală a palmei și regiunea anterioară a antebrațului (FIG 3) și sunt extrem de semnificative în următoarele 5 cazuri: între regiunea centrală a frunții și regiunea anterioară falangei distale (FIG 4), între regiunea laterală a gâtului și regiunea anterioară a falangei distale, între regiunea centrală a plantei piciorului și regiunea falangei distale, între regiunea anterioară a falangei distale și regiunea centrală a abdomenului, între regiunea anterioară a falangei distale și regiunea anterioară a antebrațului (FIG 5).

TABELUL 2. Compararea valorilor medii ale pragurilor spațiale tactile din teritoriile tegumentare analizate.

Teritorii tegumentare	Valoarea medie a teritoriilor tegumentare (mm)	P (coeficientul de semnificație statistică)
Frunte	26.497	0.927
Gât	26.310	
Frunte	26.497	0.597
Talpă	28.125	
Frunte	26.497	0.830
Gambă	25.858	
Frunte	26.497	< 0.001

Deget	51.303	
Frunte	26.497	0.075
Palmă	21.348	
Frunte	26.497	0.010
Antebraț	34.786	
Frunte	26.497	0.901
Abdomen	29.467	
Gât	26.310	0.561
Talpă	28.125	
Gât	26.310	0.804
Gambă	25.858	
Gât	26.310	< 0.001
Deget	51.303	
Gât	26.310	0.035
Palmă	21.348	
Gât	26.310	0.005
Antebraț	34.786	
Gât	26.310	0.539
Abdomen	29.467	
Talpă	28.125	0.599
Gambă	25.858	
Talpă	28.125	< 0.001
Deget	51.303	
Talpă	28.125	0.030
Palmă	21.348	
Talpă	28.125	0.120
Antebraț	34.786	
Talpă	28.125	0.512
Abdomen	29.467	
Gambă	25.858	0.001
Deget	51.303	
Gambă	25.858	0.252
Palmă	21.348	
Gambă	25.858	0.063
Antebraț	34.786	
Gambă	25.858	0.652
Abdomen	29.467	
Deget	51.303	< 0.001
Palmă	21.348	
Deget	51.303	< 0.001
Antebraț	34.786	
Deget	51.303	< 0.001
Abdomen	29.467	
Palmă	21.348	0.002
Antebraț	34.786	
Palmă	21.348	0.014
Abdomen	29.467	
Antebraț	34.786	0.249
Abdomen	29.467	

Am evidențiat câte 2 cazuri unde valorile medii ale pragurilor spațiale tactile ale unor teritorii tegumentare prezintă o diferență foarte semnificativă (FIG 2, FIG 3) sau extrem de semnificativă (FIG 4, FIG 5).

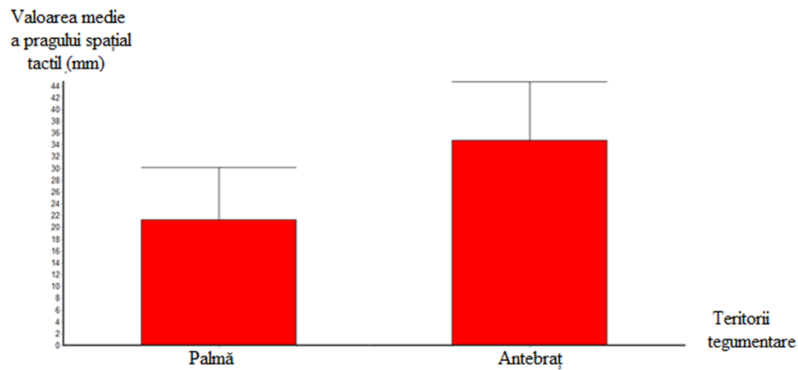


FIG.2. Valorile medii ale pragului spațial tactil la nivelul palmei și a antebrațului.

Conform valorilor lui P, pragurile spațiale ale sensibilității tactile în regiunile, centrale a palmei și anterioare a antebrațului sunt diferite, diferența fiind foarte semnificativă (FIG 2).

