

Etablering av matematiske begreper ved betinget diskriminasjonstrening

Torunn Lian og Erik Arntzen
OsloMet – storbyuniversitetet

Denne studien undersøkte om sju barneskoleelever i alderen åtte til ti år framviste enkel forståelse av matematiske begreper etter matching-to-sample (MTS) trening og test for stimulusekvivalens. Stimulussettet besto av muntlige uttrykksformer, brøk, desimaltall, prosent og forholdstall. I første fase av eksperimentet ble seks betingede diskriminasjoner etablert og testet for stimulusekvivalens ved bruk av spesiallaget programvare. Deretter ble stimulusklassene utvidet til først fire medlemmer med påfølgende test for ekvivalens og til slutt fem medlemmer og påfølgende test for ekvivalens. Trening i fasene med utvidelse ble gjennomført tabletop, mens testing for stimulusekvivalens ble gjennomført på datamaskin. Resultatene viste at seks av sju deltagere demonstrerte enkel begrepsforståelse etter en gradvis utvidelse til fem medlemmer i hver klasse. Disse deltagerne fremviste også ferdighetene i nye modaliteter ved skriftlig post-test. Resultatene indikerer at metoder brukt i ekvivalensforskning kan være svært effektive med hensyn til å etablere enkel begrepsforståelse.

Nøkkelord: stimulusekvivalens, matching-to-sample, lesing i matematikk, matematikkforståelse, matematiske størrelser, brøk, desimal, prosent, forholdstall

Matematikkvansker er et tilbakevendende tema i den norske skoledebatten. I de senere år har matematikkvansker blitt aktualisert i forbindelse med at norske elever skåret svakere enn elever i andre Nordiske land på PISA 2003 og PISA 2006 (Nortvedt & Pettersen, 2016). Disse resultatene, sammen med at norske elever også skåret overraskende svakt på andre fagområder, som for eksempel lesing, førte til et økt fokus og satsing på skole. Ny læreplan, Kunnskapsløftet, ble innført høsten 2006, med et sterkere fokus på klare læringsutbytter og større grad av metodefrihet for den enkelte skole og lærer. Det har blitt innført nasjonale prøver i sentrale fag for å gi skolen et bedre utgangspunkt for endring og utvikling. Fra studieåret 2017 ble dessuten grunnskolelærerutdanningen et femårig studium.

Data har tidligere blitt presentert ved Norsk Atferdsanalytisk Forening sitt årsmøteseminar. Korrespondanse om denne artikkelen kan sendes Torunn Lian torunn.lian@oslomet.no, Institutt for Atferdsvitenskap, OsloMet – storbyuniversitet

Resultater Internasjonale undersøkelser

Resultatene for matematikk i PISA 2015 viste også en markant framgang fra 2012, men endringer fra 2003 til 2015 er marginale og hovedbildet er at norske elevers prestasjoner i matematikk er stabile over tid (Kjærnsli & Jensen, 2016). Resultater fra TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) gir et mer nyansert bilde av norske elevers prestasjoner i matematikk. Den viser at norske fjerdeklassinger i TIMSS 2011 og TIMSS 2015 skåret høyere enn de gjorde ved TIMSS 1995 som var første gang undersøkelsen ble gjennomført i Norge. Samtidig var Norske elevers prestasjon på fjerde trinn klart lavere enn det internasjonale gjennomsnittet i 1995-undersøkelsen (Grønmo, Bergem, Kjærnsli, Lie, & Turmo, 2004). Norske ungdomsskoleelever presterte på det internasjonale gjennomsnittet ved TIMSS 1995, men viste en betydelig svakere skåre ved TIMSS 2003. I senere TIMSS undersøkelser

(2007, 2011 og 2015) har norske ungdomsskoleelever prestert gradvis bedre, men ligger fremdeles under det internasjonale gjennomsnittet og med lavere skårer enn det som var tilfelle for norske elever i 1995 (Grønmo, 2017). Det er med andre ord god grunn til å opprettholde et fokus på kvaliteten i norsk matematikkundervisning. Utvikling av undervisningsformer som effektivt etablerer de ferdighetene som kompetansemålene beskriver står sentralt i dette.

Foruten å utføre de ulike regneoperasjonene korrekt, er forståelse av matematiske uttrykksformer et uttalt mål i læreplan for matematikk. Etter endt fjerdeklasse skal elevene kunne beskrive og bruke enkle brøker og desimaltall i praktiske sammenhenger og uttrykke tallstørrelser på varierte måter. Etter tiende klasse forventes elevene å kunne sammenligne desimaltall, brøk, prosent, promille, uttrykke slike tall på varierte måter og vurdere i hvilke situasjoner de ulike representasjonene er hensiktsmessig å bruke (Utdanningsdirektoratet, 2013). Det er med andre ord snakk om begrepsdannelse og det å kunne lese matematikk med forståelse for de ulike notasjonene og størrelsene. På tross av at det legges ned betydelig innsats for å fremme forståelse for matematikk i den norske skolen, er det å se sammenhenger mellom brøk og andre matematiske uttrykksformer noe mange elever sliter med og det er derfor et behov for å identifisere, utvikle og ta i bruk effektive instruksjonsformat for begrepsdannelse i matematikk.

Begrepsdannele innen atferdsanalyse

Keller og Schoenfeldt beskrev allerede i 1950 at essensen av begreper er generalisering innen klasser av stimuli og diskriminasjon mellom klassene (Keller & Schoenfeldt, 1950, p. 150). Innen atferdsanalyse har senere har begrepsdannelse blitt eksperimentelt undersøkt innen stimulusekivalens. Sentrale tema innen denne tradisjonen har vært å redegjøre for hvordan ord og begreper kan «få mening» eller «representere» andre hendelser. Som understreket av Sidman (1971), kan vi lese

tekst uten å forstå hva det er vi leser. Som norske lesere vil vi for eksempel kunne lese de finske ordene «uunia ei saa peittää» med en uttale som gjør det vi sier forståelig for personer fra Finland. Med det vil vi ha fremvist en tekstual (Skinner, 1957). Vi trenger imidlertid ikke forstå at det vi leser betyr «ovnen må ikke tildekkes». Vi kan også oppleve at norske tekster på faglig avansert nivå kan være vanskelig å forstå, selv om det å lese teksten går greit. Det kan med andre ord være uproblematisk å framvise korrekte tekstualer, men vi kan ha problemer med å forstå betydningen av ordene og teksten. Tilsvarende kan vi for matematiske størrelser lese tall og notasjon for ulike uttrykksformer, uten å forstå meningen i det vi leser. Sidman (1971) påpeker at de to ferdighetene innebærer både ulike responsmodaliteter og ulike former for stimuluskontroll. Tekstual vil innebære å fremvise en verbal respons under kontroll av skrifttegn, for eksempel å uttale «femti prosent» under kontroll av den skriftlige stimulusen 50%. En enkel demonstrasjon av leseforståelse for den skriftlige stimulusen 50% vil imidlertid innebære at man i nærvær av den skriftlige stimulusen 50% responderer til $\frac{1}{2}$ og ikke til $\frac{1}{4}$ eller andre brøker som ikke korresponderer med 50%.

Prosedyre for etablering av stimuluskontroll og test for emergente relasjoner.

