

# Uloga robota u dijagnostici i podučavanju djece s poremećajem iz spektra autizma

---

Brozolo, Rea

Master's thesis / Diplomski rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:158:069646>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Education and Rehabilitation Sciences - Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko – rehabilitacijski fakultet

**Diplomski rad**  
**Uloga robota u dijagnostici i podučavanju djece s poremećajem iz spektra**  
**autizma**

Rea Brozolo

Zagreb, lipanj, 2021.

Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko – rehabilitacijski fakultet

**Diplomski rad**  
**Uloga robota u dijagnostici i podučavanju djece s poremećajem iz spektra  
autizma**

Rea Brozolo

Mentor: doc. dr. sc. Sanja Šimleša

Zagreb, lipanj, 2021.

## Izjava o autorstvu rada

Potvrđujem da sam osobno napisala rad „Uloga robota u dijagnostici i podučavanju djece s poremećajem iz spektra autizma“ i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno su označeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Ime i prezime: Rea Brozolo

Mjesto i datum: Zagreb, lipanj, 2021.

## Sažetak

Uloga robota u dijagnostici i podučavanju djece s poremećajem iz spektra autizma

**Studentica:** Rea Brozolo

**Mentorica:** doc.dr.sc. Sanja Šimleša

**Studijski smjer:** Logopedija

### **Sažetak rada:**

Robotom se smatra svaki automatizirani stroj višestruke namjene koji može obaviti određene zadaće na način na koji bi to moglo učiniti i ljudsko biće. Roboti se danas upotrebljavaju u različitim djelatnostima, obavljajući zadatke asistivne, industrijske, uslužne i zdravstvene namjene. Također, zahvaljujući brzom napretku moderne tehnologije posljednjih nekoliko desetljeća koji omogućuje robotima niz funkcija sličnih ljudskom ponašanju – kontakt očima, združena pažnja, dodirivanje te spoznaju da djeca s poremećajem iz spektra autizma pokazuju veliki interes za korištenjem elektroničkih naprava i ulaženje u interakciju s robotima, broj istraživanja vezanih uz korištenje robota u kliničkoj dijagnostici i rehabilitaciji je u porastu. Ovaj pregledni rad bavit će se pregledom i osvrtom na dostupna istraživanja koja govore o uporabi robota u dijagnostici i podučavanju djece s poremećajem iz spektra autizma. Nastojat će se procijeniti postoje li roboti koji su po svojim karakteristikama učinkovitiji od drugih u svom zadatku. Nadalje, svrha je utvrditi postoje li neke razvojne domene (primjerice, združena pažnja, imitacija, stereotipna ponašanja ili jezične vještine) koje, uporabom robota, mogu biti bolje rehabilitirane u odnosu na tradicionalnu rehabilitaciju koja uključuje osobu. Tako je unutar ovog rada opisan poremećaj iz spektra autizma te različiti tipovi robota, a zatim i njihova uporaba u dijagnostici i terapiji kod djece s navedenim poremećajem. Pregledom literature uočava se da su dosadašnja istraživanja više bila usmjerena na područje uporabe u terapiji, a manjim dijelom u dijagnostici što je očekivano s obzirom na trenutne tehnološke mogućnosti. Također, rezultati pokazuju da su ispitanici sa PSA - om imali bolju izvedbu u radu s robotom naspram one koja se provodila s kliničarom u domeni socijalne interakcije i komunikacije, usmjeravanja ponašanja prema robotu te održavanja pažnje tijekom zadatka. Osim toga, može se govoriti o naznakama učinkovitog korištenja robota u smanjivanju količine stereotipnih i repetitivnih ponašanja te poboljšanju verbalne izvedbe kod pojedinaca. Iako provedena istraživanja imaju određene nedostatke (odsustvo kontrolnih skupina, mali uzorci, ispitanici pretežno muškog spola), važno je nastaviti proučavati ovo područje i razvijati ga kako bi se optimalno mogao iskoristiti potencijal moderne tehnologije u rehabilitaciji djece sa PSA-om.

**Ključne riječi:** robot, poremećaj iz spektra autizma, dijagnostika, rehabilitacija

## Abstract

The role of robots in diagnostics and teaching of children with autism spectrum disorder

**Student:** Rea Brozolo

**Mentor:** doc.dr.sc. Sanja Šimleša

**Field of study:** Speech and language pathology

### **Summary:**

A robot is considered to be any automated multipurpose machine that can perform certain tasks in the same way a human being can. Today, robots are used in various fields where they are used for assistive, industrial, hospitality and health purposes. Also, rapid advancement of modern technology in the last few decades allows robots to have functions that are similar to human behavior – eye contact, joint attention, touch. Thanks to this and to the understanding that children with autism spectrum disorder (ASD) show great interest in using electronic devices and like to interact with robots, the number of researches related to the use of robots in the diagnostic process and therapy is on the rise. This review paper will review available research on the use of robots in the diagnostic and therapy process of children with ASD. Efforts will be made to assess whether there are robots whose characteristics make them more efficient than others in their tasks. Furthermore, the purpose is to determine whether there are some developmental domains (e.g., joint attention, imitation, stereotypical behaviors, or language skills) that can be better rehabilitated when using a robot compared to the traditional rehabilitation which requires a human therapist. Robots and autism spectrum disorder are described first within this paper, followed by their use in diagnostic process and therapy in children with this disorder. A review of the literature shows that previous research has focused more on the area of use in therapy, and to a lesser extent in diagnostics which is expected given the current technological possibilities. Also, the results show that subjects with ASD had better performance in the domain of social interaction and communication while working with the robot compared to the one with a clinician. They were also better in directing behaviors toward the robot and maintaining attention during the tasks. In addition, there are indications that the use of robots is effective in reducing the amount of stereotypical and repetitive behaviors and improving verbal performance in individuals. Although the conducted research has certain shortcomings (absence of control groups, small samples, predominantly male subjects), it is important to continue to study this area and develop it in order to optimally use the potential of modern technology in the rehabilitation of children with ASD.

**Key words:** robot, autism spectrum disorder, diagnostics, rehabilitation

## Sadržaj:

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. POREMEĆAJ IZ SPEKTRA AUTIZMA .....	1
<b>2. KORIŠTENJE ROBOTA KOD DJECE S POREMEĆAJEM IZ SPEKTRA AUTIZMA</b> .....	<b>2</b>
2.1. ROBOTI .....	3
2.2. INTERAKCIJA LJUDI I ROBOTA .....	5
2.3. UPOTREBA ROBOTA U DIJAGNOSTICI .....	6
2.4. UPOTREBA ROBOTA U TERAPIJI.....	9
<b>3. RASPRAVA</b> .....	<b>20</b>
<b>4. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>24</b>
<b>5. LITERATURA</b> .....	<b>26</b>

## 1. UVOD

Naziv „robot“ označava automatizirani stroj višestruke namjene koji može obavljati određene zadaće na način koji bi to moglo i ljudsko biće. Ideja koja potječe još iz 1920. godine kada je dramatičar Karel Čepak po prvi puta upotrijebio taj termin ostaje i danas, no ne samo kao ideja u književnom djelu već kao pravo ostvarenje i pokazatelj čuda tehnologije i ljudske sposobnosti inovacije. Roboti se danas upotrebljavaju u raznim djelatnostima, vršeći zadatke asistivne, industrijske, uslužne i zdravstvene namjene. Također, zahvaljujući već navedenom opsežnom i brzom napretku moderne tehnologije kroz nekoliko zadnjih desetljeća koja omogućuje robotima niz funkcija sličnih ljudskom ponašanju – kontakt očima, združena pažnja, dodirivanje (Kumazaki i sur., 2018) te spoznaji da djeca s poremećajem iz spektra autizma pokazuju veliki interes za korištenjem upravo elektroničkih naprava i ulaženje u interakciju s robotima (Feil – Seifer i sur., 2009), broj istraživanja vezanih uz razvoj i uporabu socijalnih robota u kliničkoj dijagnostici i rehabilitaciji je u porastu. Ovaj pregledni rad bavit će se pregledom i osvrtom na dostupna istraživanja vezana uz uporabu robota u dijagnostici i podučavanju djece s poremećajem iz spektra autizma. Svrha ovog rada je prikupiti rezultate istraživanja te procijeniti važnost uporabe robota u dijagnostici i podučavanju te također procijeniti postoje li roboti koji su po svojim karakteristikama efikasniji od drugih u svom zadatku. Također, svrha je utvrditi postoje li neke razvojne domene koje se uporabom robota mogu efikasnije poticati u odnosu na poticanje koje radi čovjek.

### 1.1. POREMEĆAJ IZ SPEKTRA AUTIZMA

Poremećaj iz spektra autizma (PSA) je neurorazvojni poremećaj kojeg karakteriziraju perzistentni deficiti u socijalnoj komunikaciji i socijalnoj interakciji koji su prisutni u raznim kontekstima te ograničeni, repetitivni obrasci ponašanja, interesa i aktivnosti. Pojedinci s ovim poremećajem imaju teškoće u socijalno – emocionalnoj uzajamnosti, teškoće u korištenju i razumijevanju neverbalne komunikacije te teškoće u uspostavljanju, održavanju i razumijevanju odnosa s drugim ljudima. Pojedinci u ovoj skupini su iznimno heterogeni te se



razlikuju u svojim jezičnim, kognitivnim i bihevioralnim sposobnostima, kao i u razini socijalne kompetencije (Američka psihijatrijska udruga, 2014). U zadnjih nekoliko desetljeća, uočen je značajan porast u broju pojedinaca s dijagnozom PSA u svijetu (Hansen, Schendel i Parner, 2015) i samim time je potreba za efikasnom intervencijom ključna. Pojedinci sa PSA – om pokazuju teškoće podjele pažnje i interesa s drugim osobama i često imaju manjak koncentracije tijekom interakcija te se često okrenu repetitivnim i stereotipnim ponašanjima i točkama interesa koje su njima zanimljive, ali koje nemaju veze s trenutnim socijalnim kontekstom. Na temelju takvih i sličnih znakova može se posumnjati na prisutnost PSA-a vrlo rano tijekom razvoja (Guinchat i sur., 2012). Primjerice, djeca sa PSA – om od rane dobi pokazuju različite obrasce pogleda od druge djece i primijećeno je kako se manje fokusiraju na lica drugih ljudi, a ako se fokusiraju, točka interesa su usta, a ne oči. U kasnijoj dobi mogu se uočiti teškoće s izmjenama tijekom konverzacije pa se ove pojedince često može uočiti kako vode monolog vezan uz neki svoj interes (Ricks i Colton, 2010).