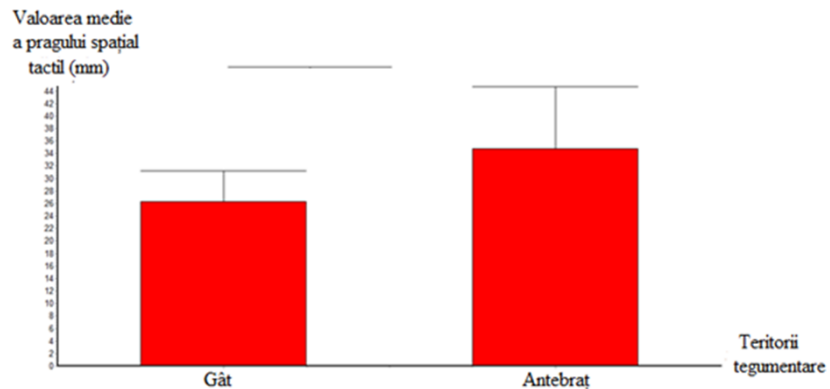


FIG.3.. Valorile medii ale pragului spațial tactil la nivelul gâtului și a antebrațului.

Conform valorilor lui P, pragurile spațiale ale sensibilității tactile în regiunile, laterale a gâtului și anterioare a antebrațului sunt diferite, diferența fiind foarte semnificativă (FIG 3).

Conform valorilor lui P, pragurile spațiale ale sensibilității tactile în regiunile, centrale a frunții și anterioare a falangei distale sunt diferite, diferența fiind extrem de semnificativă (FIG 4).

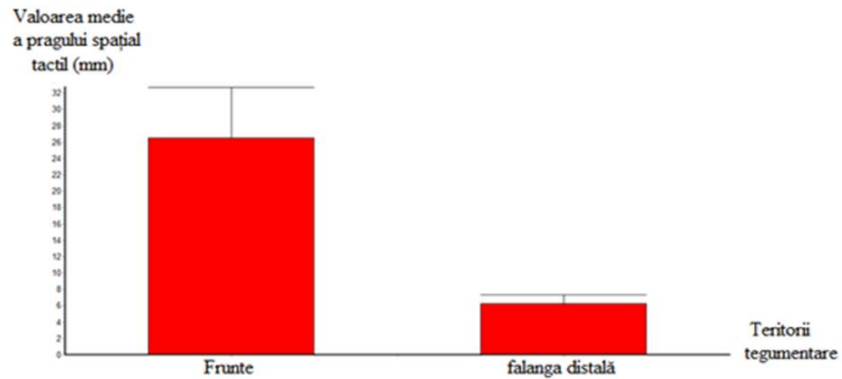


FIG.4. Valorile medii ale pragului spațial tactil la nivelul frunții și a falangei distale.

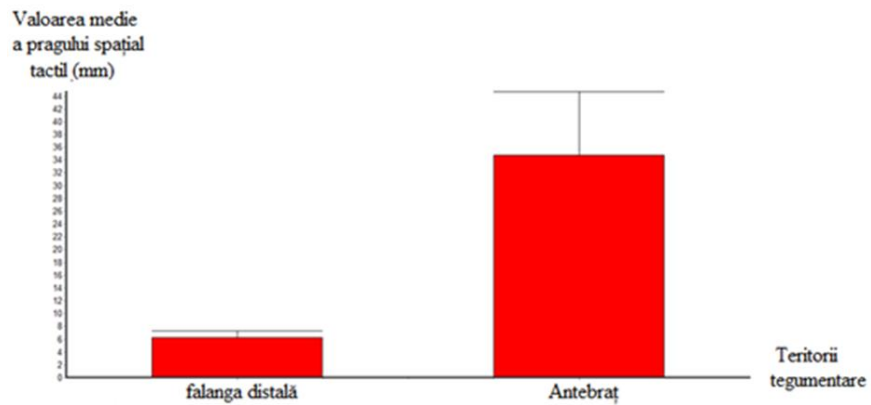


FIG.5. Valorile medii ale pragului spațial tactil la nivelul falangei distale și a antebrațului.

