

Veido raumenų reakcijos į skausmo išraiškas kito asmens veide

Algimantas Švegžda

Vilniaus universitetas, Psichologijos institutas
algimantas.svegзда@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2339-7357>

Rytis Stanikūnas

Vilniaus universitetas, Psichologijos institutas
rytis.stanikunas@ff.vu.lt
<https://orcid.org/0000-0002-0710-2478>

Kristina Augustinaitė

Vilniaus universitetas, Psichologijos institutas
augustinaite.kristina@gmail.com

Remigijus Bliumas

Vilniaus universitetas, Psichologijos institutas
remigijus.bliumas@fsf.vu.lt
<https://orcid.org/0000-0003-0298-9513>

Henrikas Vaitkevičius

Vilniaus universitetas, Psichologijos institutas
henrikas.vaitkevicius@ff.vu.lt
<https://orcid.org/0000-0002-2751-7072>

Santrauka. Tyrimu siekiama nustatyti, kokie elektromiogramų rodikliai yra susiję su atpažįstama skausmo išraiška veide, įvertinti, ar jie atspindi atpažįstamo veido skausmo lygmenį, ir nustatyti galimus objektyvius kiekybinius skausmo lygmens įvertinimo kriterijus.

Tirtos veido raumenų reakcijos atpažįstant virtualius veidus su skirtingo laipsnio skausmo išraiškomis. Eksperimentų metu atsitiktine tvarka buvo pateikiamos virtualios, iš skausmo skalės paimtos, veidų išraiškos (neskauda, skauda, labai skauda). Tiriameji į jas reaguodavo dvejopai: 1) pagal matomą veido išraišką savo veido raumenimis išreikšdavo atitinkamą skausmo būklę (neskauda, skauda, labai skauda); 2) nepriklausomai nuo matomos virtualios skausmo išraiškos išreikšdavo įsivaizduojamo vidutinio skausmo išraišką.

Nustatyta, kad antakių sutraukiamųjų raumenų (*m. corrugator supercilii*) EMG reakcijos dydis priklauso nuo tiriamųjų nutaisomos valingos skausmo išraiškos laipsnio. Valingai nutaisytų skausmo išraiškų EMG reakcijos atpažįstant matomo veido skausmo lygmenį pasireiškia dviuose laiko intervaluose: didžiųjų skruostinių raumenų (*m. zygomaticus*

Received: 10/12/2019. Accepted: 27/11/2020

Copyright © 2021 Algimantas Švegžda, Rytis Stanikūnas, Kristina Augustinaitė, Remigijus Bliumas, Henrikas Vaitkevičius. Published by Vilnius University Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution Licence \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

major) srityse jos atsiranda praėjus 200–300 ms po stimulo pateikimo, antakių sutraukiamųjų raumenų – praėjus 400–500 ms. Šie skirtumai išnyksta po 1 300 ms. Antrajame intervale abiejų raumenų grupių EMG reakcijų skirtumai atsiranda praėjus 1 600 ms po stimulo pateikimo, o išnyksta skirtingai: didžiųjų skruostinių raumenų po 3 100 ms, o antakių sutraukiamųjų raumenų – tęsiasi iki 4 000 ms.

Nuolat nutaisant tą pačią vidutinio skausmo išraišką ir atpažįstant skirtingų skausmo išraiškų veidus, pasireiškia įtaka atskirų tiriamųjų EMG reakcijoms. Vaizdas, kai išraiška „neskauda“, nevalingai sumažina antakių sutraukiamųjų raumenų ir padidina didžiųjų skruostinių raumenų EMG amplitudę.

Pagrindiniai žodžiai: skausmo išraiškos veide, didysis skruostinis raumuo (*m. zygomaticus major*), antakių sutraukiamasis raumuo (*m. corrugator supercilii*), EMG.

Facial Muscles Reactions to Other Person's Facial Expressions of Pain

Summary. The aim of this study was to record facial electromyograms (EMG) while subjects were viewing facial expressions of different pain levels (no pain, medium pain and very painful) and to find objective criteria for measuring pain expressed in a human's face. The study involved 18 students with the age of 21 years. The magnitude of the EMG response of *m. corrugator supercilii* depended on a voluntarily performed facial pain expression in the subjects. EMG responses of voluntarily performed facial pain expressions to mirrored pain reactions were detected at two-time span intervals: 200–300 ms after stimulation in *m. zygomaticus major*, and 400–500 ms after stimulation in *m. corrugator supercilii*. These differences disappear after 1300 ms. In the second time interval, differences in EMG responses of both muscle groups occur 1600 ms after stimulus presentation, but they disappear differently: 3100 ms after stimulation in *m. zygomaticus major* and 4000 ms in *m. corrugator supercilii*. Constant responding with “medium pain” expression when recognizing faces of different pain expressions has an effect on the voluntary EMG responses of individual subjects. Images with the emotional expression “no pain” reduce *m. corrugator supercilii* activity and increase *m. zygomaticus major* activity for those observers.

Keywords: facial expressions of pain, *m. zygomatic major*, *m. corrugator supercilii*, electromyograms (EMG).

Įvadas

Veido išraiškos yra labai svarbus mūsų kasdienio gyvenimo veiksnys. Veido išraiškos palengvina žmonių bendravimą, padeda gydytojui ir psichologui bendraujant su asmenimis, turinčiais sveikatos ar elgesio sunkumų. Gydytojai iki šiol neturi objektyvaus skausmo įvertinimo priemonių, tad dažniausiai vertina subjektyviai, iš paciento veido išraiškos. Viename iš pastarųjų metų apžvalginių straipsnių, susijusių su veido skausmo išraiškų tyrimais, konstatuojamas faktas, kad „objektyvaus skausmo matavimo technologija dar nėra parengta naudoti klinikinėmis sąlygomis“ (Dawes et al., 2018, p. 105).

Taikant fMRI metodiką, nustatyta, kad žmogaus smegenyse yra dvi su skausmu susijusios sritys: priekinė juostinė sritis ir sala (Botvinick et al., 2005). Šios sritys susižadina, kai tiriamajam sukeliamas skausmas, tačiau jos taip pat susižadina, kai tiriamiesiems rodomi trumpi filmai su vidutinės skausmo išraiškos veidais.

Šiuolaikiniai moksliniai tyrimai vis dažniau nagrinėja žmogaus veido išraiškos ir suvokiamo skausmo ryšį (Larochette, Chambers, & Craig, 2006; Prkachin & Solomon, 2008; Ardizzi et al., 2018). Manoma, kad, kaip ir veido emocijų išraiškos, taip ir veido išraiškos skausmo metu vaidina lemiamą vaidmenį perduodant informaciją apie patirtį (Prkachin & Craig, 1994; Hadjistavropoulos & Craig, 2004). Teigiama, kad yra šešios pagrindinės emocijų išraiškos. Šios emocijos buvo nustatytos atliekant tarpkultūrinius žmonių tyrimus, kurių metu dalyvių buvo paprašyta nustatyti veido išraiškas, susijusias su emocijoms būdingu kontekstu (Ekman & Friesen, 1971; Ekman, 1972). Radome

vienintelį darbą, kuriame teigiama, kad šios šešios pagrindinės emocijos nėra bendros visoms kultūroms (Jack, Garron, Yu, Caldara, & Schyns, 2012). Neuropsichologinių tyrimų ir neurovaizdinimo rezultatai rodo, kad žmogaus smegenyse yra veido išraiškų atpažinimo struktūros, specialiai pritaikytos konkrečioms emocijoms (Susskind et al., 2007). Sudėtingesnės emocijos gali kilti iš šių siūlomų pagrindinių emocijų prototipų mišinių, sumaišius pagrindinių emocijų paletę (Plutchik, 1980).

