

SMO PRIPRAVLJENI UPORABITI PASIVNI PODKOŽNI MIKROČIP? PRVI REZULTATI MEDNARODNE ŠTUDIJE

¹BORUT WERBER, ¹ANJA ŽNIDARŠIČ, ²IGOR PIHIR,

³MACIEJ ROSTANSKI, ⁴JAKUB FISCHER,

⁴ANTONIN PAVLICEK & ¹ALENKA BAGGIA

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija, e-pošta: borut.werber@um.si, anja.znidarsic@um.si, alenka.baggia@um.si.

²Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike, Varaždin, Hrvaška, e-pošta: ipihir@foi.unizg.hr.

³WSB University, Computer Science Faculty, Dąbrowa Górnicza, Poljska, e-pošta: mrostanski@gmail.com.

⁴University of Economics, Faculty of Informatics and Statistics, Praga, Češka, e-pošta: fischerj@vse.cz, antonin.pavlicek@vse.cz.

Povzetek Podkožni mikročipi v zadnjem času postajajo realnost in ne več znanstvena fantastika. Uporabljajo se na različnih področjih, za različne namene in so vedno bolj razširjeni. Prispevek predstavlja primerjavo rezultatov mednarodno izvedene ankete, s katero smo želeli ugotoviti, v kakšen namen in pod kakšnimi pogoji bi si bili posamezniki pripravljeni vstaviti pasiven podkožni RFID NFC mikročip. Presenetljivo, navkljub kulturnim razlikam med primerjanimi državami (Poljska, Češka, Hrvaška in Slovenija) v veliko primerih ni bilo statistično značilnih razlik med odgovori. Rezultati so pokazali sorazmerno velik delež tistih, ki bi uporabljali mikročip za zdravstvene namene (57%), za ostale namene pa je bil delež manjši. Anketiranci v obravnavanih državah različno ocenjujejo svoje poznavanje RFID tehnologije. Pripravljenost za uporabo pasivnega podkožnega mikročipa, ki ne bi omogočal sledenja in GPS pozicioniranja, se prav tako razlikuje med posameznimi državami. Na osnovi slednjega lahko ocenimo, v kolikšni meri je posameznikom pomembno vprašanje zasebnosti.

Ključne besede:

podkožni mikročip, RFID, sprejetost, človeško telo.

1 Uvod

RFID mikročipi ponujajo kar nekaj možnosti uporabe na različnih področjih. Z njimi odklepamo vrata, telefone, prenosnike, avtomobile, motorna kolesa (Voas & Kshetri, 2017), plačujemo na samopostrežnih avtomatih, blagajnah, skenerjih in tiskalnikih. V izrednih razmerah ali zdravstvenih stanjih nas lahko s pomočjo RFID podkožnega mikročipa tudi identificirajo ter ugotavljajo ustrezne načine zdravljenja pri specifičnih bolnikih. Po drugi strani pa pri uporabi podkožnega mikročipa obstaja možnost odpovedi zaradi tehnične napake, možnost kraje identitete, možnost sledenja glede na uporabo. Kot navaja (Rodriguez, 2019), se kar nekaj raziskav ukvarja z vprašanjem pravice do zasebnosti. Poleg tega, (Albrecht, 2010) navaja, da podkožni mikročipi niso tako nedolžni in da obstaja možnost pojava rakaste tvorbe okoli ali v bližini mikročipa. V raziskavi so Lai in sodelavci (Lai, Chan, & Singh, 2016) testirali vpliv mikročipov na rast rakavih celic. V izogib negativnim vplivom je bilo izvedenih več raziskav, na osnovi katerih so bile predlagane različne inovacije za zmanjšanje vpliva na zdravje (ovoj okoli kapsule), zaščito gesla – enkripcija, varovanje postopka branja in prepoznavne bralnika. Kot vedno lahko najdemo raziskave, ki potrjujejo škodljive vplive, kot tiste, ki jih zavračajo. Obstajajo tudi raziskave, ki preučujejo etične vidike vstavljanja podkožnih mikročipov, predvsem v primerih, ko to od zaposlenih zahteva podjetje (Gauttier, 2019). Ne glede na to, da lahko pričakujemo podobno zgodbo, kot v primeru prenosnikov in pametnih telefonov, ko zaposleni službene naprave uporabljajo v zasebne namene, gre v primeru vstavljanja podkožnega mikročipa za bistveno večji poseg v zasebnost zaposlenega.