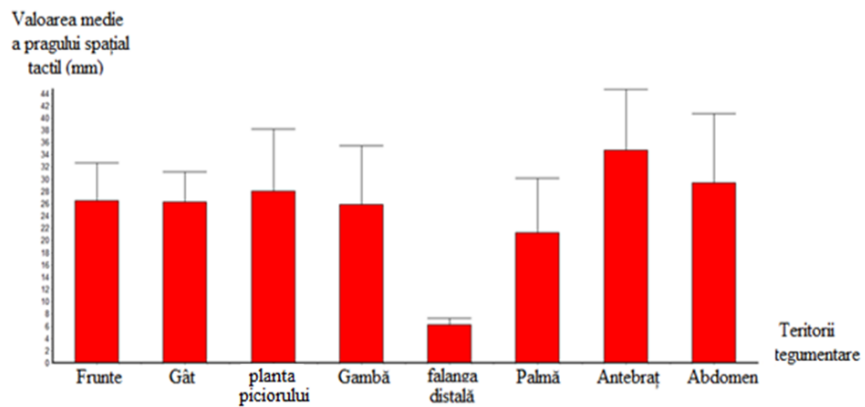


FIG.6. Valorile medii ale pragurilor spațiale tactile în toate teritoriile analizate

Conform valorilor lui P, pragurile spațiale ale sensibilității tactile în regiunile anterioare a falangei distale și anterioare a antebrațului sunt diferite, diferența fiind extrem de semnificativă (FIG 5).

Cea mai sensibilă regiune tegumentară studiată, este reprezentată de partea anterioară a degetului mijlociu (falangei distale) urmată de cea de a doua regiune care de asemenea prezintă un grad de sensibilitate tactilă destul de mare, această regiune fiind reprezentată de regiunea laterală a gâtului urmată de partea mijlocie a frunții, regiunea centrală a palmei, fața anterioară a gambei piciorului, fața anterioară a antebrațului, regiunea centrală a plantei piciorului, cea mai puțin sensibilă zonă fiind reprezentată de regiunea centrală a abdomenului (mezogastu) (FIG 6).

Știind aspectele de bază ale analizei corelației, am efectuat analiza de regresie și corelare dintre pragurile spațiale tactile și vârstă considerând vârsta variabila independentă (x) și pragul spațial tactil, variabila dependentă (y), am calculat coeficientul de corelare (R) pentru a vedea dacă există o asociere între cele două variabile analizate și cât de strânsă este această asociere. Am calculat coeficientul de determinare (R^2) pentru a vedea procentul cazurilor în care este aplicabilă ecuația de regresie în cazul lotului investigat.

Prin intermediul ecuației de regresie, variabila dependentă poate fi exprimată cu ajutorul variabilei independente. Relația dintre cele două variabile este cu atât mai strânsă cu cât valoarea coeficientului de corelare este mai aproape de ± 1 , dacă R este mai mare decât 0.7, există o asociere strânsă între cele două variabile, dacă R este cuprins între 0.4 până la 0.7 există o asociere moderată între cele două variabile, iar dacă valoarea lui R este sub <0.4 există o asociere slabă între cele două variabile (Laurens, 2014).

Astfel următoarele trei praguri spațiale tactile prezintă o asociere strânsă cu vârsta: pragul spațial tactil al frunții ($R=0,8445$ mm) (FIG 7), pragul spațial tactil al plantei piciorului ($R=0,7851$ mm) (FIG 8), pragul spațial tactil al abdomenului ($R=0,8243$ mm) (FIG 9). Următoarele două praguri spațiale tactile prezintă o asociere moderată: pragul spațial tactil al gâtului ($R=0,6290$ mm), pragul spațial tactil al palmei ($R=0,5900$ mm), iar pragurile spațiale tactile ce prezintă asociere slabă sunt în număr de trei și sunt reprezentate de: pragul spațial tactil al gambei ($R=0,0141$ mm), pragul spațial tactil al falangei distale ($R=0,0469$ mm), pragul spațial tactil al antebrațului ($R=0,3382$ mm).

Un coeficient de corelare pozitiv indică faptul că odată cu înaintarea în vârstă are loc și creșterea valorilor celei de a doua variabile reprezentată de pragul spațial tactil, implicând astfel o relație directă între variabile. O creștere a pragului spațial tactil semnifică o scădere a sensibilității tactile cu vârsta.

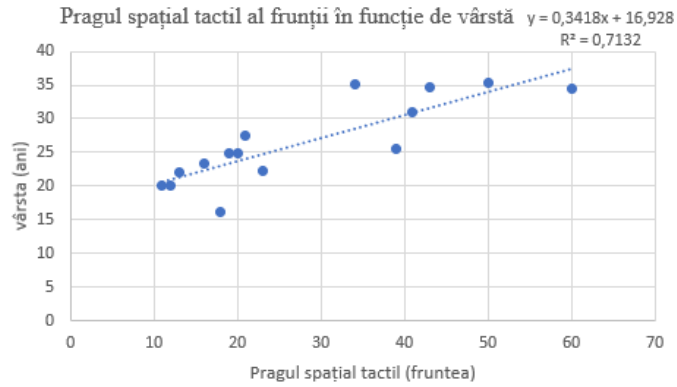


FIG.7. Evidențierea corelației între pragul spațial tactil la nivelul frunții și vârstă.