Tirti veido skausmo išraiškas paskatino P. Ekmano sukurta Veido judesių kodavimo sistema FACS (angl. *Facial Action Coding System, FACS*). Kiekvienas veido judesio vienetas koduojamas raidėmis AU su skaitmeniu, atitinkančiu skirtingą raumenį (Ekman & Friesen, 1978). FACS technika leidžia bet kurią matomą veido išraišką suskaidyti į ją sudarančius judesius (Ekman, Friesen, & Hager, 2002). Vieni iš ankstyviausių skausmo išraiškos tyrėjų su šia sistema nustatė, kurie raumenys susiję su skausmo išraiška. Pavyzdžiui, LeResche (1982) parodė, kad *juoko raumuo* (*m. risorius*) veikia horizontalų lūpų tempimą, susijusį ir su skausmo išraiška. Craig ir Patric (1985) ir Patrick, Craig bei Prkachin (1986) paskelbė, kad didėjant skausmui didėja įstrižas lūpų tempimas. Tas veiksmas atliekamas *didžiojo skruostinio raumens* (*m. zygomaticus major*), kuris taip pat dalyvauja sukuriant šypsenos išraišką.

Tarpkultūriniai europiečių ir Rytų Azijos tiriamųjų palyginimai atskleidė, kad skausmas abiejų kultūrų žmonių yra atstovaujamas panašiais veido raumenų judesiais (Chen et al., 2018). Šiame darbe kompiuterine sistema buvo įvertinami 39 veido judesio raumenys ir tai, ar kiekvienas judesio raumuo pajudėjo vertinant įsivaizduojamą skausmą. Rezultatai rodo, kad skirtingose kultūrose veido skausmo išraiškos modeliai apima labai panašius veido raumenų judesius, pirmiausia – antakių sutraukiamąjį raumenį (*m. corrugator supercilii*), žiedinį akies raumenį (*m. orbicularis oculi*), keliamąjį viršutinės lūpos ir nosies sparnelio raumenį (*m. levator labii superioris alaeque nasi*), keliamąjį viršutinės lūpos raumenį (*m. levator labii superioris*) ir juoko raumenį.

Lyginami vyrų ir moterų skausmo suvokimą, Chapman ir kiti (1999) tyrė vyzdžių išsiplėtimą reaguojant į sukeliama piršte skirtingo stiprio skausmą. Vyzdžio reakcijos prasideda 330 ms po stimulo pateikimo ir tęsiasi 1,25 s po stimulo nutraukimo. Vyzdžio išsiplėtimas didėjo didinant sukeliama skausmą. Vyrų ir moterų reakcijų skirtumų į suvokiamą skausmą nebuvo rasta.

Raumenų susitraukimus – net nepastebimus akimis – galima registruoti kaip elektromiogramų (EMG) signalo pokyčius (Ekman, Rolls, Perrett, & Ellis, 1992). Elektromiografijos metodas yra neinvazinis, pigus ir paprastai pritaikomas įvairiomis eksperimentinėmis sąlygomis. Jis gana tiksliai leidžia nustatyti, kuris ir per kiek laiko raumuo susitraukia bei atsipalaiduoja.

Skausmo metu pasireiškia gana skirtingos veido išraiškos atskiriems tiriamiesiems. Skausmo (taip pat ir vadinamųjų nepagrindinių emocijų) įvertinimą iš veido išraiškų sunkina tai, kad jos pasireiškia per tuos pačius veido raumenis, per kuriuos pasireiškia ir pagrindinės emocijos. Nustatyta, kad, pateikus tiriamajam vaizdą su emociine veido išraiška, per sekundę jam atsiranda greitos veido raumenų reakcijos, paprastai atitinkančios pateiktą išraišką. Šios greitos reakcijos dažnai vadinamos išraiškos mimikrija (Susskind

et al., 2007) arba emocine mimikrija (Wróbel & Imbir, 2019). Klasikiniu požiūriu mimikrija – specifinių veido judesių imitavimas (Hess & Fischer, 2013). Kol kas mimikrijos mechanizmas yra neaiškus. Manoma, kad per grįžtamąjį ryšį ji gali dalyvauti emocijos atsiradime (Söderkvist, Ohlén, & Dimberg, 2018). Emocinė mimikrija nustatyta net ir tada, kai emocinis veidas nebuvo sąmoningai suvoktas, pavyzdžiui, pateikus jį ikislenkstiniu lygmeniu (t. y. tiriamieji neįsisąmonino veidu atspindimos emocijos) (Dimberg, Thunberg, & Elmehed, 2000), ar į tą pacientų regos lauko dalį, kuriai smegenų žievė buvo akla (Tamietto et al., 2009).

Nepaisant aktyvaus mokslininkų domėjimosi vaizdų atpažinimo klausimais, nėra vienodos nuomonės dėl ryšio tarp žmogaus veido EMG ir jo atpažįstamo veido emocijos ar fizinės būklės išraiškos. Nustatyta, kad atpažįstant džiaugsmingą veidą registruojama nevalinga didžiojo skruostinio raumens reakcija (elektrinio aktyvumo padidėjimas) ir, priešingai, atpažįstant piktą veidą – registruojamas nevalingas antakių sutraukiamojo raumens reakcijos padidėjimas (Larsen, Noris, & Cacioppo, 2003). Vieni tyrėjai mano, kad tai – vykstant evoliucijai įgyta automatinė EMG reakcija į atpažįstamo veido išraišką (Dimberg & Thunberg, 1998). Kitų nuomone, atpažįstamo džiaugsmingo ir pikto veido emocinės išraiškos sukelta EMG yra ne mimikrija, bet atpažįstančiajam „užkrečiama“ emocinė EMG reakcija (Vrana & Gros, 2004). Pirmieji veido mimikriją sieja su vykstant evoliucijai susidariusia įgimta nežodine tarpusavio bendravimo kalba, kuri yra svarbus veiksnys mokymosi procese. Antrieji „emocijos užkrėtimo“ prasmę ant nevalingų greitų veido reakcijų perkelia iš plačiai Hatfield, Cacioppo ir Rapson (1994) knygoje aprašyto reiškinių, kurio metu „siuntėjas perduoda savo emociją priėmėjui“. Pastaraisiais atvejais emocijos atsiranda, kai „priėmėjas“ pajaučia tokią pačią kaip ir „siuntėjas“ emociją. Pavyzdžiui, vienas asmuo verkia, kitas dėl to taip pat pravirksta ir pan. Kol nėra tiesioginių įrodymų, kad mimikrijos pradžia sutampa su emocijos atsiradimo „priėmėjui“ pradžia, manoma, kad tai tik hipotezė, esą mimikrijos pradžia jau yra ir emocijos kilimo pradžia (Hess & Fischer, 2013; Wróbel & Imbir, 2019).

Mimikrijos mechanizmus bandyta aiškinti kaip atpažinimo procesus, susijusius su veidrodinių neuronų veikla (Rizzolatti & Craighero, 2004). Borroni ir Baldissera (2008) pažymi, kad trūksta tyrimų, nagrinėjančių veidrodinių neuronų sužadavimo rezultatus – visos motorinės sistemos suaktyvinimą vaizdo atpažinimo metu. Atradus galimybę paprastesnėmis sąlygomis (nenaudojant stimuliacinių priemonių) užfiksuoti nevalingų motorinių reakcijų pasireiškimą, būtų galima svarstyti apie praktinį gaunamų motorinio rezonanso parametrų panaudojimą. Tiesioginis motorinio rezonanso užfiksavimas naudojant EMG registraciją leistų supaprastinti susijusių su veidrodinių neuronų aktyvacija tyrimų atlikimą, rezultatų analizę ir pagilintų šios srities supratimą bei duomenų panaudojimo galimybes.

Svarbu pabrėžti, kad, nors vidiniai procesai, susiję su emocijų ir fizinių būklių, tarp jų ir skausmo, išraiškomis, yra linkę sudaryti sanklotą, skausmo patyrimas yra neatsiejamas nuo sensorinių komponentų ir todėl kokybiškai skiriasi nuo pagrindinių emocijų. Nustatyta, kad skausmo išraiška veide yra suvokiama kaip unikali ir išsiskirianti iš pagrindinių emocinių išraiškų (Kappesser & Williams, 2002; Simon et al., 2008).

Žmogaus veidų atpažinimo procesų tyrinėjimą pastaraisiais metais skatina intensyvios naujų trimačio vaizdo įvedimo ir signalų apdorojimo, vaizdo atpažinimo technologijų paieškos. Tačiau kad ir kokio galingumo būtų kompiuterinės atpažinimo sistemos, jos nėra pajėgios apdoroti ir kaupti kiekvieno asmens pilnus EMG reakcijų rinkinius veido identifikacijai (Susskind et al., 2007). Žmogus atpažįsta veidą akimirksniu, įvertindamas bet kokią jo emocijų ar fizinės būklės išraišką (Calder & Young, 2005). Tačiau žmogaus smegenų veiklos ypatumai atpažįstant veidus iki šiol nenustatyti.

