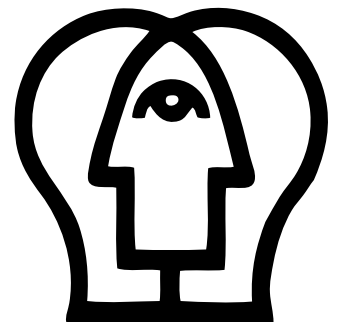


Effekter av den artificiella ansiktsmimikens symmetri  
i ickeverbalt samspel mellan människa och robot

Arvid Marklund

Handledare: Per Carlbring & Lennart Högman  
PSYKOLOGEXAMENSUPPSATS, 30 POÄNG, 2016

STOCKHOLMS UNIVERSITET  
PSYKOLOGISKA INSTITUTIONEN



# EFFEKTER AV DEN ARTIFICIELLA ANSIKTSMIMIKENS SYMMETRI I ICKEVERBALT SAMSPEL MELLAN MÄNNISKA OCH ROBOT

Arvid Marklund

Social interaktion mellan människor och robotar kommer troligen bli allt vanligare. De ickeverbala aspekterna av detta samspel är fortfarande förhållandevis outforskade. I denna randomiserade studie undersöktes huruvida lateral symmetri i artificiella ansiktsuttryck påverkade hur människolik och behaglig en ickeverbal robot uppfattades. Samtliga 35 deltagare fick genomgå två semistrukturerade interaktioner med den för ändamålet utvecklade roboten, som gav ögonkontakt och speglade ansiktsuttryck. Ordningföljden på betingelserna symmetri respektive asymmetri randomiserades i en motbalanserad dubbelblind design. Enkätinstrumentet *Godspeed* användes för att mäta hur roboten hade uppfattats. Resultatet visade att den upplevdes som något mer behaglig i den symmetriska betingelsen ( $\eta^2 = 0.033$ , CI [0.008, 0.310]). Eftersom ansiktssymmetrin förefaller göra skillnad kommer det vara viktigt att ta hänsyn till symmetrieffekter i framtida robotsystem.

Robotar kommer bli en alltmer självklar del av våra liv ([Mavridis, 2015](#)) och verka inom områden som vård, rehabilitering, personlig service, underhållning och utbildning ([Lehmann, Saez-Pons, Syrdal, & Dautenhahn, 2015](#); [Zhang et al., 2010](#)). Att utveckla maskiner med förmågan att upptäcka, förstå och även uttrycka emotionellt material är en växande angelägenhet ([Niculescu, van Dijk, Nijholt, Li, & See, 2013](#); [Picard, 1997](#)) och nödvändig för att robotar ska kunna interagera följsamt med människor ([Dautenhahn, 2007](#)). Att utveckla artificiella känslsystem är en komplex uppgift. De ansatser som gjorts hittills är fåtaliga och mer forskning behövs på området ([Castellano & Peters, 2010](#); [Castellano et al., 2010](#); [Eyssel, Kuchenbrandt, Bobinger, de Ruyter, & Hegel, 2012](#)). Emotionell information kommuniceras hos människor multimodalt via en rad kanaler som till exempel blickriktningar, tal, kroppshållning och gester ([Castellano et al., 2013](#)), men ansiktsuttryck spelar en speciell roll i samspelet ([Hunnius, de Wit, Vrins, & von Hofsten, 2011](#); [Mohseni, Zarei, & Ramazani, 2014](#)) och anses vara den mest framträdande ickeverbala vägen att kommunicera emotioner ([Mandal & Awasthi, 2015](#)).

Majoriteten av tidigare undersökningar som involverat ickeverbalt kommunicerande robotar har baserats på förprogrammerade kategoriska och symmetriska ansiktsuttryck ([Baddoura & Venture, 2015](#); [Boccanfuso & O’Kane, 2011](#); [Breazeal, 2003](#); [Robins & Dautenhahn, 2014](#)). Merparten av de modeller som använts har baserats på poserade uttryck framförda av skådespelare ([Zeng, Society, Pantic, & Member, 2009](#)). Samtidigt visar forskning att ansiktsuttryck är idiosynkratiska ([Castellano et al., 2010](#)), vanligen tillhör fler än en samtidig emotionskategori ([Izard, 1971](#)), uttrycks olika beroende på om uttrycket är poserat eller spontant ([Littlewort, Bartlett, & Lee, 2009](#); [Ross & Pulusu, 2013](#)) samt är lateralt asymmetriska ([Horta, Aguiar, Monteiro, Silva, & Amarante, 2014](#); [Okubo, Ishikawa, & Kobayashi, 2013](#); [Ross & Pulusu, 2013](#)).

I Breazeals (2003) undersökning av roboten *Kismet* förekom endast ett asymmetriskt uttryck. Det var känslan äckel som uttrycktes tydligt ensidigt, vilket det fanns stöd för i tidigare forskning ([Rozin, Lowery, & Ebert, 1994](#)). Teoretiska modeller som innefattar den detaljerade asymmetrin hos människor saknas däremot, vilket kan förklara att den

utelämnats i tidigare robotforskningsansatser. Vissa studier har dock indikerat att spontana uttryck varit mer symmetriska än poserade uttryck (Hager & Ekman, 1985; Krumhuber & Manstead, 2009) och andra (Ross & Pulusu, 2013) har istället visat att både spontana och poserade uttryck var asymmetriska, men att en tidsmässig förskjutning mellan vänster och höger indikerade det ena eller andra. Det har dessutom visats att normala mänskliga leenden uttrycks både rumsligt och tidsmässigt asymmetriskt (Horta et al., 2014). Asymmetrin skulle således kunna utgöra en viktig kommunikativ dimension, som går förlorad i en symmetrisk modell.

Eftersom asymmetriska variationer innehåller relevant social information förefaller det angeläget att undersöka hur symmetri respektive asymmetri i en robots ansiktsuttryck påverkar hur den uppfattas av den mänskliga motparten. Närmare bestämt hur *behaglig* och antropomorf<sup>1</sup> eller *människolik* den uppfattas. Uppfattad behaglighet är relevant för att det visats ge en mer följsam interaktion, korrelerar positivt med tillit till robotar (Rau, Li, & Li, 2010) och negativt med upplevd ångest (Bartneck, Kanda, Ishiguro, & Hagita, 2009). Människolikhet är central eftersom människoliknande robotar har visats vara lättare för människor att acceptera i sin vardag (Eyssel et al., 2012; Zhang et al., 2010) och kopplats till starkare empatisk respons hos den mänskliga motparten (Zlotowski, Proudfoot, & Bartneck, 2013). Det finns även indikationer på att alltför stor människolikhet kan vara problematisk på grund av vad som kallas för *The Uncanny Valley* (Mori, MacDorman, & Kageki, 2012), vilket gör egenskapen än mer relevant. Ökad kunskap inom området kan hjälpa utvecklare att ta bättre informerade beslut rörande ansiktssymmetri i framtida robotsystem.

Inledningen är disponerad enligt följande: Först görs en genomgång rörande sociala robotar samt de två centrala fenomenen spegling och ögonkontakt som låg till grund för det robotsystem som utvecklades till studien, följt av ett stycke om tänkbara neurologiska orsaker till ansiktsuttryckliga asymmetrier. Därefter redovisas teori och empiri gällande symmetris påverkan på faktorerna behaglighet och människolikhet samt sambandet mellan dessa två faktorer.

### *Sociala robotar*

Teknik inom området Artificiell Intelligens (AI) kan ta sig många olika uttryck, till exempel i form av fysiska robotar, datorprogram som löser specialiserade uppgifter eller teknik kopplad till biologisk vävnad i hjärnan. Den kan emulera mänskliga funktioner som resonerande, inlärning och agera i en miljö som en självständig agent. Den stadiga ökningen av datorers prestanda, utveckling av annan teknologi som Virtual Reality, språkbearbetning och robotteknik gör att framtida applikationer av AI kommer ha en stor inverkan på människors mentala liv i framtiden (Luxton, 2014). Området som rör människors och robotars interaktion kallas på engelska för *Human Robot Interaction* (HRI) och är ett växande forskningsfält. Robotar har som regel en fysisk representation i rummet, men förekommer även i virtuell form. Så kallade *Förkroppsligade Virtuella Agenter* är virtuella enheter med grafisk representation som ofta har en människoliknande kropp och en varierande grad av autonomi (Castellano, Mancini, Peters, & McOwan, 2012). Empatiska agenter kan uppfatta affektiva signaler och därigenom generera sin respons på ett mer passande sätt (Castellano et al., 2012). Utveckling av system med både artificiella mentala representationer av andra och

<sup>1</sup> Antropomorfism syftar på den process i vilken människor tillskriver icke-levande ting mänskliga egenskaper (Bartneck, Kulić, et al., 2009). Ju mer mänskligt ett dött ting uppfattas desto högre grad av antropomorfism kan således infereras. Nedan används därför det svenska ordet människolikhet konsekvent.

artificiell empati är önskvärt i framtida robotsystem (Asada, 2015). Inom hälsovård och psykiatri finns det en stor potential för sociala robotar och agenter att assistera människor (Leite, Martinho, & Paiva, 2013) och fungera som ett värdefullt komplement till den mänskliga personalen, snarare än att ersätta den (Castellano et al., 2010). Redan idag finns enkla robot-husdjur inom vården som till exempel sälen *Paro*, som visat sig ha goda effekter på äldre personers välmående, depressionssymtom (Wada, Shibata, Saito, & Tanie, 2005) och fysiologiska stressnivå. I en studie av Wada och Shibata (2008) ökade även de äldres sociala interaktion med andra mänskliga patienter som en effekt av interaktionen med *Paro*. För att kunna möta den ökade belastningen inom psykiatrisk vård pressas personalen till att ägna mindre tid med varje patient. Då kan den här typen av artificiella agenter fungera som personalens förlängda arm och med väl avgränsade uppgifter bli en värdefull resurs i vården av psykisk ohälsa (Bickmore & Gruber, 2010). För att sociala robotar och agenter ska kunna svara på ett lämpligt sätt måste de kunna uppfatta, processa och tolka information från människor beroende på kontexten i vilken interaktionen äger rum. Att förstå människors mentala tillstånd från deras verbala, men inte minst deras ickeverbala beteende är absolut nödvändigt för att en robot ska kunna agera socialt (Castellano et al., 2010) och imitationsbeteende är en nyckelkompetens i kommunikationen hos artificiella agenter (Kopp, Sowa, & Wachsmuth, 2004).

#### *Ansiktsuttryckliga speglingar*

En fundamental ickeverbal kommunikationskomponent är speglingar av ansiktsuttryck. Redan under ett spädbarns första dagar riktas dess uppmärksamhet instinktivt mot ansikten och efter bara några månader kan de fokusera på emotionella nyckelelement i föräldrarnas ansikte såsom dess ögon och mun (Hunnius & Geuze, 2004). De kan även vid mycket låg ålder skilja mellan positiva och negativa ansiktsuttryck (Izard et al., 1995). Det anses nu klarlagt att ansiktsmässiga uttryck av grundemotionerna (glädje, ilska, äckel, rädsla, sorg, och förvåning) är medfödda (Ekman, 1999) och vissa menar att de sedan utvecklas och finslipas av individuella erfarenheter under livet (Hunnius et al., 2011; Izard et al., 1995). Det har även demonstrerats att nyfödda barn har förmågan att imitera specifika ansiktsuttryck (Field et al., 1983; Meltzoff & Moore, 1977). Imitationsbeteendet är centralt eftersom barn lär sig genom att observera och härma andra. Det fenomen som kallas för modellinläring (Bandura, 1971). En annan förtjänst med den automatiska speglingsmekanismen som har föreslagits av Breazeal och Velasquez (1998) är att den innebär ett sätt att indirekt påverka den andres inre tillstånd och beteenden. Ansiktsuttryck reflekterar nämligen inte bara ett inre tillstånd utan påverkar även detsamma; Det finns ett dubbelriktat kausalt samband mellan en människas ansiktsuttryck och emotionella tillstånd (Izard, 1971) som innebär att ett leende på läpparna gör personen som bär läpparna mer glad. Påverkan av ett barn kan därför ske genom att ett önskvärt barnbeteende möts av ett leende av föräldern, som barnet automatiskt speglar och därigenom förändrar sitt inre tillstånd i positiv riktning. Eftersom beteendets konsekvens visade sig vara ett mer önskvärt tillstånd hos barnet ökar sannolikheten för att beteendet ska inträffa igen. Påverkan från föräldern kan på så sätt ske indirekt och inläring hos barnet inträffar genom den inlärningsprincip som Skinner (1953) betecknade som *operant betingning*.