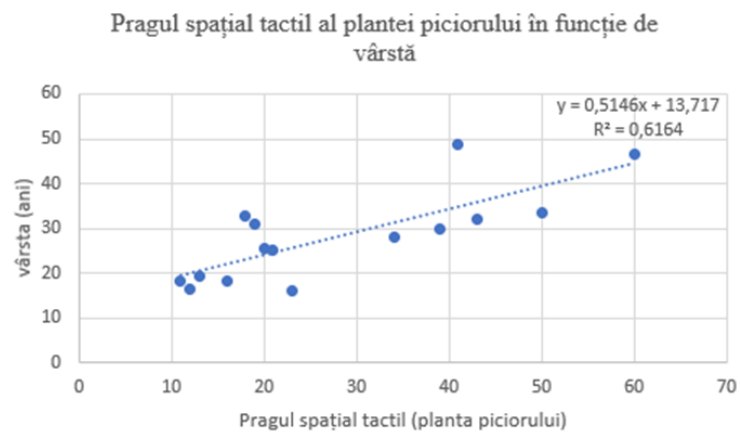


FIG.8. Evidențierea corelației între pragul spațial tactil la nivelul plantei piciorului și vârstă.

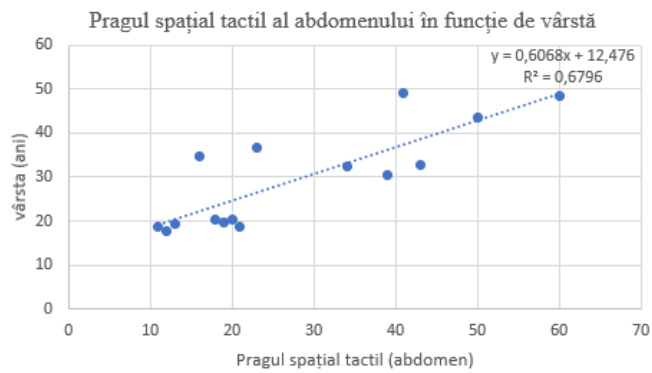


FIG.9. Evidențierea corelației între pragul spațial tactil la nivelul abdomenului și vârstă.

CONCLUZII

Sensibilitatea tactilă este diferită în teritoriile tegumentare analizate, valoarea medie cea mai mică a pragului spațial tactil regăsindu-se la nivelul degetelor, ceea ce indică faptul că dintre toate zonele cutanate analizate cea corespunzătoare degetelor prezintă sensibilitatea tactilă cea mai mare, fapt ce este în concordanță cu datele din literatura de specialitate (Weber, 1978 și Weinstein, 1968).

Cea mai mare valoare medie a pragului spațial tactil s-a înregistrat la nivelul tegumentului regiunii abdominale, aceasta reprezentând zona cu sensibilitatea tactilă cea mai mică în cadrul lotului analizat.

Diferențele dintre pragurile spațiale tactile ale teritoriilor tegumentare analizate sunt în majoritatea cazurilor nesemnificative, în trei cazuri sunt semnificative, în patru cazuri sunt foarte semnificative. În cinci cazuri diferența acestora este extrem de semnificativă ($p < 0.001$), aceasta regăsindu-se între tegumentul frunții și cel corespunzător degetelor mâinii, între tegumentul regiunii laterale a gâtului și cel al degetelor mâinii, între tegumentul plantei și cel al degetelor mâinii, între tegumentul degetelor și cel al abdomenului, între tegumentul degetelor și cel al regiunii anterioare a antebrațului.