Ypač trūksta tyrimų, nagrinėjančių visos motorinės sistemos suaktyvinimą vaizdo atpažinimo metu, kurie palengvintų objektyvių suvokiamo skausmo įvertinimo kriterijų paiešką (Eimontas ir Sargautytė, 2013). Išsamios žinios apie atpažįstamų skausmo išraiškų veide stiprio ryšį su matomo vaizdo sukeltomis nevalingomis motorinėmis veido reakcijomis leistų atpažinimo mechanizmų psichofiziologinius rodiklius geriau suprasti ir panaudoti praktiškai.

Šio tyrimo tikslas – nustatyti veido raumenų reakcijas į skausmo išraiškas kito asmens veide.

Metodika

Tiriamieji. Tyrime dalyvavo 18 savanorių, 15 moterų ir 3 vyrai. Visi tiriamieji buvo psichologijos specialybės II kurso studentai, 21 metų, dešiniarankiai, normalios arba koreguotos iki normalios regos. Prieš eksperimentą tiriamieji buvo supažindinti su eksperimento tėkme, apmokyti atlikti užduotį. Siekiant išvengti papildomų reakcijų, buvo sakoma, jog matuojamos veido reakcijos, nepatikslinant, kad tai bus raumenų reakcijos.

Tyrimo priemonės. Remiantis Wayne'o universiteto Harperio ligininės veido skausmo įvertinimo testu ir specializuotais veido išraiškų ypatumų aprašymais (Cohn & Ekman, 2005), tyrimui buvo sukurti vieno asmens keturi skirtingo laipsnio skausmo išraiškų vaizdai: neutralus, neskauda, skauda ir labai skauda veido išraiškos. Vaizdai buvo pateikiami CRT tipo monitoriaus ekrane su mūsų sukurta originalia kompiuterine programa, parašyta *Visual Basic* programavimo kalba *MS Windows* aplinkai. Programa kontroliavo stimulų pateikimo trukmę ir seką. CRT monitoriaus kadrų skaitmeninis dažnis buvo 75 Hz, ir mūsų programa vaizdus monitoriaus ekrane galima buvo pateikti tokiu pat 75 Hz dažniu. Tiriamųjų veido raumenų EMG reakcijos buvo registruojamos *Biopac MP100* fiziologinių signalų registravimo sistema. Signalų kvantavimo dažnis – 2 kHz. EMG registravimo stiprintuvų dažnių juosta – 10–3 000 Hz. EMG signalas buvo apdorotas su kontūrą sekančiu integratoriumi, kurio laiko pastovioji buvo 20 ms.

Vaizdų pateikimo ir EMG signalų sinchronizavimui buvo sukurtas specialus signalų formuotovas, kuris vaizdo pateikimo momentu perduodavo sinchronizacijos signalą *Biopac MP100* sistemai. Veido raumenų EMG reakcijos buvo registruojamos bipoliniu būdu, naudojant *Biopac* Ag-AgCl elektrodus. Kiekvienam tiriamajam registruoti 4 EMG kanalai – abiejų veido pusių didžiųjų skruostinių raumenų ir antakių sutraukiamųjų raumenų. Elektrodai buvo uždėti pagal Fridlund ir Cacioppo (1986) pasiūlytą schemą.

Tyrimo eiga. Tiriamajam monitoriaus ekrane pastoviai buvo rodomas neutralios išraiškos veidas. Tiriamiesiems veido skausmo išraiškų vaizdai buvo pateikiami dinamiškai: neutrali veido išraiška greitai pakisdavo į skausmo išraišką. Vaizdų pasikeitimo dažnis buvo 75 Hz, vadinasi, po 13,3 ms jau pateikiamas naujas vaizdas. Pakeitus neutralų vaizdą bet kurios skausmo išraiškos veidu, tiriamasis skausmo išraiškos atsiradimą ir išnykimą suvokdavo kaip veido raumenų judesį. Skausmo išraiškų vaizdų pasikeitimas neutralaus vaizdo fone kartojosi kas 7,5 s. Virtualios išraiškos parodymo trukmė – 1 000 ms. Vieną sekundę prieš veido su skausmo išraiška atsiradimą pasigirdavo 300 ms trukmės kompiuteriu generuojami vienodos garsinės amplitudės įspėjantys žodžiai „taip“ arba „ne“. Buvo atlikti du eksperimentai. Pirmame eksperimente tiriamojo užduotis buvo, išgirdus garsinį signalą „taip“, pamatyta veido išraišką kuo greičiau pamėgdžioti ir, priklausomai nuo vaizdo ekrane, savo veido raumenimis nutaisyti „neskauda“, „skauda“ arba „labai skauda“ išraišką. Antro eksperimento metu, išgirdę garsinį signalą „ne“, nepriklausomai nuo atsitiktinai pateikto virtualaus veido pobūdžio, tiriamieji buvo prašomi veido raumenimis kuo greičiau nutaisyti išraišką „skauda“. Abiejų eksperimentų stimulai buvo pateikiami pseudoatsitiktine tvarka vienoje testavimo sesijoje. Vienos sesijos metu buvo parodyta 360 virtualių veido išraiškų, po 60 neskauda, skauda ir labai skauda išraiškų pateikiant garsinį stimulą „taip“ ir po 60 – pateikiant garsinį stimulą „ne“. Prieš signalų registraciją tiriamieji buvo apmokyti atlikti pirmo ir antro eksperimento instrukcijas bei perspėti, kad po įspėjančių žodžių nemirksėtų ir nejudėtų.

Duomenų tvarkymas. Duomenų analizei buvo paimitos 4 500 ms trukmės EMG epochos. Prieš duomenų analizę epochos buvo peržiūrėtos monitoriaus ekrane ir turinčios judesio artefaktus pašalintos iš tolesnės analizės. Signalų analizę pradėjome 500 ms prieš vaizdo pateikimą. Vaizdo pateikimo pradžia (stimulo pasirodymo pradžia) buvo laikoma monitoriaus kadro, kuriame pateiktas vaizdas, parodymo pradžia. Kiekviename registracijos kanale gavome šešių tipų EMG reakcijas, kurias sąlygiškai pavadiname: „nutaiso“ tai, ką mato (nutaiso veido reakcijas neskauda, skauda ir labai skauda) ir „mato“ (mato skausmo išraiškas neskauda, skauda ir labai skauda, bet nutaiso vis tą pačią veido išraišką – skauda). Kiekvieną reakcijos tipą sudarė 60 EMG epochų. Kiekvienai EMG signalo epochai buvo suskaičiuotas signalo bazinis lygmuo (vidurkis) iš 500 ms skaitinių reikšmių iki stimulo pateikimo, kuris leido pašalinti nuolatinio lygmens postūmį (Lang, Greenwald, Bradley, & Hamm, 1993; Larsen, Norris, & Cacioppo, 2003). Sumavome epochas sinchroninės sudėties metodu, taikomu išskiriant sukeltus potencialus. Gautas epochų reikšmes glotninome slenkančiojo vidurkio metodu. Glotninimo intervalo žingsnis 100 ms.