Speglandet fungerar hos människan förutom som ett inlärningsinstrument även som ett sätt att uttrycka tillhörighet i parrelationer och sociala grupper. Det är som ett slags socialt smörjmedel som magnetiskt binder människor samman och ökar empatin och känslan av samhörighet mellan dem som speglar varandra. Att imitera någon subtilt signalerar att *vi är lika* och *jag gillar dig* till personen som blir efterliknad (Chartrand & van Baaren, 2009). Människor är i grunden flockdjur och som sådana mycket känsliga

för signaler från andra i gruppen. Det har visats att avsaknad av sociala speglingar i ett mellanmänniskt möte leder till ett signifikant ökat stresspåslag efter interaktionen. Det beror sannolikt på signalen om uteslutning ur gruppen som en bristande spegling utgör ([Kouzakova, van Baaren, & van Knippenberg, 2010](#)).

Neurologiskt har spegling bland annat förklarats med hjälp av något som kallas för spegelneuron. Det är en speciell typ av nervceller som först upptäcktes i experiment på makakapor av [Rizzolatti et al. \(1988\)](#). Det som kännetecknar spegelneuron är att de aktiveras både när en apa genomför en handling och när apan ser någon annan genomföra samma handling. Rizzolattis undersökningar gjordes med hjälp av en invasiv metod där små elektroder placerades in i hjärnan och registrerar enskilda nervcellers aktivitet, så kallad mikroelektrodsregistrering av nervcellsaktivitet. De har därför av etiska skäl inte kunnat replikeras med mänskliga försöksdeltagare (Kolb & Whishaw, 2009). Studier med andra hjärnabbildningsmetoder har dock kunnat genomföras med människor och då indikerat att spegelneuron förefaller förekomma även i mänskliga hjärnor. Rizzolatti och Craighero (2004) menar att mänskliga spegelneuron lägger grunden för imitationsbeteenden och att de även är nödvändiga för förståelsen av en motorisk handling, dess mening och mål. Att spegelneuron skulle utgöra neural grund för denna förståelse har kritiserats hårt av bland andra Hickok (2009) som hävdar att Rizzolatti drar för långtgående slutsatser och att förståelsen för en handlingens mening och intentionen hos den som handlar inte kan förklaras med hjälp av dessa celler. Hickok menar att spegelneuron är en mycket intressant kategori av motorneuron som bör utforskas vidare, men att forskningen hittills har blivit lidande dels av den direkta generaliseringen från djurforskning och dels av ett snävt fokus på handlingsförståelse, vilket har bidragit till att alternativa perspektiv och sätt att förstå nervcellerna uteblivit. Rizzolatti och Craighero (2004) menar dock att någon slags spegelneuron finns även i mänskliga hjärnor och där spelar en framträdande roll i imitationsbeteenden.

### *Ögonkontakt*

En annan av de mest grundläggande och tidigt utvecklade vägar till social kommunikation är ögonkontakt ([Cassell, Stone, Steedman, Becket, & Prevost, 1994](#); [Senju & Johnson, 2009](#)). Det har demonstrerats i hjärnabbildningsstudier att barn redan från fyra månaders ålder engageras mer av ansikten som ger dem ögonkontakt och att de ler mer då ögonkontakten med den vuxen är upprättad än när den är bruten ([Pönkänen & Hietanen, 2012](#)).

Kobayashi och Shiro (1997) jämförde det mänskliga ögats uppbyggnad med 88 andra primater och kunde konstatera att det mänskliga ögat hade den mest exponerade och enda helt vita senhinnan, vilket underlättar för andra att avgöra blickens riktning. De menade att det generellt hos primater varit adaptivt att dölja sin blickriktning eftersom rovdjur kan vara mindre benägna att anfalla då de tror att offret känner till dess närvaro, men att förbättringen i blickriktningskommunikation som icke-kamouflage innebar har underlättat samarbetet som krävdes av människor för samlande och jakt i grupp. Kobayashi och Shiro menade med andra ord att fördelarna med blick-signalerande övervägt de som kan uppnås av blick-kamouflerande för mänskliga primater.

Ögonkontakten fungerar som ett sätt att reglera interaktionen, söka feedback, utöva social kontroll och hjälpa till att nå målet i en gemensam uppgift. Tolkningen av blickriktningssignaler verkar även vara nödvändig för en förståelse för andras mentala tillstånd, det som kallas för *Theory Of Mind* ([Farroni, Csibra, Simion, & Johnson, 2002](#)) och en förutsättning för att uppnå *delad uppmärksamhet* mellan barn och vuxna ([Senju & Csibra, 2008](#)). Hög grad av ögonkontakt har även visats hänga samman med starkare

empatisk förmåga (Dadds et al., 2012). Pönkänen och Hietanen (2012) kunde visa att människors fysiska aktivering ökade automatiskt då de uppfattade att någon annan tittade på dem. Upptäckten av någon annans blick är många gånger startpunkten i ett socialt möte och uppmärksamheten på blickrörelser spelar en avgörande roll i det fortsatta samspelet (Uono & Hietanen, 2015).

#### *Ansiktsuttrycklig asymmetri*

Muskelrörelser i ansiktet flyttar på huden, ändrar formen på olika element och bildar det som kallas för ansiktsuttryck. Rörelserna i ansiktet kallas för ansiktets *morfologi* till skillnad från den statiska strukturen och skallbenet, som refereras till som ansiktets *fysionomi*. Det finns 43 muskler i ansiktet som kan göra rörelser oberoende av varandra vilket innebär att de tillsammans är kapabla att skapa bokstavligt talat tusentals olika uttryck. Muskelnerna i ansiktet styrs av två helt olika delar av hjärnan. Den viljestyrda muskulaturen kontrolleras av neokortikala motorområden, medan den ofrivilliga styrs av evolutionärt äldre subkortikala regioner (Ekman, 1999). Lateral asymmetri definieras som intensivare muskulär aktivering på den ena sidan av ansiktet jämfört med den andra. Det har tolkats som bevis för hjärnans lateralisering ända sedan 1970-talet. Det omnämndes redan av Darwin (1872) när han noterade att hånleenden verkade inträffa enbart på en sida av ansiktet. Ekman och Friesen (1986) bekräftade mer än hundra år senare att emotionen *förakt*, som baseras på en känsla av överlägsenhet, uttrycks tydligt ensidigt som ett snett leende. När det upptäcktes att ansiktsuttryck som regel var starkare på ansiktets ena sida, myntade Lynn och Lynn (1938) begreppet *ansiktshet* (från *hänthet*, motsvarigheten för händer) för att beteckna vilken av en persons ansiktshalvor som var dominant.

#### *Högerhemisfärshypotesen.*

Eftersom vänster ansiktshalva som regel var dominant formades teorin som kallas för *högerhemisfärshypotesen*, som föreslog att höger hjärnhalva var specialiserad på produktion och perception av emotionella ansiktsuttryck. En mängd senare studier har stött denna hypotes och visat att vänster ansiktshalva varit mer emotionellt expressiv än den högra (Borod, Cornelia, & Koff, 1997; Borod, Kent, Koff, Martin, & Alpert, 1988; Campbell, 1978; Sackeim, Gur, & Saucy, 1978; Sackeim & Gur, 1978). Stöd för att även perceptionen är lateraliserad finns bland annat i en studie som visade att patienter med högersidiga hjärnskador var sämre på att identifiera känslor i ansiktsuttryck än de som hade skador på vänster sida (Borod, Bloom, Brickman, Nakhutina, & Curko, 2002).

#### *Valenshypotesen och närmande-fjärmande-hypotesen.*

En annan teori om hur emotionella ansiktsuttryck är organiserade lateralt kallas för *valenshypotesen*. Silberman och Weingartner (1986) menade med denna teori att vänster hjärnhalva skulle vara specialiserad på positiva känslor och höger på negativa. En lovande vidareutveckling av Davidson, Ekman, Saron, Senulis och Friesen (1990) stipulerade istället att vänster hjärnhalva var ansvarig för närmandekänslor, vilket mestadels var positiva känslor som glädje och intresse, men även inkluderade ilska, samt att höger sida var specialiserad på fjärmandekänslor som till exempel äckel och rädsla. Denna *närmande-fjärmande-hypotes* har fått mer stöd än den ursprungliga valenshypotesen (Mandal & Awasthi, 2015).

#### *Övre och nedre delen av ansiktet.*

I en neurologisk genomgång av Morecraft, Stilwell-Morecraft och Rossing (2004) konstaterades att ansiktsmotoriken huvudsakligen är organiserad så att hjärnhalvorna skickar signaler till båda sidor (bilateralt) av ansiktets övre del, medan signaler till ansiktets nedre del skickas från dess motsatta sida (kontralateralt). Det finns följaktligen

även skillnader i hur de övre och nedre ansiktshalvorna är strukturerade. Ross, Reddy, Nair, Mikawa och Prodan (2007) menade att höger hjärnhalva ansvarar för de spontana uttrycken som aktiverar mestadels den övre ansiktshalvan och att den vänstra hjärnhalvan styr frivillig muskulatur som ses mer i den nedre ansiktshalvan. Att den övre ansiktshalvan skulle vara mer spontant aktiverad är i själva verket en gammal tanke. Darwin (1872) myntade beteckningen *Non-Duchenne-leende*, som var ett falskt leende som aktiverar munnen utan något medföljande emotionellt uttryck i övre delen av ansiktet, som senare har bekräftats av Ekman (2003) som visade att spontana leenden genererade en starkare respons framförallt i *orbicularis oculi*, den muskel som omgärdar ögonen. Denna operationalisering av falska leenden har dock kritiserats av andra forskare som i replikeringar konstaterat att den inte på ett reliabelt sätt kunde skilja mellan upplevda och poserade leenden. De kunde däremot visa att lateral symmetri var en mer pålitlig spontanitetsmarkör i leenden ([Krumhuber & Manstead, 2009](#)).

Sammanfattningsvis finns det ett starkt stöd för högerhemisfärshypotesen som visar på ett generellt större ansvar hos höger hjärnhalva för ansiktsuttryck. Övriga teorier har däremot gett blandade resultat. Det har inte heller kunnat påvisas några konsistenta effekter av kön eller ålder på ansiktssymmetrin. Förståelsen för de komplexa emotionella substraten på neural nivå är långt ifrån fullständig. Det finns uppenbara tecken på lateralisering i hjärnan och asymmetri i ansiktsuttryck, men inte ännu några empiriskt väl förankrade neurologiska teorier som kan förklara de detaljerade asymmetriernas bakomliggande arkitektur.

#### *Symmetris effekter på människolikheter och behaglighet*

Undersökningar har visat att stillbilder av mänskliga ansikten med högre grad av fysionomisk symmetri skattas som mer fysiskt attraktiva och mer hälsosamma ([Grammer & Thornhill, 1994](#); [Ostwald et al., 2015](#); [Shackelford & Larsen, 1997](#)). Män med asymmetriska ansikten uppfattades som mer deprimerade och emotionellt instabila och både män och kvinnor med asymmetriska ansikten bedömdes som mer impulsiva ([Shackelford & Larsen, 1997](#)). Det har spekulerats kring huruvida denna tendens att föredra sexpartners med symmetriska ansikten har ett evolutionärt ursprung, då kraftig ansiktasymmetri kan indikera genetiska skador och låg resistens mot parasiter ([Grammer & Thornhill, 1994](#); [Thornhill & Gangestad, 1993](#)), men i en omfattande longitudinell undersökning ( $n = 4732$ ) kunde Pound et al. (2014) visa att det inte fanns något linjärt samband mellan ansiktssymmetri och hälsa. De menade därför att tendensen att undvika även subtil asymmetri i partners sannolikt var en ickeadaptiv övergeneralisering. En metastudie av Rhodes (2006) visade att det fanns ett svagt samband mellan ansiktsattraktivitet och hälsa, men pekade samtidigt på problem med generaliserbarhet till icke-kliniska populationer då merparten av studierna utförts med kliniska urval. Rhodes ställde sig även frågan om det kunde vara så att attraktiviteten utvecklats evolutionärt på grund av en tidigare stark association till hälsa som senare hade brutits av den moderna medicinens framsteg. Andra undersökningar har motsagt sambandet och visat både på icke-korrelation och att en måttlig asymmetri i vissa fall uppfattats som mer tilltalande ([Farrera, Villanueva, Quinto-Sánchez, & González-José, 2014](#); [Kowner, 1996](#)).