Hvis vi for eksempel ønsker å etablere at 50% er det samme som brøken $\frac{1}{2}$ og desimaltallet 0.50 kan disse relasjonene trenes direkte i et matching-to-sample (MTS) format. Dette kan gjøres ved at vi i én betinget diskriminasjon presenterer 50% som utvalgsstimulus og ulike brøker ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ og $\frac{3}{4}$) som sammenligningsstimuli, mens 50% som utvalgsstimulus og desimaltall (0.25, 0.50 og 0.75) som sammenligningsstimuli blir presentert i en annen trial. Gjennom differensiell forsterkning kan korrekt valg av sammenligningsstimulus etableres på et stabilt nivå. Når de to betingede diskriminasjonene er etablert, kan vi teste for fire mulige emergente relasjoner, det vil si relasjoner mellom

utvalgsstimulus og sammenligningsstimuli som ikke ble presentert i treningen. Vi kan presentere $\frac{1}{2}$ eller 0.50 som utvalgsstimulus og ulike prosentverdier (25%, 50% og 75%) som sammenligningsstimuli. Dersom eleven responderer riktig på disse oppgavene vil vi si at symmetri har oppstått. Vi kan også presentere prosent som utvalgsstimulus med ulike brøker er sammenligningsstimuli, og brøk som utvalgsstimulus med ulike prosentverdier som sammenligningsstimuli. Dersom eleven responderer riktig også på disse oppgavene, vil vi si at transitivitet- og ekvivalens-relasjonene også har oppstått. Hvis eleven, med andre ord, responderer korrekt uavhengig av om $\frac{1}{2}$, 50% eller 0.50 fungerer som utvalgsstimulus eller sammenligningsstimuli, vil det være en demonstrasjon av at stimuliene er gjensidig utskiftbare. Ved å etablere to betingede diskriminasjoner hvor en stimulus er felles for de to, vil vi potensielt kunne få seks stimulus-stimulus relasjoner. For at den matematiske størrelsen skal kunne skilles fra andre matematiske størrelser, må tilsvarende trening foregå for minst en annen størrelse. For eksempel 25% med sammenligningsstimuli $\frac{1}{4}$ og 0.25, eller 75% med sammenligningsstimuli $\frac{3}{4}$ og 0.75.

Stimulusekvivalens i anvendte studier

En rekke studier har vist at ekvivalensprosedyrer kan være svært effektive med hensyn til begrepsforståelse innen ulike områder, for eksempel innen lesing (de Souza et al., 2009; Mackay, 1985; Sidman, 1971; Sidman & Cresson, 1973; Sidman & Willson-Morris, 1974), pengeverdier (McDonagh, McIlvane, & Stoddard, 1984; Trace, Cuvo, & Criswell, 1977), geografiferdigheter (Hall, DeBernardis, & Reiss, 2006; LeBlanc, Miguel, Cummings, Goldsmith, & Carr, 2003), addisjon og subtraksjon (Oliveira Henklain & dos Santos Carmo, 2013), og musikk (Arntzen, Halstadtro, Bjerke, & Halstadtro, 2010). Ekvivalensprosedyrer har også blitt anvendt innen høyere utdanning, for eksempel innen geometri (Dixon, Belisle, Stanley, Daar, & Williams, 2016), trigono-

metri (Ninness et al., 2006; Ninness et al., 2009), nevroanatomi (Daniel M. Fienup, Covey, Critchfield, & Ninness, 2010; Daniel M. Fienup, Mylan, Brodsky, & Pytte, 2016; Daniel M. Fienup, Wright, & Fields, 2015; Pytte & Fienup, 2012), statistisk variabilitet (Albright, Reeve, Reeve, & Kisamore, 2015), statistiske begrep, statistisk interaksjon og hypotesetesting (Albright et al., 2015; Fields et al., 2009; Daniel M. Fienup & Critchfield, 2010) og identifisering av logiske feilslutninger (Ong, Normand, & Schenk, 2018).

Noen få studier har vist at prosedyrer brukt i ekvivalensforskning etablerer enkel forståelse for brøk og desimaler. Lynch og Cuvo (1995) gjennomførte en studie hvor sju deltagere i alderen 11 til 13 år, hadde vansker med å se sammenhenger mellom brøk og desimaltall etter å ha fulgt ordinær undervisning. Stimuliene som ble anvendt i denne studien var brøker hvor nevneren var 5, 50, 20 eller 25, bilder av rutenett hvor en del av rutene korresponderte med den relevante brøken, og korresponderende desimaltall. Etter MTS trening av brøk → bilde og bilde → desimal kunne deltagerne demonstrere enkel forståelse for de ulike matematiske størrelsene og var i stand til å vise hvordan de ulike uttrykksformene var relatert til hverandre uten at disse var direkte trent.

Sammenheng mellom matematiske uttrykksformer. Leader og Barnes-Holmes (2001) viste at 24 barn, alle fem år gamle, etter erfaring med stimuluspresentasjoner av brøk → kakediagram og desimaltall → kakediagram, også kunne respondere korrekt i en MTS oppgave når kakediagram ble presentert som utvalgsstimulus og brøk eller desimaltall ble presentert som sammenligningsstimuli. Videre kunne deltagerne respondere korrekt når desimaltall ble presentert som utvalgsstimulus og brøk som sammenligningsstimuli og motsatt. I denne studien ble det gjennomført en kombinasjon av MTS trening av stimuli som ikke var relevante for oppgaven og presentasjon av stimuluspar. Prosedyren er således noe forskjellig fra typiske prose-

dyrer brukt innen ekvivalensforskning, men viser like fullt at ved å trene noen relasjoner direkte fremvises flere ferdigheter enn de som er direkte trent. Test for generalisering viste at deltagerne responderte med like høy presisjon selv om bilderepresentasjonene ble endret i form og hvilke deler av figurene som var skravert. Mens denne formen for generalisering kan være av avgjørende betydning for å utelukke kontroll av irrelevante egenskaper ved stimuli, vil det også være av avgjørende betydning at ferdigheter etablert i et MTS format også kan fremvises i mer tradisjonelle format og i andre responsmodaliteter, for eksempel i et skriftlig oppgaveformat.

Treningsstrukturer

Noen studier har vist at antallet trials som er nødvendig for å etablere de betingede diskriminasjonene på et stabilt nivå kan avhengig av om man arrangerer en One-to-Many (OTM) eller Many-to-One (MTO) treningsstruktur (for eksempel Arntzen & Holth, 1997, 2000; Saunders, Drake, & Spradlin, 1999; Saunders, Wachter, & Spradlin, 1988). OTM innebærer at utvalgsstimulus vil være den samme for hvert nytt medlem som trenes, mens sammenligningsstimuli vil variere for hver ny medlem i klassen (mange stimuli til en stimulus). MTO trening innebærer at utvalgsstimulus varierer for hver ny stimulus som inkluderes i klassen, mens sammenligningsstimulus vil være den samme (mange til en). Siden det er divergerende resultat med hensyn til effekter av MTO- og OTM-treningsstruktur, kan det være hensiktsmessig å arrangere begge treningsstrukturene i en studie som har som formål å undersøke effekter av ekvivalensprosedyrer i en ny anvendt setting.