Statistikos paketu SPSS-16 atlikome vieno faktoriaus dispersinę analizę (ANOVA) kiekvienam EMG registracijos kanalui atskirai. Dispersinės analizės metodu analizavome bendrą faktoriaus ir faktoriaus atskirų lygmenų įtaką kiekvienu laiko pjūvio momentu kiekvienai situacijai atskirai (Švegžda ir kt., 2004). Pirmoje situacijoje (kai tiriamasis nutaiso matomo veido skausmo išraišką) išskyrėme faktorių „**Nutaiso** skausmo išraišką“, kurį sudarė trys faktoriaus lygiai: 1) Nutaiso išraišką neskauda (N1); 2) Nutaiso išraišką skauda (N2) ir 3) Nutaiso išraišką labai skauda (N3). Šis faktorius nulemtas valingų

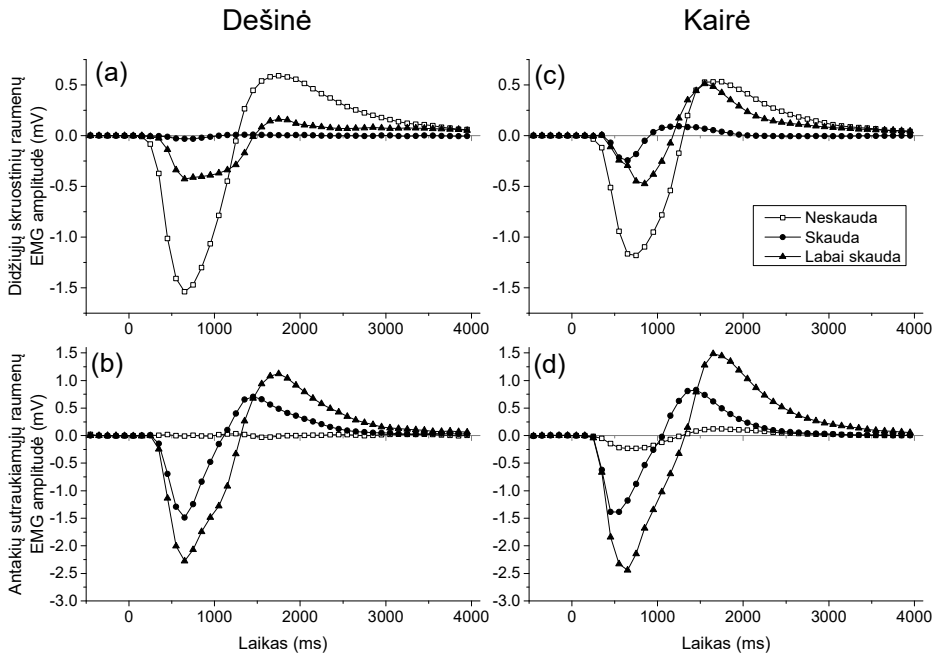
EMG reakcijų. Šios analizės rezultatai turėtų atskleisti, ar galima iš veido EMG objektyviai įvertinti veido skausmo išraiškos laipsnį. Antroje situacijoje (kai tiriamasis nutaiso vidutinio skausmo išraišką į bet kokią matytą skausmo išraišką) nagrinėjome, ar matyti vaizdai su skirtingomis skausmo išraiškomis nevalingai modifikuoja veido išraiškos reakciją. Pastarojoje situacijoje išskyrėme faktorių „**Mato** skausmo išraišką“, kuri sudarė trys lygiai: 1) **Mato** veido išraišką neskauda (M1); 2) **Mato** veido išraišką skauda (M2) ir 3) **Mato** veido išraišką labai skauda (M3). Taikydami Fišerio *post hoc* LSD kriterijų analizavome, kokiais laiko momentais po stimulo pateikimo atsiranda patikimi skirtumai tarp atskirų faktoriaus lygmenų. Grafiškai pavaizdavę faktoriaus (ar faktoriaus lygmenų) suskaičiuotas patikimumo kitimo reikšmes, vertinome vykstančius procesus laike. Jeigu *p* reikšmės buvo mažesnės už 0,05 ribą, galėjome teigti, kad nustatėme laiko momentą, kai faktorius turėjo statistiškai reikšmingą įtaką. Gavę faktoriaus patikimumo reikšmių kitimo kreivę, galėjome spręsti, ar patikima reikšmė nustatyta atsitiktinai, ar ji yra dėsningo kitimo pasekmė.

Rezultatai

Pirmo eksperimento metu, kai tiriamasis nutaiso matomo veido skausmo išraišką, buvo stebimos aiškiai išreikštos tiriamųjų EMG reakcijos į pateiktus vaizdus su skirtingomis skausmo išraiškomis. Visų tiriamųjų EMG reakcijų vidurkiai pateikti 1-ame pav. Ant abscisų ašies pateiktas laikas prasideda 500 ms prieš vaizdo pateikimą, o „nulis“ rodo vaizdo pateikimo momentą. Kiekvienas pažymėtas taškas gautas iš 216 000 matavimo reikšmių (t. y. vidurkis skaičiuotas viename intervale kas 0,5 ms, 200 matuotų signalo verčių reikšmių \times 60 reakcijų vidurkių \times 18 tiriamųjų). Gauti neigiami ir teigiami amplitudės atsilenkimai nuo nulinio lygmens nurodo raumens aktyvumo pokytį po stimulo pateikimo, palyginti su raumens toniniu aktyvumu iki stimulo. Neigiama amplitudė parodo raumens aktyvumo padidėjimą, teigiama amplitudė parodo raumens aktyvumo sumažėjimą toninio aktyvumo atžvilgiu, kuris buvo prieš stimulo pateikimą.

Lyginami EMG reakcijas, gautas dešinėje ir kairėje veido pusėje, matome panašius formas ir kaitos laike dėsningumus. Atpažįstant ir nutaisant veido išraišką „neskauda“, matomos didžiausios didžiųjų skruostinių raumenų EMG reakcijos (1-as pav., a, c), o antakių sutraukiamųjų raumenų – mažiausios (1-as pav., b, d). Išraiškos „skauda“ nutaisymo atveju reakcijos mažai išreikštos didiesiems skruostiniams raumenims ir yra šių reakcijų asimetriškumas: kairėje veido pusėje registruojama reakcija (1-as pav., a, c) yra stipresnė nei dešinėje su maksimalia amplitude ties 600 ms. Maksimalios amplitudės laiko pjūvyje ties 600 ms patikimai skiriasi ($t(17) = 2,26, p < 0,05$). Nutaisant veido išraišką „labai skauda“ tiek kairėje, tiek dešinėje veido pusėje registruojamos vidutinės didžiojo skruostinio raumens reakcijos (1-as pav., a, c).

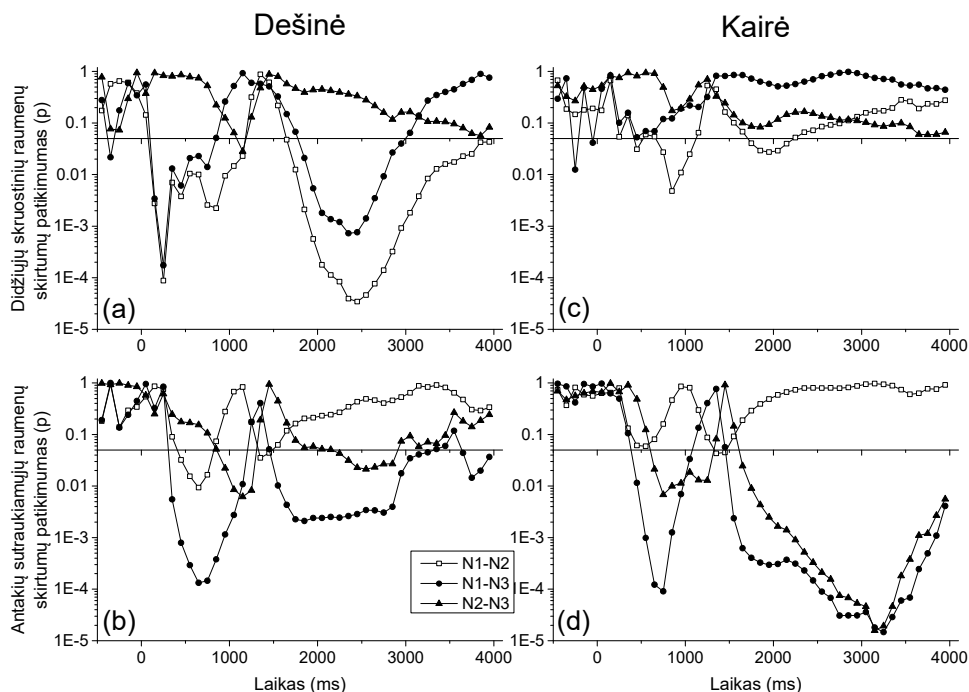
Nagrinėdami antakių sutraukiamųjų raumenų EMG, matome reakcijų didėjimą didėjant skausmo išraiškos laipsniui (1-as pav., b, d). Be to, nutaisant išraišką „neskauda“, būna nedidelė antakių sutraukiamųjų raumenų EMG reakcijų, registruojamų skirtingose veido