V prispevku so prikazani rezultati mednarodne raziskave o možnosti uporabe pasivnega podkožnega mikročipa za različne namene. V raziskavi smo se osredotočili na pasivni podkožni RFID (ang. Radio Frequency IDentification) NFC (ang. Near Field Communication) mikročip. Za boljše razumevanje bomo na tem mestu predstavili za kakšno vrsto mikročipov gre v naši raziskavi. S stališča napajanja ločimo aktivne in pasivne mikročipe. Slednji so brez napajanja torej nimajo lastnega vira električne energije, saj se ta tvori z indukcijo preko antene, ki jo sproži čitalec mikročipa. Tovrstnih mikročipov ne moremo slediti na daljavo. NFC naprave imajo v normalnih razmerah doseg nekaj centimetrov, v izjemnih primerih pa tudi do enega metra. S kratico RFID označujemo naprave za identifikacijo s pomočjo radijskih frekvenc. Mikročip je naprava, velika od nekaj mikrometrov do nekaj

milimetrov. V primeru podkožnega mikročipa gre za mikročip v steklenem ovoju, ki je velikosti riževega zrna in se s pomočjo injekcije vstavi pod kožo. Zelo podoben primer je podkožni mikročip za identifikacijo malih živali. Običajno se mikročip pri živalih vstavi za vrat živali, medtem ko se ljudje najpogosteje odločajo za mesto med palcem in kazalcem.

V predstavljeni raziskavi smo želeli ugotoviti, ali bi anketirani uporabili pasiven podkožni NFC RFID mikročip za različne namene (zdravstvo, nakupovanje, identifikacija ipd.) in z različnimi funkcionalnostmi. Zanimalo nas je ali se bodo odgovori razlikovali po državah, saj se ob uporabi podkožnih mikročipov poraja več osebnih vprašanj vezanih na možnost ogrožanja zdravja, možnost sledenja, možnost kraje identitete, možnosti uporabe in drugih vidikov. Namen tega prispevka ni promocija uporabe podkožnih mikročipov, temveč proučevanje dejavnikov, ki vplivajo na odločitev posameznika za uporabo podkožnega mikročipa.

2 Pripravljenost na uporabo podkožnega mikročipa

Glede na splošno mnenje o sprejetju novih tehnologij, lahko sklepamo, da bo tudi v primeru podkožnih mikročipov pri mlajših generacijah več posameznikov, ki si bodo pripravljene vstaviti podkožni mikročip. Raziskava, ki so jo (Perakslis, Michael, Michael, & Gable, 2014) izvedli v Avstraliji, Indiji, Veliki Britaniji in ZDA, je pokazala, da je v Indiji generacija milenijcev bistveno bolj naklonjena vstavljanju podkožnih mikročipov kot starejše generacije (t.i. Baby boom generacija, Generacija X in Generacija Y). Med glavnimi prednostmi uporabe podkožnih mikročipov lahko izpostavimo dejstvo, da ga ne moremo izgubiti, ni ga mogoče odstraniti ali prenesti na drugo osebo (Gillenson, Zhang, Muthitachoen, & Prasamphanich, 2019).