Toate asocierile dintre vârstă și pragul spațial tactil sunt pozitive, ceea ce indică faptul că odată cu înaintarea în vârstă are loc creșterea pragului spațial tactil, fapt care semnifică o scădere a sensibilității tactile cu vârsta. Acest declin perceptiv este considerat, o semnătură tipică a modificărilor fiziologice, structurale și metabolice generale care apar în timpul îmbătrânirii.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- Arienzo D., Babiloni C., Ferretti A., Caulo M., Del Gratta C., Tartaro A. 2006. Somatotopy of anterior cingulate cortex (ACC) and supplementary motor area (SMA) for electric stimulation of the median and tibial nerves: an fMRI study. *Neuroimage*. 33: 700–5.
- Bell-Krotoski J., Weinstein S., Weinstein C. 1993 . Testing sensibility, including touch-pressure, two-point discrimination, point localization and vibration. *J. Hand Ther.* 6: 114–123.
- Bergmann Tiest W.M. 2010. Tactual perception of material properties. *Vision Res.* 50:2775–82.
- Berne M.R., Levy M. N. 1986 . *Cardiovascular Physiology*. C.V.Mosby, St. Louis, Washington, DC. 261p.
- Brodal P. 2010. "Peripheral parts of the somatosensory system," in *The Central Nervous System: Structure and Function*, 4th Edn. New York: Oxford University Press, 165–189.
- Brown-Séquard CE. 1894. Remarques à propos des recherches du Dr. F.W.Mott sur les effets de la section d'une moitié latérale de la moelle épinière. *Arch Physiol.* 26:195–8.
- Catani M. 2017. A little man of some importance. *Brain.* 140: 3055–61.
- Chen S., Ge S. 2016. Experimental research on the tactile perception from fingertip. skin friction. *Wear.* 377:305–14.
- Cohen Y.E., Andersen R.A. 2002. A common reference frame for movement plans in the posterior parietal cortex. *Nat Rev Neurosci.* 3:553-343.
- Cornsweet T.N. 1962. The staircase-method in psychophysics. *Am J Psychol.* 75:485–491.
- Craig A.D. 2003. Pain mechanisms: labeled lines versus convergence in central processing. *Annu Rev Neurosci.* 26:1-132.
- Dellon, A L. 1981. *Evaluation of Sensibility and Re-Education of Sensation in the Hand*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Ding S., Bhushan B. 2016. Tactile perception of skin and skin cream by friction induced vibrations. *J Coll Interf Sci.* 481:131–43.
- Etsion I. 2005. State of the art in laser surface texturing. *J Tribol.* 127(1):248–53