Formålet med denne studien var å undersøke om barn i alderen åtte til ti år ville demonstrere enkel forståelse for brøk, desimaltall, prosent, forholdstall og muntlige uttrykksformer (en kvart, en halv og tre kvart) etter MTS trening og en gradvis utvidelse av stimulusklassene. Vi ønsket også undersøke hvorvidt emergente relasjonene ville framkomme under ny stimuluskontroll

og i nye modaliteter i en skriftlig oppgave. Til slutt ville vi undersøke om MTO eller OTM treningsstruktur ville gi ulikt resultat på testene.

Metode

Deltagere

Sju typisk utviklede barn, fire gutter og tre jenter i alderen åtte til ti år deltok i studien. De ble rekruttert via personlige kontakter ved en barneskole. I følge klassekontaktene hadde alle deltagerne middels matematikkforståelse. Ingen av elevene utmerket seg med tanke på generelle skoleferdigheter eller på annet vis. Ingen av deltagerne hadde tidligere erfaring med deltagelse i atferdseksperiment.

Generell informasjon til deltagerne

Foreldrene ble gitt et informasjonsskriv om studiens formål og metoder før de samtykket til at deres barn kunne delta i studien. Informasjonsskrivet understreket at deltagelse var frivillig og samtykke til å delta kunne trekkes tilbake på hvilket som helst tidspunkt og uten at det ville medføre noen konsekvenser. Før samtykke ble innhentet fra deltagerne, ble hvert enkelt barn informert om at eksperimentet handlet om læring, at de skulle gjøre oppgaver på en datamaskin, at eksperimentet hadde flere deler og at de ville få noen oppgaver de ikke kjente fra før. De ble også vist rommet hvor de skulle jobbe og fortalt at de skulle være der alene sammen med eksperimentator til forsøket var ferdig. De ble videre informert om at de kunne stille spørsmål underveis, men at eksperimentator ikke kunne svare på spørsmål som handlet om hvordan de skulle løse oppgaven. Barna ble også forklart at deltagelse var frivillig og at de på et hvilket som helst tidspunkt kunne trekke seg fra studien uten at det ville få noen konsekvenser. Prosjektet er godkjent av Norsk senter for forskningsdata (NSD).

Setting og Apparat

Alle eksperimentene ble gjennomført i

individuelle økter etter skoletid og i samme klasserom. Hele eksperimentsituasjonen ble organisert i hjørnet av klasserommet. Det ble organisert to arbeidsstasjoner i rommet. De to arbeidsstasjonene ble adskilt ved en skillevegg. Arbeidsstasjon 1 besto av en stol og pult på cirka 100 x 60 cm og ble brukt ved oppgaver på datamaskin. Arbeidsstasjon 2 besto av et bord med størrelse på cirka 100 x 60 cm og to stoler, én for eksperimentator og én for deltageren. Arbeidsstasjon 2 ble brukt ved pre- og post-tester, samt ved tabletop¹ trening. Stolene var plassert slik at deltager og eksperimentator satt ansikt til ansikt under tabletop trening. Begge arbeidsstasjonene ble organisert slik at deltager satt med ansiktet vendt bort fra vinduene i klasserommet.

En Compaq nc6320 personlig datamaskin med Windows 7 og spesiallaget programvare som brukes i forskningsgruppen Eksperimentelle studier av kompleks menneskelig atferd (OsloMet) ble brukt. Under tabletop trening satt deltager og eksperimentator ansikt til ansikt på hver sin side av arbeidsstasjon 2.

Eksperimentator var tilstede i rommet i alle faser av eksperimentet og hadde et eget bord som var plassert slik at deltageren ikke kunne se eksperimentator i de faser av eksperimentet hvor han eller hun jobbet på PC eller løste skriftlige oppgaver. Det ble brukt en fugleteller for å hode orden på antall formidlede konsekvenser per blokk under tynning av programmerte konsekvenser i tabletop trening.

Før oppstart av eksperimentet fikk deltageren en medalje laget av papp med navnet sitt på. Underveis i jobbingen fikk deltageren velge et klistremerke for hver femtende riktige respons. Disse klistremerkene ble festet på medaljen. Klistremerkene og medaljen lå på eksperimentators bord underveis i eksperimentet for å unngå distraksjoner under trening og test. Dette innebar dessuten at deltageren fikk en liten pause for hver gang

han eller hun hadde tjent til et klistremerke.

Ved ankomst eksperimentdagen ble det gjentatt at deltagelse var frivillig og at de på hvilket som helst tidspunkt kunne trekke seg fra undersøkelsen uten at det ville innebære noen konsekvenser. De ble i tillegg oppfordret til å be om pause dersom de ønsket det. Ingen av deltagerne benyttet seg av dette. Da eksperimentet var fullført ble det gjennomført en debrifing hvor det ble forklart hva eksperimentet gikk ut på og ble takket for innsatsen. Deltageren fikk medaljen med klistremerker med seg hjem da eksperimentet var ferdig.

Stimuli

Stimulussettet som ble brukt i denne undersøkelsen er vist i Figur 1. De nummererte kolonnene viser de potensielle klassene og radene merket A – E angir de ulike medlemmene. A-stimuli besto av muntlige uttrykksformer (en kvart, en halv og tre kvart), B-stimuli besto av desimaltall (0,25, 0,50 og 0,75), C-stimuli besto av brøk ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ og $\frac{3}{4}$), D-stimuli var prosent (20%, 50% og 75%) og E-stimuli var forholdstall (1:4, 1:2 og 3:4).

A, B og C stimuli inngikk i den første fasen av MTS trening og test. D-stimuli ble presentert ved utvidelse til fire medlemmer

	1	2	3
A	En kvart	En halv	Tre kvart
B	0,25	0,50	0,75
C	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
	Utvidelse fire medlemmer:		
D	25%	50%	75%
	Utvidelse fem medlemmer:		
E	1:4	1:2	3:4

Figur 1. Figuren viser stimulussettet som ble brukt. De nummererte kolonnene indikerer de potensielle stimulusklassene og radene viser de ulike medlemmene i hver klasse.

¹I dette manuskriptet bruker vi det engelske begrepet tabletop som en betegnelse på trening som foregår med en trener og deltager ved bordet og hvor den voksne administrerer alle stimuli og instruksjer.

og E-stimuli ble presentert ved utvidelse til fem medlemmer. Alle stimuli i ble presentert i sort på hvit bakgrunn ved jobbing på datamaskin. Hver stimulus på skjermen var 3,8 x 10 cm (HxB) og dekket et felt som var sensitivt for museklikk. Dette feltet var ikke synlig for deltageren. Utvalgsstimulus ble presentert i midten av skjermen og sammenligningsstimuli ble presentert i hjørnene.

For tabletop trening av betingede diskriminasjoner ved utvidelse til fire og senere fem medlemmer i hver klasse, ble hver trial presentert på A5 ark i liggende format, Utvalgsstimulus var plassert midt på arket og sammenligningsstimuli var plassert på linje nederst på arket. Det ble utarbeidet ett sett med kort for hver treningsfase i henholdsvis OTM og MTO treningsstruktur. Stimuliene svarte og bakgrunnen var hvit. For hver trialtype ble det utarbeidet tre ulike kort hvor plasseringen av sammenligningsstimuli varierte fra kort til kort.

Design

Figur 2 illustrerer de ulike designelementene som ble arrangert og angir hovedtypene av avhengige mål som framstilles. Det ble arrangert pre- og post-målinger for sortering av stimuli og skriftlig oppgave. Prestasjon på pre- og post-tester ble sammenlignet for å se om trening hadde effekt.