Na mnenje ljudi o podkožnih mikročipih vplivajo tudi različni uspešni primeri uporabe, predvsem v zdravstvene namene. Uporabljajo jih pri različnih protezah, v diagnostiki (Yarlagadda, Sharma, Yarlagadda, & Sharma, 2019) in tudi za doziranje zdravil pri poškodbah hrbtenice (Eltorai, 2017) ter drugih primerih (Eltorai, Fox, McGurrin, & Guang, 2016). Glede na negativne izkušnje z identifikacijo žrtev v primerih naravnih nesreč, se pojavlja tudi ideja o vstavljanju podkožnih mikročipov v zobne proteze (Venkat, Adchaya, Muthukumar, & Manipal, 2019). V marsikaterem primeru pa zasledimo uporabo podkožnega mikročipa v popolnoma druge namene. Posamezniki si mikročip vstavijo za hobi, raziskujejo različne aplikacije ali pa v

imenu umetnosti (Michael & Michael, 2013). Posebej zanimiva je ugotovitev, da si vedno več posameznikov vstavi podkožni mikročip za dostop do svoje lastnine, t.j. avtomobila ali hiše (Michael, Aloudat, Michael, & Perakslis, 2017).

Zadržki pri uporabi podkožnih mikročipov se pojavljajo na primer zaradi varnosti podatkov in zasebnosti. Kljub temu, da z uporabo mobilnih naprav razkrivamo večji del svojih podatkov, gibanja in ostalih navad, tega pri uporabi mobilnih naprav ne zaznavamo kot oviro (Kim, 2016), kar pa ne velja za podkožne mikročipe. Obstajajo pa tudi zdravstvena tveganja, ki se lahko pojavijo že pri vstavljanju podkožnega mikročipa (Nicholls, 2017), ali kasneje, ko je mikročip že vstavljen (Albrecht, 2010; Lai et al., 2016).

3 Metodologija

Raziskava o sprejetosti podkožnih čipov je bila izvedena v letih 2016 in 2017 v štirih državah: Poljska, Hrvaška, Češka in Slovenija. Za namen raziskave smo posodobili predhodno razviti vprašalnik (Werber, Baggia, & Žnidaršič, 2018), ki je poleg vprašanj anketirancem predstavljal tudi različne možnosti uporabe. Povabilo k sodelovanju so anketiranci prejeli preko različnih kanalov, od družbenih omrežij, do objav v medijih.

3.1 Raziskovalna vprašanja

V okviru raziskave razlik pri sprejetju podkožnega mikročipa v različnih državah, smo oblikovali 4 raziskovalna vprašanja:

***RV1:** Ali se samoocena poznavanja RFID tehnologije razlikuje po državah?*

***RV2:** Ali je pripravljenost za sprejetje podkožnih mikročipov za različne uporabe (zdravstvo, identifikacija, nakupovanje in plačevanje, domača uporaba) povezana z državo prebivališča posameznika?*

***RV3:** Ali je pripravljenost za sprejetje podkožnih mikročipov, če bi omogočali več funkcionalnosti hkrati, povezana z državo prebivališča posameznika?*

RV4: Ali je pripravljenost za sprejetje podkožnih mikročipov, če bi imeli zagotovilo da pozicioniranje in sledenje GPS ni mogoče, povezana z državo prebivališča posameznika?

4 Rezultati

V raziskavi je sodelovalo 268 anketirancev iz Poljske, 146 iz Hrvaške, 356 iz Češke ter 288 iz Slovenije. Ti anketiranci so anketni vprašalnik delno ali v celoti izpolnili. Strukturo anketirancev glede na spol in status po državah prikazuje **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**, medtem ko je starostna struktura prikazana v

Tabela 2: Starostna struktura anketirancev po državah.

. Struktura vzorca glede na spol kaže, da je bilo v vseh 4 primerih obravnavanih med 40 in 60% predstavnikov posameznega spola. Iz tega lahko sklepamo, da sta v vzorcu ustrezno zastopana oba spola. Več razlik se pojavlja pri statusu anketiranca. V vseh državah najmanjši delež anketirancev predstavljajo nezaposleni, sledijo pa upokojenici. Medtem ko imamo v vzorcu Poljskih anketirancev največ zaposlenih (83,5 %), pa v primeru Hrvaške največji delež anketirancev predstavljajo študenti (71,2%).