## 2. KORIŠTENJE ROBOTA KOD DJECE S POREMEĆAJEM IZ SPEKTRA AUTIZMA

Pitanja koja se postavljaju vezano uz korištenje robota u terapiji odnose se na to može li robot biti bolji poticaj od čovjeka u poboljšavanju socijalnih ponašanja kod djece s poremećajem iz spektra autizma, iskazuju li ta djeca socijalna ponašanja usmjerena robotu, hoće li mu pridavati više pažnje nego ispitivaču te hoće li prisutnost robota medijatora poboljšati njihovu socijalnu komunikaciju u interakciji s drugim ljudima. Osvrćući se na konkretne sposobnosti poput združene pažnje i imitacije, pitamo se hoće li djeca imati bolje rezultate u zadacima združene pažnje i imitacije ako se oni provode s robotom te hoće li ti rezultati u usporedbi s djecom tipičnog razvoja u istim uvjetima biti bolji. Također, postavlja se pitanje hoće li robot biti uspješniji u poboljšavanju jezičnih vještina od čovjeka te u konačnici hoće li se repetitivna i stereotipna ponašanja smanjiti prilikom interakcije s robotom naspram tradicionalnih interakcija s terapeutima i drugim ljudima.

## 2.1. ROBOTI

Nakon Drugog svjetskog rata, višezglobni mehanizmi tj. ruke (koje danas nazivamo robotima) počinju se koristiti u svrhu rukovanja radioaktivnim i drugim opasnim materijalima. Spajanjem digitalnih računala na takve mehanizme, omogućilo se njihovo jednostavnije programiranje u svrhu izvođenja određenih zadataka i manipulacija te se roboti počinju masovnije koristiti u tvornicama, znanstvenim istraživanjima svemira i podmorja, medicinskim operativnim zahvatima, ali i u područjima vojnog nadzora te kućnoj upotrebi kao što su primjerice robotski usisavači (Sheridan, 2020). Krajem 1990-ih godina korištenje robota u radu s djecom s poremećajem iz spektra autizma počinje se smatrati potencijalno korisnim područjem interesa s obzirom na to da se pokazalo kako bi oni mogli služiti poticanju razvoja specifičnih socijalnih vještina (Yun, Kim, Choi i Park, 2016). No, projektiranje i sastavljanje robota koji može stupiti u interakciju s djetetom je multidisciplinarni izazov koji zahtjeva sudjelovanje stručnjaka koji posjeduju znanje mehaničkog i elektrotehničkog inženjeringa, znanje o poremećaju iz spektra autizma, ali i onih koji posjeduju i spajaju ta potrebna znanja o interakciji ljudi i robota (Wood, Zaraki, Robins i Dautenhahn, 2019).

Sheridan (2020) navodi kako su socijalni roboti oni čija primarna funkcija nije vanjski mehanički zadatak, već sam čovjek s kojim stupa u afektivnu ili na neki drugi način korisnu interakciju. Feil – Seifer i Matarić (2005) navode dvije skupine socijalnih robota, a one uključuju socijalno interaktivne te socijalno asistivne robote. Prema ovim autorima, socijalno interaktivnim robotima je glavna svrha interakcija sama po sebi, tj. uspostavljanje bliske i uspješne interakcije s korisnikom, dok su socijalno asistivni oni u čijoj je srži pomoć korisnicima (ostvarivanje napretka na području određenog oporavka, učenja, rehabilitacije i sl.) kroz socijalnu interakciju. Smatra se da su razni zadaci ovih robota mogući zahvaljujući sposobnosti razlikovanja socijalnih znakova u vlastitom okruženju (Fong, Nourbakhsh i Dautenhahn, 2003).

Anzalone i sur. (2018) smatraju da korištenje robota pojednostavljuje unutarnju kompleksnost socijalnih interakcija koje su vrlo složene i zahtjevne zbog velike količine informacija koja se prenosi riječima, prozodijom, izrazima lica, emocijama, proksemikom i ostalim elementima komunikacije. Zahvaljujući činjenici da se robotovo ponašanje može programirati,

komunikacija se tim putem može pojednostaviti, olakšati i učiniti predvidljivom što može biti od koristi u usvajanju temeljnih vještina.

Roboti navedeni u istraživanjima se značajno razlikuju u svojim mogućnostima i fizičkim karakteristikama koje se odnose na njihov oblik i veličinu. Ove karakteristike su ključne u stvaranju i održavanju interesa djece s autizmom te samim time utječu i na uspješnost terapije, a procjena je primarno bazirana na mišljenjima i iskustvima kliničara koji se bave autizmom. Upravo uključivanje takvih stručnjaka u razvoj robota i postavljanje određenih standarda koje bi trebalo poštovati prilikom izrade je od iznimne važnosti (Giullian i sur., 2010). Dautenhahn i Robins (2006) navode kako bi takav robot trebao biti izdržljiv u smislu otpornosti materijala na fizičke manipulacije, ekonomski pristupačan te jednostavan za reprogramiranje, a Giullian i sur. (2010) navode kako bi bilo poželjno da je takav stroj veličine djeteta, pokretljiv, siguran i svestran. Billard (2003) navodi kako su mogućnosti vizualnog i jezične obrade ključne u stvaranju prirodne interakcije. Roboti koji se koriste u terapiji djece sa PSA -om su dizajnom različiti, ovisno o njihovoj ulozi u interakciji, ali i o cilju interakcije kao takvom. Potrebno je obratiti pažnju na to želi li se odabrati i koristiti robota koji izgleda kao mehanički stroj odnosno životinja ili onoga koji ima izražen ljudski lik. Roboti koji imaju izražen ljudski lik, ali i dalje nalikuju više robotima, nazivaju se humanoidni roboti (naspram androida kojima je cilj izgledati što više ljudski) i posjeduju karakteristike poput većeg broja facijalnih obilježja - oči, obrve, nos, usta i sl. Postoje naznake da bi djeca sa PSA – om mogla preferirati one koji ne nalikuju ljudima (Robins, Otero, Ferrari, Dautenhahn, 2007), a određena istraživanja jasno pokazuju kako ova djeca preferiraju interakciju s robotima jednostavnog izgleda naspram onih koji izrazito nalikuju ljudima (Robins, Dautenhahn, Dubowski, 2006). Razlog ovome može se naći u manjoj složenosti koja omogućava manje distraktora (Scassellati, 2007), a sličan zaključak bi se mogao vidjeti i u istraživanju u kojem su djeca sa PSA – om usmjeravala pogled i pokušavala ostvariti kontakt očima s vrlo pojednostavljenim licem robota koje je imalo samo dvije crne rupe koje su predstavljale oči (Robins i sur., 2006). Međutim, drugi autori smatraju kako humanoidni roboti imaju veću vrijednost u terapiji s obzirom na to da mogu izražavati dodatne neverbalne socijalne signale (Telisheva, Turarova, Zhanatkyzy, Abylkasymova i Sandygulova, 2019), ali javlja se pitanje je li njihovo korištenje prikladno za mlađu djecu s obzirom su ona mlađa od četiri godine pokazala strah od humanoidnog robota te nisu htjela sudjelovati u preliminarnom istraživanju (Kumazaki i sur., 2018). U sklopu Aurora projekta provedena su komparativna istraživanja u kojima je korišten humanoidni robot (Robota) i drugi robot koji je bio nalik vozilu kako bi se utvrdio utjecaj ljudskih karakteristika na vještinu imitacije i tjelesne koordinacije te se pokazalo kako su oba robota jednako uspješna, ali je

određene pokrete (geste rukama i verbalni dijalog) lakše ponovno izvesti u sklopu svakodnevnog života koristeći Robotu (Slika 1). Ovo sugerira kako bi humanoidni roboti ipak mogli biti prikladniji i prirodniji alat u postizanju generalizacije i transfera znanja iz ljudsko – robotske na ljudsku interakciju, ali u konačnici, potreba za ljudskim obilježjima prilikom dizajna ovisi o zadatku. Primjerice, ako je cilj učenja zadatak otvaranja kutije, naglasak je na funkcionalnosti, a ne na izgledu te ruke, no ako je riječ o znakovnom jeziku, potrebno je imati robota s rukama nalik ljudskim koje imaju dovoljan broj stupnjeva slobode kako bi se znakovi mogli izvesti (Billard, 2003). Stupnjevi slobode odnose se na sposobnosti kretanja robota, odnosno na zglobove koji omogućavaju slobodno, nezavisno pokretanje u raznim smjerovima. Što ih više robot ima, to je kretanje lakše i prirodnije. Određeni roboti poput Kaspera na nogama, rukama i prsima imaju taktilne dijelove čija je funkcija učenje prikladne i neprikladne taktilne interakcije s ljudima (Dickerson, Robins i Dautenhahn, 2013). Još neke od karakteristika koje su bitne su: zvučnik u ustima robota kako bi se stvorila iluzija da robot govori (naspram zvučnika koji je negdje drugdje u prostoriji), bežičnost u svrhu povezivanja s računalom kako robot ne bi morao biti spojen žicom (moguća opasnost) te dugo trajanje baterije (Wood i sur., 2019)



*Slika 1. Različiti tipovi robota Robote (Billard, 2003)*

## 2.2. INTERAKCIJA LJUDI I ROBOTA

Dautenhahn (2007) je podijelila interakciju ljudi i robota (HRI: *human – robot interaction*) na tri modela – model usmjeren čovjeku, model usmjeren robotu te model usmjeren robotskoj kogniciji. HRI koji je usmjeren čovjeku naglašava ljudsku interpretaciju samih robota (njihovog izgleda, ponašanja i zadataka) te se bavi pitanjima dizajna izgleda i djelovanja robota kako bi ono bilo socijalno prihvatljivo. Također, uključuje identifikaciju potreba korisnika. Model

interakcije ljudi i robota koji je usmjeren robotu naglašava kako je to stroj koji ima svoje motivacije, emocije i ciljeve te koristi interakciju s ljudima kako bi potrebe koje proizlaze iz tih aspekata bile zadovoljene. Rad unutar ovog polja usmjeren je na razvoj kontrole emocija i motivacija te senzomotorne kontrole. Zadnji model koji se bazira na robotskoj kogniciji, djelomično se preklapa s prethodnim u smislu vjerovanja kako je robot inteligentni sustav koji donosi vlastite odluke i sam rješava određene probleme s kojima se susreće.