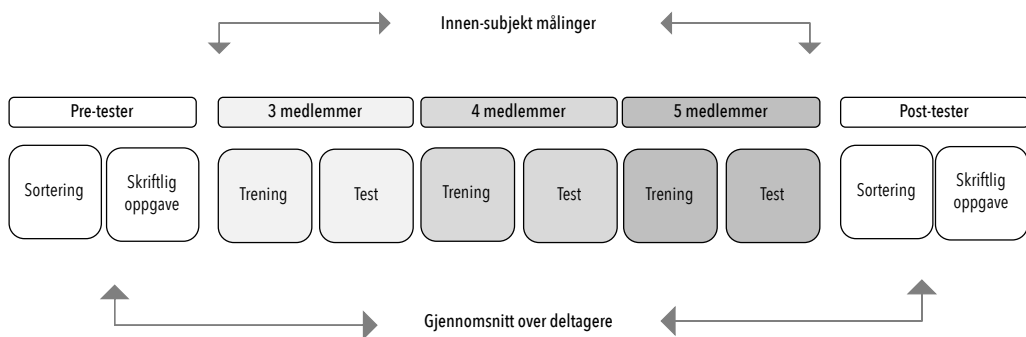
Det ble arrangert en innen-subjekt design med gjentatte målinger av atferdene i trening og test for å undersøke hvorvidt emergente relasjoner oppsto ved tre medlemmer

i klassen. Tilsvarende arrangement ble brukt ved utvidelse til fire og senere fem medlemmer i klassene. Pre-testene fungerte som en kontrollbetingelse for hvorvidt deltagerne mestret ferdighetene før oppstart av undersøkelsen. Mestring før oppstart ville ført til en ekskludering fra videre deltagelse. For sammenligning av prestasjon hos deltagerne i henholdsvis OTM og MTO treningsstruktur, ble deltagerne tilfeldig fordelt til de to betingelsene.

Pre-tester

Sortering av stimuli. For å kartlegge mulig pre-eksperimentell historie med stimuliene, fikk alle deltagerne en sorteringsoppgave før oppstart av MTS-treningen. Deltageren ble gitt en bunke med 15 laminerte kort, hvor stimuliene i settet var avbildet i sort på hvit bakgrunn. Størrelsen på kortene var 5 x 7.5 cm og kortene lå i tilfeldig rekkefølge i bunken. Deltageren fikk instruksjonen: «Sorter stimuliene slik du mener er riktig og si ifra når du er ferdig». Da deltageren var ferdig, noterte eksperimentator hvordan kortene ble lagt. Dersom en deltager hadde sortert kortene i henhold til de definerte klassene før oppstart av treningen, ville vedkommende blitt ekskludert fra videre deltagelse. Umiddelbart etter gjennomført sorteringsoppgave fikk deltagerne en skriftlig pre-test.

Skriftlig oppgave. Før oppstart av MTS trening fikk deltagerne et ark med 15 skriftlige matematikk oppgaver (se appendiks).



Figur 2. Figuren illustrerer de ulike designelementene som ble arrangert og angir hovedtypene av avhengige mål som ble brukt.

Opgavene var utformet som ligninger hvor venstre side av ligningen var fylt ut med desimaltall, brøk, prosent eller forholdstall og høyre side av ligningen besto av en firkant hvor svaret skulle skrives inn samt angivelse av hvilken uttryksform som skulle brukes. Fire ekvivalensrelasjoner i hver klasse ble testet. Det ble valgt relasjoner hvor fysisk likhet mellom venstre og høyre side av ligningen var minimal; desimaltall \rightarrow brøk (BC-relasjoner), brøk \rightarrow prosent (CD-relasjoner), prosent \rightarrow brøk (DC-relasjoner), prosent \rightarrow forholdstall (DE-relasjoner). I tillegg ble to symmetrirelasjoner inkludert (desimaltall \rightarrow muntlig uttrykk i OTM og muntlig uttrykk \rightarrow desimal i MTO). Følgende instruks ble gitt: «Her har du noen oppgaver på ark. Svar på så mange du klarer. Dersom du ikke vet svaret, sett et kryss bak oppgaven».

MTS trening og test med tre medlemmer

Når pre-tester var gjennomført, startet MTS-trening av seks betingede diskriminasjoner i tre potensielle klasser. Trening og test ble gjennomført på datamaskin og uten opphold mellom trening og test.

Instruksjon. Ved oppstart av MTS trening på datamaskin ble følgende tekst vist på skjermen og lest høyt av eksperimentator.

Når forsøket begynner vil det vises et tegn på midten av skjermen. Dette skal du klikke på med musen. Da vil det komme tre andre tegn til syne i hjørnene. Du skal velge en av disse. Hvis du velger det som er riktig, vil det stå fint, flott supert og så videre på skjermen. Hvis du velger et som er feil, vil det stå feil på skjermen. Du skal prøve å få så mange riktige som mulig. Etter hvert vil du bare av og til få beskjed om det du velger er riktig eller feil. Helt til slutt vil du ikke få noen beskjed om det du velger er riktig eller feil, men ut fra det du allerede har lært kan du allikevel få alle riktig. Gjør så godt du kan for å få alle riktig. Takk for at du deltar og lykke til.

Dersom deltagerne stilte oppgave-relevante spørsmål underveis i eksperimentet, ble den relevante delen av instruksjonen

gjentatt eller de ble de fikk beskjeden «du har forstått hva du skal gjøre, bare fortsett og gjør så godt du kan for å få alle riktig». Dersom de stilte spørsmål om hvilken de skulle velge eller andre spesifikke spørsmål som gikk på hvordan de skulle løse oppgaven fikk de beskjeden: «Det er det du skal finne ut, så det kan jeg ikke fortelle deg. Du gjør det helt fint, så bare fortsett å gjør så godt du kan for å få alle riktig». Det ble ikke gitt andre hint om hvordan de skulle løse oppgaven. Se avsnittet tabletop trening for instruksjoner som ble gitt i denne delen av eksperimentet.

MTS trening. Hver trial startet med presentasjon av en utvalgsstimulus midt på skjermen. Et museklikk til denne gjorde at tre andre stimuli ble presentert i hvert sitt hjørne av skjermen og med et hjørne tomt. Et museklikk til en av sammenligningsstimuliene førte til at en programmert konsekvens ble presentert i blå skrift midt på skjermen i 1000 ms. Dersom deltageren valgte riktig stimulus, sto det fint, flott, supert, riktig og lignende på skjermen. Dersom deltageren valgte en av de to stimuliene som var feil, stod det feil på skjermen. Hver trial ble etterfulgt av et inter-trial intervall (ITI) på 500 ms. Det vil si at det gikk et halvt sekund fra programmerte konsekvenser for en trial opphørte til neste trial ble presentert.