- Fertonani A., Pirulli C., Miniussi C., 2011. Random noise stimulation improves neuroplasticity in perceptual learning. *J. Neurosci.* 31:15416–15423.
- Fontanini A., Katz D.B. 2008. Behavioral states, network states, and sensory response variability. *J Neurophysiol.*100:1160-1065.
- Fontanini A., Katz D.B. 2008. Behavioral states, network states, and sensory response variability. *J Neurophysiol.* 100:1160-1217.
- Freeman T.C., Durand S., Kiper D.C., Carandini M. 2002. Suppression without inhibition in visual cortex. *Neuron.* 35:759–771.
- Goldreich D., Kanics I.M. 2003. Tactile acuity is enhanced in blindness. *J. Neurosci.* 23: 3439–3445.
- Hagen M.C., Zald D.H., Thornton T.A., Pardo J.V. 2002. Somatosensory processing in the human inferior prefrontal cortex. *J Neurophysiol.* 88: 1400–6.
- Hashimoto K., Kano M. 1998. Presynaptic origin of paired-pulse depression at climbing fibre-Purkinje cell synapses in the rat cerebellum. *J Physiol.* 506:391–405.
- Hidalgo B., Gobert F., Bragard D., Detrembleur C. 2013. Effects of proprioceptive disruption on lumbar spine repositioning error in a trunk forward bending task. *J Back Musculoskelet.* 26: 381–387.
- Inui K., Wang X., Tamura Y., Kaneoke Y., Kakigi R. 2004. Serial processing in the human somatosensory system. *Cereb. Cortex.* 14: 851-857.
- Johansson R.S., Flanagan J.R. 2009. Coding and use of tactile signals from the fingertips in object manipulation tasks. *Nat Rev Neurosci.*10:345-232.
- Johnson K. O. 2001. The roles and functions of cutaneous mechanoreceptors. *Curr. Opin. Neurobiol.* 11: 455–461.
- Johnson K. O. 2001. The roles and functions of cutaneous mechanoreceptors. *Curr. Opin. Neurobiol.* 11:455–461.
- Kaas J., Collins C.E. 2001. The organization of sensory cortex. *Curr Opin Neurobiol.* 11: 498–504.
- Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M. 1991. *Principles of Neural Science* (3rd ed), Elsevier. Chapter. 24:341-352.
- Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M. 1991. *Principles of Neural Science* (3rd ed), Elsevier. and Chapter 26:367-384.
- Kandel E.R., Schwartz., Jessell. 1991 . *Principles of Neural Science*, Elsevier. 24: 341-352.
- Kiers H., Dieën J.H., Brumagne S., Vanhees L. 2015. Postural sway integration of proprioceptive signals in subjects with LBP. *Hum Mov Sci.* 39: 109–120.
- Kim J.H., Jin Z.W., Murakami G., Cho B.H., 2016. Characterization of mesenchymal cells beneath cornification of the fetal epithelium and epidermis at the face: an immunohistochemical study using human fetal specimens. *Anat Cell Biol.* 49: 50-60.
- Klem G.H., Lüders H.O., Jasper H.H., Elger C. 1999. The ten-twenty electrode system of the international federation. The international federation of clinical neurophysiology, *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. Suppl.* 52:3–6.
- Laurens H., Franklin O. 2014. *Concise biostatistical principles & concepts.* Editura Authorhouse, Bloomington. 390 p.
- Leventhal A.G., Wang Y., Pu M., Zhou Y., Ma Y. 2003. GABA and its agonists improved visual cortical function in senescent monkeys. *Science.* 300:812–815.
- Mazzola L., Isnard J., Mauguière F. 2006. Somatosensory and pain responses to stimulation of the second somatosensory area (SII) in humans. A comparison with SI and insular responses. *Cereb Cortex.* 16: 960–8.
- Melzack R. 1992. Phantom limbs. *Scientific American.* 266:120-126.
- Moore K.L., Persuad T.V.N. 2008. *The Developing Human: clinically oriented embryology.* ed 8, Editura Saunders, Philadelphia. 560 p.
- Moret B., Camilleri R., Pavan A., Giudice G., Veronese A., Rizzo R., Campana G. 2018. Differential effects of high-frequency transcranial random noise stimulation (hfrNS) on contrast sensitivity and visual acuity when combined with a short perceptual training in adults with amblyopia. *Neuropsychologia* 114:125–133.
- Morrison I., Löken L. S., Minde J., Wessberg J., Perini I., Nennesmo I. 2011. Reduced C-afferent fibre density affects perceived pleasantness and empathy for touch. *Brain.* 134: 1116–1126.
- Mountcastle V.B., Talbot W.H., Sakata H., Hyvarinen J.1969. Cortical neuronal mechanisms in flutter-vibration studied in unanesthetized monkeys. Neuronal periodicity and frequency discrimination. *J Neurophysiol.* 32:452-84.
- Muellbacher W., Ziemann U., Boroojerdi B., Cohen L., Hallett M. 2001. Role of the human motor cortex in rapid motor learning. *Exp Brain Res.* 136:431–438.
- Müller J., Taylor., Walton. 1842. *Elements of Physiology.* Boston Book Company. 848 p.
- Nicolas S. 2017. Weber's compass and the measurement of the threshold of tactile sensitivity: Alfred Binet's critical approach to esthesiometry. *L'Année psychologique.* 1:41-85.
- Nolan M. 1985. Quantitative measure of cutaneous sensation: two-point discrimination value for the face & trunk. *Phys Ther.* 65:181-185.
- Nolan M.1983. Limits of two-point discrimination ability in the lower limb in young adult men & women. *Phys Ther.* 63:1424-1428.
- Olsson H., Lamarre Y., Backlund H., Morin C., Wallin, B. G., Starck G. 2002. Unmyelinated tactile afferents signal touch and project to insular cortex. *Nat. Neurosci.* 5: 900–904.
- Oldfield R.C. 1971. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia.* 9:97–113.

CRASUC & TOROK OANCE: Comparative aspects of touch sensitivity in different skin territories of the human body