Tabela 1: Struktura anketirancev glede na spol in status po državah.

		Poljska		Hrvaška		Češka		Slovenija	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Spol	Moški	153	57,5	86	58,9	171	48,0	119	41,6
	Ženski	113	42,5	60	41,1	185	52,0	167	58,4
Status	Učenec, dijak ali študent	17	6,4	104	71,2	74	20,9	90	31,4
	Zaposlen	222	83,5	27	18,5	240	67,8	163	56,8
	Nezaposlen	11	4,1	3	2,1	12	3,4	14	4,9
	Upokojenec	16	6,0	12	8,2	28	7,9	20	7,0

V vzorec smo skušali zajeti raznoliko starostno strukturo anketirancev, od osnovnošolcev, dijakov, študentov, do zaposlenih in upokojenecv. Najmlajši anketiranec v Sloveniji je imel le 11 let, najstarejši anketiranec na Poljskem pa kar 84 let.

Tabela 2: Starostna struktura anketirancev po državah.

Statistika	Poljska	Hrvaška	Češka	Slovenija
n	268	146	356	288
Minimum	15	15	15	11
Q1	30,0	20,0	27,5	24,0
Mediana	37,5	21,0	35,0	36,0
Q3	46,0	30,0	46,0	46,0
Maksimum	84	79	82	79
Povprečje	39,01	28,20	37,87	36,04
Standardni odklon	11,94	15,05	14,10	14,98

4.1 Samoocena znanja o RFID tehnologiji

Odgovor na prvo raziskovalno vprašanje smo poiskali s pomočjo analize variance (ANOVA). Anketiranci so ocenili svoje poznavanje RFID tehnologije na 5-stopejski lestvici, kjer je 1 pomenilo 'zelo slabo', 2 – 'slabo', 3 – 'niti slabo, niti dobro', 4 – 'dobro' in 5 – 'zelo dobro'. Najvišja povprečna ocena znanja je pri anketirancih iz Poljske (3,16), najnižje pa med anketiranci iz Češke (2,64). Na podlagi rezultatov ANOVA (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**) lahko zapišemo, da se povprečna samoocena znanja o RFID razlikuje pri 5 % tveganju ($F=8,683$, $p=0,000$), torej je odgovor na prvo raziskovalno vprašanje pritrđen. Multiple primerjave (Games-Howell-ov test) so pokazale, da obstajajo statistično značilne razlike v samooceni znanja o RFID med naslednjimi pari držav pri 5 % tveganju:

- Poljska in Češka ($p = 0,000$),
- Poljska in Slovenija ($p = 0,003$),
- Hrvaška in Češka ($p = 0,022$).

Tabela 3: ANOVA za poznavanje RFID tehnologijo po državah.