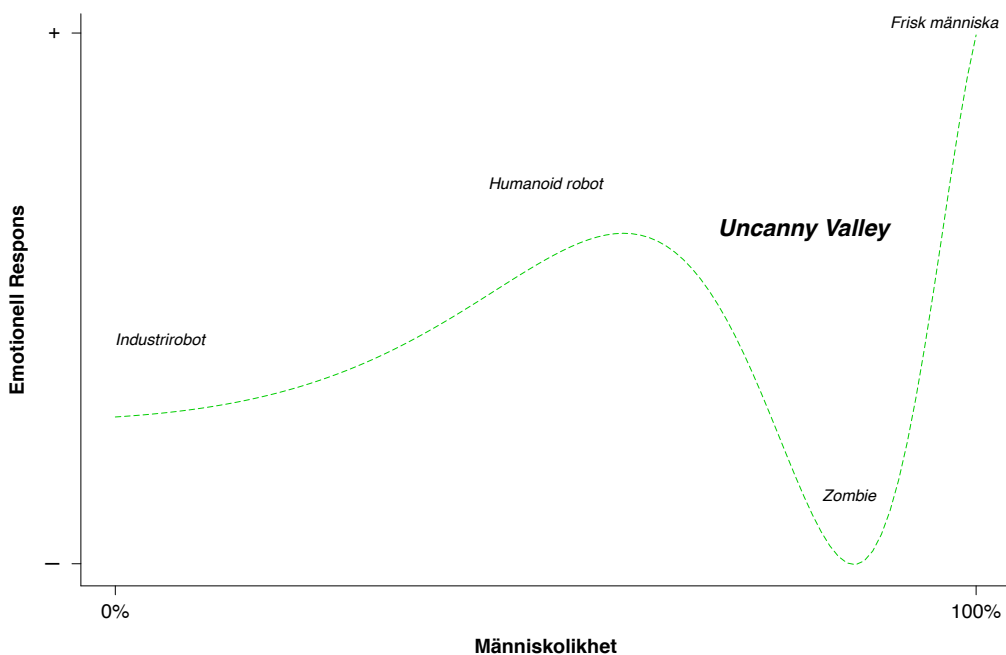
Vad gäller morfologisk asymmetri har det visats att strokepatienter uppvisade mer asymmetrier än friska kontroller ([Quan, Matuszewski, & Shark, 2012](#)), vilket tyder på att det även för den morfologiska symmetrin kan finnas ett positivt samband med hälsa. En annan studie har visat på en negativ korrelation ( $r = -0.82$ ) mellan grad av morfologisk asymmetri i mänskliga ansiktsuttryck och uppfattad naturlighet, vilket mättes med en semantisk differentialskala mellan de engelska orden *Natural* och

*Unnatural* (Kim, Heller, Hohman, Hadlock, & Heaton, 2013). *Naturlighet* ingår ofta som en del i begreppet människolikhet (Bartneck, Kulić, Croft, & Zoghbi, 2009).

Sammantaget fanns det stöd för att fysionomiskt symmetriska ansikten uppfattades som mer attraktiva och hälsosamma. Det fanns även vissa indikationer på ett samband mellan morfologisk symmetri och hälsa och eftersom uppfattad hälsa och attraktivitet tidigare visats samvariera gjorde det att den uppfattade behagligheten kunde förväntas vara något större i en symmetrisk betingelse. Resultat visade även på ett samband med uppfattad naturlighet, vilket påverkade väntad effekt på människolikhet. Det kunde således förväntas att morfologiskt symmetriska ansiktsuttryck skulle generera ett mer behagligt och mer människolikt intryck i jämförelse med asymmetriska uttryck.

#### *Samband mellan robotars människolikhet och behaglighet*

För mer än 45 år sedan föreslog den japanske professorn Masahiro Mori en hypotetisk graf (Figur 1) som visade ett icke-linjärt samband mellan en robots grad av människolikhet och emotionell respons hos den mänskliga motparten. Grafen beskriver att mer människolika karaktärer kommer uppfattas som trevligare upp till en punkt där de blir så människolika att människor uppfattar deras brister som obehagliga. Han kallade detta samband för *The Uncanny Valley* (kuslighetens dal) eftersom det grafiskt liknade en dalgång och dalen representerade det kusliga obehag som går upp när roboten närmar sig total människolikhet för att sedan gå ner igen när roboten blir helt människolik. Han spekulerade om att orsaken skulle kunna vara att något nästan mänskligt associeras till en död människa eller en zombie, vilket väcker naturligt obehag (Mori et al., 2012). Andra forskare har testat hypotesen empiriskt och då funnit stöd för kurvan med undantag för uppgången i emotionell respons närmast fullständig människolikhet (Bartneck, Kanda, Ishiguro, & Hagita, 2007; Hanson, 2006; MacDorman, 2005; MacDorman, Minato, & Shimada, 2005; Sakamoto, Kanda, Ono, Ishiguro, & Hagita, 2007; Seyama & Nagayama, 2007).



Figur 1. Uncanny Valley. Predicerat samband mellan robotars människolikhet och emotionell respons.



Faktorerna människolikhet och behaglighet har föreslagits kunna användas som x respektive y-axel i denna graf (Bartneck, Kanda, et al., 2007). *Uncanny Valley*-hypotesen har kritiserats för att vara överförenklad. Kritikerna menar att en robots rörelsemönster och olika nivåer av människolikhet och en människas uppfattningar om den är för komplexa för att delas in i endast två faktorer. Mycket av forskningen har dessutom gjorts med hjälp av stillbilder, vilket anses problematiskt då människolikheten utöver utseendet sannolikt även påverkas av dess beteenden och rörelsemönster (Bartneck, Kanda, et al., 2009). Andra kritiker (Zlotowski et al., 2013) har pekat på att den plötsliga uppgången i emotionell respons som Moris hypotes förutspår när en robot närmar sig total människolikhet aldrig har kunnat påvisas empiriskt. En undersökning av Bartneck et al. (2007) visade i själva verket att både leksaksrobotar och tydligt robotlika robotar var mer omtyckta än både människolika robotar och riktiga människor. De föreslog därför istället en *Uncanny Cliff* (kuslighetens klippa) som följde Moris hypotes ända till nedgången men sedan stannade kvar vid en relativt låg respons trots ökad människolikhet. Zlotowski et al. (2013) förklarade orsaken till att kurvan i *Uncanny Cliff* inte går upp igen när den närmar sig fullständig människolikhet med att riskerna för att orsaka något fel som gör att roboten uppfattas som obehaglig ökar i takt med ökad designkomplexitet, samt det faktum att mer människolika robotar jämfördes med människor, snarare än att de liknades vid människor vilket var fallet för leksaksrobotar.

Ho och MacDorman (2010) ifrågasatte användandet av faktorerna människolikhet och behaglighet eftersom de påvisade en sådan stark korrelation ( $r^2 = 0.53$ ) att de menade att mätningarna inte kunde representera olika faktorer. Samtidigt visade en undersökning om kulturella skillnader på ett positivt samband mellan egenskaperna i en amerikansk urvalsgrupp och ett negativt samband i en japansk (Bartneck, 2008), vilket motsade att de skulle ha mätt samma fenomen. Det framstod följaktligen som olika faktorer med en som regel stor gemensam variation. Sammantaget kunde en positiv korrelation mellan behaglighet och människolikhet förväntas.

### *Syfte och frågeställning*

Studiens huvudsakliga syfte var att undersöka hur lateral morfologisk symmetri i en ickeverbal robots ansiktsuttryck påverkade den mänskliga motpartens uppfattning av roboten rörande egenskaperna behaglighet och människolikhet. Hur dessa två faktorer samvarierade var också av intresse. Dessa frågor undersöktes genom att pröva följande hypoteser:

*Hypotes 1 ( $H_1$ ): Den morfologiska symmetrin i ansiktsuttrycken gör att roboten uppfattas som mer behaglig.*

*Hypotes 2 ( $H_2$ ): Den morfologiska symmetrin i ansiktsuttrycken gör att roboten uppfattas som mer människolik.*

*Hypotes 3 ( $H_3$ ): Det finns ett positivt samband mellan uppfattad behaglighet och människolikhet.*

Då undersökningens huvudsakliga frågeställning rörde symmetriens effekter betraktades  $H_1$  och  $H_2$  som primära hypoteser och  $H_3$  som sekundär. Med syftet att undersöka ovanstående hypoteser utvecklades en ickeverbal robot. Utöver provandet av symmetrieffekter hade studien även ett explorativt syfte: Att redovisa delar av utvecklingsarbetet, den forskning som låg till grund för designbeslut, samt de fallgropar och användbara implikationer för framtida robotutveckling och HRI-forskning som kunde avtäckas i processen.

## Metod

### *Teknisk apparatur*

För att isolera den ickeverbala modaliteten, fånga in naturlig finmaskig asymmetri från den mänskliga motparten utan att använda förprogrammerade emotionskategorier och manipulera variabeln symmetri kontra asymmetri, utvecklades roboten NADIA<sup>2</sup> av författaren. Systemet konstruerades under sex månader år 2015. Kodning genomfördes i programmeringsspråket C# till spelmotorn Unity<sup>3</sup> och bestod sammanlagt av ungefär 4000 rader kod inom ett 20-tal objektclasser. Robotsystemet använde sig av 3D-kameran *PrimeSense Carmine 1.09* som hade en pixelupplösning på 640x480 och en bildhastighet på 30 bilder per sekund. Kameran läste av deltagarnas ansiktsmuskelrörelser med hjälp av programmet *Faceshift* som i sin tur skickade data vidare via TCP-IP till Unity där den tolkades, modularades och genererade responser hos roboten vars ansikte visades på en dataskärm. Till grund för systemets uppbyggnad användes ansiktsuttryckliga speglingar och ögonkontakt.

### *Speglingssystem.*

Kopp et al. (2004) konstaterade i sin undersökning av artificiella agents imitationsbeteenden att den första och mest basala nivån av imitation var att uppfatta ett beteende för att sedan spegla detta motoriskt på ett likartat sätt. Det enkla speglingssystemet hos NADIA genererade därför en identisk fördröjd kopia av vad som uppfattats sensoriskt genom kameran. När systemet uppfattat ett ansiktsuttryck med början och slut påbörjades en spegling som således gjordes med en fördröjning av samma tid som uttryckets längd. Eftersom det fanns stöd i forskning om mänskligt speglingssystem för att speglingar ändras och dras ut tidsmässigt som ett kontaktfördjupande beteende (Blum, 2015), varierades tempot på speglingarna slumpmässigt mellan 40 och 120% av ursprungslängden. Parallellt med det explicit speglade systemet fanns även ett muskulärt associativt system. Det fungerade genom att uppfattad sensorisk information rörande en muskelaktivering hos deltagaren, ökade en laddning i motsvarande muskel hos NADIA och gjorde den mer benägen att aktiveras i hennes ansikte. I systemet genererades nämligen ett brus av slumpmässiga datapunkter som filtrerades igenom de ackumulerade laddningarna, vilket gjorde att laddade muskler aktiverades automatiskt och drogs tillbaka igen när laddningen avtog. Om deltagaren öppnade sin mun ökade sålunda tendensen för NADIA att öppna även sin mun, men inte med samma tempo och amplitud som deltagaren. Om det explicita speglingssystemet skulle beskrivas som fungerande på symbolisk helhetsnivå opererade detta system snarare på endimensionellt muskulär nivå.

### *Ögonkontaktsystem.*

Ögonkontaktsystemet fungerade även det genom att delvis imitera motpartens beteende. Som referens på en optimal grad av ögonkontakt användes en undersökning rörande dyadiska konversationer av Cummins (2012) som visade att människor i genomsnitt hade 75% ömsesidig ögonkontakt med varandra ( $n = 16$ ,  $M = 0.75$ ,  $SD = 0.11$ ). NADIA strävade efter att mötas på mitten mellan det optimala (75%) och deltagarens kontaktgrad. Detta för att både vara lyhörd för deltagarens önskade kontakt och samtidigt gravitera mot en optimal kontaktmängd.

<sup>2</sup> NADIA står för Nonverbal Affect Dynamics Interrelating Agent, vilket översatt till svenska blir ungefär ickeverbal affektdynamiskt relaterande agent.

<sup>3</sup> Unity version 5.2.2f1 Personal.