### 2.3. UPOTREBA ROBOTA U DIJAGNOSTICI

Potencijalna klinička uporaba robota je izazivanje ponašanja u svrhu terapije (izazivanje prosocijalnih ponašanja) čime će se baviti sljedeće poglavlje, ali se potencijalna svrha može uočiti i u polju dijagnostike (uočavanje ponašanja tipičnih za PSA). Tradicionalan pristup dijagnostici zahtjeva procjenu djetetovog razvoja u četiri domene: bihevioralnoj, komunikacijskoj, socijalnoj te domeni adaptivnih vještina (Wiggins i sur., 2015). Scassellati (2007) navodi nekoliko mogućih primjena u dijagnostici primjerice izazivanje socijalnih odgovora čija je prisutnost/odsutnost odnosno kvaliteta od dijagnostičke važnosti. Prednost korištenja robota uočila bi se u stvaranju poticaja koji bi bio standardiziran i ponovljiv na identičan način sa svom djecom (a ta ponašanja se možda ne bi pojavila u tradicionalnoj dijagnostici) te time umanjio subjektivnost ispitivača i povećao pouzdanost s obzirom na to da su mjere procjene koje uključuju izravno promatranje djetetovih interakcija pod utjecajem kompatibilnosti kliničara i djeteta te kliničari nisu u mogućnosti na isti način ponoviti radnje u više evaluacija (Lord i sur., 2012; Ricks i Colton, 2010). Također, korištenje ovakvoga sustava koji izgleda kao jednostavna igračka omogućuje spajanje dva svijeta, onog stabilnog, predvidljivog, robotskog s kompleksnim, nepredvidljivim svijetom ljudske interakcije i komunikacije koja se vjerojatno djetetu s autizmom može činiti prijetećom (Arent, Kruk-Lasocka, Niemiec, Szczepanowski, 2019). Robotski sustav predstavljao bi interaktivnu platformu koja ima mogućnost aktivnog i pasivnog prikupljanja podataka o interakciji te kvantitativnog izražavanja podataka o tim ponašanjima. Pasivno prikupljanje u ovom slučaju odnosi se na kvantitativno bilježenje ponašanja poput broja epizoda u kojima se pojavio kontakt očima ili obilježja prozodije (Scassellati, 2007). Aktivno prikupljanje se primjerice odnosi na robotovo izvođenje zadatka puhanja mjehurića od pjene kojeg inače provode kliničari u Opservacijskom protokolu za dijagnostiku autizma (ADOS) (Feil – Seifer i Matarić, 2009). Također, takav sustav bi samostalno mogao prikupljati i uspoređivati podatke dobivene iz više susreta, okruženja i scenarija (Kim, Paul, Shic i Scasellati, 2012).

Međutim, područje istraživanja vezanih uz dijagnostiku je u puno manjoj mjeri istraženo od onih vezanih uz intervenciju jer takva primjena i dalje predstavlja veliki izazov kliničkoj i robotičkoj zajednici s obzirom na njenu složenost koja proizlazi iz visoke heterogenosti i varijabilnosti simptoma, a Pennisi i sur. (2015) smatraju da je trenutna situacija takva da ni najnapredniji roboti ne mogu biti sastavni dio procesa dijagnostike. Nadalje, gledajući na samu tehničku perspektivu, mogu se uočiti teškoće sastavljanja sustava koji bi mogao automatski analizirati i poticati ponašanja u prirodnom okruženju (Scasellati, 2007). U razvijanju ovakvog instrumenta ključno je prikupiti prikladne anamnestičke, kognitivne i jezične podatke o ispitanicima kako bi se osigurala valjanost dijagnostičke klasifikacije (Diehl i sur., 2012). Bliskom multidisciplinarnom suradnjom omogućuje se provođenje niza istraživanja u kojemu bi stručni ocjenjivači procjenjivali interakcije između djece i robota kako bi se mogla provesti daljnja zapažanja, procjene te interpretacije. To bi rezultiralo stvaranjem efektivnih interaktivnih scenarija koji bi zadovoljavali zahtjeve korisnika i evaluacijske kriterije kako bi cijeli proces konstrukcije robota i dijagnostike bio uspješno osmišljen (Arent i sur., 2019). Trenutno se računalna tehnologija istražuje kao alat za uočavanje abnormalnosti vezane uz kontakt očima kod novorođenčadi (uređaji za praćenje pogleda) koja bi se mogla koristiti i kao dio robota za dijagnostiku (Ricks i Colton, 2010).

Stribling, Rae i Dickerson (2009) su na temelju interakcija između djeteta sa PSA – om i robota analizirali eholalična obilježja govora. Dijete je poticano na interakciju s robotom koji je imitirao njegovo ponašanje. Na temelju toga što je prikupljen dovoljan uzorak eholaličnog govora kako bi se provela analiza razgovora, zaključuje se kako je robot koristan u izazivanju takvih ponašanja karakterističnih za autizam. Takvo procesiranje jezika i govora često se naziva bihevioralno procesiranje signala (*behavioral signal processing – BSP*) i pokazalo se kako bi ono moglo biti korisno u kvantificiranju i modeliranju ponašanja kakvog se može uočiti kod pojedinaca sa PSA – om (Petric i sur., 2018).

Arent i sur. (2019) proveli su istraživanje vezano uz funkciju socijalnog robota NAO -a u procesu dijagnostike djece sa PSA – om predškolske dobi. U procesu je sudjelovalo dijete, robot, učitelj te inženjer koji je nadgledao robotovo ponašanje. Uvodna faza je sadržavala upoznavanje i zbližavanje robota i djeteta putem zajedničkog plesa, a glavna je sadržavala verbalni dijalog i dvije interaktivne igre. Stručni ocjenjivači su na temelju video snimke ovih faza procjenjivali obilježja interakcije i imitacije kod 6 djece sa PSA – om (od toga 5 dječaka i 1 djevojčica, prosječna dob 6.1). Pokazalo se kako su djeca izvodila određeno ponašanje kada je to robot eksplicitno tražio od njih te kako su značajno manje imitirala robota. Na temelju

toga, autori zaključuju kako bi ova metoda izazivanja ponašanja mogla biti uspješna u prepoznavanju deficita kod autizma.

Kumazaki i sur. (2018) su u istraživanju koristili dva humanoidna robota CommU (Slika 2) koji su se držali unaprijed pripremljenog dijaloga na temu zadatka rođendanske procjene iz ADOS-a bez obzira na djetetove reakcije. Svi ispitanici su bili motivirani tijekom cijelog trajanja procjene s robotom, a primijećeno je kako jedan sudionik sa PSA – om zbog neugode nije mogao dovršiti isti zadatak s kliničarom. Nadalje, pokazalo se kako su se djeca pred robotima ponašala na sličan način kako su se ponašala i u interakciji s kliničarom (uočene su značajne korelacije u sposobnostima socijalne komunikacije) tijekom ovog zadatka te se smatra da bi robotski sustav mogao biti prikladan za procjenu težine simptoma, ali ne i u potvrdi rezultata ADOS-a na temelju usporedbe rezultata s djecom tipičnog razvoja, drugim riječima – nije prikladan za dijagnostiku. Bez obzira na to, autori smatraju kako se ovakvim načinom procjene gdje se koriste dva robota prevladao problem programiranja i prilagođavanja reakcija robota u skladu s reakcijama djeteta.



*Slika 2. Robot CommU (Kumazaki i sur., 2008)*

Hashim i sur. (2013) su procijenili i izdvojili 7 podljestvica dijagnostičkog instrumenta GARS-2 (The Gilliam Autism Rating Scale-2) koje bi se moglo implementirati u funkcioniranje robotskog autonomnog sistema (NAO) koji bi svojim ponašanjem izazvao određenu reakciju kod djeteta. Na temelju kliničarevog direktnog opažanja tih ponašanja, rezultate postignute na subskalama te izvještavanja roditelja, izračunao bi se Indeks autizma. Ovaj instrument je odabran zbog svoje jednostavnije prilagodbe programskom jeziku na temelju originalne jednostavnosti primjene, pristupačnosti i kraćeg vremena primjene.

Petric i sur. (2018) su prilagodili 4 zadatka iz ADOS – a (odgovaranje na ime, funkcionalna i simbolička imitacija, združena pažnja, procjena cjelovite komunikacije na temelju zahtjeva za igru) kako bi ih mogao izvesti robot NAO. Ovi zadaci su odabrani na temelju mogućnosti programiranja i autonomne izvedbe. Osim izazivanja ovih ponašanja, robot je opremljen mogućnostima vizualne i auditivne percepcije kako bi mogao pratiti kontakt očima te klasificirati vokalizacije i geste. Prvi klinički testovi provedeni su na 3 djece sa PSA – om (prosječna dob 6.2) i jedno dijete tipičnog razvoja (6.04 godine). Procjene robota bile su uspoređivane s procjenama iskusnih kliničara i pokazalo se da su u većini zadataka slične, iako je robot s obzirom na određene tehničke poteškoće propustio određena ponašanja poput vokalizacija i kontakta očima.

#### 2.4. UPOTREBA ROBOTA U TERAPIJI

Diehl, Schmitt, Villano i Crowell (2012) navode četiri moguća utjecaja korištenja robota tijekom terapije na korisnike, a tu spadaju izazivanje pozitivne reakcije na robota ili njegovo ponašanje (uspoređivanje vrste, brzine i/ili frekvencije odgovora tijekom interakcije), izazivanje određenih ciljnih ponašanja, pružanje povratne informacije ili ohrabrenja te modeliranje, učenje i/ili uvježbavanje određenih vještina. Prva kategorija utjecaja nema direktnu kliničku svrhu, ali mogu pružiti uvid u to kako djeca sa PSA-om reagiraju na različite tipove robota. Druga kategorija omogućava prikupljanje uzoraka karakterističnih ponašanja u svrhu dijagnostike i promicanje prosocijalnih ponašanja poput združene pažnje. Treća kategorija se bavi pozitivnim potkrepljenjem u slučajevima djetetovog točnog izvršavanja zadatka odnosno ciljane vještine te pružanjem ohrabrenja i potrebnih poticaja. Četvrta kategorija odnosi se na robotovo modeliranje ponašanja koje dijete mora imitirati odnosno sudjelovanje u isplaniranoj interakciji kako bi dijete moglo uvježbati određenu vještinu. Cabibihan, Javed, Ang, i Aljunied (2013) također navode kako se roboti koriste u dijagnostičkom procesu, aspektu ostvarivanja svrhovitog kontakta očima i iniciranja interakcija, aktivnostima koje uključuju izmjene, združenu pažnju, imitaciju, trijadičke interakcije te prepoznavanju emocija sugovornika.

Drugim riječima, primarna svrha robota u terapiji je stvaranje situacija u kojima djeca sa PSA – om mogu naučiti davati prikladne socijalne odgovore te uvježbavati njihovo korištenje (Giullian i sur., 2010) te se pretpostavlja da bi robot mogao biti uspješniji u tom zadatku od kliničara jer su izgledom jednostavniji od drugih objekata u okolini te zbog lako prilagodljivog



ponašanja omogućuju ostvarivanje jednostavnije i predvidljivije interakcije (Shamsuddin, Yussof, Mohamed i Hanapaiah, 2014). Također, i samo robotovo pokretanje i proizvodnja vizualnih ili zvučnih podražaja može poslužiti kao nagrada za djetetovo ponašanje i time motivirati dijete na daljnje sudjelovanje (Robins i sur., 2007). Nakon što su vještine naučene, terapeut pomaže djeci da socijalne odgovore koji su usvojeni u radu s robotom primjene u interakcijama sa sobom (terapeutom) te kasnije i svojom širom okolinom. Kako bi to bilo moguće, on omogućava djetetu dovoljan broj situacija u kojima se ponašanje može ponoviti te time omogućiti savladavanje vještine i generalizaciju u drugim svakodnevnim situacijama. Kako bi terapija bila uspješna, robote treba na što prirodniji mogući način integrirati u terapiju što ponekad predstavlja dodatan zadatak terapeutu jer zahtjeva podjelu njegovu pažnje između djeteta i robota. Od njega se očekuje primjena efikasnih terapijskih tehnika, ali i kontroliranje rada robota. Radi toga, tradicionalne terapijske tehnike zahtijevaju određenu modifikaciju. Ovaj način rada ponekad zahtijeva i prisustvo više osoba, primjerice asistenta koji će priskočiti u pomoć u slučajevima nepredvidljivog i agresivnog ponašanja djeteta (Giullian i sur., 2010).