1 pav. EMG reakcijos, kai tiriamieji nutaisė tokias veido skausmo išraiškas, kurias atpažino parodytuose vaizduose

Didžiųjų skruostinių raumenų dešinės (a) ir kairės (c) veido pusės bei antakių sutraukiamųjų raumenų dešinės (b) ir kairės (d) veido pusės reakcijos. Visų tiriamųjų reakcijų vidurkis.

pusėse, asimetrija. Kairės veido pusės reakcija labiau išreikšta nei dešinės, maksimali amplitudė ties 800 ms ($t(17) = 2,134, p < 0,05$). Lygindami faktorius „Nutaiso veido išraišką“ trijų skausmo lygmenų skirtumų patikimumo įvertinimą dešinės veido pusės didiesiems skruostiniams raumenims, matome, kad tarp N1-N2 ir N1-N3 atsiranda patikimi skirtumai ($p < 0,05$) praėjus 200 ms po vaizdo pateikimo (2-asis pav., a). O patikimi skirtumai dešinės veido pusės antakių sutraukiamiesiems raumenims atsiranda praėjus 400 ms po vaizdo pateikimo (2-asis pav., b). Kairės veido pusės raumenims patikimi skirtumai atsiranda 100 ms vėliau nei dešinėje pusėje (2-asis pav., c, d). Patikimas skirtumas tarp nutaisomų išraiškų reiškia, jog tam, kad atsirastų skirtumas tarp EMG reakcijų, tiriamajam prieš tai reikėjo vienu atveju suvokti vieną, o kitu atveju – kitą skausmo išraišką. Taip pat galime išskirti du laiko intervalus, kuriuose pasireiškia patikimi skirtumai tarp faktorių lygmenų. Pirmame laiko intervale skirtumai prasideda ties 200–400 ms (priklausomai nuo raumens) po stimulo pateikimo ir tęsiasi 1 300 ms. Antrajame laiko intervale EMG skirtumai atsiranda apie 1 600 ms po stimulo pateikimo. Didžiųjų skruostinių raumenų reakcijose skirtumai išnyksta apie 3 100 ms, o antakių sutraukiamųjų raumenų – tęsiasi per visą mūsų nagrinėtą signalo laikotarpį, t. y. 4 000 ms.



2 pav. „Nutaiso veido išraišką“ trijų skausmo lygmenų skirtumų patikimumo kitimas

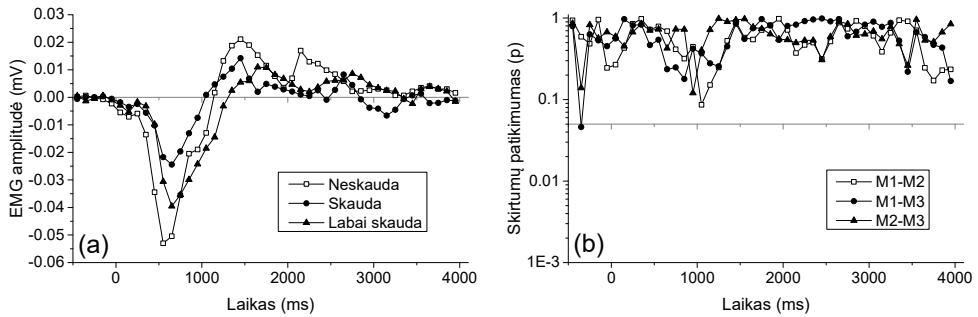
Didžiųjų skruostinių raumenų dešinės (a) ir kairės (c) veido pusės bei antakių sutraukiamųjų raumenų dešinės (b) ir kairės (d) veido pusės faktorių patikimumai. Patikimumo lygmuo $p = 0,05$ pažymėtas papildoma horizontalia ašimi. Visų tiriamųjų reakcijų vidurkis.

Apibendrinami visų tiriamųjų EMG reakcijų statistinės analizės duomenis, galime tvirtinti, kad nutaisomų veido skausmo išraiškų reakcijos atsiranda didžiųjų skruostinių raumenų srityse 200 ms anksčiau negu antakių sutraukiamųjų raumenų srityse.

Antroje eksperimento dalyje registruotos EMG reakcijos, tiriamajam nuolat nutaisant veido išraišką „skauda“ į kiekvieną rodomą vaizdą, nors vaizdai buvo pateikiami su trimis skirtingomis skausmo išraiškomis.

Dešinės veido pusės didžiųjų skruostinių raumenų EMG reakcijų vidurkiai kartoja dėsninę, aprašytą valingų veido išraiškų nutaisymo atveju: EMG signalo amplitudė padidėja labiau, kai tiriamieji mato veido išraišką „neskauda“ ir mažiau – kai mato „labai skauda“ (3-ias pav., a).

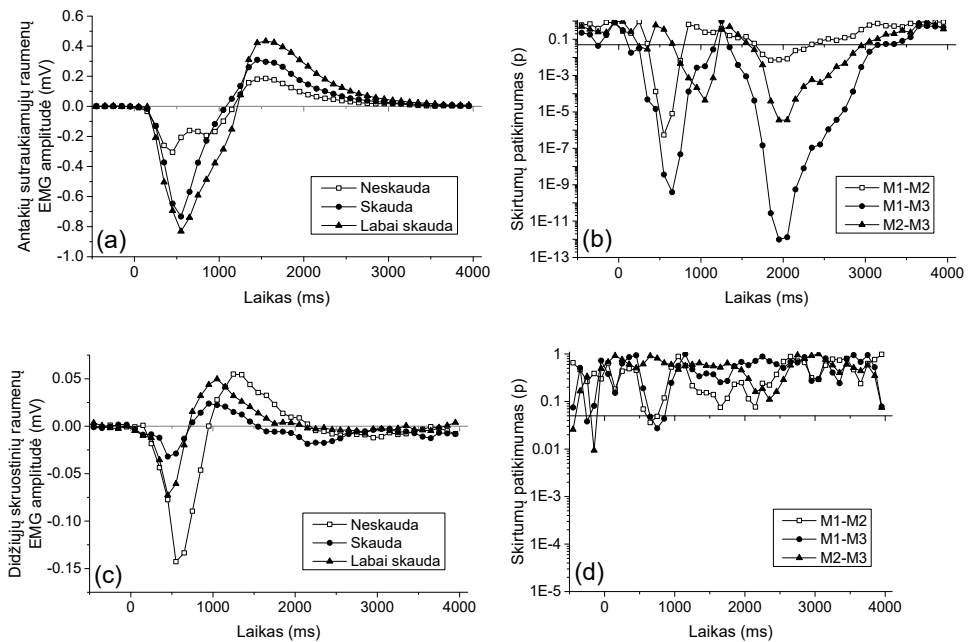
Suskaičiavus visų tiriamųjų reakcijų vidurkį, statistinio skirtumų patikimumo nenustatyta. Iš faktoriaus „Mato“ lygmenų statistinio įvertinimo matome (3-ias pav., b), kad skirtumai tarp visų lygmenų faktoriaus priartėja prie patikimų skirtumų laiko intervale 1 400–1 600 ms, tačiau nesumažėja žemiau $p = 0,05$ ribos.



3 pav. Dešinės veido pusės didžiųjų skruostinių raumenų EMG reakcijos (a) ir trijų skausmo lygmenų skirtumų patikimumo kitimas (b), kai tiriamieji nutaisė išraišką „skauda“, bet matė ir suvokė trijų skausmo išraiškų veidus. Patikimumo lygmuo $p = 0,05$ pažymėtas papildoma horizontalia ašimi (b dalyje). Visų tiriamųjų reakcijų vidurkis

Kadangi tiriamųjų skausmo išraiškos labai individualios, tai, jeigu atsiranda silpnos EMG reakcijos į matomą vaizdą, skirtingu laiku modifikuojančios reakciją į pastovią veido išraišką, – nagrinėdami visų tiriamųjų EMG reakcijas kartu, šios modifikacijos galime ir neaptikti. Todėl atlikome atskirų tiriamųjų EMG reakcijų statistinę analizę. Penkiems tiriamiesiems gavome patikimus faktorius „Mato“ lygmenų statistinio įvertinimo skirtumus. Kaip pavyzdys tiriamojo AN, kurio reakcijos buvo labiausiai išreikštos, dešinės veido pusės antakių sutraukiamųjų raumenų ir didžiųjų skruostinių raumenų reakcijos pavaizduotos 4-ame paveiksle.