- Oviatt S., Cohen P. 2000. Multimodal Interfaces that Process What Comes Naturally. *Communications of the ACM*. 43: 45-53.
- Peinemann A., Lehner C., Conrad B., Siebner H.R. 2001. Age-related decrease in paired-pulse intracortical inhibition in the human primary motor cortex. *Neurosci Lett*. 313:33–36.
- Penfield W., Boldrey E. 1937. Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain*. 60: 389–443.
- Penfield W., Faulk M.E. 1955. The insula: further observations on its function. *Brain*. 78: 445–70.
- Pleger B., Dinse H.R., Ragert P., Schwenkreis P., Malin J.P., Tegenthoff M. 2001. Shifts in cortical representations predict human discrimination improvement. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 98:12255–12260.
- Proske U., Gandevia S.C. 2012. The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol Rev*. 92: 1651–1697.
- Provitera V., Nolano M., Pagano A., Caporaso G., Stancanelli A. 2007. Myelinated nerve endings in human skin. *Muscle Nerve*. 35: 767–775.
- R. Stilla G., Deshpande S., LaConte X., Hu K., Sathian. 2007. Posteromedial parietal cortical activity and inputs predict tactile spatial acuity. *J. Neurosci*. 27: 11091-11102.
- Rabinowitz W. M., Houtsma A.J.M., Durlach N. I., Delhorne L. A. 1987. Multidimensional Tactile Displays: Identification of Vibratory Intensity, Frequency, and Contact Area. *Journal of the Acoustical Society of America*. 82:1243-1252.
- Rocchi L., Casula E., Tocco P., Berardelli A., Rothwell J. 2016. Somatosensory temporal discrimination threshold involves inhibitory mechanisms in the primary somatosensory area. *J. Neurosci*. 36: 325-335.
- Sakata H., Takaoka Y., Kawarasaki A., Shibutani H. 1973. Somatosensory properties of neurons in the superior parietal cortex (area 5) of the rhesus monkey. *Brain Res*. 64: 85–102.
- Sathian K., Zangaladze A, Green J., Vitek J.L., DeLong M.R. 1997. Tactile spatial acuity and roughness discrimination: impairments due to aging and Parkinson's disease. *Neurology* 49:168–177.
- Schnupp J.W.H., Dawe K. L., Pollack G. L. 2005. The Detection of Multisensory Stimuli in an Orthogonal Sensory Space. *Experimental Brain Research*. 162:181-190.
- Schoenwolf G.C., Bleyl S.B., Brauer P.R., Francis-West P.H. 2009. *Larsen's Human Embryology*. ed 4, Editura Churchill Livingstone, New York. 712 p.
- Sherrick C. E., Cholewiak R. W. 1986. Cutaneous Sensitivity. In K. Boff, L. Kaufman, & J.L. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance*. 12:112-58.
- Sherrick C. E., Cholewiak R. W., Collins A. A. 1990. The Localization of Low- and High-Frequency Vibrotactile Stimuli. *Journal of the Acoustical Society of America*. 88: 169-179.
- Spence C. 2009. Explaining the Colavita visual dominance effect. *Prog Brain Res*. 176:245–258.
- Suga N., Ma X. 2003. Multiparametric corticofugal modulation and plasticity in the auditory system. *Nat Rev Neurosci*. 4:783-432.
- Tang W., Chen N., Zhang J., Chen S., Ge S., Zhu H. 2015. Characterization of tactile perception and optimal exploration movement. *Tribol Lett*. 58(2):1–14.
- Vallbo A. B., Johansson R. S. 1984. Properties of cutaneous mechanoreceptors in the human hand related to touch sensation. *Hum. Neurobiol*. 3: 3–14.
- Weber E. H. 1996. *E. H. Weber on the Tactile Senses*. Hove: Erlbaum (UK). Taylor & Francis.
- Weber E.H. 1978. *The Sense of Touch (De Tactu*. H.E. Ross and Der Tastsinn, D.J. Murray, Trans.). New York: Academic Press. 147–70.
- Weinstein S. 1968. Intensive and Extensive Aspects of Tactile Sensitivity as a Function of Body Part, Sex, and Laterality. *The Skin Senses*. 160:195-222.
- White F.A., Jung H., Miller R.J. 2007. Chemokines and the pathophysiology of neuropathic pain. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 104:20151-1232.
- Wohler A.B. 1996. Tactile perception of spatial stimuli on the lipsurface by young and older adults. *J Speech Hear Res*. 39:1191–1198.
- Woodward K.L. 1993. The relationship between skin compliance, age, gender, and tactile discriminative thresholds in humans. *Somatosens Mot Res*. 10:63– 67.
- Zhang M., Mariola E., Stilla R., Stoesz M., Mao H., Hu X., Sathian K. 2005. Tactile discrimination of grating orientation: fMRI activation patterns *Hum. Brain Mapp*. 25: 370-377.
- Zubrzycka M., Janecka A. 2000. Substance P: transmitter of nociception (minireview). *Endocr Regul*. 34:195-110.