Pokazalo se kako socijalni roboti nisu isključivo samo modeli za učenje već su korisni i kao medijatori u socijalnom svijetu jer potiču i olakšavaju dijadičke interakcije i trijadičku komunikaciju (Kozima, Michalowski i Nakagawa, 2008). U tim interakcijama se javljaju socijalna ponašanja kao što su kontakt očima, imitacija ili verbalna komunikacije, ali i emocionalne reakcije poput empatije. Također, smatra se kako bi imitacija mogla biti jedan od prvih koraka u učenju djece sa PSA – om socijalnoj komunikaciji (Hinerman, 1983) s obzirom na to da im može ukazati kako su njihova ponašanja povezana s ponašanjima ljudi oko njih i time pomoći u percipiranju drugih kao socijalnih bića. Primijećeno je kako se kod djece javlja više kontakta očima, više dodirivanja i vokaliziranja kada odrasla osoba imitira djetetovo ponašanje te je sve ovo razlog tome zašto je većina istraživanja vezanih uz robote imala veze s izazivanjem ove aktivnosti (Ricks i Colton, 2010). Združena pažnja je trijadička koordinacija pažnje u kojoj sudjeluju dijete, osoba te neživi objekt ili događaj, a pritom oba sudionika dijele međusobni interes o trećoj stvari. Razlikuje se imperativna i deklarativna združena pažnja, a osoba pritom može inicirati združenu pažnju ili reagirati na nju (Meindl i Cannella-Malone, 2011). Razvoj ove vještine preduvjet je za izgradnju početnih emocionalnih odnosa s drugim osobama putem razmjene iskustava i interesa te razvoj kasnijih jezičnih i komunikacijskih vještina (Thurm i sur., 2007, Dawson i sur., 2004). Također, ona omogućava osobi uvid u iskustvo partnera u komunikaciji (Shin, 2012) te se nalazi u temelju razvoja kognitivnih procesa koji su u podlozi socijalne motivacije (Mundy i Crowson, 1997).

Teškoće u socijalnoj komunikaciji mogu se pripisati upravo teškoćama osoba s autizmom u ostvarivanju navedene združene pažnje (Charman, 2003). Konvencionalan način uvježbavanja vještina združene pažnje uključuje točku interesa i kliničara koji koristi razne signale poput pogleda, okretanja glave ili pokazne geste kako bi usmjerio pažnju djeteta na prethodno navedenu točku (Taylor i Hoch, 2008). Većina istraživanja rane intervencije u autizmu temelji se upravo na simptomatologiji ove vještine jer se smatra kako bi napredak na tom području mogao spriječiti nastanak negativnih posljedica u socijalno – kognitivnom i jezičnom razvoju. Međutim, terapija nije uvijek uspješna i ne dovodi do rezultata kod sve djece s autizmom, a razlog tome može se pronaći u manjku intrinzične motivacije djece za ulaženjem u socijalne interakcije te samim time i sudjelovanjem u terapijskim aktivnostima (Kasari, Freeman i Paparella., 2006). Novija istraživanja sugeriraju kako bi roboti mogli biti efikasan alat u razvijanju i poboljšavanju združene pažnje kod djece sa PSA – om s obzirom na njihovu privlačnost i mogućnost izazivanja ponašanja koja se ne mogu često primijetiti u interakcijama ove djece s drugim osobama (Giullian i sur., 2010).

Ovisno o razvojnom stupnju djeteta ili iskustvu koje ono ima u interakcijama s robotima, mogu se pojaviti različite reakcije (Zubak i sur., 2018). Primjerice, uočava se kako djeca urednog razvoja mlađa od dvije godine ne pokazuju socijalna ponašanja usmjerena prema robotu, a s porastom dobi se ona počinju pojavljivati. Također, pokazalo se kako ova djeca češće ulaze u interakciju s robotima kada imaju više iskustva s njima (Kozima i Nakagawa, 2006), ali s vremenom taj interes opada i počinju se sve više usmjeravati na socijalnu okolinu, dok je to kod djece sa PSA – om manje izraženo (Srinivasan i Bhat, 2013). Međutim, interes se generalno smanjuje kod obje skupine djece ako je robot pasivan (Scassellati, 2007), što nam ukazuje da bi karakteristike robota navedene u poglavlju 2.1. mogle utjecati na njegovu atraktivnost i korisnost.

Istraživanja koja se bave pitanjem preferiraju li osobe sa PSA – om robote ili njima slične karakteristike naspram ljudi i običnih igračaka i objekata, pružaju potporu teorijskom okviru zašto bi se robote trebalo odnosno ne bi trebalo uključiti u terapiju. Brojna istraživanja pokazuju proturječne rezultate te opisuju pozitivne, ali i negativne reakcije na robote, što bi se moglo objasniti heterogenošću ove skupine – razina intelektualnog i jezičnog funkcioniranja, prisutnost stereotipija, interesi i sl. (Diehl i sur., 2012). Pioggia i sur. (2005) usporedili su reakciju (fiziološki i bihevioralni odgovor) djeteta sa PSA – om (7 godina) i djeteta tipičnog razvoja (8 godina) na robotsko lice (robot FACE). Prvo dijete nije pokazalo promjenu u srčanom ritmu tijekom interakcije te se na temelju toga zaključuje da nije osjećalo neugodu, a

dijete tipičnog razvoja je što se zaključuje na temelju ubrzanog srčanog ritma. Feil – Seifer i Matarić (2011) izvještavaju kako je u grupi od osmero djece sa PSA – om u dobi od 5 do 10 godina postojala velika varijabilnost u emocionalnim odgovorima koji su se javljali tijekom interakcije s robotom. Ricks i Colton (2010) na temelju već provedenih istraživanja raznih autora utvrđuju kako su humanoidni roboti bili uspješniji u izazivanju generalizacije naučenih vještina, ali su nehumanoidni roboti uspjeli postići veću angažiranost djece. Dautenhahn i Werry (2004) su proučavali preferencije četvero djece sa PSA – om u dobi od 5 do 10 godina i ograničenim verbalnim sposobnostima te su se pokazale individualne razlike gdje je dvoje djece ostvarivalo više fizičkog kontakta i kontakta očima s robotom, a drugo dvoje djece više s običnom igračkom. Pierno, Mari, Lusher i Castiello (2008) također izvještavaju bržu reakciju imitacije kada je riječ o robotskoj ruci naspram ljudske ruke kod djece sa PSA – om, dok je kod djece tipičnog razvoja obrnuto. Ispitivanje je provedeno na 12 visokofunkcionirajuće djece sa PSA – om (od toga 6 dječaka i 6 djevojčica u dobi od 10 do 13 godina, prosječna dob 11.1) i 12 djece urednog razvoja ujednačenih po spolu i dobi. Međutim, Diehl i sur. (2012) smatraju da razlog ovome može biti implicitna uputa ispitanicima te se ne može zaključiti jesu li rezultati posljedica kognitivnih faktora vezanih uz imitaciju ili uz preferenciju robota. Nadalje, većina istraživanja su pilot studije s malim brojem ispitanika koji su neujednačeni po dobi i sposobnostima te su rezultati iznimno individualni te se postavlja pitanje generalizacije dobivenih zaključaka (Diehl i sur., 2012). Pennisi i sur. (2015) navode 13 istraživanja u kojima se pokazalo kako su ispitanici sa PSA – om imali bolju izvedbu u interakcijama s robotom naspram one s ljudima (Bird, Leighton, Press i Hayes, 2007; Damm i sur., 2013; Duquette, Michaud i Mercier, 2008; Kim i sur., 2013; Lee, Takehashi, Nagai i Obinata, 2012; Lee i Obinata, 2013; Michaud i sur., 2007; Pierno i sur., 2008; Shamsuddin i sur., 2012; Shamsuddin, Yussof, Mohamed, Hanapiah i Ismail, 2013; Wainer, Dautenhahn, Robins i Amirabdollahian, 2014; Wainer, Robins, Amirabdollahian i Dautenhahnet, 2014).

Bird i sur. (2007) proveli su istraživanje na 32 osobe - 16 osoba sa PSA – om (od toga 15 muškaraca i 1 žena, prosječna dob 34.9 godina) te 16 ispitanika kontrolne skupine tipičnog razvoja (15 muškaraca i 1 žena, prosječna dob 33.2 godine). Skupine su ujednačene prema kvocijentu inteligencije. Kao stimulus koristilo se robotsku i ljudsku ruku koje su izvodile pokrete koje su ispitanici trebali imitirati bez prethodno danih uputa o tome što moraju raditi prije svakog pokreta. Pokazalo se kako je skupina sa PSA – om brže imitirala pokret robotske ruke nego one ljudske.

Damm i sur. (2013) proveli su istraživanje u kojem je 9 osoba sa PSA – om (prosječna dob 21, prosječan IQ 112.5) te 15 ispitanika kontrolne skupine (prosječna dob 23.40, prosječan IQ 111,65, nema podataka o spolu) u interakciji s robotom i osobom. Zadatak se sastojao od procjenjivanja mentalnih stanja osobe/robotu na temelju pogleda (ispitanik je trebao pratiti pogled prema kartici na stolu). Koristio se robot Flobi (Slika 3) koji je zapravo robotska glava koja nalikuje ljudskom licu zahvaljujući kosi, obrvama i usnama. Posjeduje stereo vid i sluh te ima 18 stupnjeva slobode. Pokazalo se kako je manje kontakta očima ostvareno u ljudskim interakcijama kod ispitanika sa PSA – om, nego u onima s robotom, a kod ispitanika kontrolne skupine nije postojala takva razlika. Nisu izneseni rezultati o postizanju združene pažnje. Također, s prolaskom vremena i približavanju kraja eksperimenta, ovi ispitanici su i u zadatku s robotom sve manje ostvarivali kontakt očima u usporedbi s početkom eksperimenta. Pennisi i sur. (2015) smatraju da je u takvim zadacima robot zapravo distraktor jer poziva dijete na usmjeravanje pažnje na drugi objekt.