Systemets målkontakt ( $N$ ) var således summan av den optimala mängden ( $O$ ) och partners faktiska kontakt ( $D$ ) delad med 2; Medelvärdet av de två procenttalen.

$$N_{\text{målkontakt}} = \frac{O_{\text{kontakt}} + D_{\text{kontakt}}}{2}$$

Med slumpmässiga mellanrum växlade NADIA sin blickriktning mellan deltagarens båda ögon och andra slumpmässigt valda punkter i rummet. Eftersom det hade visats att människor har en tendens att titta bort vid inledningen av sina egna yttranden samt titta tillbaka igen mot sin samtalspartner vid slutet av en fras, för att markera överlämning av turtagning och söka feedback (Cassell et al., 1994), programmerades NADIA att titta bort vid början av en spegling och komma tillbaka till ögonkontakt igen efter avslut.

#### *Utseende.*

Roboten modularades i gratisverktyget *Autodesk Character Generator*. Till denna undersökning skapades en kvinnlig karaktär, eftersom undersökningar hade visat att kvinnliga robotar uppfattades som mer trovärdiga (Siegel, Breazeal, & Norton, 2009), vänliga och tillgivna än manliga robotar (Eyssel & Hegel, 2012), vilket sågs som önskvärt då undersökningen var kommunikativ i sin natur. Eftersom något lutande robotansikten hade uppfattats som mer attraktiva än statiskt uppräta (Mara & Appel, 2015) programmerades ett system som varierade huvudlutningen slumpmässigt med i genomsnitt fyra sekunders intervaller. Med tanke på risken för obehag som *Uncanny Cliff* förutspår (Bartneck, Kanda, et al., 2007) samt eftersom en för stor utseendemässig människolikhet har visat sig kunna väcka höga förväntningar på kognitiva och beteendemässiga förmågor som sedan bör infrias (Dautenhahn, 2004) gavs NADIA ingen fotorealistisk hudtextur eller hårimitation, utan enbart en metallisk vit yta i ansiktet med syftet att göra hennes utseende mer robotlikt.

#### *Material*

Deltagarna registrerade sin ålder, sitt totala antal utbildningsår inklusive grundskola samt angav sitt kön givet alternativen *kvinnna*, *man* och *annat*. De skattade även sin dataspelsvana genom att fylla i påståendet: *Jag spelar dataspel:* med ett alternativ från en semantisk differentialskala mellan 1 (*Aldrig*) och 5 (*Dagligen*).

För att mäta hur människoliknande och behaglig roboten uppfattades användes enkätbatteriet *Godspeed*, som utvecklats av Bartneck, Kulić, Croft, och Zoghbi (2009). Instrumentet bestod i sin engelskspråkiga originaluppsättning av ett fåtal relativt enkla ord som deltagarna i urvalsgruppen kunde förväntas förstå och eftersom denna version var väl validerad användes den utan korrigeringar. Den hade använts tidigare för att utvärdera sociala robotar (Bartneck, Mubin, & Mahmud, 2007; Gonsior et al., 2011; Saldien, Vanderborght, Goris, Van Damme, & Lefeber, 2014). Instrumentet bestod i sin helhet av fem olika enkäter som mätte egenskaperna: Människolikhet, livfullhet, behaglighet, uppfattad intelligens och uppfattad trygghet. Till denna undersökning användes delenkäterna för människolikhet samt behaglighet. Enkäterna innehöll fem frågor vardera som besvarades på en 5-gradig (1 - 5) semantisk differentialskala. De fem semantiska paren för människolikhet var: *Fake-Natural*, *Machinelike-Humanlike*, *Unconscious-Conscious*, *Artificial-Lifelike* och *Moving rigidly-Moving elegantly*. Enkäten för behaglighet bestod av paren: *Dislike-Like*, *Unfriendly-Friendly*, *Unkind-Kind*, *Unpleasant-Pleasant* och *Awful-Nice*.

Bartneck, Kulić, et al. (2009) menade att instrumentet varken kunnat uppnå begrepps eller kriterievaliditet på grund av att HRI-forskning har en sådan kort historia, men att instrumentet utvecklats tillsammans med de främsta experterna inom området och därför kunde anses ha en godtagbar innehållsvaliditet. Dess test-retest-reliabilitet var ännu inte tillräckligt utprovad för att uttala sig om. I de studier instrumentet använts hade den dock konsekvent uppvisat hög intern konsistensreliabilitet. En genomgång av Bartneck (2008) visade att människolikhet genererade en genomsnittlig Cronbachs alfa på 0.90 och behaglighet 0.84, vilka båda indikerar tillräcklig intern konsistens. Bartneck, Kulić, et al. (2009) menade att enkätens förmåga att fastställa absoluta värden var begränsad, men att den ändå med fördel kunde användas för komparativa frågeställningar med fokus på relativa förändringar, vilket var fallet i föreliggande studie.

### *Poweranalys*

För att beräkna hur många deltagare som var nödvändiga för att besvara de primära hypoteserna gjordes en poweranalys med utgångspunkt från utfallsmåttet *GodSpeed-I*. Populationens standardavvikelse på instrumentet ( $\sigma = 0.75$ ) beräknades utifrån ett dataset där enkäten använts för att undersöka hur bekväma personer ( $N = 90$ ) kände sig när olika typer av robotar närmade sig dem i ett rum (Ball, Silvera-Tawil, Rye, & Velonaki, 2014). Utifrån dessa parametrar genererades 1000 slumpmässigt varierade dataset bestående av beroende mätningar med en medelstor skillnad (Cohens  $d = 0.5$ ; Cohen, 1988) mellan betingelserna, vilka analyserades i 1000 stycken ANOVA 2x2 där nollhypotesen kunde förkastas i 80% av fallen då  $N$  var 34. Analysen visade med andra ord att det behövdes minst 34 deltagare för att ha 80% chans att upptäcka medelstora effekter.

### *Undersökningsdeltagare*

Sammanlagt rekryterades 35 deltagare via sociala medier och fysiska annonser på psykologiska institutionen vid Stockholms universitet. De erhöll 30 minuters så kallad undersökningsdeltagandetid som tack för sin insats. En webbplats ([www.nadia.mobi](http://www.nadia.mobi)) skapades med syftet att informera om undersökningen och ge deltagarna möjlighet att själva boka en passande tid. Länken till denna spreds via sociala medier under en veckas tid. Deltagarna bestod av 54% kvinnor och 46% män. De var mellan 19 och 38 år gamla med en genomsnittsålder på 26 år ( $SD = 5.2$ ). De hade generellt en hög utbildningsnivå och varierad grad av dataspelsvana (se Tabell 1). För att inkluderas behövde deltagarna ha goda kunskaper i det svenska språket för att förstå instruktioner som gavs på skärmen, samt grundläggande kunskaper i engelska för att besvara enkätinstrumenten. På grund av begränsningar i kamerans avläsningsförmåga exkluderades personer med långt skägg och/eller glasögon.

### *Randomisering*

Deltagarna randomiserades till en av två ordningsföljderna (symmetrisk-asymmetrisk respektive asymmetrisk-symmetrisk) med hjälp av verktyg på webbplatsen [www.random.org](http://www.random.org). Randomiseringen genomfördes av en oberoende person utan övrigt samröre med projektet.

### *Procedur*

Experimentet genomfördes i en kontrollerad laboratoriemiljö. Varken försöksledare eller deltagare hade kunskap om vilken ordningsföljd deltagaren randomiserats till. Samtliga deltagare informerades av försöksledaren om att studiens övergripande syfte var att generera kunskap om HRI. De fick även veta att de när som helst hade rätt att avbryta experimentet utan att behöva ange någon anledning. De tilldelades sedan ett samtyckesformulär med information om undersökningen samt demografiska frågor som de fick

besvara om de valde att medverka. Nästa steg i proceduren var att kalibrera ansikts-avläsningssystemet. Det gjordes genom att deltagaren fick sätta sig på en stol 1.5 meter från kameran som var fäst på en 27 tums dataskärm där NADIA visades. Deltagaren ombads sedan röra sitt huvud upp, ner och från vänster till höger med ett neutralt ansiktsuttryck. Efter det lämnades deltagaren ensam och fick resterande instruktioner på dataskärmen. Deltagarna informerades där om att de efter respektive interaktion skulle få en enkät där de fick bedöma robotens personlighet. De fick även veta att hon inte kunde uttrycka sig med ord, men att de kunde använda sina egna ansiktsuttryck för att ta reda på mer om hennes personlighet. Därefter påbörjades två minuters fri interaktion. Efter omgång 1 tilldelades deltagarna en enkät om hur de upplevt roboten, varpå processen upprepades med interaktion (omgång 2) samt efterföljande enkät. Den andra enkäten avslutades med frågan: *Vad tror du att det var för skillnad mellan omgång 1 och 2?* med syftet att kontrollera naivitet inför den oberoende variabeln (symmetri kontra asymmetri).

Tabell 1  
Demografisk data på urvalsgruppen.

Variabel	Nivå	Frekvens (n)	Procent (%)
Kön	Kvinna	19	54.3
	Man	16	45.7
Ålder	15-20	4	11.4
	21-25	14	40.0
	26-30	8	22.9
	31-35	6	17.1
	36-40	3	9.6
Utbildningsår (totalt inkl. grundskola)	12-14	9	25.7
	15-17	17	48.6
	18-20	7	20.0
	21-25	2	5.7
Dataspelsvana ( <i>Jag spelar dataspel:</i> )	Aldrig	16	45.7
	-	6	17.1
	-	4	11.4
	-	5	14.3
	Dagligen	4	11.4

### *Asymmetriskt kontra symmetriskt läge*

De två omgångarna genomfördes i asymmetriskt respektive symmetriskt läge (Figur 2). Systemet var emotionskategoriskt ateoretiskt och drevs helt av den ansiktsmuskulära data som kom in genom kameran. Manipulation av variabeln symmetri skedde därför på följande sätt: Asymmetriskt läge var det normala driftläget. NADIA tog då in ansiktsdata från deltagarens båda ansiktshalvor (input), processade data och skickade tillbaka speglingar genom båda sina egna ansiktshalvor (output). Denna betingelse var således inte tvingande asymmetrisk, men gav rum åt eventuell asymmetri som kom in i systemet från den mänskliga deltagaren. Symmetriskt läge läste av endast en av människans ansiktshalvor. Den högra ansiktshalvan valdes till detta eftersom det ansågs vara det mest människoliknande sättet att fokusera, då det fanns en väldokumenterad bias hos människor att lättare uppfatta ansiktsuttryck i sitt vänstra synfält, i enlighet med högerhemisfärshypotesen ([Buchtel, Campari, De Risio, & Rota, 1976](#); [Hugdahl, Iversen, Ness, & Flaten, 1989](#); [Ley & Bryden, 1979](#); [Strauss & Moscovitch, 1981](#)). Data

bearbetades på samma sätt som i asymmetriskt läge och genererade en respons till systemets egna högra ansiktshalva (output). Denna data duplicerades sedan även till den vänstra sidan, varför ansiktsuttrycken i detta driftläge av nödvändighet blev helt symmetriska. Ögonkontaktsystemet fungerade på samma sätt oavsett betingelse.



Figur 2. NADIA med varierade ansiktsuttryck. Den övre raden visar asymmetriskt läge och den nedre symmetriskt.

### Statistiska metoder

Statistiska analyser gjordes i programmet R-Studio (R Core Team, 2015) och alfanivån sattes till  $p < 0.05$  för samtliga test. Eftersom två primära hypoteser testades hade det normalt varit lämpligt att justera alfanivån med hjälp av exempelvis Bonferroni-metoden ( $\alpha / \text{antal test}$ ) för att undvika en förhöjd risk för slumpmässiga upptäckter (typ I-fel). Det har dock visat sig att denna typ av konservativa justeringar inte blir rättvisande då multipla test *inte* är oberoende av varandra (McLaughlin & Sainani, 2014) så eftersom konstrukten i  $H_1$  och  $H_2$  tidigare visat hög samvariation gjordes ingen sådan korrigering. I enlighet med *American Psychological Associations* senaste rekommendationer i *Publication Manual of the American Psychological Association* (2010) rapporterades effektstorlekar och konfidensintervall för att ge praktiskt användbara mått på effekt samt synliggöra precisionen i estimaten. Konfidensintervall beräknades utifrån 90% eftersom kvadrerade mått aldrig kan vara negativa och således bör beräknas som  $1 - 2\alpha$  (Steiger, 2004). Enkäternas svarsalternativ på de semantiska differentialskalorna betraktades som ekvidistanta vilket motiverade parametrisk testning. För att besvara  $H_1$  och  $H_2$  om asymmetriens effekt på uppfattad behaglighet respektive människolikhet och samtidigt undersöka huruvida ordningsföljden genererade någon effekt gjordes två stycken variansanalyser ANOVA 2 (symmetribetingelse) x 2 (ordning) för beroende mätningar. Som effektmått användes  $\eta^2$  där enligt Clark-Carter (1997)  $\eta^2 = 0.01$  var en liten,  $\eta^2 = 0.06$  en måttlig och  $\eta^2 = 0.14$  en stor effekt. För att testa  $H_3$  rörande sambandet mellan uppfattad människolikhet och behaglighet användes Pearsons korrelationstest. Som effektmått användes determinationskoefficienten  $r^2$  där i enlighet med Cohens riktlinjer (1988)  $r^2 = 0.01$  till 0.08 karaktäriserade ett svagt, 0.09 till 0.24 ett medelstarkt och 0.25 och högre ett starkt samband. Intern konsistens i enkätinstrumenten estimerades med hjälp av Cronbachs alfa där värden mellan 0.7 och 0.9 betraktades som acceptabla (DeVellis, 2003).