Šiam tiriamajam atlikta vieno faktoriaus „Mato skausmo išraišką“ *post hoc* LSD (4-as pav.) iliustruoja, kaip matomo vaizdo skausmo išraiška modifikuoja dešinės veido pusės antakių sutraukiamųjų raumenų ir didžiųjų skruostinių raumenų reakcijas skirtingais laiko momentais. Pirmieji patikimi vidurkių skirtumai, kai pasireiškia matyto vaizdo skausmo išraiškos poveikis veido raumenų reakcijoms, antakių sutraukiamiesiems raumenims atsiranda nuo 200 ms iki 1 300 ms ir nuo 1 400 ms iki 3 500 ms po vaizdo pateikimo (4-as pav., a, b), o didiesiems skruostiniams raumenims – nuo 700 ms iki 900 ms po vaizdo pateikimo (4-as pav., c, d). Antakių sutraukiamųjų raumenų EMG reakcijas dažniau ir ilgiau modifikuoja matomo vaizdo skausmo išraiška „neskauda“ (M1-M2 patikimi skirtumai 4-ame pav., b), negu išraiška „labai skauda“ (M2-M3 patikimi skirtumai 4-ame pav., b). Be to, vaizdas su išraiška „neskauda“ sumažina antakių sutraukiamųjų raumenų EMG signalo amplitudę nutaisant veido išraišką „skauda“ (4-as pav., a), o didžiųjų skruostinių raumenų EMG signalo amplitudę padidina (4-as pav., c).



4 pav. Tiriamojo (AN) dešinės veido pusės antakių sutraukiamųjų raumenų EMG reakcijos (a) ir trijų skausmo lygmenų skirtumų patikimumo kitimas (b) bei didžiųjų skruostinių raumenų EMG reakcijos (c) ir trijų skausmo lygmenų skirtumų patikimumo kitimas (d), kai tiriamasis nutaisė išraišką „skauda“, bet matė ir suvokė trijų skausmo išraiškų veidus. Patikimumo lygmuo $p = 0,05$ pažymėtas papildoma horizontalia ašimi (b ir d dalyse)

Kadangi matomas vaizdas modifikavo EMG reakcijas, atsirandančias į tą pačią nutaisomą veido išraišką, tai šie skirtumai buvo nulemti nevalingų EMG reakcijų, kylančių dėl to, kad tiriamasis matė skirtingas skausmo išraiškas.

Rezultatų aptarimas

Emocijų ir fizinių būklių, tarp jų ir skausmo, išraiškų veide atpažinimo procesų tyrimai turi teorinę ir praktinę reikšmę. Be fundamentalių žinių apie atpažinimo procesų vyksmą mūsų nervų sistemoje ir jų praktinės reikšmės medicinai ir robototeknikai, negausių tokios krypties tyrimų rezultatai jau dabar naudojami, ieškant objektyvių skausmo įvertinimo kriterijų (Prkachin & Solomon, 2008; Botvinick, 2005; Hummel & Dijk, 2006; Ardizzi et al., 2018).

Didžioji dalis emocijų išraiškų ir skausmo tyrimų yra atliekama pasitelkus statinius vaizdus (Batty & Taylor, 2003). Mūsų atliktas tyrimas iš esmės skiriasi tuo, kad nagrinėja veido raumenų reakcijas ne į patiriamą skausmą (Chapman, 1999), bet reakcijas, atsirandančias atpažįstant virtualius veidus su skirtingo stiprio skausmo išraiškėmis.

Nustatėme, kad abiejų veido pusių antakių sutraukiamųjų raumenų EMG reakcijos tiesiogiai priklauso nuo tiriamųjų nutaisomos veido išraiškos skausmo laipsnio (1-as pav., b, d), kairės pusės reakcijos stipresnės už dešinės, bet didžiųjų skruostinių raumenų EMG reakcijos neatitinka nutaisomo skausmo laipsnio (1-as pav., a, c). Pastaruoju atveju maksimali EMG smailių amplitudė nuo neigiamos iki teigiamos viršūnės buvo didžiausia, kai tiriamojo nutaisomo veido išraiška buvo „neskauda“, tačiau nutaisant „labai skauda“ šis skirtumas buvo daug didesnis nei nutaisant veido išraišką „skauda“. Objektyviai prognozuoti veido išraiškos pokyčius sukėlusį skausmą pagal didžiųjų skruostinių raumenų EMG reakcijas būtų sunku, nes ir kai neskauda, ir kai labai skauda EMG signalų amplitudės yra didesnės, nei kai „skauda“ atveju. Šiuo požiūriu perspektyvūs rodikliai objektyviai prognozuoti skausmą galėtų būti antakių sutraukiamųjų raumenų EMG reakcijos. Šių raumenų grupės reakcijos, registruojamos abiejose veido pusėse, rodytų vis didėjančias EMG amplitudes, jei didėtų tikro skausmo stipris. Pritaikytas laikinių pjūvių dispersinės analizės metodas leidžia įvertinti, kokie procesai ir kokiais laiko momentais prasideda ir kiek trunka. Pažymėtina, kad nustatyti vaizdo formos ir orientacijos analizės laikai nesutapo su sukeltų potencialų smailių viršūnėmis – taigi signalo smailė yra mažiau informatyvi nei sukulto potencialo kreivės frontai (Švegžda ir kt., 2004). Atlikome panašią EMG signalų laikinių pjūvių analizę. Lygindami 2-ame pav. ir 4-ame pav. pateiktas faktoriaus lygmenų patikimumo reikšmes su 1-ame pav. vidurkintų EMG amplitudžių laiko intervalais, matome patikimesnius faktoriaus lygmenų skirtumus tuo metu, kuris atitinka vidurkinto signalo nusileidžiantį frontą, o ne smailės laiko vertę (žr. 2-ame pav. (a) 2 000–3 000; (b) 2 000–3 500 ir 4-ame pav. (a) 2 000–3 000 ms laiko intervalus).

Pastaraisiais dešimtmečiais moksliniais tyrimais siekiama pagrįsti paplitusį požiūrį, kad veido išraiškos atpažįstamos automatiškai reaguojant autonominiams atsakais (pavyzdžiui, odos varžos, širdies ritmo pokyčiais) bei specifinėmis smegenų sritimis (Öhman, 2002). Nustatyta, kad, vykstant ankstyvajam atpažinimo procesui (jei vaizdai pateikiami per 120 ms), vyksta pokyčiai smilkinio ir pakaušio skiltyse bei aktyvuojamos maumens skiltys. Praėjus 400–700 ms po vaizdų pateikimo, taip pat aktyvuojamos centrinės maumens sritys (Bradley et al., 2007). Nepaisant smegenų aktyvacijos pokyčių, kalbama ir apie veido motorinių vienetų aktyvaciją stebint kito asmens veido išraišką. Taigi stebinčiam kito asmens veido išraišką subtilios reakcijos, vadinamosios staigios veido reakcijos, pasireiškia per 1 000 ms (Moody, McIntosh, Mann, & Weisser, 2007). Kaip žinoma, vykstant atpažinimo procesui, didžiųjų skruostinių raumenų ir antakių sutraukiamųjų raumenų reakcijos pasireiškia greitai: po 300–400 ms nuo stimulo parodymo pradžios (Dimberg & Thunberg, 1998).