*Slika 3. Robot Flobi (Hegel, Eyssel i Wrede, 2010)*

Duquette, Michaud i Mercier (2008) su u svom istraživanju s 4 djece s niskofunkcionirajućim autizmom (od toga 3 dječaka i 1 djevojčica, prosječna dob 5 godina) koristili mobilnog robota Tita (Slika 4). Tito je mobilni robot visok 60 cm koji se kreće zahvaljujući kotačićima, ali posjeduje dvije noge kako bi nalikovao ljudskom liku te dvije ruke koje se mogu micati gore – dolje. Glava se može rotirati u svrhu izvođenja geste odmahivanja glavom te podizanja kako bi izrazio iznenađenje. Na glavi ima usta koja se osvijetle prilikom smijanja, dva oka od kojih je unutar jednog mikrofona i kamera, nos te kapu. Tito je opremljen sensorima zahvaljujući kojima može osjetiti kada ga se trese ili sruši te je dovoljno robustan kako bi izdržao grublju interakciju. Može govoriti u unaprijed snimljenim vokalnim rečenicama te ga se može kontrolirati bežičnim putem. Pokazalo se kako je dvoje djece koji su radili s robotom ostvarivalo više vizualnog

kontakta i fizičke blizine s njim tijekom svih igra imitacije (izrazi lica, pokreti tijela, poznate akcije s ili bez objekata) naspram drugo dvoje djece koji su radili s ispitivačem. Djeca su pokazivala interes približavajući se robotu kada bi se pomicao odnosno iskazivao emocije sreće ili tuge koristeći svjetla i intonaciju glasa. Međutim, imitacija pokreta dijelova tijela i poznatih akcija se nije javljala češće u interakciji s robotom što su autori objasnili teškoćama u razumijevanju namjere na temelju gesti, djelovanja i riječi koje je Tito proizvodio. Nadalje, igri je nedostajalo recipročnosti s obzirom na to da Tito nije imitirao dijete. S druge strane, imitiranje osmijeha se češće pojavljivalo kod djece s robotom, što je objašnjeno lakšim razumijevanjem robotove ekspresije tj. njegovog osvijetljenog osmijeha.



Slika 4. Mobilni robot Tito (Duquette i sur., 2008)

Kim i sur. (2013) provode istraživanje na 24 osobe s poremećajem iz spektra autizma (od toga 21 dječaka i 3 djevojčice, od 4;6 do 12;8 godina, prosječna dob 9.4). Korišten je Pleo (Slika 5), afektivno ekspresivni robot koji izgleda kao igračka dinosaura i posjeduje 16 stupnjeva slobode, zvučnik smješten u ustima, kamere koje služe kao vizualni sustav s ciljem detekcije svjetla i navigacije, mikrofone, senzore dodira i razne druge senzore pomoću kojih može reagirati na djetetov dodir i razne oblike interakcije samostalno se krećući i izražavajući emocije pokretima i zvukovima. Pokazalo se kako su ova djeca proizvodila više spontanih iskaza tj. jezične sposobnosti su im bile bolje tijekom interakcije s robotom nego s drugom odraslom osobom ili kompjuterskom igricom koja se provodila na *touchscreen* platformi što su autori pripisali većem interesu za robote.



**Slika 5.** Robot Pleo (Kim i sur., 2012)

Lee i sur. (2012) proveli su istraživanje sa 6 ispitanika s niskofunkcionirajućim PSA – om (od toga 5 dječaka i 1 djevojčica, od 7 do 12 godina, prosječna dob 9.33) te 6 tipičnog razvoja. Korišten je robot Ifbot (Slika 6) koji je visine 45 cm, opremljen kamerom, zvučnikom, mikrofonom s mogućnostima detekcija smjera iz kojeg zvuk dolazi i prepoznavanja glasa, kotačima, očima koje mogu treptati, licem koje se može osvijetliti na razne načine kako bi iskazalo emocije, senzorom za prepoznavanje prepreka i stepenica te senzorom koji prepoznaje rukovanje. Ifbot ima mogućnosti snimanja, pjevanja, plesanja i reprodukcije glasovnih poruka. Ispitivanje se sastojalo od dva verbalna dijela i jednog dijela koji je kombinirao verbalnu i vizualnu interakciju (govor i facijalne izraze), a interakcije su se odvijale s robotom i osobom. Rezultati su pokazali uspješniju interakciju s robotom na aspektima kontakta očima, odgovaranja na verbalne naloge (djeca su bila usmjerenija i odgovarala na verbalne naloge) i facijalnih izraza.



**Slika 6.** Robot IFBOT (Kato, Ohshiro, Itoh, Kimura, 2004)

Lee i Obinata (2013) proveli su istraživanje s 4 ispitanika s niskofunkcionirajućim PSA – om u dobi od 9 do 12 godina (prosječna dob 10.25). Korištena su dva robota – Touch Ball (Slika 7) i Parlo (Slika 8). Touch Ball je robot koji je zapravo jedna polovica lopte, veličine 12 cm, koja na temelju pritiska izmjenjenog senzorima, ovisno o jačini pritiska, mijenja boju. Parlo je mali humanoidni robot, veličine 40 cm, koji može plesati, igrati igrice i prepoznavati ljudski glas. Njegova uloga je bila postavljanje i izvođenje zadatka na Touch Ball-u, a pritom je govorio ili mijenjao položaj glave prema sudioniku u svrhu privlačenja pažnje na zadatak. Istraživanje je pokazalo kako je direktna povratna informacija uređaja korisna u uvježbavanju kontrole pritiska te kako bi robot mogao biti korisniji poticaj od ekrana računala ili roditelja. Nadalje, pokazalo se kako je drugi robot dobar u održavanju motivacije i pažnje djeteta.



**Slika 7.** Robot Touch Ball (Lee i Obinata, 2013)



**Slika 8.** Robot Parlo (Rückert i sur., 2012)

Shamsuddin i sur. (2013) proveli su istraživanje na 6 djece sa PSA – om (od toga 5 dječaka i 1 djevojčica, prosječna dob 8.7, svi s nižim IQ) u interakciji s robotom i u razredu. Korišten je NAO humanoidni robot (Slika 9) koji posjeduje 25 stupnjeva slobode zahvaljujući kojima ima mogućnost izražavanja neverbalnih ponašanja i mogućnost percipiranja informacija iz okoline zahvaljujući senzorima, mikrofona i kamerama. Također, ima mogućnost govora i izražavanja neverbalnih ponašanja te su za korištenje dostupne aplikacije poput ASK NAO (Autism Solution for Kids) koja je zapravo paket specijaliziranih aplikacija koje se temelje na metodama koje se koriste u specijalnoj edukaciji. Pokazalo se kako su djeca u interakciji s njim izražavala manje stereotipnih ponašanja. Smanjenje takvih ponašanja vidljivo je i u istraživanju Tapus i sur. (2012).



*Slika 9. Robot NAO (Anzalone i sur., 2014)*

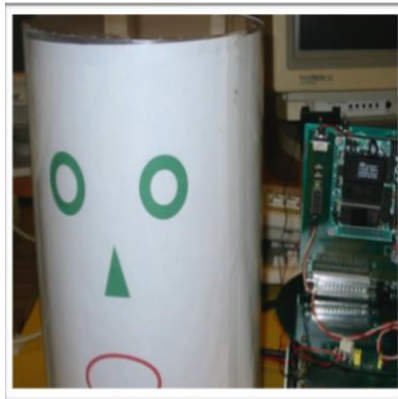
Wainer i sur. (2014) proveli su istraživanje na 6 djece sa PSA – om (od toga 5 dječaka i 1 djevojčica, prosječna dob 6,5). Korišten je minimalno ekspresivni humanoidni robot KASPAR (Slika 10), veličine 60 cm koji posjeduje 14 stupnjeva slobode. Ima mogućnost pokazivanja pojednostavljenih izraza lica naspram pravog ljudskog te može reagirati na dodir djeteta pomičući ruke, glavu i oči. Djeca su sudjelovala u igranju video igrice s odraslom osobom i KASPAR-om. Nije pronađena razlika u igri između prvog i drugog igranja s robotom, ali nakon igranja s robotom, djeca su bila više zainteresirana za igru s osobom nego prije igranja s robotom. Nadalje, iako su djeca doživjela robota zabavnijim od čovjeka, njihove vještine rješavanja problema bile su bolje s osobom. Wainer i sur. (2014) procijenili su trijadičku komunikaciju i kolaborativnu igru 6 djece sa PSA – om (od toga 5 dječaka i 1 djevojčica, prosječna dob 7,28) u interakciji s Kasparom koji djeluje samostalno i koristi informacije o trenutnom stanju igre imitacije kako bi djecu uključio u igru, motivirao i ohrabrio. Djeca su morala naučiti kako komunicirati i stupiti u interakciju s drugom djecom te izmjenjivati uloge. Pokazalo se kako su djeca bolje surađivala jedna s drugima nakon igre s Kasparom te su međusobno ostvarivala češći i duži kontakt očima.



*Slika 10. Robot KASPAR (Wood i sur., 2019)*



Giannopulu (2013) je proveo istraživanje na 4 djece sa PSA – om (od toga 3 dječaka i 1 djevojčica, prosječna dob 8.3) u kojem je korišten robot GIPY-1 (Slika 11). GIPY-1 je cilindrični robot, visok 30 cm koji ima dva zelena kruga koji predstavljaju oči, zeleni trokut koji predstavlja nos te crveni oval koji predstavlja usta. Ima mogućnosti kretanja naprijed – nazad te skretanja, a njime se kontrolira bežičnim putem. Pokazala su se poboljšanja u djetetovom interesu tijekom interakcije s robotom koja se iskazuju putem dodirivanja i manipuliranja robotom, položaja tijela i kontakta očima te smanjenje repetitivnih i stereotipnih ponašanja. Smanjenje ovih ponašanja vidljivo je i u istraživanjima Michauda i sur. (2007) te Shamsuddina i sur. (2013).



**Slika 11.** Robot GIPY-1 (Giannopulu, 2013)

Osim istraživanja koja pokazuju kako je upotreba robota korisna u određenim domenama, Pennisi i sur. (2015) navode i dva istraživanja u kojemu su rezultati ispitanika bili bolji u interakciji s čovjekom, a ne robotom (Anzalone i sur., 2014; Bekele, Crittendon, Swanson, Sarkar i Warren, 2013) te se smatra da su podaci u ova dva istraživanja pouzdani zbog većeg broja ispitanika i kros – sekcijskog pristupa uz kontrolnu skupinu (naspram drugih istraživanja s manjim uzorcima i nedostataka poput nepostojanja kontrolne skupine) te dva u kojima je izvedba bila izjednačena u oba slučaja (Chaminade i sur., 2012; Cook, Swapp, Pan, Bianchi-Berthouze i Blakemore, 2014).

Anzalone i sur. (2014) provode istraživanje na 16 djece sa PSA – om (od toga 13 dječaka i 5 djevojčica, prosječna dob 9.25) te 14 ispitanika tipičnog razvoja (od toga 9 dječaka i 5 djevojčica, prosječna dob 8.06) te pokazuju kako su djeca sa PSA – om imala značajno niže rezultate povezane uz združenu pažnju u interakciji s NAO robotom naspram interakcije s osobom. Također, navodi kako su djevojčice bile fokusiranije na robota od dječaka. Bekele i

sur. (2013) u istraživanju sa 6 djece sa PSA -om (od toga 5 dječaka i 1 djevojčica, prosječna dob 4,6) i 6 djece tipičnog razvoja (od toga 4 dječaka i 2 djevojčice, prosječna dob 4,4) u kojem je korišten robot NAO koji je usmjeravao djecu da pogledaju u objekt na drugom kraju prostorije kao što je to činio i ispitivač, te iznose kako su tijekom zadataka s obje grupe više pažnje obraćale na robota nego na ono što im je pokazivao te im je zbog toga bilo potrebno više poticaja u zadacima združene pažnje tijekom robotske interakcije. Također, nije bilo značajne razlike između dužine trajanja gledanja ispitivača, a obje grupe su bile uspješnije u zadacima s ispitivačem. Slični rezultati pronalaze se i kod Davida, Costescua, Matua i Szentagotai i Dobreana (2018) na istraživanju kod 5 djece sa PSA – om (od toga 4 dječaka i 1 djevojčica, u dobi od 3 do 5 godina, prosječna dob 4.7) gdje je korišten robot NAO. Pokazalo se kako korištenje robota nije poboljšalo izvedbu djece u zadacima združene pažnje naspram izvedbe s ispitivačem. Međutim, također se pokazalo kako su djeca ostala zainteresirana i uključena u zadatak tijekom svih 16 seansi što autori atribuiraju visoko strukturiranim, predvidljivim zadacima koji su se s vremenom postupno mijenjali kako bi se prevenirala pojava zasićenosti te neposrednom pružanju povratne informacije.