För att undersöka huruvida antagandet om normalfördelning var uppfyllt gjordes Shapiro-Wilks test för normalitet på båda utfallsmåtten. Det visade att resultaten på enkätmåttet för behaglighet inte var normalfördelade ( $p < 0.05$ ). Distributionen var något negativt snedfördelad (skewness = -0.62, kurtosis = 0.37). Eftersom brott mot dessa antaganden enligt Osborne (2010) kan leda till ökad risk för både fel av typ 1 och 2 var det önskvärt att korrigera fördelningen genom transformering av data. Osborne (2010) menade att även analyser som anses vara robusta mot dessa avvikelser kan förbättras genom Box-Cox datatransformering. Variabeln behaglighet transformerades i enlighet med detta och passerade sedan Shapiro-Wilks normalitetstest ( $p = 0.12$ ). Båda utfallsmåtten resultat passerade Levenes test för homogena varianser ( $p \geq 0.05$ ), vilket innebar att variansen inte skilde sig signifikant mellan olika grupper.

## Resultat

### *Kontroll av naivitet*

Frågan om vilken skillnad deltagarna själva uppfattat mellan omgång 1 och 2 besvarades i fri text med stor variation. Exempelvis hade NADIA uppfattats som mer eller mindre responsiv, arg, ledsen, glad, trevlig och levande i de olika betingelserna. Däremot hade ingen av deltagarna noterat någon skillnad rörande symmetri.

### *Effekter av symmetri kontra asymmetri*

En ANOVA 2x2 visade en signifikant huvudeffekt,  $F(1, 33) = 5.192$ ,  $p = 0.029$ , av symmetribetingelse på måttet för *behaglighet*. Roboten hade uppfattats som mer behaglig i den symmetriska betingelsen (Tabell 2). Effektstorleken var liten  $\eta^2 = 0.033$ . Variansanalysen av skattningar på människolikhet visade inte några signifikanta effekter.

Tabell 2. Medelvärden och standardavvikelser för respektive grupper. Huvudeffekter och interaktionseffekter från två ANOVA 2x2 med Godspeed-III respektive Godspeed-I som utfallsmått rapporteras med estimerad effektstorlek  $\eta^2$  samt inom 90% konfidensintervall.

Utfallsmått	Ordning	Betingelse		Huvudeffekter		
		Symmetrisk <i>M (SD)</i>	Asymmetrisk <i>M (SD)</i>	Betingelse $\eta^2$ 90% CI	Ordning $\eta^2$ 90% CI	Interaktion $\eta^2$ 90% CI
Behaglighet (1-5) <sup>4</sup>	Symm-Asymm	3.51 (0.89)	3.02 (0.85)	0.033* [0.008, 0.310]	0.050 [0.000, 0.227]	0.017 [0.000, 0.237]
	Asymm-Symm	3.66 (0.87)	3.65 (0.55)			
Människolikhet (1-5)	Symm-Asymm	2.86 (0.72)	2.57 (0.74)	0.001 [0.000, 0.094]	0.066 [0.000, 0.263]	0.034 [0.000, 0.280]
	Asymm-Symm	2.96 (0.60)	3.16 (0.57)			

\*  $p < 0.05$

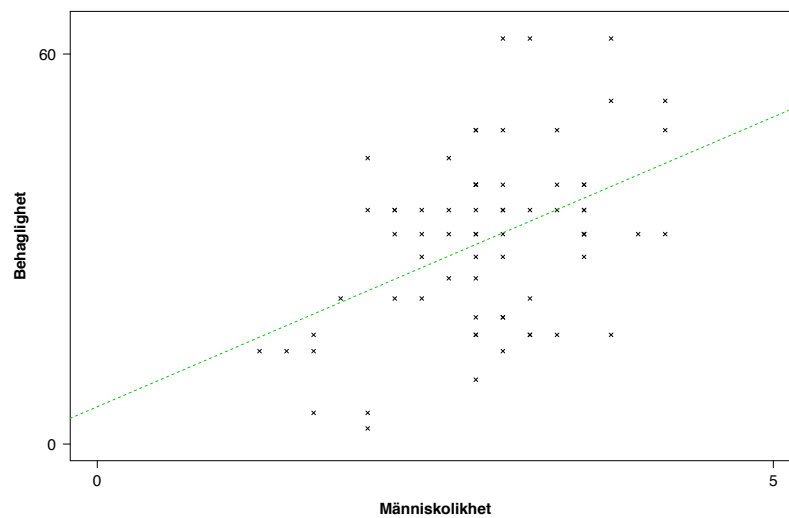
### *Samband mellan människolikhet och behaglighet*

Ett Pearsons korrelationstest visade på ett positivt samband mellan de två utfallsmåtten människolikhet och behaglighet,  $r = 0.45$ ,  $N = 70^5$ ,  $p < 0.001$  (se Figur 3). Effektstyrkan

<sup>4</sup> Medelvärden och standardavvikelser för behaglighet visas utan Box-Cox-transformering för att underlätta jämförelser med värden på måttet för människolikhet.

<sup>5</sup> Deltagarnas båda enkätskattningar användes för att mäta sambandet och antalet observationer var därför lika med antalet deltagare ( $N = 35$ ) multiplicerat med två.

uppmättes till  $r^2 = 0.20$ , 90% CI [0.08, 0.36]. Medelvärden för samtliga mätningar på skalorna som gick från 1 till 5 var 3.45 för behaglighet och 2.88 för människolikhet.



Figur 3. Skattningar av människolikhet och behaglighet (Box-Cox-transformerad) med linjär regressionslinje.

#### *Intern konsistens*

Cronbachs alfa kalkylerades för att bedöma enkätinstrumentens interna konsistens. Resultaten visade på  $\alpha = 0.75$  för *Godspeed-I* (människolikhet) respektive  $\alpha = 0.90$  för *Godspeed-III* (behaglighet). De semantiska parens interna korrelationer redovisas i tabell 3 och 4.

Tabell 3. Korrelation ( $r$ ) mellan svar på semantiska par i *Godspeed-I* (människolikhet).

	Fake-Natural	Machinelike-Humanlike	Unconscious-Conscious	Artificial-Lifelike	Moving rigidly-Moving elegantly
Fake-Natural	1.0				
Machinelike-Humanlike	.53	1.0			
Unconscious-Conscious	.28	.16	1.0		
Artificial-Lifelike	.44	.47	.40	1.0	
Moving rigidly-Moving elegantly	.42	.48	.32	.30	1.0

Tabell 4. Korrelation ( $r$ ) mellan svar på semantiska par i *Godspeed-III* (behaglighet).

	Dislike-Like	Unfriendly-Friendly	Unkind-Kind	Unpleasant-Pleasant	Awful-Nice
Dislike-Like	1.0				
Unfriendly-Friendly	.68	1.0			
Unkind-Kind	.51	.65	1.0		
Unpleasant-Pleasant	.67	.65	.68	1.0	
Awful-Nice	.65	.65	.73	.73	1.0



## Diskussion

Studiens huvudsakliga syfte var att undersöka hur morfologisk asymmetri i en robots ansiktsmimik påverkade hur behaglig och människolik den uppfattades. Det är enligt min vetskap den första studien som undersöker effekter av symmetri i interaktion med robotar. Resultaten indikerar att symmetriska artificiella ansiktsuttryck uppfattas som något mer behagliga än de asymmetriska.

### *Resultatdiskussion*

Resultatet gav stöd för att det symmetriska läget uppfattades som mer behagligt än det asymmetriska ( $H_1$ ). Det kan förstås som att den tidigare väldokumenterade tendensen att föredra fysionomiskt symmetriska ansikten även gäller för morfologisk symmetri. Det är även tänkbart att det faktum att den symmetriska speglingen i högre grad var omformad, snarare än identisk, kan ha gjort att den uppfattades mer som en intonande social spegling, vilka vanligtvis är antingen förstärkta eller dämpade i sin form (Blum, 2015) och att asymmetriska uttryck uppfattades snarare som platta fördröjda spegelbilder. En annan tänkbar orsak är att de tydligt asymmetriska uttrycken äckel (Rozin et al., 1994) och förakt (Ekman & Friesen, 1986) båda är starkt negativt laddade, varför inkorrekt symmetriska speglingar av dessa uttryck kan ha upplevts som mer behagliga. Eftersom spontana leenden i vissa studier visat sig vara mer symmetriska än poserade (Hager & Ekman, 1985; Krumhuber & Manstead, 2009), kan resultatet även förklaras med att deltagarnas poserade leenden kan ha gett robotspeglings som uppfattats som genuina i den symmetriska betingelsen, men lika artiga och stela som originalen i den asymmetriska.

Gällande människolikhet ( $H_2$ ) kunde inte någon signifikant effekt påvisas. Eftersom undersökningens statistiska power endast medgav god möjlighet att upptäcka medelstora skillnader bör resultatet tolkas som att det inte fanns stöd för några medelstora eller stora skillnader i hur människolik roboten uppfattades i de olika symmetribetingelserna. Det går inte att uttala sig om eventuella små effekter.

Sambandet mellan människolikhet och behaglighet ( $H_3$ ) gavs stöd då resultatet visade på en medelstark korrelation ( $r^2 = 0.20$ ). Den var visserligen inte lika stark som den samvariation ( $r^2 = 0.53$ ) Ho och MacDorman (2010) redovisade i sitt experiment, men då andra undersökningar (Bartneck, 2008) uppvisat svagare samvariationer förefaller denna undersöknings resultat ändå vara i linje med resultat från tidigare forskning gällande den linjära korrelationen mellan faktorerna. Då olika robotar eller fundamentalt olika människolika robotbeteenden inte funnits med i undersökningen saknas underlag för att varken förkasta eller finna stöd för *Uncanny Valley* och/eller *Uncanny Cliff*-hypotesen. Det fanns helt enkelt ingen relevant varians på den oberoende variabeln människolikhet, men utifrån den hypotetiska grafen går det ändå spekulera om var NADIA förefaller ha hamnat i ögonen på de flesta bedömare. Genomsnittligt låg människolikheten något under mitten (2.9) av skalan, som gick från 1-5, och behagligheten något över (3.5), vilket skulle kunna tolkas som att hon inte uppfattades som så människolik att hon varken föll ner i någon dal eller utför någon klippa, utan befann sig någonstans runt mitten i båda dessa hypotetiska kurvor.

Den interna konsistensen i Godspeed-III ( $\alpha = 0.90$ ) är i linje med tidigare undersökningars ( $\alpha = 0.84$ ) och så även Godspeed-I ( $\alpha = 0.75$ ) jämfört med tidigare uppmätta ( $\alpha = 0.90$ ). Båda resultaten är inom vad som betraktas som acceptabla värden (DeVellis, 2003). Det är ändå värt att notera att värdet för Godspeed-III i denna undersökning såväl som tidigare värde för Godspeed-I ligger precis på den övre gränsen

( $\alpha = 0.90$ ) vilket tyder på att de olika paren korrelerar (se Tabell 4) starkt med varandra. Om den interna konsistensen är så hög eller ännu högre kan det ifrågasättas i vilken grad de olika semantiska paren fångar upp någon egen variation. Om två semantiska par visar sig korrelera starkt stabilt genom olika undersökningar kan det därför bli aktuellt att ta bort ett av dem.