Antakių sutraukiamųjų raumenų aktyvacija yra silpniau išreikšta motorinėje žievėje, todėl yra mažiau veikiama sąmoningų motorinių veiksmų. O skruostų ir kitos veido apačios sritys geriau reprezentuojamos motorinėje žievėje, todėl didžiųjų skruostinių raumenų aktyvacija būdinga sąmoningam motoriniam elgesiui (Morecraft, Louie, Herrick, & Stilwell-Morecraft, 2001). Kai stebima vienokia veido išraiška, o raumenimis nutaisoma kitokia, išraiškos suvokimas apsunkinamas ir, atvirkščiai, stebint veido išraišką ir ją pakartojant veido raumenimis – suvokimas palengvinamas (Lee et al., 2006). Nustatėme,

kad nutaisomų skausmo išraiškų veido raumenų EMG reakcijos, atpažįstant matomo veido skausmo lygmenį, pasireiškia dviejuose laiko intervaluose. Pirmame laiko intervale reakcijų skirtumai didžiųjų skruostinių raumenų srityse atsiranda praėjus 200–300 ms po stimulo pateikimo (2-as pav., a, c), antakių sutraukiamųjų raumenų – praėjus 400–500 ms (2-as pav., b, d). Šie skirtumai išnyksta po 1 300 ms. Antrajame intervale abiejų raumenų grupių EMG reakcijų skirtumai atsiranda praėjus 1 600 ms po stimulo pateikimo, o išnyksta skirtingu laiku: didžiųjų skruostinių raumenų po 3 100 ms, o antakių sutraukiamųjų raumenų – tęsiasi iki 4 000 ms.

Žinoma, kad sąmoningas objektų atpažinimas įvyksta 250–300 ms intervale nuo stimulo pateikimo pradžios. Kad įvyktų motorinis veiksmas, nerviniai signalai dar turi būti nusiųsti į motorinę žievę, o iš ten į vykdomuosius raumenis. Šie procesai užtrunka dar apie 100 ms iki motorinės reakcijos pradžios (Bar et al., 2006). Taigi, atpažinus pateiktą stimulą ir į jį sureagavus, motorinės reakcijos turėtų prasidėti po 350–400 ms. O mūsų gautais duomenimis, veido didžiųjų skruostinių raumenų motorinės reakcijos prasideda 200 ms po stimulo pateikimo. Todėl galime manyti, kad matomo veido skausmo išraiška nesąmoningai pakartojama prieš sąmoningą atpažinimą, Galbūt skausmo išraiška analizuojama ne tik regos žievėje, bet ir kitose nervų sistemos srityse, panašiai kaip veido emocijų išraiškos atveju. Pastebima, kad skausmo analizė, kaip ir veido emocijų, vyksta panašiai, t. y. atsiranda nevalinga motorinė reakcija. Intensyvūs veidrodinių (rezonansinių) motorinių neuronų tyrimai (Borroni & Baldissera, 2008) leidžia kelti hipotezes, kad ir emocijos, ir šiame eksperimente tirtos skausmo išraiškos galėtų būti tokių neuronų veiklos pasekmė.

Matomų ir atpažįstamų skirtingos skausmo išraiškos veidų poveikis valingoms EMG reakcijoms nuolat nutaisant tą pačią skausmo išraišką nebuvo patikimas analizuojant visų tiriamųjų EMG reakcijas kaip vieną duomenų imtį, tačiau patikimai pasireiškė atskirų tiriamųjų reakcijoms įvairiuose laiko intervaluose. Mūsų atsitiktinai parinktų tiriamųjų veido išraiškos įsivaizduojant visus tris skausmo lygmenis buvo skirtingos, todėl ir nebuvo galima jų veido EMG reakcijų, jei jos silpnos ir atsiranda skirtingais laiko momentais, sujungti į vieną bendrą imtį. Nagrinėjant tiriamųjų duomenis atskirai, nustatyta, kad abiejų raumenų grupių EMG reakcijas dažniau ir ilgiau modifikuoja matomo vaizdo skausmo išraiška „neskauda“, negu išraiška „labai skauda“. Vaizdas su išraiška „neskauda“ sumažina antakių sutraukiamųjų raumenų EMG signalo amplitudę, jei nuolat nutaisoma veido išraiška „skauda“, o didžiųjų skruostinių raumenų grupėse įvyksta EMG amplitudės padidėjimas. Apibendrinant galima teigti, kad, jeigu matomas vaizdas modifikavo EMG reakcijas, atsirandančias nutaisant tą pačią veido išraišką, tai šie atsiradę skirtumai yra nulemti nevalingų EMG reakcijų, kylančių dėl to, kad tiriamasis mato skirtingas skausmo išraiškas.

Antakių sutraukiamųjų raumenų grupei nustatyta tiesioginė priklausomybė tarp EMG reakcijos dydžio ir nutaisomos veido skausmo išraiškos laipsnio galėtų būti pacientų ar tiriamųjų, kurių veidas nevalingai reaguoja į tikrą skausmą, juntamo skausmo objektyvaus įvertinimo rodiklis.

Išvados

1. Antakių sutraukiamųjų raumenų EMG reakcijų dydis priklauso nuo tiriamųjų nutaisytos valingos skausmo išraiškos laipsnio.
2. Valingai nutaisytų skausmo išraiškų EMG reakcijos atpažįstant matomo veido skausmo lygmenį pasireiškia dviejuose laiko intervaluose: didžiųjų skruostinių raumenų srityse jos atsiranda praėjus 200–300 ms po stimulo pateikimo, antakių sutraukiamųjų raumenų – praėjus 400–500 ms. Šie skirtumai išnyksta po 1 300 ms. Antrajame intervale abiejų raumenų grupių EMG reakcijų skirtumai atsiranda praėjus 1 600 ms po stimulo pateikimo, o išnyksta skirtingai: didžiųjų skruostinių raumenų po 3 100 ms, o antakių sutraukiamųjų raumenų – tęsiasi iki 4 000 ms.
3. Nuolat nutaisant tą pačią vidutinio skausmo išraišką ir atpažįstant skirtingų skausmo išraiškų veidus, pasireiškia įtaka atskirų tiriamųjų valingoms EMG reakcijoms. Vaizdas, kai išraiška „neskauda“, nevalingai sumažina antakių sutraukiamųjų raumenų ir padidina didžiųjų skruostinių raumenų EMG amplitudę.

Literatūra

- Ardizzi, M., Ferroni, F., Siri, F., Umiltà, M. A., Cotti, A., Calbi, M., & Gallese, V. (2018). Beholders' sensorimotor engagement enhances aesthetic rating of pictorial facial expressions of pain. *Psychological Research*, 84 (2), 370–379. doi: 10.1007/s00426-018-1067-7
- Bar, M., Kassam K. S., Ghuman, A. S., Boshyan, J., Schmid, A. M., Dale, A. M., ..., Halgren E. (2006). Top-down facilitation of visual recognition. *PNAS*, 103 (2), 449–454. doi: 10.1073/pnas.0507062103
- Batty, M., & Taylor, M. J. (2003). Early processing of the six basic facial emotional expressions. *Cognitive Brain Research*, 17 (3), 613–620. doi: 10.1016/s0926-6410(03)00174-5
- Borroni, P., & Baldissera, F. (2008). Activation of motor pathways during observation and execution of hand movements. *Social Neuroscience*, 2 (4), 7–14. doi: 10.1080/17470910701515269
- Borroni, P., Montagna, M., Cerri, G., & Baldissera, F. (2008). Bilateral motor resonance evoked by observation of a one-hand movement: Role of the primary motor cortex. *European Journal of Neuroscience*, 28 (7), 1427–1435. doi: 10.1111/j.1460-9568.2008.06458.x
- Botvinick, M., Jha, A. P., Bylsma, L. M., Fabian, S. A., Solomon, P. E., & Prkachin, K. M. (2005). Viewing facial expressions of pain engages cortical areas involved in the direct experience of pain. *NeuroImage*, 25 (1), 312–319. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.11.043
- Bradley, M. M., Hamby, S., Low, A., & Lang P. J. (2007). Brain potentials in perception: Picture complexity and emotional arousal. *Psychophysiology*, 44 (3), 364–373. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00520.x
- Calder, A. J., & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Reviews Neuroscience*, 6 (8), 641–651. doi: 10.1038/nrn1724
- Chapman, C. R., Oka, S., Bradshaw, D. H., Jacobson, R. C., & Donaldson, G. W. (1999). Phasic pupil dilation response to noxious stimulation in normal volunteers: Relationship to brain evoked potentials and pain report. *Psychophysiology*, 36 (1), 44–52. doi: 10.1017/s0048577299970373
- Chen, C., Crivelli, C., Garrod, O. G. B., Schyns, P. G., Fernández-Dols, J.-M., & Jack, R. E (2018). Distinct facial expressions represent pain and pleasure across cultures. *PNAS*, 115 (43), E10013–E10021. doi: 10.1073/pnas.1807862115
- Cohn, J., & Ekman, P. (2005). Measuring Facial Action by Manual Coding, Facial EMG, and Automatic Facial Image Analysis. In J. A. Harrigan, R. Rosenthal, K. Scherer (Eds.), *Handbook of Nonverbal Behaviour Research Methods in the Affective Sciences* (pp. 9–64). New York: Raven Press.
- Craig, K. D., & Patrick, C. J. (1985). Facial expressions during induced pain. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48 (4), 1080–1091. doi: 10.1037/0022-3514.48.4.1089