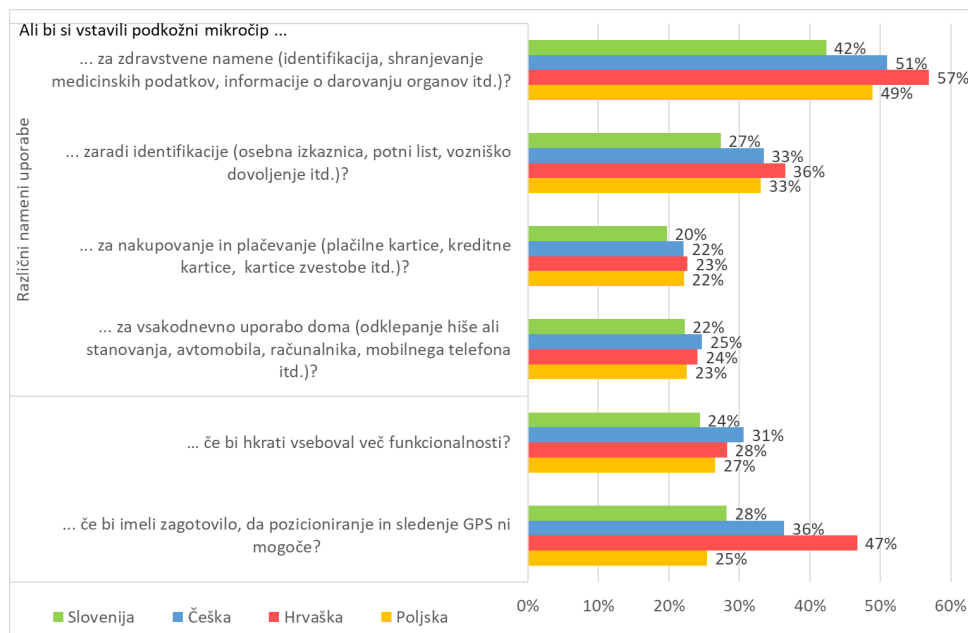
Država	Opisne statistike			Test homogenosti varianc			ANOVA	
	n	Povp	s	Levenova statistika	sp1; sp2	p	F	p
Poljska	170	3,16	1,07	1,630	3; 635	0,181	8,683	0,000
Hrvaška	103	2,99	0,98					
Češka	206	2,64	1,05					
Slovenija	160	2,75	1,08					

4.2 Pripravljenost na sprejetje podkožnih mikročipov

V nadaljevanju prispevka je prikazana analiza podatkov po posameznih raziskovalnih vprašanjih.

RV1: *Ali se samoocena poznavanja RFID tehnologije razlikuje po državah?*

Slika 1 prikazuje odstotek anketirancev, ki bi si bil pripravljen vstaviti podkožni mikročip za štiri različne namene glede na državo prebivališča posameznika. Največji delež anketiranih si je pripravljen vstaviti mikročip za zdravstvene namene, in sicer 57 % anketirancev iz Hrvaške, 51 % iz Češke, 49 % iz Poljske ter 42 % iz Slovenije.



Slika 1: Sprejetje podkožnih mikročipov za različne namene po državah.

***RV2:** Ali je pripravljenost za sprejetje podkožnih mikročipov za različne uporabe (zdravstvo, identifikacija, nakupovanje in plačevanje, domača uporaba) povezana z državo prebivališča posameznika?*

Rezultati hi-kvadrat testov (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**4) kažejo, da je pripravljenost za sprejetje podkožnih mikročipov povezana z državo prebivališča posameznika pri 5 % tveganju le pri uporabi za zdravstvene namene ($p = 0,031$), medtem ko povezava ni značilna pri uporabi za identifikacijo ($p = 0,221$), nakupovanje ter plačevanje ($p = 0,861$), in vsakodnevno domačo uporabo ($p = 0,881$). Torej, odgovor na drugo raziskovalno vprašanje je negativen.

Tabela 4: Rezultati hi-kvadrat testov za šest vprašanj o pripravljenosti za sprejetje podkožnih mikročipov glede na državo.

Vprašanje	Pearson Hi-kvadrat	sp	p
... za zdravstvene namene (identifikacija, shranjevanje medicinskih podatkov, informacije o darovanju organov itd.)?	8.881	3	0,031
... zaradi identifikacije (osebna izkaznica, potni list, vozniško dovoljenje itd.)?	4.408	3	0,221
... za nakupovanje in plačevanje (plačilne kartice, kreditne kartice, kartice zvestobe itd.)?	.753	3	0,861
... za vsakodnevno uporabo doma (odklepanje hiše ali stanovanja, avtomobila, računalnika, mobilnega telefona itd.)?	.666	3	0,881
... če bi vseboval več funkcionalnosti hkrati?	3.272	3	0,351
... če bi imeli zagotovilo, da pozicioniranje in sledenje GPS ni mogoče?	22.434	3	0,000