### *Metoddiskussion*

Studien hade en stark intern validitet då den oberoende variabeln var kontrollerad, randomiseringen till betingelser dubbelblind, samt att designen var motbalanserad för att motverka sekvens effekter. Att deltagarna inte blivit medvetna om den oberoende variabeln stärker även det undersökningens validitet. De använda instrumenten (*Godspeed I* och *III*) är frekvent använda vid utvärderingar av sociala robotar och har sammantaget en godtagbar validitet och god reliabilitet. En hög intern konsistens har kunnat demonstreras både tidigare och i denna studie. Eftersom instrumenten har uppvisat goda psykometriska egenskaper och undersökningen utförts i en kontrollerad laboriemiljö med låg risk för slumpmässiga variationer i proceduren kan undersökningen även anses ha haft en god reliabilitet. Det finns däremot en rad faktorer som begränsar undersökningens externa validitet: Att deltagargruppen bestod av ett bekvämlighetsurval med mestadels relativt unga psykologistuderande personer utan skägg och glasögon är en sådan faktor. Att resultaten i den isolerat ickeverbala situationen troligen inte går överföra direkt till situationer som innehåller simultan verbal och ickeverbal kommunikation en annan. Sammantaget gör det att studiens resultat bör ses som preliminära och tolkas med försiktighet.

### *Begränsningar.*

En begränsning med denna studie är att robotsystemet som användes var en tidig prototyp som i skrivande stund fortfarande är under utveckling. Det explicita speglingssystemet var mycket enkelt och gav dessutom speglingar med en tidsförskjutning på i genomsnitt fyra sekunder ( $M = 4.3$ ,  $SD = 2.2$ ), vilket är betydligt mer än vad som visats vara normalt i mänskliga konversationer där den typiska fördröjningen är ungefär en sekund ([Dimberg, Thunberg, & Elmehed, 2000](#)). Även det muskulära associativa systemet var rudimentärt, men medgav å andra sidan en något snabbare spegling än det explicita systemet. På ritbordet fanns planer på mer avancerade speglingssystemer, men på grund av begränsad utvecklingstid var endast det mycket basala systemet stabilt nog att använda i undersökningen. Enkelheten i systemets artificiella intelligens försvårar generaliseringar till mer avancerade robotsystem.

Ett problem med den tekniska utrustningen visade sig vara att korrekt detektera deltagarens ögonriktningar. När data på grad av ögonkontakt som deltagaren hade haft mot NADIA under sessionerna undersöktes noterades att den innehöll extremvärden. Under 15 av de totalt 70 sessionerna uppmättes värden som var högre än 95% och under 4 sessioner var kontaktgraden lägre än 5%. Fördelningen avvek kraftigt från den som uppmättes i undersökningen av Cummins (2012). Det berodde sannolikt på att den tekniska utrustningen vid några tillfällen varit felaktigt kalibrerad. Det innebär i sin tur att intoningsystemet under dessa sessioner baserades på defekt information. Om en deltagare till exempel felaktigt uppmättes ha en ögonkontaktgrad på 0%, skulle NADIA strävat efter att ha endast 37.5% ögonkontakt, vilket antagligen gav ett ointresserat intryck på en deltagare som i själva verket gav NADIA hög grad av ögonkontakt. En felaktigt hög mätning skulle på motsvarande sätt ha gett ett något överdrivet intresse. Det innebär således att deltagarna i 27% av sessionerna mötte en karaktär som inte var lyhörd inför deras önskade kontaktnivå.

En annan begränsning var kamerans temporala upplösning på 30 bilder per sekund, vilket motsvarar ungefär 33 millisekunder mellan varje mätning. Denna upplösning var för låg för att kunna fånga upp vissa mycket små laterala tidsförskjutningar av den typen som Ross och Pulusu (2013) uppmätte i sin studie om poserade och spontana uttryck. De använde sig då av en kamera som registrerade 600 rutor per sekund och de relevanta förskjutningarna var i genomsnitt endast 17 millisekunder.

Det använda enkätmättet är endast utvärderat i begränsad omfattning. En metaanalys av Weiss och Bartneck (2015) visade att *Godspeed* använts i 69 studier för att utvärdera intryck av robotar, men att endast 43 av dessa rapporterade statistiska mått som skulle varit nödvändiga för en kvantitativ genomgång. De efterfrågade dessutom fler undersökningar som utvärderar olika typer av robotar, med olika förkroppsliganden och beteenden, i olika kontexter och kulturer. Weiss och Bartneck påpekade att samtliga skalor varit frekvent använda vilket de menade tydde på att konstrukten ansågs vara relevanta för forskning på HRI, men konstaterade att det behövdes fler standardiserade undersökningar med större bredd för att möjliggöra vidare validering.

### *Implikationer för framtida studier*

Det behövs mer grundforskning för att kartlägga den morfologiska asymmetriens organisering i olika grundemotioner så att teoretiska modeller som inbegriper den kan ligga till grund i utvecklandet av nya ickeverbala robotsystem. Det emotionskategoriskt ateoretiska speglandet utgör icke desto mindre en intressant väg framåt, då det möjliggör ett närmare och mer detaljerat muskulärt speglande, som inte begränsas av några prototypiska mallar. Ett annat sätt att närma sig detta skulle vara ett system som dels känner igen och anpassar sitt agerande utifrån uppfattade emotionskategorier hos människan och samtidigt tar in den rent muskulära informationen och baserar sociala speglingar på den. I framtida projekt förefaller det även önskvärt att använda speglingssystem som kan påbörja speglingen av ett uttryck innan det avslutas för att på så sätt inte spegla med en för hög (> 1 sekund) tidsförskjutning. Ett system med högre temporal upplösning som kan fånga in även mycket små tidsförskjutningar vore likaså eftersträvävärt. Det skulle även vara intressant att undersöka huruvida förekomsten av asymmetrier i den mänskliga motpartens ansiktsmimik spelar in samt även hur graden av uttryckt artificiell asymmetri, inte enbart dikotomt formulerat som någon eller ingen asymmetri som gjordes i denna studie, påverkar hur en robot uppfattas.

I framtida undersökningar som inbegriper system som är beroende av blickriktningsinformation för en robots funktion kommer kalibrering av den tekniska utrustningen för att få korrekt information vara av yttersta vikt. Om studien behöver blickriktningsdata för att besvara sin frågeställning rekommenderas även videofilmning av deltagarna som en sekundär källa där data kan registreras manuellt om den primära källan skulle ha gett felaktig information.

Om det visar sig att symmetrisk spegling är fördelaktig i vissa sammanhang, bör det även undersökas om andra sätt att generera symmetri är att föredra. Till exempel skulle medelvärden från människans båda sidor kunna användas, istället för att bara en av sidorna dupliceras. I ett sådant system skulle roboten inte missa någon relevant rörelse som inträffade på den annars blinda sidan. Det skulle samtidigt riskera att förstöra relevant mikroinformation på någon av sidorna genom att de slås samman till medelvärden. Denna risk behöver därför vägas mot fördelarna av att inte missa vissa ensidiga ansiktsrörelser, men förefaller trots det intressant att utforska.

Det framstår även som önskvärt att överföra och utvärdera system som utvecklats för att visas på skärmar, till robotar med fysisk kropp. Studier har nämligen visat att människor engageras mer av och interagerar mer med fysiskt närvarande robotar ([Hofree, Ruvolo, Bartlett, & Winkelman, 2014](#)). Det innebär dessutom stora praktiska fördelar inte minst inom vården där en fysisk robot själv kan ta initiativ till att söka upp och närma sig patienter som verkar ensamma eller ledsna för att ge virtuellt socialt stöd. De kan även hämta mat, dryck och läkemedel ([Bickmore & Gruber, 2010](#)). Parallellt med interaktionen kan de dessutom göra en diagnostisk bedömning av patienten och tillkalla mänsklig personal då det är indikerat. Den av [Bartneck, Soucy, Fleuret, och Sandoval \(2015\)](#) nyligen utvecklade mjukvaran *TRE* skulle kunna underlätta en sådan överföring från virtuell förkroppsligad agent till fysisk robot. Den möjliggör utveckling av robotrörelser i spelmotorn *Unity* som sedan via utvecklingskort överförs till en robots motorer. Roboten kan utvecklaren designa själv och sedan skriva ut på en 3D-skrivare.

Denna undersökning indikerar en effekt på behaglighet, men det saknas information om andra egenskaper som kan vara av intresse. Andra studier har till exempel undersökt hur trygga, intelligenta ([Bartneck, Kulić, et al., 2009](#)) och intresseväckande ([Zhang et al., 2010](#)) olika robotar uppfattas och en framtida forskningsfråga är huruvida symmetrin påverkar även dessa uppfattningar. Vilka parametrar som är relevanta är kontextberoende. För en robot som jobbar i en matbutik är det troligen viktigt att snabbt bli omtyckt, för roboten som står och vaktar utanför att uppfattas som trygg och bestämd och för en terapirobot att verka pålitlig och emotionellt lyhörd.

Det kan te sig ytligt att bedöma robotar utifrån den här typen av uppfattningar och jag vill därför understryka att jag under arbetet med denna studie övertygats om att robotutveckling bör ske inifrån och ut snarare än utifrån och in; Att bygga organismer som verkar behagliga *inte* för att de försöker verka behagliga utan för att de drivs av en inre motivation som gör dem genuint behagliga. Att en robot *inte* verkar vara intresserad eftersom den är programmerad att ge hög grad av ögonkontakt, utan att den snarare ger hög grad av ögonkontakt vid tillfällen då den behöver ta in information för att fylla luckor i sina mentala modeller och på så sätt motiveras av ett slags eget intresse. Användning av artificiella mentala representationer och artificiell empati är exempel på utveckling som går i denna riktning. Det sättet att tänka designmässigt kan sannolikt ge robotar med en ytligt mindre människolik framtoning, men som i kraft av sina egna inre tillstånd, behov och motivationer ändå förefaller ha mer av identitet och själ.

En psykoterapeutisk robot är en tänkvärd klinisk tillämpning för framtida ickeverbala robotsystem. Den skulle kunna fungera som en affektiv resonanskammare där klienter kan möta sina känslor tillsammans med en lyhörd robot utan att riskera att bli avbrutna eller inte sedda. Inom många befintliga terapimetoder betonas just den ickeverbala kommunikationen och det emotionella icke-undvikande upplevandet i terapirummet. Inom till exempel terapimetoden Acceptance and Commitment Therapy (ACT) genomförs upplevelsemässiga interventioner som syftar till att lösgöra klienten från den språkliga logikens makt och uppmuntra ett mer accepterande och observerande förhållningssätt gentemot upplevda emotioner ([Hayes & Lillis, 2013](#)) och i terapiformen Accelerated Experiential Dynamic Psychotherapy (AEDP) betonas att skador i ett barns tidiga anknytningsprocess kan läkas då klienten som vuxen möts av nya tillåtande responser i terapirummet, vilka till stor del är ickeverbala ([Lipton & Fosha, 2011](#)). Genom att identifiera vilka terapeutiska processer som är möjliga att överföra direkt från det klassiska terapirummet och vilka helt nya processer som möjliggörs genom AI-teknologin kan en ny terapeutisk robot växa fram.

*Slutsatser*

Undersökningen indikerar att symmetrin i en ickeverbal robots ansiktsuttryck gör att den uppfattas som något mer behaglig. Trots begränsningar i denna delvis exploratoriska studies generaliserbarhet, som inbegrep en för ändamålet utvecklad ickeverbalt social robot, pekar resultatet på att den morfologiska laterala symmetrin har betydelse för hur robotar uppfattas. Framtida undersökningar bör därför undersöka hur nya sociala robotsystems ansiktssymmetri påverkar relevanta parametrar i den kontext de ska verka i. Det påvisades även behov för framtida system att fungera med en hög temporal upplösning för att fånga upp mikroasymmetrier samt att AI-system utvecklade för virtuella agenter bör utvärderas även i fysiskt närvarande robotar. Det kunde även konstateras att robotsystem bör konstrueras utifrån egna inre tillstånd, behov, mentala modeller och empati för andra, samt att det finns potential för framtida ickeverbalt fokuserade system att fungera som självständiga psykoterapeutiska agenter.