- Dawes, T. R., Eden-Green, B., Roste, C., Giles, J., Governo, R., Marcelline, F., & Nduka, C. (2018). Objectively measuring pain using facial expression: Is the technology finally ready? *Pain Management, 8* (2), 105–113. doi: 10.2217/pmt-2017-0049
- Dimberg, U., & Thunberg, M. (1998). Rapid facial reactions to emotional facial expressions. *Scandinavian Journal of Psychology, 39* (1), 39–45. doi: 10.1111/1467-9450.00054
- Dimberg, U., Thunberg, M., & Elmehed, K. (2000). Unconscious facial reactions to emotional facial expressions. *Psychological Science, 11*, 86–89. doi: 10.1111/1467-9280.00221
- Eimontas, J. ir Sargautytė, R. (2013). Skausmo įveikos strategijos ir asmenybės bruožai. Iš *Skausmo medicina*. Nr.1 (p. 35). Kaunas: Medicinos spaudos namai
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology, 17* (2), 124–129. doi: 10.1037/h0030377
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Manual for the Facial Action Coding System*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Ekman, P., Friesen, W. V., & Hager, J. C. (2002). *Facial Action Coding System*. Salt Lake City, UT: A Human Face.
- Ekman, P., Rolls, E. T., Perrett, D. I., & Ellis, H. D. (1992). Facial expressions of emotion: An old controversy and new findings. *Philosophical Transactions: Biological Sciences, 335* (127), 63–69. doi: 10.1098/rstb.1992.0008
- Fridlund, A. J., & Cacioppo, J. T. (1986). Guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiology, 3* (5), 567–589. doi: 10.1111/j.1469-8986.1986.tb00676.x
- Hadjistavropoulos, T., & Craig, K. D. (2004). *Social Influences and the Communication of Pain*. In T. Hadjistavropoulos, K. D. Craig (Eds.), *Pain: Psychosocial Perspectives* (pp. 87–112). New York: Erlbaum.
- Hatfield, E., Cacioppo, J. T., & Rapson, R. L. (1994). *Emotional contagion*. Madison, WI: C. W. Brown.
- Hess, U., & Fisher, A. (2013). Emotional mimicry as social regulation. *Personality and Social Psychology Review, 17* (2), 142–157. doi: 10.1177/1088868312472607
- Hummel, P., & van Dijk, M. (2006). Pain assessment: Current status and challenges. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine, 11* (4), 237–245. doi: 10.1016/j.siny.2006.02.004
- Jack, R. E., Garrod, O. G., Yu, H., Caldara, R., & Schyns, P. G. (2012). Facial expressions of emotion are not culturally universal. *PNAS, 109* (19), 7241–7244. doi: 10.1073/pnas.1200155109
- Kappesser, J., & de Williams, A. C. (2002). Pain and negative emotions in the face: Judgements by health care professionals. *Pain, 99* (1), 197–206. doi: 10.1016/s0304-3959(02)00101-x
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology, 30* (3), 261–273. doi: 10.1111/j.1469-8986.1993.tb03352.x
- Larochette, A. C., Chambers, C. T., & Craig, K. D. (2006). Genuine, suppressed and faked facial expressions of pain in children. *Pain, 126* (1), 64–71. doi: 10.1016/j.pain.2006.06.013
- Larsen, J. T., Norris, C. J., & Cacioppo, J. T. (2003). Effects of positive and negative affect on electromyographic activity over zygomaticus major and corrugator supercilii. *Psychophysiology, 40* (5), 776–785. doi: 10.1111/1469-8986.00078
- Lee, T. W., Josephs, O., Dolan, R. J., & Critchley, H. D. (2006). Imitating expressions: Emotion-specific neural substrates in facial mimicry. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 1* (2), 122–135. doi: 10.1093/scan/nsl012
- LeResche, L. (1982). Facial expression in pain: A study of candid photographs. *Journal of Nonverbal Behavior, 7* (1), 46–56. doi: 10.1007/BF01001777
- Moody, E. J., McIntosh, D. N., Mann, L. J., & Weisser, K. R. (2007). More than mere mimicry? The influence of emotion on rapid facial reactions to faces. *Emotion, 7* (2), 447–457. doi: 10.1037/1528-3542.7.2.447
- Morecraft, R. J., Louie, J. L., Herrick, J. L., & Stilwell-Morecraft, K. S. (2001). Cortical innervation of the facial nucleus in the non-human primate: A new interpretation of the effects of stroke and related subtotal brain trauma on the muscles of facial expression. *Brain, 124* (1), 176–208. doi: 10.1093/brain/124.1.176
- Öhman, A. (2002). Automaticity and the amygdala: Nonconscious responses to emotional faces. *Current Directions in Psychological Science, 11* (2), 62–65.

- Patrick, C. J., Craig, K. D., & Prkachin, K. M. (1986). Observer judgements of acute pain: Facial action determinants. *Journal of Personality and Social Psychology*, *50* (6), 1291–1298. doi: 10.1037//0022-3514.50.6.1291
- Prkachin, K. M., & Craig, K. D. (1995). Expressing pain: The communication and interpretation of facial pain signals. *Journal of Nonverbal Behavior*, *19* (4), 191–205. doi: 10.1007/bf02173080
- Prkachin, K. M., & Solomon, P. E. (2008). The structure, reliability and validity of pain expression: Evidence from patients with shoulder pain. *Pain*, *139* (2), 267–274. doi: 10.1016/j.pain.2008.04.010
- Plutchik, R. (1980). A General Psychoevolutionary Theory of Emotion. In R. Plutchik, H. Kellerman (Eds.), *Emotion: Theory, Research, and Experience: Theories of Emotion*: Vol. 1 (pp. 3–33). New York: Academic.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, *27*, 169–192. doi: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
- Simon, D., Craig, K. D., Gosselin, F., Belin, P., & Rainville, P. (2008). Recognition and discrimination of prototypical dynamic expressions of pain and emotions. *Pain*, *135* (1), 55–64. doi: 10.1016/j.pain.2007.05.008
- Söderkvist, S., Ohlén, K., & Dimberg, U. (2018). How the experience of emotion is modulated by facial feedback. *Journal of Nonverbal Behavior*, *42* (1), 129–151. doi: 10.1007/s10919-017-0264-1
- Susskind, J. M., Littlewort, G., Bartlett, M. S., Movellan, J., & Anderson, A. K. (2007). Human and computer recognition of facial expressions of emotion. *Neuropsychologia*, *45* (1), 152–162. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.001
- Švegžda, A., Vaitkevičius, P., Stanikūnas, R., Viliūnas, V., Bliznikas, Z. ir Breivė, K. (2004). Smegenyse sukeltų potencialų registravimas ir parametru įvertinimas dispersinės analizės metodu. *Matavimai*, *2* (30), 7–10.
- Tamietto, M., Castelli, L., Vighetti, S., Perozzo, P., Geminiani, G., Weiskrantz, L., & de Gelder, B. (2009). Unseen facial and bodily expressions trigger fast emotional reactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106* (42), 17661–17666. doi: 10.1073/pnas.0908994106
- Vrana, S. R., & Gros, D. (2004). Reactions to facial expressions: Effect of social context and speech anxiety on responses to neutral, anger, and joy expressions. *Biological Psychology*, *66* (1), 63–78. doi: 10.1016/j.biopsycho.2003.07.004
- Wróbel, M., & Imbir, K. (2019). Broadening the perspective on emotional contagion and emotional mimicry: The correction hypothesis. *Perspectives on Psychological Science*, *14* (3), 437–451. doi: 10.1177/1745691618808523