Tabell 1 gir en oversikt over de ulike fasene i baselinetrening og test for emergent respondering for deltagere som trente OTM treningsstruktur. Tabell 2 viser tilsvarende for deltagere som trente MTO treningsstruktur. Kolonne to i Tabell 2-7 oppgir hvilke betingede diskriminasjoner som ble trent eller testet. I tabellene er hver betinget diskriminasjon representert ved en serie bokstav- og tallkombinasjoner. Hver bokstav- og tallkombinasjon (for eksempel A1) henviser til en stimulus, hvor bokstaven representerer type medlem og tallet representerer klassenummer. En serie med bokstav- og tallkombinasjoner representerer en stimulus-konfigurasjon. Den første bokstav- og tallkombinasjonen angir utvalgsstimulus for en trial. De tre siste bokstav- og tallkom-

Tabell 1. *Oversikt over prosedyre ved tre medlemmer i OTM treningsstruktur.*

Fase	Betingede diskriminasjoner	Min. trial	Krit.
<i>Etablering av baselinerelasjoner</i>			
AB trials	A1/ <u>B1</u> B2B3, A2/B1 <u>B2</u> B3, A3/B1B2 <u>B3</u>	9	8/9
AC trials	A1/ <u>C1</u> C2C3, A2/C1 <u>C2</u> C3, A3/C1C2 <u>C3</u>	9	
Miks	A1/ <u>B1</u> B2B3, A2/B1 <u>B2</u> B3, A3/B1B2B3, A1/ <u>C1</u> C2C3, A2/C1 <u>C2</u> C3, A3/C1C2 <u>C3</u>	18	16/18
<i>Tynning av programmerte konsekvenser</i>			
75%	A1/ <u>B1</u> B2B3, A2/B1 <u>B2</u> B3, A3/B1B2B3, A1/ <u>C1</u> C2C3, A2/C1 <u>C2</u> C3, A3/C1C2 <u>C3</u>	18	16/18
25%	A1/ <u>B1</u> B2B3, A2/B1 <u>B2</u> B3, A3/B1B2B3, A1/ <u>C1</u> C2C3, A2/C1 <u>C2</u> C3, A3/C1C2 <u>C3</u>	18	
0%	A1/ <u>B1</u> B2B3, A2/B1 <u>B2</u> B3, A3/B1B2B3, A1/ <u>C1</u> C2C3, A2/C1 <u>C2</u> C3, A3/C1C2 <u>C3</u>	18	
<i>Test for emergent respondering</i>			
(BSL)	A1/ <u>B1</u> B2B3, A2/B1 <u>B2</u> B3, A3/B1B2B3, A1/ <u>C1</u> C2C3, A2/C1 <u>C2</u> C3, A3/C1C2 <u>C3</u>	18	90%
(SY)	B1/ <u>A1</u> A2A3, B2/A1 <u>A2</u> A3, B3/A1A2 <u>A3</u> , C1/ <u>A1</u> A2A3, C2/A1 <u>A2</u> A3, C3/A1A2 <u>A3</u>	18	90%
(EKV)	B1/ <u>C1</u> C2C3, B2/C1 <u>C2</u> C3, B3/C1C2 <u>C3</u> , C1/ <u>B1</u> B2B3, C2/B1 <u>B2</u> B3, C3/B1B2B3	18	90%

Merknad. Tabellen viser treningsfaser, trial-typer involvert i trening og påfølgende test for emergent respondering, Min. trial står for minimum antall trials og Krit. står for mestringskriterium. (BSL) angir baselinerelasjoner og er en samlebetegnelse for de betingede diskriminasjoner som ble trent, (SY) står for symmetri og (EKV) står for ekvivalens. Merk at de ulike trial-typene ble presentert i tilfeldig rekkefølge under test for emergent respondering og at sortering i typer i tabellen er gjort for bedre oversikt.

Tabell 2. *Oversikt over prosedyre ved tre medlemmer i MTO treningsstruktur.*

Fase	Betingede diskriminasjoner	Min. trial	Krit.
<i>Etablering av baselinerelasjoner</i>			
BA trials	B1/ <u>A1</u> A2A3, B2/A1 <u>A2</u> A3, B3/A1A2 <u>A3</u>	9	8/9
CA trials	C1/ <u>A1</u> A2A3, C2/A1 <u>A2</u> A3, C3/A1A2 <u>A3</u>	9	
Miks	B1/ <u>A1</u> A2A3, B2/A1 <u>A2</u> A3, B3/A1A2 <u>A3</u> , C1/ <u>A1</u> A2A3, C2/A1 <u>A2</u> A3, C3/A1A2 <u>A3</u>	18	16/18
<i>Tynning av programmerte konsekvenser</i>			
75%	B1/ <u>A1</u> A2A3, B2/A1 <u>A2</u> A3, B3/A1A2 <u>A3</u> , C1/ <u>A1</u> A2A3, C2/A1 <u>A2</u> A3, C3/A1A2 <u>A3</u>	18	16/18
25%	B1/ <u>A1</u> A2A3, B2/A1 <u>A2</u> A3, B3/A1A2 <u>A3</u> , C1/ <u>A1</u> A2A3, C2/A1 <u>A2</u> A3, C3/A1A2 <u>A3</u>	18	
0%	B1/ <u>A1</u> A2A3, B2/A1 <u>A2</u> A3, B3/A1A2 <u>A3</u> , C1/ <u>A1</u> A2A3, C2/A1 <u>A2</u> A3, C3/A1A2 <u>A3</u>	18	
<i>Test for emergent respondering</i>			
(BSL)	B1/ <u>A1</u> A2A3, B2/A1 <u>A2</u> A3, B3/A1A2 <u>A3</u> , C1/ <u>A1</u> A2A3, C2/A1 <u>A2</u> A3, C3/A1A2 <u>A3</u>	18	90%
(SY)	A1/ <u>B1</u> B2B3, A2/B1 <u>B2</u> B3, A3/B1B2B3, A1/ <u>C1</u> C2C3, A2/C1 <u>C2</u> C3, A3/C1C2 <u>C3</u>	18	90%
(EKV)	B1/ <u>C1</u> C2C3, B2/C1 <u>C2</u> C3, B3/C1C2 <u>C3</u> , C1/ <u>B1</u> B2B3, C2/B1 <u>B2</u> B3, C3/B1B2B3	18	90%

Merknad. Tabellen viser treningsfaser, *trial*-typer involvert i trening og påfølgende test for emergent respondering, Min. trial står for minimum antall trials og Krit. står for mestringskriterium. (BSL) angir baselinerelasjoner og er en samlebetegnelse for de betingede diskriminasjoner som ble trent, (SY) står for symmetri og (EKV) står for ekvivalens. Merk at de ulike trial-typene ble presentert i tilfeldig rekkefølge under test for emergent respondering og at sortering i typer i tabellen er gjort for bedre oversikt.

binasjonene angir hvilke stimuli som var sammenligningsstimuli. Utvalgsstimulus og sammenligningsstimuli for hver trial og er adskilt ved en skråstrek og korrekt sammenligningsstimulus i hver stimuluskonfigurasjon er identifisert ved understreking.

Gradvis introduksjon av trial-typer.

Deltagerne ble først presentert for tre betingede diskriminasjoner. Deltagere i OTM (Tabell 1) ble ført presentert for muntlige uttrykksformer → desimaltall (AB-relasjoner). Deltagere i MTO (Tabell 2) ble

først introdusert for desimaltall → muntlige uttrykksformer (BA-relasjoner). Hver trial-type ble presentert tre ganger i tilfeldig rekkefølge innen en treningsblokk, slik at en blokk besto av 9 trial. Det ble presentert programmerte konsekvenser for hver trial og mestringskriteriet for en blokk var 8 riktige. Dersom mestringskriteriet ikke ble nådd ble blokken gjentatt. Dersom mestringskriteriet ble nådd, ble deltageren introdusert til tre nye betingede diskriminasjoner.