RV3: *Ali je pripravljenost za sprejetje podkožnih mikročipov, če bi omogočali več funkcionalnosti hkrati, povezana z državo prebivališča posameznika??*

Pripravljenost za sprejetje podkožnih mikročipov, če bi le-ti omogočali več funkcionalnosti hkrati, ni povezana z državo prebivališča posameznika pri 5 % tveganju ($p = 0,351$), torej je odgovor na tretje raziskovalno vprašanje negativen.

RV4: *Ali je pripravljenost za sprejetje podkožnih mikročipov, če bi imeli zagotovilo da pozicioniranje in sledenje GPS ni mogoče, povezana z državo prebivališča posameznika??*

V četrtem raziskovalnem vprašanju se sprašujemo ali je pripravljenost za sprejetje podkožnih mikročipov, če bi imeli zagotovilo da pozicioniranje in sledenje GPS ni mogoče, povezana z državo prebivališča posameznika. Na podlagi rezultatov hi-kvadrat testa lahko odgovorimo pritrdilno ($p = 0,000$). Največji delež ljudi (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**), ki so si pripravljene vstaviti mikročip, bi imeli zagotovilo da pozicioniranje in sledenje GPS ni mogoče, je iz Hrvaške (46,7 %), sledijo Čehi (36,4 %), in Slovenci (28,2 %), najnižji odstotek je na Poljskem (25,4 %).

5 Zaključek

Rezultati raziskave so delno potrdili naše domneve oziroma raziskovalna vprašanja. Pri samooceni poznavanja RFID tehnologije lahko opazimo, da je največja razlika med anketiranci iz Poljske in anketiranci iz Češke, kar je tudi statistično potrjeno. Razlike obstajajo tudi pri pripravljenosti uporabe podkožnih mikročipov za različne namene. Med tem, ko se v vseh državah največji delež anketiranih opredeljuje za uporabo v zdravstvene namene je različen odstotek slednjih med državami vseeno statistično značilen in sicer od 57% na Hrvaškem, do 42% v Sloveniji. Podatki o uporabi podkožnih mikročipov za druge namene kot je identifikacija, plačevanje, nakupi in domača uporaba, niso pokazali statistično značilnih razlik med državami. Pri trditvi o pripravljenosti za uporabo mikročipa v primeru, ko le-ta omogoča več funkcionalnosti hkrati, se med državami niso pokazale statistično značilne razlike, zato smo na raziskovalno vprašanje RV3 odgovorili negativno. Četrto raziskovalno vprašanje RV4 se je nanašalo na možnost sledenja podkožnega mikročipa. Največji delež anketirancev, ki bi si vstavili mikročip pod pogojem, da sledenje ni omogočeno, prihaja iz Hrvaške (46,7%). Najnižji delež anketirancev, ki bi si vstavili mikročip pod pogojem, da sledenje ni omogočeno, pa prihaja iz Poljske (25,4%). Tudi v tem primeru smo dokazali statistično značilne razlike zato smo raziskovalno vprašanje RV4 potrdili. Če povzamemo lahko zaključimo, da obstajajo nekatere povezave med državo iz katere prihaja anketirani in odgovori na nekatera vprašanja o možni uporabi podkožnih mikročipov. Nekaj razlik morda lahko pripišemo časovni razliki v zbiranju podatkov ali pa vzorcu anketiranih (vzorec z razpršeno starostno strukturo v primerjavi s pretežno mladimi anketiranimi). V tem prispevku smo proučili le nekatera vprašanja vezana na možnost uporabe mikročipov. Za ostala vprašanja bo potrebno nadaljnje raziskovanje.