Chaminade i sur. (2012) provode istraživanje na 12 visokofunkcionirajućih odraslih osoba sa PSA – om (prosječna dob 21 godina) i kontrolnoj skupini 18 muškaraca tipičnog razvoja (prosječna dob 21.5 godina) u kojoj su osobe igrale kompjuteriziranu igru *kamen – škaru – papir* protiv osobe, robota i programa koji je nasumično generirao odgovore. Na temelju fMRI rezultata, pokazalo se kako ispitanici sa PSA – om jednako percipiraju robote i ljude tj. percipiraju robote na način koji ispitanici tipičnog razvoja percipiraju ljude i prema njima iskazuju ponašanja koja ljudi inače iskazuju prema drugim ljudima. Cook i sur. (2014) proveli su istraživanje na 10 ispitanika sa PSA – om (od toga 8 muškaraca i 2 žene, prosječna dob 40.5) i 12 ispitanika kontrolne skupine (od toga 10 muškaraca i 2 žene, prosječna dob 40.0), izjednačenih po kvocijentu inteligencije. Na temelju zadataka automatske motoričke imitacije nije se moglo zaključiti je li izvedba bolja ili lošija tijekom interakcije s robotom.

### 3. RASPRAVA

Kao što je već navedeno, broj istraživanja vezanih uz upotrebu robotike u terapiji autizma je u porastu te se bez obzira na relativno novo područje interesa, jednostavnim pretraživanjem ključnih riječi (*autizam, robot, dijagnostika, terapija*) u znanstvenim bazama podataka može uočiti velik broj članaka sadržanih u znanstvenim časopisima, knjigama, enciklopedijama, zbornicima radova s konferencija i u ostalim izvorima. Takav opseg sadržaja nije neobičan s obzirom na privlačnost tematike i njenu multidisciplinarnost u kojoj se spajaju znanja tehničkog i društvenog područja te su ta dva naizgled sasvim različita svijeta pred velikim izazovom ujedinjavanja svojih znanja i prenošenja ideja u svrhu stvaranja maksimalno efikasnog sustava. Upravo je stvaranje jednog takvog robota koji će biti alat odnosno suradnik u terapiji bio logičan slijed događaja koji je proizašao iz proširivanja spoznaja o autizmu i njegovim obilježjima te mogućnostima tehnologije koje su doživjele velike napretke. Zahvaljujući tome, struka nije dobila samo jednog robota već veći broj njih različitog izgleda i mogućnosti. Jedno od pitanja koje se postavlja je jesu li neki od njih uspješniji u zadacima poticanja socijalnih interakcija i komunikacija, no istina zapravo nije jednostavno crno – bijela već leži u sivom području - u činjenici kako su sva djeca individualna, a isto vrijedi i za različite tipove robota. Na temelju toga razvijaju se roboti koji rangiraju od dizajnom vrlo jednostavnih konstrukcija sa samo par mogućnosti do humanoidnih robota koji nalikuju ljudima i imaju određene sposobnosti koje funkcioniraju poput ljudskog perceptivnog sustava. Vidljivo je kako ta obilježja dizajna odražavaju funkciju u primjeru Touch Balla (Lee i sur., 2013) koji bi jedva i odgovarao tradicionalnoj predodžbi toga kako bi robot trebao izgledati, ali je u svojoj funkciji pružanja povratne informacije vezane uz kontrolu jačine pritiska vrlo uspješan s obzirom na to da je djeci zanimljiv i atraktivan. S druge strane, želi li se poticati združena pažnja, potrebno je odabrati robota kao što je Flobi (Damm i sur., 2013) koji ima sposobnost pomicanja očiju kako bi dijete moglo pratiti pogled. Kada bi postojali dostatni financijski resursi koji bi omogućili posjedovanje više različitih tipova robota, svako dijete bi na temelju inicijalne procjene moglo biti upareno s robotom koji mu najviše odgovara ili čak doći u interakciju s više njih tijekom terapije (ovisno o ciljevima i preferencijama). Primjerice, u početku bi se mogao koristiti robot jednostavnijeg izgleda kako bi se dijete lakše priviknulo na takav tip rada posebno ako je riječ o mlađoj djeci koja bi se mogla uplašiti humanoidnog robota (Kumazaki i sur., 2018), ali i s obzirom na to da se u određenim istraživanjima pokazalo kako djeca sa PSA – om preferiraju takve robote (Scasellati, 2007; Robins i sur., 2007; Robins i sur., 2006). Kasnije kako terapija napreduje i generalizacija vještina postaje iznimno bitna, pojavila bi se i potreba za korištenjem humanoidnog robota koji se pokazao uspješnijim u tom zadatku (Telisheva i sur., 2019).

Ovakva situacija će možda biti moguća u budućnosti u kojoj će roboti biti ekonomski pristupačniji, u kojoj će okolina biti više upoznata s poremećajem iz spektra autizma i u kojoj je utrka s vremenom oko postavljanja dijagnoze u manjoj mjeri prisutna nego u sadašnjim okolnostima. Trenutno se može primijetiti kako je najčešće korišten robot NAO (Anzalone et al., 2014; Arent i sur., 2019; Bekele i sur., 2013; David i sur., 2018; Hashim i sur., 2013; Shamsuddin i sur., 2012; Shamsuddin i sur., 2013; Petric i sur., 2018; Zubak i sur., 2018). Razlog tome može biti što je NAO komercijalno dostupan (proizvodi ga francuska tvrtka Softbank Robotics) i korišten u svijetu u razne svrhe (edukacija, istraživanja, zdravstvo). Ostali roboti koji su izdvojeni u ovom radu su: Robota (Billard, 2003), FACE (Pioggia i sur., 2005), Kaspar (Wainer i sur., 2014), CommU (Kumazaki i sur., 2018), Pleo (Kim i sur., 2013), GIPY-1 (Giannopulu, 2013), Flobi (Damm i sur., 2013), Tito (Duquette i sur., 2008), Ifbot (Lee i sur., 2012), Bioloid (Chaminade i sur., 2012) te Touch Ball i Parlo (Lee i sur., 2013) koji su manje dostupni ili čak konkretno konstruirani za potrebe pojedinog istraživanja. Pennisi i sur. (2015) navode i ostale robote: RBB, Sony Aibo ERS-7, Keepon, Probo, Romibo, POL, LEGO Mindstorms NXT i Rofina što nam govori kako se razni roboti koriste no vjerojatno je faktor koji znatno utječe na odabir osim izgleda i njegova cijena.

Sam proces dijagnostike u kojem sudjeluje robot je područje u kojem je trenutno napravljen manji broj istraživanja u odnosu na područje terapije što bi se moglo objasniti generalnom složenošću dijagnostike. Stvaranje uvijek istog standardiziranog podražaja zvuči kao atraktivna ideja, ali postavlja se pitanje što se događa u slučajevima tehničkih poteškoća te posljedično mogućim prekidom dijagnostike ako se problem ne može riješiti u kratkom vremenu. Nadalje, važno je imati na umu kako će osobe koje koriste ove robote morati proći određene edukacije koje sadržajem nisu bliske njihovom primarnom obrazovanju ili će u svoj rad morati uključiti druge osobe kojima će zadatak biti upravljanje robotima s obzirom na to da potpuno autonomni sustavi još nisu mogući radi nepredvidljivosti ljudskog ponašanja. Royackers i van Est (2015) navode kako interes za uvođenjem novih tehnologija znatno opada kada to uvođenje u postojeću praksu zahtjeva previše promjena i prilagodbi. Tradicionalan proces dijagnostike smatra se subjektivnim s obzirom na potrebnu kompatibilnost kliničara i djeteta (Lord i sur., 2012; Ricks i Colton, 2010), ali potrebno je imati na umu da će jednako tako postojati i potreba za kompatibilnošću robota i djeteta, a trenutno stanje je takvo da je kliničar puno sposobniji brzo prilagoditi svoje ponašanje kako bi se tom cilju približio, nego što je to sposoban robot čije ponašanje zahtjeva programiranje. S druge strane, pasivno prikupljanje (Scassellati, 2007) određenih podataka o interakciji koje bi bilo dovoljno usavršeno i efikasno čini se kao

potencijalno vrlo korisna značajka koja bi zasigurno umanjila stres koji se može javiti kao posljedica pritiska da se svako ponašanje uoči i točno interpretira što je zasigurno prisutno kod kliničara s manje iskustva kojima takav način opažanja još nije automatiziran. Na temelju istraživanja navedenih u ovom radu (Stribling, Rae i Dickerson, 2009; Arent i sur., 2019; Kumazaki i sur., 2018), može se uočiti kako roboti imaju mogućnost izazivanja određenih ponašanja, ali je i dalje u velikoj mjeri ljudski faktor koji mora interpretirati ta ponašanja neizostavan. Naznake „idealnog“ sustava mogu se uočiti u istraživanju Petrica i sur. (2018) koji je pokazao karakteristike aktivnog i pasivnog prikupljanja podataka slične onima koje su pokazali i kliničari, ali čak i u tom slučaju, kao i kod Hashimija i sur. (2013) s obzirom na mogućnosti robota, zasad nisu svi zadaci iz tradicionalnih instrumenata prikladni za programsku prilagodbu. Važno je napomenuti kako su istraživanja Petrica i sur. (2018) te Zubak i sur. (2018) prva vezana uz uporabu robota u Hrvatskoj, ali su svakako otvorila put daljnjim istraživanjima.