De nye relasjonene besto av muntlige uttrykksformer → brøk (AC-relasjoner) i OTM (Tabell 1) og av desimaltall → muntlige uttrykksformer (CA-relasjoner) i MTO (Tabell 2). Hver trial-type ble presentert tre ganger i tilfeldig rekkefølge innen en treningsblokk. En blokk besto av 9 trials og mestringskriteriet var minimum 8 riktige. Dersom mestringskriteriet ikke ble nådd ble blokken gjentatt. Dersom mestringskriteriet ble nådd, gikk deltageren videre til en fase hvor de seks baselinerelasjonene ble mikset og presentert i tilfeldig rekkefølge. Også i denne blokken ble hver relasjon ble presentert tre ganger slik at minimum antall trials for en blokk var 18. Mestringskriteriet var minimum 16 riktige.

Tynning av programmerte konsekvenser. Etter at mestringskriteriet ved mikset relasjonene var oppnådd, fulgte en fase hvor programmerte konsekvenser ble gradvis tynnet ut. I første blokk var det 75% sannsynlighet for at programmerte konsekvenser skulle forekomme, deretter 50% og 25% sannsynlighet. Siste treningsblokk før test var uten programmerte konsekvenser. Hver trial ble presentert tre ganger i hver blokk og mestringskriteriet var minimum 16 av 18 riktige.

Test for emergent respondering. Test for emergent respondering ble presentert etter at siste treningsblokk var mestret. Det ble testet for de emergente egenskapene symmetri og ekvivalens, samt for opprettholdelse av baseline relasjoner. For deltagere som hadde etablert baselinerelasjonene ved OTM treningsstruktur (Tabell 1) besto symmetri

av desimal → muntlige uttrykksformer og brøk → muntlige uttrykksformer (BA- og CA-relasjoner). For deltagere som trente MTO treningsstruktur (Tabell 2), besto symmetri av muntlige uttrykksformer → desimal og muntlige uttrykksformer → brøk (AB- og AC-relasjoner). Test for ekvivalens-egenskaper besto av desimal → brøk og brøk → desimal (BC- og CB-relasjoner) i begge treningsstrukturer. Alle trial-typene ble presentert tre ganger og testen besto totalt av 54 trials. De ulike relasjonene ble presentert i tilfeldig rekkefølge og trials var adskilt ved ITI på 500 ms. Det ble ikke formidlet programmerte konsekvenser i løpet av testen. Ekvivalenskriteriet var minimum 90%.

Utvidelse til fire medlemmer

Etter at test for emergent respondering ved tre medlemmer og tre klasser var fullført, ble tre nye betingede diskriminasjoner trent. Treningen ble gjennomført uavhengig av om mestringskriteriet ble nådd i foregående test. På grunn av en begrensning i programvaren ble denne treningen gjennomført tabletop.

Tabletop trening. Ved oppstart ble følgende beskjed gitt: «Nå skal vi jobbe uten datamaskin»

Stimuluspresentasjon og instruksjoner.

I denne treningen ble det brukt kort i størrelse A5 i liggende format. Utvalgsstimulus var presentert i midten av kortet og sammenligningsstimuli var presentert på linje nederst på arket. For første trial ble instruksjonen «Pek på den øverste» gitt. Etter at deltageren hadde pekt på utvalgsstimulusen, ble instruksjonen «Velg en av de nederste» gitt. Instruksjonene ble gjentatt for de første trials, og etter hvert holdt litt tilbake inntil deltageren pekte uten instruks. Dersom deltageren i løpet av treningen ikke pekte, ble den relevante instruksjonen gjentatt. Dersom deltageren valgte riktig sammenligningsstimulus sa eksperimentator «riktig», «supert» og lignende. Dersom deltageren pekte på en stimulus som var feil, sa eksperimentator «Nei, det er ikke den». I tilfeller hvor det var uklart hvilken sammenligningsstimulus deltageren pekte på,

Tabell 3. Oversikt over prosedyre ved utvidelse til fire medlemmer i OTM treningsstruktur.

Fase	Betingede diskriminasjoner	Min. trial	Krit.
<i>Etablering av baselinerelasjoner</i>			
AD trials	A1/D1D2D3, A2/D1D2D3, A3/D1D2D3	9	8/9
Mix	A1/B1B2B3, A2/B1B2B3, A3/B1B2B3, A1/C1C2C3, A2/C1C2C3, A3/C1C2C3, A1/D1D2D3, A2/D1D2D3, A3/D1D2D3	27	25/27
<i>Tynning av programmerte konsekvenser</i>			
50%	A1/B1B2B3, A2/B1B2B3, A3/B1B2B3, A1/C1C2C3, A2/C1C2C3, A3/C1C2C3, A1/D1D2D3, A2/D1D2D3, A3/D1D2D3	27	25/27
0%	A1/B1B2B3, A2/B1B2B3, A3/B1B2B3, A1/C1C2C3, A2/C1C2C3, A3/C1C2C3, A1/D1D2D3, A2/D1D2D3, A3/D1D2D3	27	25/27
<i>Test for emergent respondering</i>			
(BSL)	A1/B1B2B3, A2/B1B2B3, A3/B1B2B3, A1/C1C2C3, A2/C1C2C3, A3/C1C2C3, A1/D1D2D3, A2/D1D2D3, A3/D1D2D3	27	90%
(SY)	B1/A1A2A3, B2/A1A2A3, B3/A1A2A3, C1/A1A2A3, C2/A1A2A3, C3/A1A2A3, D1/A1A2A3, D2/A1A2A3, D3/A1A2A3	27	90%
(EKV)	B1/C1C2C3, B2/C1C2C3, B3/C1C2C3, C1/B1B2B3, C2/B1B2B3, C3/B1B2B3, C1/D1D2D3, C2/D1D2D3, C3/D1D2D3, D1/C1C2C3, D2/C1C2C3, D3/C1C2C3, B1/D1D2D3, B2/D1D2D3, B3/D1D2D3, D1/B1B2B3, D2/B1B2B3, D3/B1B2B3	54	90%

Merknad. Tabellen viser treningsfaser, trial-typer involvert i trening og påfølgende test for emergent respondering, Min. trial står for minimum antall trials og Krit. står for mestringskriterium. (BSL) angir baselinerelasjoner og er en samlebetegnelse for de betingede diskriminasjoner som ble trent, (SY) står for symmetri og (EKV) står for ekvivalens.

sa eksperimentator: «Jeg så ikke hvilken du pekte på, kan du gjøre det en gang til?»

OTM treningsstruktur. Deltagere som trente OTM (Tabell 3) ble presentert for kort hvor muntlige uttrykksformer var utvalgsstimuli og prosent var sammenligningsstimuli (AD-relasjoner). Deltagere som trente MTO (Tabell 4) ble presentert for kort hvor prosent var utvalgsstimuli og muntlige uttrykksformer var sammenligningsstimuli (DA-relasjoner). Hver relasjon ble presentert tre ganger i en blokk. Mestringskriteriet for en blokk var minimum åtte av ni for en blokk. Dersom deltageren ikke nådde mestringskriteriet ble de ni kortene stokket og blokken gjentatt. Dersom mestringskriteriet ble oppnådd, gikk deltagerne videre til neste fase hvor de tre nye relasjonene ble mikset med tidligere etablerte relasjoner. Også i miksfasen ble alle relasjonene presentert tre ganger og i tilfeldig rekkefølge. Mestringskriteriet var minimum 25 av 27.