## Referenser

- Asada, M. (2015). Development of artificial empathy. *Neuroscience Research*, 90, 41–50. <http://doi.org/10.1016/j.neures.2014.12.002>
- Baddoura, R., & Venture, G. (2015). This Robot is Sociable: Close-up on the Gestures and Measured Motion of a Human Responding to a Proactive Robot. *International Journal of Social Robotics*. <http://doi.org/10.1007/s12369-015-0279-x>
- Ball, A., Silvera-Tawil, D., Rye, D., & Velonaki, M. (2014). Group Comfortability When a Robot Approaches. *6th International Conference, ICSR 2014*, (October 2015), 44–53. <http://doi.org/10.13140/2.1.4596.2245>
- Bandura, A. (1971). *Psychological modeling: conflicting theories*. Chicago: Aldine-Atherton.
- Bartneck, C. (2008). Who like androids more: Japanese or US Americans? *RO-MAN 2008 - The 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 553–557. <http://doi.org/10.1109/ROMAN.2008.4600724>
- Bartneck, C., Kanda, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2007). Is The Uncanny Valley An Uncanny Cliff? *Robot and Human Interactive Communication, 2007. RO-MAN 2007. The 16th IEEE International Symposium on*, 368–373. <http://doi.org/10.1109/ROMAN.2007.4415111>
- Bartneck, C., Kanda, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2009). My robotic doppelgänger - a critical look at the Uncanny Valley. *RO-MAN 2009 - The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 31(0), 269–276. <http://doi.org/10.1109/ROMAN.2009.5326351>
- Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E., & Zoghbi, S. (2009). Measurement Instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Perceived Safety of Robots. *International Journal of Social Robotics*, 1(1), 71–81. <http://doi.org/10.1007/s12369-008-0001-3>
- Bartneck, C., Mubin, O., & Mahmud, A. Al. (2007). The perception of animacy and intelligence based on a robot's embodiment. *2007 7th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, 300–305. <http://doi.org/10.1109/ICHR.2007.4813884>
- Bartneck, C., Soucy, M., Fleuret, K., & Sandoval, E. B. (2015). The Robot Engine-Making The Unity 3D Game Engine Work For HRI. In *Proceedings of the 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication Kobe, Japan*.
- Bickmore, T., & Gruber, A. (2010). Relational agents in clinical psychiatry. *Harvard Review of Psychiatry*, 18(2), 119–130. <http://doi.org/10.3109/10673221003707538>
- Blum, M. C. (2015). Embodied Mirroring: A relational, body-to-body technique promoting movement in therapy. *Journal of Psychotherapy Integration*, 25(2), 115–127.
- Boccanfuso, L., & O'Kane, J. M. (2011). CHARLIE: An Adaptive Robot Design with Hand and Face Tracking for Use in Autism Therapy. *International Journal of Social Robotics*, 3(4), 337–347. <http://doi.org/10.1007/s12369-011-0110-2>
- Borod, J. C., Bloom, R. L., Brickman, A. M., Nakhutina, L., & Curko, E. A. (2002). Emotional processing deficits in individuals with unilateral brain damage. *Applied Neuropsychology*, 9(1), 23–36. [http://doi.org/10.1207/S15324826AN0901\\_4](http://doi.org/10.1207/S15324826AN0901_4)
- Borod, J. C., Haywood, C. S., & Koff, E. (1997). Neuropsychological Aspects of Facial Asymmetry During Emotional Expression: A Review of the Normal Adult Literature. *Neuropsychology Review*, 7(1).
- Borod, J. C., Kent, J., Koff, E., Martin, C., & Alpert, M. (1988). Facial asymmetry while posing positive and negative emotions: support for the right hemisphere hypothesis. *Neuropsychologia*, 26(5), 759–764. [http://doi.org/10.1016/0028-3932\(88\)90013-9](http://doi.org/10.1016/0028-3932(88)90013-9)

- Breazeal (Ferrell), C., & Velasquez, J. (1998). Toward Teaching a Robot “Infant” using Emotive Communication Acts. In *SAB’98, the Fifth International Conference of the Society for Adaptive Behavior* (pp. 25–40). Zürich.
- Breazeal, C. (2003). Emotion and sociable humanoid robots. *International Journal of Human Computer Studies*, 59(1-2), 119–155. [http://doi.org/10.1016/S1071-5819\(03\)00018-1](http://doi.org/10.1016/S1071-5819(03)00018-1)
- Buchtel, H. A., Campari, F., De Risio, C., & Rota, R. (1976). Hemispheric differences in discriminative reaction time to facial expressions: preliminary observations. *Bollettino Della Societa Italiana Di Biologia Sperimentale*, 52(18), 1447–1452.
- Campbell, R. (1978). Asymmetries in Interpreting and Expressing a Posed Facial Expression. *Cortex*, 14(3), 327–342. [http://doi.org/10.1016/S0010-9452\(78\)80061-6](http://doi.org/10.1016/S0010-9452(78)80061-6)
- Cassell, J., Stone, M., Steedman, M., Becket, T., & Prevost, S. (1994). Animated conversation: rule-based generation of facial expression, gesture & spoken intonation for multiple conversational agents. In *Proceedings of the 21st annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 413–420). New York. <http://doi.org/10.1145/192161.192272>
- Castellano, G., Leite, I., Pereira, A., Martinho, C., Paiva, A., & Mcovan, P. W. (2013). Multimodal Affect Modeling and Recognition for Empathic Robot Companions. *International Journal of Humanoid Robotics*, 10(01), 1350010. <http://doi.org/10.1142/S0219843613500102>
- Castellano, G., Leite, I., Pereira, A., Martinho, C., Paiva, A., & McOwan, P. W. (2010). Affect recognition for interactive companions: Challenges and design in real world scenarios. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 3(1), 89–98. <http://doi.org/10.1007/s12193-009-0033-5>
- Castellano, G., Mancini, M., Peters, C., & McOwan, P. W. (2012). Expressive copying behavior for social agents: A perceptual analysis. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 42(3), 776–783. <http://doi.org/10.1109/TSMCA.2011.2172415>
- Castellano, G., & Peters, C. (2010). Socially perceptive robots: Challenges and concerns. *Interaction Studies*, 11(2), 201–207. <http://doi.org/10.1075/is.11.2.04cas>
- Chartrand, T. L., & van Baaren, R. (2009). Human Mimicry. *Advances in Experimental Social Psychology*. [http://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)00405-X](http://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)00405-X)
- Clark-Carter, D. (1997). *Doing quantitative psychological research : from design to report*. Hove: Psychology Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. ed.). Hillsdale: L. Erlbaum Associates.
- Cummins, F. (2012). Gaze and blinking in dyadic conversation: A study in coordinated behaviour among individuals. *Language and Cognitive Processes*, 27(10), 1525–1549. <http://doi.org/10.1080/01690965.2011.615220>
- Dadds, M. R., Allen, J. L., Oliver, B. R., Faulkner, N., Legge, K., Moul, C., ... Scott, S. (2012). Love, eye contact and the developmental origins of empathy v. psychopathy. *The British Journal of Psychiatry*, 200(3), 191–196. <http://doi.org/10.1192/bjp.bp.110.085720>
- Darwin, C. (1872). *The Expression Of Emotion In Man And Animals*. New York: Oxford University Press.
- Dautenhahn, K. (2004). Robots we like to live with?! - a developmental perspective on a personalized, life-long robot companion. *RO-MAN 2004. 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, 17–22. <http://doi.org/10.1109/ROMAN.2004.1374720>
- Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 679–704. <http://doi.org/10.1098/rstb.2006.2004>
- Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C. D., Senulis, J. a, & Friesen, W. V. (1990). Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: emotional expression and brain physiology. I. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 330–341. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.58.2.330>

- DeVellis, R. F. (2003). *Scale development: theory and applications* (2. ed.). Newbury Park: Sage.
- Dimberg, U., Thunberg, M., & Elmehed, K. (2000). Unconscious facial reactions to emotional facial expressions. *American Psychological Society, 11*(1), 86–89. <http://doi.org/10.1111/1467-9280.00221>
- Ekman, P. (1999). *Facial Expressions. Handbook of Cognition and Emotion*. [http://doi.org/10.1016/S0006-3223\(02\)01455-5](http://doi.org/10.1016/S0006-3223(02)01455-5)
- Ekman, P. (2003). Darwin, Deception, and Facial Expression. *Annals New York Academy of Sciences, 1000*(1), 205–221. <http://doi.org/10.1196/annals.1280.010>
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1986). A New Pan-Cultural Facial Expression of Emotion. *Motivation and Emotion, 10*(2), 159–168.
- Eyssel, F., & Hegel, F. (2012). (S)he’s Got the Look: Gender Stereotyping of Robots. *Journal of Applied Social Psychology, 42*(9), 2213–2230. <http://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2012.00937.x>
- Eyssel, F., Kuchenbrandt, D., Bobinger, S., de Ruiter, L., & Hegel, F. (2012). “If you sound like me, you must be more human.” In *Proceedings of the seventh annual ACM/IEEE international conference on Human-Robot Interaction - HRI ’12*. Boston. <http://doi.org/10.1145/2157689.2157717>
- Farrera, A., Villanueva, M., Quinto-Sánchez, M., & González-José, R. (2014). The relationship between facial shape asymmetry and attractiveness in Mexican students. *Journal of Human Biology, 27*, 387–396. <http://doi.org/10.1002/ajhb.22657>
- Farroni, T., Csibra, G., Simion, F., & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99*(14), 9602–9605. <http://doi.org/10.1073/pnas.152159999>
- Field, T. M., Woodson, R., Greenberg, R., Cohen, D., Collins, C., & Olney, J. W. (1983). Discrimination and Imitation of Facial Expressions by Neonates. *Science, New Series, 218*(4568), 179–181.
- Gonsior, B., Sosnowski, S., Mayer, C., Blume, J., Radig, B., Wollherr, D., & Kuhlentz, K. (2011). Improving aspects of empathy and subjective performance for HRI through mirroring facial expressions. *2011 Ro-Man*, (September), 350–356. <http://doi.org/10.1109/ROMAN.2011.6005294>
- Grammer, K., & Thornhill, R. (1994). Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection: The role of symmetry and averageness. *Journal of Comparative Psychology, 108*(3), 233–242. <http://doi.org/10.1037/0735-7036.108.3.233>
- Hager, J. C., & Ekman, P. (1985). The Asymmetry of Facial Actions is Inconsistent with Models of Hemispheric Specialization. *Psychophysiology, 22*(3).
- Hanson, D. (2006). Exploring the aesthetic range for humanoid robots. *Proceedings of the ICCS/CogSci-2006 Long Symposium: Toward Social Mechanisms of Android Science*, 39–42.
- Hayes, S. C., & Lillis, J. (2013). *Acceptance and commitment therapy: ACT - en introduktion* (1. uppl.). Lund: Studentlitteratur.
- Hickok, G. (2009). Eight Problems for the Mirror Neuron Theory of Action: Understanding in Monkeys and Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience, 21*(7), 1229–1243. <http://doi.org/10.1162/jocn.2009.21189.Eight>
- Ho, C.-C., & MacDorman, K. F. (2010). Revisiting the uncanny valley theory: Developing and validating an alternative to the Godspeed indices. *Computers in Human Behavior, 26*(6), 1508–1518. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.015>
- Hofree, G., Ruvolo, P., Bartlett, M. S., & Winkielman, P. (2014). Bridging the mechanical and the human mind: Spontaneous mimicry of a physically present android. *Plos One, 9*(7), 1–13. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0099934>