Diehl i sur. (2012) navode četiri potencijalne uporabe robota, no pregledom literature uočava se kako je teško razgraničiti istraživanja i svrstati ih u kategorije. Pregledom istraživanja može se uočiti kako postoje ona koja su fokusirana na tehnički dio funkcioniranja robota (tehnički opisi i testiranja robotovih izvedbi) i ona koja su konkretno fokusirana na upotrebu u terapiji poremećaja iz spektra autizma te na kojima počiva ovaj rad. Također, izostavljeni su oni radovi koji su se temeljili na anketama. U izdvojenim istraživanjima može se primijetiti kako većina njih ima manji broj ispitanika tj. manji od 10 (Pioggia i sur., 2005; Duquette i sur., 2008, Dautenhahn i Werry, 2004; Lee i sur., 2013; Giannopulu, 2013, David i sur., 2018, Shamsuddin i sur., 2013; Wainer i sur., 2014; Wainer i sur., 2014; , Feil – Seifer i Matarić, 2011) te su sva osim jednog (Pioggia i sur., 2005) rađena samo na ispitanicima sa PSA - om. Ostala istraživanja rađena su na ispitanicima sa PSA – om i kontrolnom skupinom tipičnog razvoja u promjenjivom omjeru na uzorku od 12 do 32 ispitanika (Bekele i sur., 2013; Lee i sur., 2012; Cook i sur., 2014; Pierno i sur., 2008; Kim i sur., 2013; Damm i sur., 2013; Anzalone i sur., 2014; Chaminade i sur., 2012; Bird i sur; 2007). Buduća istraživanja ove tematike trebala bi biti provedena na većem broju ispitanika koji bi uključivao i kontrolnu skupinu tipičnog razloga. Također, može se primijetiti kako je u nekim istraživanjima navedena dob ispitanika sa PSA – om, ali ne i ona kontrolne skupine ili je generalno navedena samo prosječna dob ispitanika bez raspona i standardne devijacije te se stječe dojam heterogenosti ispitanika.

Većina istraživanja u ovom radu je provedena na djeci, uz iznimku Birda i sur. (2007), Chaminadea i sur. (2012), Cooka i sur. (2014) te Damma i sur. (2013) koji istraživanje provode na odraslim osobama. Također, podaci o intelektualnom funkcioniraju ispitanika nisu dostupni u svim istraživanjima, a Telisheva i sur. (2019) navode kako je generalno većina istraživanja rađena na visokofunkcionirajućim osobama s autizmom. Također, nesustavnost u izvještavanju može se uočiti i u izvještavanju o spolu sudionika i usporedbama na temelju razlika u spolu (samo su Anzalone i sur. (2014) usporedili količinu pažnje koja se pridavala robotu između dva spola). U svim istraživanjima je omjer muških naspram ženskih ispitanika znatno veći, a Peca i sur. (2014) i Pennisi i sur. (2015) navode kako je moguće postojanje spolnih razlika u socijalnoj komunikaciji s humanoidnim robotima kod djece sa PSA – om. Vođeni tom pretpostavkom, buduća istraživanja trebala bi pokušati uključiti više ispitanika ženskog spola. U istraživanjima koja su ispitivala združenu pažnju zanimljivo je uočiti kako je robot ponekad toliko privlačan djeci (Anzalone i sur., 2014; Bekele i sur., 2013) da može ometati izvođenje zadatka jer djeca ne prate pogled već pažnju usmjeravaju isključivo prema robotu. Ovo bi se potencijalno moglo umanjiti duljim izlaganjem robotu i djetetovim navikavanjem na njegovo prisustvo, no onda se postavlja pitanje hoće li dijete biti zainteresirano za rad kada efekt novosti nestane (Rakap, 2015). S druge strane, Taheri i sur. (2017) hipotetiziraju da se s kontinuiranom uporabom jača prijateljstvo između robota i djeteta te to pozitivno utječe na količinu pažnje koje dijete usmjerava robotu.

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena su istraživanja koja se bave uporabom robota u dijagnostici i podučavanju djece s poremećajem iz spektra autizma. Iako je to područje relativno novo, svakim danom je sve istraženije zahvaljujući interesima istraživača, ali i potrebom za efikasnom i sustavnom intervencijom. Tradicionalna rehabilitacija je ponekad otežana određenim temeljnim deficitima u funkcioniranju pojedinaca sa PSA – om poput smanjene usmjerenosti na socijalnu okolinu te je upotreba robota koji će zainteresirati takve osobe i zadržati njihovu pažnju potencijalno efikasna. Trenutna istraživanja su većim dijelom usmjerena na područje uporabe u terapiji, a manjim dijelom na upotrebu u dijagnostici što je s obzirom na trenutačne mogućnosti tehnologije očekivani ishod. Također, ljudski faktor i dalje ostaje neizostavan – od posrednika u procesu dijagnostike i terapije i kliničara koji mora interpretirati uočena ponašanja i dokumentirati napredak do osobe koja mora programirati robota. Većina istraživanja je pokazala kako su ispitanici sa PSA – om imali bolju izvedbu na polju socijalne interakcije i komunikacije u radu s robotom naspram one koja se provodila s kliničarom. Ta izvedba odnosila se na više epizoda svrhovitog kontakta očima, pojavljivanje združene pažnje, trijadičkih interakcija, imitacija i dodirivanja. Nadalje, pokazalo se kako su u određenim slučajevima djeca sa PSA – om robotu usmjeravala ponašanja koja djeca tipičnog razvoja usmjeravaju drugim ljudima te kako su tijekom zadataka bila zainteresiranija i pridavala više pažnje nego u tradicionalnim uvjetima. Pokazale su se i naznake toga kako je korištenje robota bilo uspješno u smanjivanju količine stereotipnih i repetitivnih ponašanja i poboljšalo verbalnu izvedbu pojedinaca. Longitudinalnim istraživanjem svih ovih aspekata moglo bi se utvrditi jesu li one s vremenom postale generalizirane u interakcijama s okolinom. Uz sve ove navedene spoznaje, važno je ne zaboraviti kako su sadašnja istraživanja rađena pretežito na ispitanicima muškog spola i generalno manjim uzorcima te se može uočiti trend određene nesustavnosti u izvještavanju o anamnestičkim podacima ispitanika. Također, nisu sva istraživanja imala kontrolnu skupinu tipičnog razvoja pa se usporedba na toj razini nije mogla izvršiti, ali kada je bila prisutna, moglo se uočiti kako su djeca tipičnog razvoja jednako zainteresirana za robota. Nadalje, određene studije pokazivale su i proturječne rezultate, kao i one u kojima se nije moglo dobiti konkretne zaključke. Bez obzira na to, sadašnji rezultati pokazuju potencijal u mogućoj budućoj implementaciji ovakvih sustava uz pretpostavku da će daljnja istraživanja na većim uzorcima i homogenijim skupinama ponuditi još dokaza

utemeljenih na praksi, ali i na pretpostavci da će kliničari koji rade u praksi biti spremni prihvatiti nove izazove koje uporaba robota donosi.



## 5. LITERATURA

Američka Psihijatrijska Udruga (2014). Dijagnostički i statistički priručnik za duševne poremećaje, DSM – V. Peto izdanje. Jukić, V., Arbanas, G. (Ur.). Jastrebarsko: Naklada Slap.

Anzalone, S.M, Xavier, J., Boucenna, S., Billeci, L., Narzisi, A., Muratori, F., Cohen, D., Chetouani, M. (2018). Quantifying Patterns of Joint Attention during Human-Robot Interactions: an Application for Autism Spectrum Disorder Assessment. *Pattern Recognition Letters (118)*, 42-50.

Anzalone, S.M., Tilmont, E., Boucenna, S., Xavier, J., Jouen, A.L., Bodeau, N., Maharatna, K., Chetouani, M., Cohen, D., i sur. (2014). How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D+ time) environment during a joint attention induction task with a robot. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8, 814–826.

Arent, K., Kruk-Lasocka, J., Lukasz Niemiec, T., Szczepanowski, R. (2019). Social robot in diagnosis of autism among preschool children. 24th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR).

Bekele, E., Crittendon, J.A., Swanson, A., Sarkar, N., Warren, Z.E. (2013). Pilot clinical application of an adaptive robotic system for young children with autism. *Autism*, 18, 598–608.

Billard, A. (2003). Robota: Clever toy and educational tool. *Robotics and Autonomous Systems*, 42 (3-4), 259–269.

Bird, G., Leighton, J., Press, C., Heyes, C. (2007). Intact automatic imitation of human and robot actions in autism spectrum disorders. *Proceedings: Biological Sciences*, 274, 3027–3031.

Cabibihan, J.J., Javed, H., Ang M. Jr., Aljunied, S.M. (2013). Why robots? A survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 5, 593–618.

Chaminade, T., Da Fonseca, D., Rosset, D., Lutchter, E., Cheng, G., Deruelle, C. (2012). Fmri study of young adults with autism interacting with a humanoid robot. In IEEE RO-MAN (str. 380–385).

Charman, T. (2003). Why is joint attention a pivotal skill in autism? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358 (1430), 315-324.

Cook, J., Swapp, D., Pan, X., Bianchi-Berthouze, N., Blakemore, S.J. (2014). Atypical interference effect of action observation in autism spectrum conditions. *Psychological Medicine*, 44, 731–740.

Damm, O., Malchus, K., Jaecks, P., Krach, S., Paulus, F., Naber, M., Wrede, B. (2013). Different gaze behavior in human-robot interaction in Asperger's syndrome: An eyetracking study. In IEEE RO-MAN (str. 368–369).

David, D. O., Costescu, C. A., Matu, S., Szentagotai, A., Dobrean, A. (2018). Developing Joint Attention for Children with Autism in Robot-Enhanced Therapy. *International Journal of Social Robotics* 10, 595–605.

Dawson, G., Toth, K., Abbott, R., Osterling, J., Munson, J., Estes, A., i Liaw, J. (2004). Early social attention impairments in autism: social orienting, joint attention, and attention to distress. *Developmental psychology*, 40 (2), 271.

Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction, *Philosophical transactions of the Royal Society of Londo. Series B, Biological sciences*, 362 (1480), 679-704.

Dautenhahn, K., Robins, B. (2006). The Role of the Experimenter in HRI Research - A Case Study Evaluation of Children with Autism Interacting with a Robotic Toy. ROMAN 2006 - The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 646-651.

Dautenhahn, K., Werry, I. (2004). Towards interactive robots in autism therapy: Background motivation, and challenges. *Pragmatics & Cognition*, 12, 1–35.

Dickerson, P., Robins, B., Dautenhahn, K. (2013). Where the action is: A conversation analytic perspective on interaction between a humanoid robot, a co-present adult and a child with an ASD. *Asymmetry and Adaptation in Social Interaction*, 14 (2), 297–316.

Diehl, J.J., Schmitt, L.M., Villano, M., Crowell, C.R. (2012). The clinical use of robots for individuals with Autism Spectrum Disorders: A critical review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6, 249–262.

Duquette, A., Michaud, F., Mercier, H. (2008). Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children with low-functioning autism. *Autonomous Robots*, 24, 147–157.

Feil-Seifer, D., Matarić, M. J. (2011). Automated detection and classification of positive vs. negative robot interactions with children with autism using distance- based features. In Proceedings of the ACM/IEEE international conference on human–robot interaction, 323–330.

Feil- Seifer, D., Black, M., Flores, E., St. Clair, A., Mower., E., Lee, C., Matarić, M., Narayanan, S., Lajonchere, C., Mundy, P., Williams, M. E. (2009). Development of socially assistive robots for children with autism spectrum disorders. Preuzeto s: [https://pdfs.semanticscholar.org/0c2f/312701918aa863efdfb13aab7c7658129b5f.pdf?\\_ga=2.240351875.1437948358.1588158241-416107272.1588158241](https://pdfs.semanticscholar.org/0c2f/312701918aa863efdfb13aab7c7658129b5f.pdf?_ga=2.240351875.1437948358.1588158241-416107272.1588158241)

Feil-Seifer, D., Matarić, M.J. (2005). Defining socially assistive robotics. Proceedings of the 2005 IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 465-468.