Literatura

- Albrecht, K. (2010). Microchip-induced tumors in laboratory rodents and dogs: A review of the literature 1990-2006. *2010 IEEE International Symposium on Technology and Society*, 337–349. <https://doi.org/10.1109/ISTAS.2010.5514622>
- Eltorai, A. E. M. (2017). On-demand antibiotic-eluting microchip for implanted spinal screws. *Journal of Orthopaedics*, 14(4), 565–570. <https://doi.org/10.1016/J.JOR.2017.07.012>
- Eltorai, A. E. M., Fox, H., McGurrin, E., & Guang, S. (2016). Microchips in Medicine: Current and Future Applications. *BioMed Research International*, 2016, 1743472. <https://doi.org/10.1155/2016/1743472>
- Gauttier, S. (2019). ‘I’ve got you under my skin’ – the role of ethical consideration in the (non-) acceptance of insideables in the workplace. *Technology in Society*, 56, 93–108. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.09.008>
- Gillenson, M. L., Zhang, X., Muthitacharoen, A., & Prasarnphanich, P. (2019). I’VE GOT YOU UNDER MY SKIN: THE PAST, PRESENT, AND FUTURE USE OF RFID TECHNOLOGY IN PEOPLE AND ANIMALS. *Journal of Information Technology Management*, XXX(2), 19–29.
- Kim, H. S. (2016). What drives you to check in on Facebook? Motivations, privacy concerns, and mobile phone involvement for location-based information sharing. *Computers in Human Behavior*, 54, 397–406. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.016>
- Lai, H. C., Chan, H. W., & Singh, N. P. (2016). Effects of radiation from a radiofrequency identification (RFID) microchip on human cancer cells. *International Journal of Radiation Biology*, 92(3), 156–161. <https://doi.org/10.3109/09553002.2016.1135264>
- Michael, K., Aloudat, A., Michael, M. G., & Perakslis, C. (2017). 10. Perceptions of radio-frequency identification implants for employee identification in the workplace. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 6(3 (June)), 111–117.
- Michael, K., & Michael, M. G. (2013). The future prospects of embedded microchips in humans as unique identifiers: the risks versus the rewards. *Media, Culture & Society*, 35(1), 78–86. <https://doi.org/10.1177/0163443712464561>
- Nicholls, R. (2017). Implanting Military RFID: Rights and Wrongs. *IEEE Technology and Society Magazine*, 36(1), 48–51. <https://doi.org/10.1109/MTS.2017.2654288>
- Perakslis, C., Michael, K., Michael, M. G., & Gable, R. (2014). Perceived Barriers for Implanting Microchips in Humans: A Transnational Study. In *Norbert Wiener in the 21st Century (21CW)*. <https://doi.org/10.1109/NORBERT.2014.6893929>
- Rodriguez, D. A. (2019). Chipping in at work: Privacy concerns related to the use of body microchip (“RFID”) implants in the employer-employee context. *Iowa Law Review*, 104(3), 1581–1611.
- Venkat, R., Adchaya, A., Muthukumar, B., & Manipal, S. (2019). In-Vitro Study to Check the Viability of Fixed Partial Dentures with Built-in Passive RFIDs- A Forensic Dentistry Tool. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 13(10), 8–13. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2019/42412.13186>
- Voas, J., & Kshetri, N. (2017). Human tagging. *Computer*, 50(10), 78–85. <https://doi.org/10.1109/MC.2017.3641646>
- Werber, B., Baggia, A., & Žnidaršič, A. (2018). Factors Affecting the Intentions to Use RFID Subcutaneous Microchip Implants for Healthcare Purposes. *Organizacija*, 51(2), 121–133. <https://doi.org/10.2478/orga-2018-0010>

Yarlagadda, T., Sharma, S., Yarlagadda, P. K. D. V, & Sharma, J. (2019). Recent Developments in the Field of Nanotechnology for Development of Medical Implants. *Procedia Manufacturing*, 30, 544–551. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.077>.