- Horta, R., Aguiar, P., Monteiro, D., Silva, A., & Amarante, J. M. (2014). A facegram for spatial–temporal analysis of facial excursion: Applicability in the microsurgical reanimation of long-standing paralysis and pretransplantation. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, *42*(7), 1250–1259. <http://doi.org/10.1016/j.jcms.2014.03.006>
- Hugdahl, K., Iversen, P. M., Ness, H.-M., & Flaten, M. A. (1989). Hemispheric Differences in Recognition of Facial Expressions: A VHF-Study of Negative, Positive, and Neutral Emotions. *International Journal of Neuroscience*, *45*(3-4), 205–213. <http://doi.org/10.3109/00207458908986233>
- Hunnus, S., de Wit, T. C. J., Vrans, S., & von Hofsten, C. (2011). Facing threat: Infants and adults visual scanning of faces with neutral, happy, sad, angry, and fearful emotional expressions. *Cognition & Emotion*, *25*(2), 193–205. <http://doi.org/10.1080/15298861003771189>
- Hunnus, S., & Geuze, R. H. (2004). Developmental changes in visual scanning of dynamic faces and abstract stimuli in infants: A longitudinal study. *Infancy*, *6*(2), 231–255. [http://doi.org/10.1207/s15327078in0602\\_5](http://doi.org/10.1207/s15327078in0602_5)
- Izard, C. E. (1971). *The face of emotion*. New York.
- Izard, C. E., Fantauzzo, C. A., Castle, J. M., Haynes, O. M., Rayias, M. F., & Putnam, P. H. (1995). The Ontogeny and Significance of Infants Facial Expressions in the First 9 Months of Life, *31*(6), 997–1013.
- Kim, S. W., Heller, E. S., Hohman, M. H., Hadlock, T. A., & Heaton, J. T. (2013). Detection and perceptual impact of side-to-side facial movement asymmetry. *JAMA Facial Plastic Surgery*, *15*(6), 411–6. <http://doi.org/10.1001/jamafacial.2013.1227>
- Kobayashi, H., & Shiro, K. (1997). Unique morphology of the human eye. *Nature*, *387*, 767–768.
- Kolb, B., & Wishaw, I. Q. (2009). *Fundamentals of human neuropsychology* (6. ed.). Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Kopp, S., Sowa, T., & Wachsmuth, I. (2004). Imitation Games with an Artificial Agent: From Mimicking to Understanding Shape-Related Iconic Gestures. *Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction: Lecture Notes in Computer Science*, 436–447.
- Kouzakova, M., van Baaren, R., & van Knippenberg, A. (2010). Lack of behavioral imitation in human interactions enhances salivary cortisol levels. *Hormones and Behavior*, *57*(4-5), 421–426. <http://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2010.01.011>
- Kowner, R. (1996). Facial asymmetry and attractiveness judgment in developmental perspective. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *22*(3), 662–675. <http://doi.org/10.1037/0096-1523.22.3.662>
- Krumhuber, E. G., & Manstead, A. S. R. (2009). Can Duchenne smiles be feigned? New evidence on felt and false smiles. *Emotion*, *9*(6), 807–820. <http://doi.org/10.1037/a0017844>
- Lehmann, H., Saez-Pons, J., Syrdal, D. S., & Dautenhahn, K. (2015). In good company? Perception of movement synchrony of a non-anthropomorphic robot. *PLoS One*, *10*(5), e0127747. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0127747>
- Leite, I., Martinho, C., & Paiva, A. (2013). Social Robots for Long-Term Interaction: A Survey. *International Journal of Social Robotics*, *5*(2), 291–308. <http://doi.org/10.1007/s12369-013-0178-y>
- Ley, R. G., & Bryden, M. P. (1979). Hemispheric differences in processing emotions and faces. *Brain and Language*, *7*(1), 127–138. [http://doi.org/10.1016/0093-934X\(79\)90010-5](http://doi.org/10.1016/0093-934X(79)90010-5)
- Lipton, B., & Fosha, D. (2011). Attachment as a transformative process in AEDP: Operationalizing the intersection of attachment theory and affective neuroscience. *Journal of Psychotherapy Integration*, *21*(3), 253–279. <http://doi.org/10.1037/a0025421>

- Littlewort, G. C., Bartlett, M. S., & Lee, K. (2009). Automatic coding of facial expressions displayed during posed and genuine pain. *Image and Vision Computing*, 27(12), 1797–1803. <http://doi.org/10.1016/j.imavis.2008.12.010>
- Luxton, D. D. (2014). Artificial Intelligence in Psychological Practice: Current and Future Applications and Implications, 45(5), 332–339.
- MacDorman, K. F. (2005). Mortality salience and the uncanny valley. *5th IEEE/RSJ International Conference on Humanoid Robots 2005*, 3, 399–405. <http://doi.org/10.1109/ICHR.2005.1573600>
- MacDorman, K., Minato, T., & Shimada, M. (2005). Assessing human likeness by eye contact in an android testbed. *In Proceedings of the XXVII Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 21–23.
- Mandal, M. K., & Awasthi, A. (2015). *Understanding Facial Expressions in Communication*. <http://doi.org/10.1007/978-81-322-1934-7>
- Mara, M., & Appel, M. (2015). Effects of lateral head tilt on user perceptions of humanoid and android robots. *Computers in Human Behavior*, 44, 326–334. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.025>
- Mavridis, N. (2015). A review of verbal and non-verbal human–robot interactive communication. *Robotics and Autonomous Systems*, 63, 22–35. <http://doi.org/10.1016/j.robot.2014.09.031>
- McLaughlin, M. J., & Sainani, K. L. (2014). Bonferroni, Holm, and Hochberg corrections: Fun names, serious changes to P values. *PM and R*, 6(6), 544–546. <http://doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.04.006>
- Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1977). Imitation of Facial and Manual Gestures by Human Neonates. *Science, New Series*, 198(4312), 75–78.
- Mohseni, S., Zarei, N., & Ramazani, S. (2014). Facial expression recognition using anatomy based facial graph. *Systems, Man and Cybernetics (SMC), 2014 IEEE International Conference on*, 3715–3719.
- Morecraft, R. J., Stilwell-Morecraft, K. S., & Rossing, W. R. (2004). The Motor Cortex and Facial Expression: *The Neurologist*, 10(5), 235–249. <http://doi.org/10.1097/01.nrl.0000138734.45742.8d>
- Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The uncanny valley. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 19(2), 98–100. <http://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>
- Niculescu, A., van Dijk, B., Nijholt, A., Li, H., & See, S. L. (2013). Making Social Robots More Attractive: The Effects of Voice Pitch, Humor and Empathy. *International Journal of Social Robotics*, 5(2), 171–191. <http://doi.org/10.1007/s12369-012-0171-x>
- Okubo, M., Ishikawa, K., & Kobayashi, A. (2013). No trust on the left side: Hemifacial asymmetries for trustworthiness and emotional expressions. *Brain and Cognition*, 82(2), 181–186. <http://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.04.004>
- Osborne, J. W. (2010). Improving your data transformations: Applying the Box-Cox transformation. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 15(12), 1–9.
- Ostwald, J., Berssenbrügge, P., Dirksen, D., Runte, C., Wermker, K., Kleinheinz, J., & Jung, S. (2015). Measured symmetry of facial 3D shape and perceived facial symmetry and attractiveness before and after orthognathic surgery. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 43(4), 521–527. <http://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.03.003>
- Picard, R. W. (1997). *Affective computing*. Cambridge, Mass.: MIT.
- Pound, N., Lawson, D. W., Toma, A. M., Richmond, S., Zhurov, A. I., Ian, S., & Penton-voak, I. S. (2014). Facial fluctuating asymmetry is not associated with childhood ill-health in a large British cohort study. *Proceedings of the Royal Society of London*, 281, 20141639. <http://doi.org/10.1098/rspb.2014.1639>
- Publication Manual of the American Psychological Association. (2010). Washington, D.C.: American Psychological Association.

- Pönkänen, L. M., & Hietanen, J. K. (2012). Eye contact with neutral and smiling faces: effects on autonomic responses and frontal EEG asymmetry. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(May), 1–9. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00122>
- Quan, W., Matuszewski, B. J., & Shark, L. (2012). Facial Asymmetry Analysis Based on 3-D Dynamic Scans. In *2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics* (pp. 2676–2681). Seoul.
- R Core Team. (2015). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Rau, P. L. P., Li, Y., & Li, D. (2010). A cross-cultural study: Effect of robot appearance and task. *International Journal of Social Robotics*, 2(2), 175–186. <http://doi.org/10.1007/s12369-010-0056-9>
- Rhodes, G. (2006). The evolutionary psychology of facial beauty. *Annual Review of Psychology*, 57, 199–226. <http://doi.org/10.1146/annurev.psych.57.102904.190208>
- Rizzolatti, G., Camarda, R., Fogassi, L., Gentilucci, M., Luppino, G., & Matelli, M. (1988). Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey - II. Area F5 and the control of distal movements. *Experimental Brain Research*, 71(3), 491–507. <http://doi.org/10.1007/BF00248741>
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The Mirror-Neuron System. *Annual Review of Neuroscience*, 27(1), 169–192. <http://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Robins, B., & Dautenhahn, K. (2014). Tactile Interactions with a Humanoid Robot: Novel Play Scenario Implementations with Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*, 6(3), 397–415. <http://doi.org/10.1007/s12369-014-0228-0>
- Ross, E. D., & Pulusu, V. K. (2013). Posed versus spontaneous facial expressions are modulated by opposite cerebral hemispheres. *Cortex*, 49(5), 1280–1291. <http://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.002>
- Ross, E. D., Reddy, A. L., Nair, A., Mikawa, K., & Prodan, C. I. (2007). Facial expressions are more easily produced on the upper-lower compared to the right-left hemiface. *Perceptual and Motor Skills*, 104(1), 155–65. <http://doi.org/10.2466/pms.104.1.155-165>
- Rozin, P., Lowery, L., & Ebert, R. (1994). Varieties of disgust faces and the structure of disgust. *Journal of Personality and Social Psychology*, 66(5), 870–881. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.66.5.870>
- Sackeim, H. A., & Gur, R. C. (1978). Lateral asymmetry in intensity of emotional expression. *Neuropsychologia*, 16(4), 473–481. [http://doi.org/10.1016/0028-3932\(78\)90070-2](http://doi.org/10.1016/0028-3932(78)90070-2)
- Sackeim, H. A., Gur, R. C., & Saucy, M. C. (1978). Emotions are expressed more intensely on the left side of the face. *Science*, 202(4366), 434–436.
- Sakamoto, D., Kanda, T., Ono, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2007). Android as a telecommunication medium with a human-like presence. *Human-Robot Interaction (HRI), 2007 2nd ACM/IEEE International Conference on*, 193–200. <http://doi.org/10.1145/1228716.1228743>
- Saldien, J., Vanderborght, B., Goris, K., Van Damme, M., & Lefeber, D. (2014). A motion system for social and animated robots. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 11(1), 1–13. <http://doi.org/10.5772/58402>
- Senju, A., & Csibra, G. (2008). Gaze Following in Human Infants Depends on Communicative Signals. *Current Biology*, 18(9), 668–671. <http://doi.org/10.1016/j.cub.2008.03.059>
- Senju, A., & Johnson, M. H. (2009). The eye contact effect: mechanisms and development. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(3), 127–134. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2008.11.009>
- Seyama, J., & Nagayama, R. S. (2007). The Uncanny Valley: Effect of Realism on the Impression of Artificial Human Faces. *Presence*, 16(4), 337–351. <http://doi.org/10.1162/pres.16.4.337>
- Shackelford, T. K., & Larsen, R. J. (1997). Facial asymmetry as an indicator of psychological, emotional, and physiological distress. *Journal of Personality and Social Psychology*, 72(2), 456–466. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.72.2.456>

- Siegel, M., Breazeal, C., & Norton, M. I. (2009). Persuasive robotics: The influence of robot gender on human behavior. *2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2009*, 2563–2568. <http://doi.org/10.1109/IROS.2009.5354116>
- Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. New York: Macmillan.
- Steiger, J. H. (2004). Beyond the F test: Effect size confidence intervals and tests of close fit in the analysis of variance and contrast analysis. *Psychological Methods*, 9(2), 164–182. <http://doi.org/10.1037/1082-989X.9.2.164>
- Strauss, E., & Moscovitch, M. (1981). Perception of facial expressions. *Brain & Language*, 13(2), 308–332.
- Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1993). Human facial beauty - Averageness, symmetry, and parasite resistance. *Human Nature*, 4(3), 237–269. <http://doi.org/10.1007/BF02692201>
- Uono, S., & Hietanen, J. K. (2015). Eye Contact Perception in the West and East: A Cross-Cultural Study. *Plos One*, 10(2), e0118094. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0118094>
- Wada, K., Shibata, T., Saito, T., & Tanie, K. (2005). Psychological and Social Effects of Robot Assisted Activity to Elderly People who stay at a Health Service Facility for the Aged. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*. <http://doi.org/10.1109/IROS.2003.1249302>
- Weiss, A., & Bartneck, C. (2015). Meta analysis of the usage of the Godspeed Questionnaire Series. *2015 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 381–388. <http://doi.org/10.1109/ROMAN.2015.7333568>
- Zeng, Z., Society, I. C., Pantic, M., & Member, S. (2009). A Survey of Affect Recognition Methods : Audio , Visual , and Spontaneous Expressions, *31*(1), 39–58. <http://doi.org/10.1109/TPAMI.2008.52>
- Zhang, T., Kaber, D. B., Zhu, B., Swangnetr, M., Mosaly, P., & Hodge, L. (2010). Service robot feature design effects on user perceptions and emotional responses. *Intelligent Service Robotics*, 3(2), 73–88. <http://doi.org/10.1007/s11370-010-0060-9>
- Zlotowski, J., Proudfoot, D., & Bartneck, C. (2013). More Human Than Human: Does The Uncanny Curve Really Matter? In *Proceedings of the HRI 2013 Workshop on Design of Humanlikeness in HRI from uncanny valley to minimal design* (pp. 7–13). Tokyo.