Tynning av programmerte konsekvenser. Alle deltagerne gjennomgikk to treningsblokker hvor programmerte konsekvenser ble tynnet ut. Av praktiske grunner ble det gjennomført trening med 50 prosent sannsynlighet for programmerte konsekvenser i første blokk og 0 prosent sannsynlighet for programmerte konsekvenser i andre blokk. Antall trials i hver av disse blokkene var 27 og mestringskriteriet var minimum 25 riktige i en blokk.

Test for emergent respondering. Da siste treningsblokk var mestret, ble deltagerne umiddelbart presentert test for emergente relasjoner på datamaskin. I denne testen ble nylig etablerte stimuli og mulige deriverte relasjoner av disse mikset med trialtyper erfart i foregående test. All stimuluspresentasjon var kontrollert av programvaren. Deltagerne ble testet for opprettholdelse av ni baselinerelasjoner og ni symmetrirelasjoner. Av symmetrirelasjonene hadde deltagerne i OTM (Tabell 3) ikke erfart prosent →

Tabell 4. Oversikt over prosedyre ved utvidelse til fire medlemmer i MTO treningsstruktur.

Fase	Betingede diskriminasjoner	Min. trial	Krit.
<i>Etablering av baselinerelasjoner</i>			
DA trials	D1/ <u>A1A2A3</u> , D2/ <u>A1A2A3</u> , D3/ <u>A1A2A3</u>	9	8/9
Mix	B1/ <u>A1A2A3</u> , B2/ <u>A1A2A3</u> , B3/ <u>A1A2A3</u> , C1/ <u>A1A2A3</u> , C2/ <u>A1A2A3</u> , C3/ <u>A1A2A3</u> , D1/ <u>A1A2A3</u> , D2/ <u>A1A2A3</u> , D3/ <u>A1A2A3</u>	27	25/27
<i>Tynning av programmerte konsekvenser</i>			
50%	B1/ <u>A1A2A3</u> , B2/ <u>A1A2A3</u> , B3/ <u>A1A2A3</u> , C1/ <u>A1A2A3</u> , C2/ <u>A1A2A3</u> , C3/ <u>A1A2A3</u> , D1/ <u>A1A2A3</u> , D2/ <u>A1A2A3</u> , D3/ <u>A1A2A3</u>	27	25/27
0%	B1/ <u>A1A2A3</u> , B2/ <u>A1A2A3</u> , B3/ <u>A1A2A3</u> , C1/ <u>A1A2A3</u> , C2/ <u>A1A2A3</u> , C3/ <u>A1A2A3</u> , D1/ <u>A1A2A3</u> , D2/ <u>A1A2A3</u> , D3/ <u>A1A2A3</u>	27	25/27
<i>Test for emergent respondering</i>			
(BSL)	B1/ <u>A1A2A3</u> , B2/ <u>A1A2A3</u> , B3/ <u>A1A2A3</u> , C1/ <u>A1A2A3</u> , C2/ <u>A1A2A3</u> , C3/ <u>A1A2A3</u> , D1/ <u>A1A2A3</u> , D2/ <u>A1A2A3</u> , D3/ <u>A1A2A3</u>	27	90%
(SY)	A1/ <u>B1B2B3</u> , A2/ <u>B1B2B3</u> , A3/ <u>B1B2B3</u> , A1/ <u>C1C2C3</u> , A2/ <u>C1C2C3</u> , A3/ <u>C1C2C3</u> , A1/ <u>D1D2D3</u> , A2/ <u>D1D2D3</u> , A3/ <u>D1D2D3</u>	27	90%
(EKV)	B1/ <u>C1C2C3</u> , B2/ <u>C1C2C3</u> , B3/ <u>C1C2C3</u> , C1/ <u>B1B2B3</u> , C2/ <u>B1B2B3</u> , C3/ <u>B1B2B3</u> , C1/ <u>D1D2D3</u> , C2/ <u>D1D2D3</u> , C3/ <u>D1D2D3</u> , D1/ <u>C1C2C3</u> , D2/ <u>C1C2C3</u> , D3/ <u>C1C2C3</u> , B1/ <u>D1D2D3</u> , B2/ <u>D1D2D3</u> , B3/ <u>D1D2D3</u> , D1/ <u>B1B2B3</u> , D2/ <u>B1B2B3</u> , D3/ <u>B1B2B3</u>	54	90%

Merknad. Tabellen viser treningsfaser, trial-typer involvert i trening og påfølgende test for emergent respondering. Min. trial står for minimum antall trials og Krit. står for mestringskriterium. (BSL) angir baselinerelasjoner og er en samlebetegnelse for de betingede diskriminasjoner som ble trent, (SY) står for symmetri og (EKV) står for ekvivalens.

muntlige uttrykksformer tidligere, mens deltagere i MTO (Tabell 4) hadde ikke erfart muntlige uttrykksformer → prosent tidligere. Uavhengig av treningsstruktur besto testen av 18 ekvivalensrelasjoner. Av disse var brøk → prosent, prosent → brøk, desimaltall → prosent og prosent → desimaltall relasjoner deltagere ikke hadde erfart tidligere. Hver relasjon ble presentert tre ganger i løpet av testen, som innebærer at det total ble gjennomført 108 trials uten programmerte konsekvenser. Alle relasjonene ble presentert i tilfeldig rekkefølge og var adskilt ved 500 ms ITI. Ekvivalenskriteriet var minimum 90%.

Utvidelse til fem medlemmer

Etter at test for emergent respondering ved fire medlemmer og tre klasser var fullført, ble tre nye betingede diskriminasjoner etablert ved tabletop trening. Treningen ble gjennomført uavhengig av om deltageren hadde mestret foregående test. Det ble gitt samme instruksjoner som ved utvidelse til fire medlemmer.

Tabletop trening. Deltagere som trente OTM (Tabell 5) ble presentert for kort hvor utvalgsstimulus var muntlig uttrykksform og sammenligningsstimuli var forholdstall (AE-relasjoner). Deltagere i MTO treningsstruktur (Tabell 6) ble presentert for kort hvor forholdstall var utvalgsstimuli og sammenligningsstimuli muntlige uttrykksformer (EA-relasjoner). Hver betinget diskriminasjon ble presentert tre ganger i en blokk og mestringskriteriet var 8 av 9 riktige. Når de tre baselinerelasjonene var etablert i henhold til mestringskriteriet i en separat blokk, ble de mikset med tidligere etablerte relasjoner. Hver av de tre nye relasjonene ble presentert tre ganger i en blokk. Tidligere etablerte relasjoner ble av praktiske grunner presentert to ganger i en blokk. Dette utgjorde 27 trials per blokk. Mestringskriteriet var minimum 25 av 27 riktige i en blokk.

Tabletop tynning av programmerte konsekvenser. Alle deltagere gjennomgikk to treningsblokker hvor programmerte

Tabell 5. Oversikt over prosedyre ved utvidelse til fem medlemmer i OTM treningsstruktur.