Fong, T., Nourbakhsh, I., Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots, *Robotics and Autonomous Systems*, 42, 43-166.

Giannopulu, I. (2013). Multimodal cognitive nonverbal and verbal interactions: The neurorehabilitation of autistic children via mobile toy robots. *International Journal on Advances in Life Sciences*, 5, 214–222.

Giullian, N., Ricks, D., Atherton, A., Colton, M., Goodrich, M., Brinton, B. (2010). Detailed Requirements for Robots in Autism Therapy. Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, (str. 2595-2602). Istanbul: Kudret Press & digital printing company.

Guinchat, V., Chamak, B., Bonniau, B., Bodeau, N., Perisse, D., Cohen, D., Danion, A. (2012). Very early signs of autism reported by parents include many concerns not specific to autism criteria. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6, 2, 589–601.

Hashim, H., Yussof, H., Hanapiah, F. A., Shamsuddin, S., Ismail, L., Malik, N. A. (2013). Robot-Assisted to Elicit Behaviors for Autism Screening. *Applied Mechanics and Materials*, 393, 567–572.

Hansen, S. N., Schendel, D. E., i Parner, E. T. (2015). Explaining the increase in the prevalence of autism spectrum disorders: The proportion attributable to changes in reporting practices. *JAMA Pediatrics*, 169, 56–62.

Hegel, F., Eyssel, F., Wrede, B. (2010). The social robot ‘Flobi’: Key concepts of industrial design. 19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication.

Hinerman, P. (1983). Teaching Autistic Children to Communicate. Rockville, Maryland: Aspen Systems Corporation.

Kasari, C., Freeman, S., Paparella, T. (2006). Joint attention and symbolic play in young children with autism: a randomized controlled intervention study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47 (6), 611-20.

Kato, S., Ohshiro, S., Itoh, H., Kimura, K. (2004). Development of a communication robot Ifbot. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004.

Kim, E.S., Berkovits, L.D., Bernier, E.P., Leyzberg, D., Shic, F., Paul, R., Scassellati, B. (2013). Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *Journal of Autism Development Disorder*, 43, 1038–1049.

Kim, E.S., Paul, R., Shic, F., Scassellati, B. (2012). Bridging the research gap: Making HRI useful to individuals with autism. *Journal of Human-Robot Interaction*, 1, 26–54

Kozima, H., Michalowski, M.P., Nakagawa, C. (2008). Keepon. A Playful Robot for Research, Therapy and Entertainment. *International Journal of Robotics, 1*, 1, 3–18.

Kozima, H., Nakagawa, C. (2006). Interactive Robots as Facilitators of Children's Social Development. U Lazinica, A. (Ur), *Mobile robots: towards new applications*, (str. 269-286). Beč: Advanced Robotic Systems.

Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Yoshimura, Y., Ikeda, T., Hasegawa, C., Saito, D.N., Shimaya, J., Ishiguro, H., Mimura, M., Kikuchi, M. (2018). Brief Report: A Novel System to Evaluate Autism Spectrum Disorders Using Two Humanoid Robots. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 49*, 1709–1716.

Lee, J., Obinata, G. (2013). Developing therapeutic robot for children with autism: A study on exploring colour feedback. In Human-Robot Interaction (HRI), 8th Association for Computing Machinery/Institute of Electrical and Electronics Engineers (ACM/IEEE) International Conference on (str. 173–174).

Lee, J., Takehashi, H., Nagai, C., Obinata, G., Stefanov, D. (2012). Which robot features can stimulate better responses from children with autism in robot-assisted therapy?. *International Journal of Advanced Robotic Systems, 9*, 72.

Lord, C., Petkova, E., Hus, V., Gan, W., Lu, F., Martin, D. M., i sur. (2012). A multisite study of the clinical diagnosis of different autism spectrum disorders. *Archives of General Psychiatry, 69*, 306–313.

Meindl, J. N., Cannella-Malone, H. I. (2011). Initiating and responding to joint attention bids in children with autism: A review of the literature. *Research in developmental disabilities, 32* (5), 1441-1454.

Michaud, F., Salter, T., Duquette, A., Mercier, H., Larouche, H., Larose, F. (2007). Assistive technologies and child-robot interaction. AAI-07 (Association for the Advancement of Artificial Intelligence) Conference, Vancouver, Canada. Proceedings of the 22nd AAAI Conference.

- Mundy, P., Crowson, M. (1997). Joint attention and early social communication: Implications for research on intervention with autism. *Journal of Autism and Developmental disorders*, 27 (6), 653-676.
- Peca, A., Simut, R., Pinteau, S., Costescu, C., Vanderborght, B. (2014). How do typically developing children and children with autism perceive different social robots? *Computers in Human Behavior*, 41, 268–277.
- Pennisi, P., Tonacci, A., Tartarisco, G., Billeci, L., Ruta, L., Gangemi, S., Pioggia, G. (2015). Autism and social robotics: A systematic review. *Autism Research* 9 (2), 165–183.
- Petric, F., Hrvatinic, K., Babic, A., Malovan, L., Miklic, D., Kovacic, Z., Capanec, M., Stosic, J., Simlesa, S. (2014). Four tasks of a robot-assisted autism spectrum disorder diagnostic protocol: First clinical tests. In Proceedings of the IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC 2014), San Francisco, CA, SAD, 10–13.
- Pierno, A. C., Mari, M., Lusher, D., Castiello, U. (2008). Robotic movement elicits visuomotor priming in children with autism. *Neuropsychologia*, 46, 448–454.
- Pioggia, G., Izliossi, R., Ferro, M., Hluwalia, A., Muratori, F., De Rossi, D. (2005). An android for enhancing social skills and emotion recognition in people with autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 13, 507–515.
- Rakap, S. (2015). Effect sizes as result interpretation aids in single subject experimental research: description and application of four nonoverlap methods. *British Journal of Special Education*, 42, 11-33.
- Robins, B., Otero, N., Ferrari, E., Dautenhahn, K. (2007). Eliciting Requirements for a Robotic Toy for Children with Autism - Results from User Panels. 16th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication, (str. 101 – 106). Jeju, Korea: IEEE.
- Robins, B., Dautenhahn, K., Dubowski, J. (2006). Does appearance matter in the interaction of children with autism with a humanoid robot? *Interaction Studies*, 7 (3), 479-512.

Ricks, D.J., Colton, M.B. (2010). Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. In *Robotics and Automation (ICRA)*, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) International Conference (str. 4354–4359).

Royakkers, L., van Est, R. (2015). A literature review on new robotics: automation from love to war. *International Journal of Social Robotics*, 7, 549-570.

Rückert, U., Joaquin, S., Felix, W. (ur.). (2012). Robot Partners. *Advances in Autonomous Mini Robot: Proceedings of the 6-th AMiRE Symposium*.

Scassellati, B. (2007). How Social Robots Will Help Us to Diagnose, Treat, and Understand Autism. *Robotics Research*, 28, 552-563.

Shamsuddin, S., Yussof, H., Mohamed, S., Hanapiah, F. (2014). Design and Ethical Concerns in Robotic Adjunct Therapy Protocols for Children with Autism. *Procedia Computer Science*, 42, 9-16.

Shamsuddin, S., Yussof, H., Mohamed, S., Hanapiah, F.A., Ismail, L.I. (2013). Stereotyped behavior of autistic children with lower IQ level in HRI with a humanoid robot. In *Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)*, IEEE Workshop (str. 175–180).

Shamsuddin, S., Yussof, H., Ismail, L.I., Mohamed, S., Hanapiah, F.A., Zahari, N.I. (2012). Humanoid robot NAO interacting with autistic children of moderately impaired intelligence to augment communication skills. *Procedia Engineering*, 41, 1533–1538.

Sheridan, T.B. (2020). A Review of Recent Research in Social Robotics. *Current Opinion in Psychology*, 36, 7-12.

Shin, M. (2012). The role of joint attention in social communication and play among infants. *Journal of Early Childhood Research*, 10 (3), 309-317.

Srinivasan, S., Bhat, A. (2013). The Effect of Robot-Child Interactions on Social Attention and Verbalization Patterns of Typically Developing Children and Children with Autism between 4 and 8 Years. *Autism*, 3, 2, 1-7.

Stribling, P., Rae, J., Dickerson, P. (2009). Using conversation analysis to explore the recurrence of a topic in the talk of a boy with autism spectrum disorder. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 23, 555–582.

Taheri, A., Meghdari, A., Alemi, M., Pouretamad, H. (2017). Human–Robot Interaction in Autism Treatment: A Case Study on Three Pairs of Autistic Children as Twins, Siblings, and Classmates. *International Journal of Social Robotics*, 10, (1), 93–113.

Tapus, A., Peca, A., Aly, A., Pop, C., Jisa, L., Pintea, S., Rusu, A.S., David, D. O. (2012). Children with autism social engagement in interaction with Nao, an imitative robot: A series of single case experiments. *Interaction Studies Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, 13 (3), 315–347.

Taylor, B.A., Hoch, H. (2008). Teaching Children with Autism to Respond to and Initiate Bids for Joint Attention. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 41 (3), 377–391.

Telisheva, Z., Turarova, A., Zhanatkyzy, A., Abylkasymova, G., Sandygulova, A. (2019). Robot-Assisted Therapy for the Severe Form of Autism: Challenges and Recommendations. U: Salichs, M. (ur). *Social Robotics. ICSR 2019. Lecture Notes in Computer Science*, 11876. Cham: Springer.

Thurm, A., Lord, C., Lee, L.-C., Newschaffer, C. (2007). Predictors of Language Acquisition in Preschool Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37 (9), 1721-1734.

Wainer, J., Dautenhahn, K., Robins, B., Amirabdollahian, F. (2014). A pilot study with a novel setup for collaborative play of the humanoid robot KASPAR with children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 6, 45–65.

Wainer, J., Robins, B., Amirabdollahian, F., Dautenhahn, K. (2014). Using the humanoid robot KASPAR to autonomously play triadic games and facilitate collaborative play among children with autism. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, 6, 183–199.



Wiggins, L.D., Reynolds, A., Rice, C.E., Moody, E.J., Bernal, P., Blaskey, L., Rosenberg, S.A., Lee, L.-C., Levy, S.E. (2015). Using standardized Diagnostic instruments to classify children with Autism in the study to explore early development. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45 (5), 1271-1280.

Wood, L.J., Zarak, A., Robins, B., Dautenhahn, K. (2019). Developing Kaspar: A Humanoid Robot for Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*, 1, 3-18.

Yun, S.-S., Kim, H., Choi, J., Park, S.-K. (2016). A robot-assisted behavioral intervention system for children with autism spectrum disorders. *Robotics and Autonomous Systems*, 76, 58–67.

Zubak, I., Šimleša, S., Capanec, M., Stošić, J., Petric, F., Kovačić, Z. (2018). Usporedba reakcije na robote u socijalnom i nesocijalnom kontekstu u djece s poremećajem iz spektra autizma i djece tipičnog razvoja. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 54 (2), 28-38.