Fase	Betingede diskriminasjoner	Min. trial	Krit.
<i>Etablering av baselinerelasjoner</i>			
AE trials	A1/E1E2E3, A2/E1E2E3, A3/E1E2E3	9	8/9
Mix	A1/B1B2B3, A2/B1B2B3, A3/B1B2B3, A1/C1C2C3, A2/C1C2C3, A3/C1C2C3, A1/D1D2D3, A2/D1D2D3 A3/D1D2D3, A1/E1E2E3, A2/E1E2E3, A3/E1E2E3	27	33/36
<i>Tynning av programmerte konsekvenser</i>			
50%	A1/B1B2B3, A2/B1B2B3, A3/B1B2B3, A1/C1C2C3, A2/C1C2C3, A3/C1C2C3, A1/D1D2D3, A2/D1D2D3 A3/D1D2D3, A1/E1E2E3, A2/E1E2E3, A3/E1E2E3	27	33/36
0%	A1/B1B2B3, A2/B1B2B3, A3/B1B2B3, A1/C1C2C3, A2/C1C2C3, A3/C1C2C3, A1/D1D2D3, A2/D1D2D3 A3/D1D2D3, A1/E1E2E3, A2/E1E2E3, A3/E1E2E3	27	33/36
<i>Test for emergent respondering</i>			
(BSL)	A1/B1B2B3, A2/B1B2B3, A3/B1B2B3, A1/C1C2C3, A2/C1C2C3, A3/C1C2C3, A1/D1D2D3, A2/D1D2D3, A3/D1D2D3, A1/E1E2E3, A2/E1E2E3, A3/E1E2E3	36	90%
(SY)	B1/A1A2A3, B2/A1A2A3, B3/A1A2A3, C1/A1A2A3, C2/A1A2A3, C3/A1A2A3, D1/A1A2A3, D2/A1A2A3, D3/A1A2A3, E1/A1A2A3, E2/A1A2A3, E3/A1A2A3	36	90%
(EKV)	B1/C1C2C3, B2/C1C2C3, B3/C1C2C3, C1/B1B2B3, C2/B1B2B3, C3/B1B2B3, C1/D1D2D3, C2/D1D2D3, C3/D1D2D3, D1/C1C2C3, D2/C1C2C3, D3/C1C2C3, D1/E1E2E3, D2/E1E2E3, D3/E1E2E3, E1/D1D2D3, E1/D1D2D3, E3/D1D2D3 B1/D1D2D3, B2/D1D2D3, B3/D1D2D3, D1/B1B2B3, D2/B1B2B3, D3/B1B2B3 C1/E1E2E3, C2/E1E2E3, C3/E1E2E3, E1/C1C2C3, E2/C1C2C3, E3/C1C2C3, B1/E1E2E3, B2/E1E2E3, B3/E1E2E3, E1/B1B2B3, E2/B1B2B3, E3/B1B2B3	108	90%

Merknad. Tabellen viser treningsfaser, trial-typer involvert i trening og påfølgende test for emergent respondering, Min. trial står for minimum antall trials og Krit. står for mestringskriterium. (BSL) angir baselinerelasjoner og er en samlebetegnelse for de betingede diskriminasjoner som ble trent, (SY) står for symmetri og (EKV) står for ekvivalens.

konsekvenser ble tynnet til 50 prosent sannsynlighet i første blokk og deretter 0 prosent sannsynlighet. To trinn for tynning av programmerte konsekvenser ble bestemt av praktiske grunner. Minimum antall trials i hver blokk var 27 og mestringskriteriet var minimum 25 riktige.

Test for emergent respondering. Da siste treningsblokk var mestret, ble deltagerne umiddelbart presentert test for emergente relasjoner på datamaskin. Igjen ble nylig etablerte stimuli og mulige deriverte relasjoner av disse mikset med relasjoner erfart i tidligere tester. All stimuluspresentasjon og programmerte konsekvenser var kontrollert av programvaren.

Alle deltagere ble testet for 12 baselinerelasjoner og 12 symmetrirelasjoner. For deltagere i OTM (Tabell 5) var forholdstall → muntlige uttrykksformer (EA-relasjoner) ikke blitt presentert tidligere. For deltagere i MTO (Tabell 6) var muntlige uttrykks-

former → forholdstall (AE-relasjoner) ikke blitt presentert tidligere. Videre inkluderte testen 18 ekvivalensrelasjoner. Av disse var desimal → forholdstall, forholdstall → desimal, brøk → forholdstall, forholdstall → brøk, prosent → forholdstall og forholdstall → prosent (BE-, EB-, CE-, EC-, DE-, ED-relasjoner) nye for deltagerne. Alle relasjoner ble presentert tre ganger i løpet av testen, totalt 180 trials. Relasjonene ble presentert i tilfeldig rekkefølge og var adskilt ved 500 ms ITI. Det ble ikke formidlet programmerte konsekvenser og ekvivalenskriteriet var 90%.

Post-tester

Sorteringsoppgave. Etter at test for emergent respondering med fem medlemmer ble det gjennomført ny sorteringsoppgave. Testen ble utført med samme instruks, samme type stimuli som pre-sortering. Den største forskjellen mellom pre- og post-test

Tabell 6. Oversikt over prosedyre ved utvidelse til fem medlemmer i MTO treningsstruktur.

Fase	Betingede diskriminasjoner	Min. trial	Krit.
<i>Etablering av baselinerelasjoner</i>			
EA trials	E1/ <u>A1A2A3</u> , E2/ <u>A1A2A3</u> , E3/ <u>A1A2A3</u>	9	8/9
Mix	B1/ <u>A1A2A3</u> , B2/ <u>A1A2A3</u> , B3/ <u>A1A2A3</u> , C1/ <u>A1A2A3</u> , C2/ <u>A1A2A3</u> , C3/ <u>A1A2A3</u> , D1/ <u>A1A2A3</u> , D2/ <u>A1A2A3</u> , D3/ <u>A1A2A3</u> , E1/ <u>A1A2A3</u> , E2/ <u>A1A2A3</u> , E3/ <u>A1A2A3</u>	27	33/36
<i>Tynning av programmerte konsekvenser</i>			
50%	B1/ <u>A1A2A3</u> , B2/ <u>A1A2A3</u> , B3/ <u>A1A2A3</u> , C1/ <u>A1A2A3</u> , C2/ <u>A1A2A3</u> , C3/ <u>A1A2A3</u> , D1/ <u>A1A2A3</u> , D2/ <u>A1A2A3</u> , D3/ <u>A1A2A3</u> , E1/ <u>A1A2A3</u> , E2/ <u>A1A2A3</u> , E3/ <u>A1A2A3</u>	27	33/36
0%	B1/ <u>A1A2A3</u> , B2/ <u>A1A2A3</u> , B3/ <u>A1A2A3</u> , C1/ <u>A1A2A3</u> , C2/ <u>A1A2A3</u> , C3/ <u>A1A2A3</u> , D1/ <u>A1A2A3</u> , D2/ <u>A1A2A3</u> , D3/ <u>A1A2A3</u> , E1/ <u>A1A2A3</u> , E2/ <u>A1A2A3</u> , E3/ <u>A1A2A3</u>	27	33/36
<i>Test for emergent respondering</i>			
(BSL)	B1/ <u>A1A2A3</u> , B2/ <u>A1A2A3</u> , B3/ <u>A1A2A3</u> , C1/ <u>A1A2A3</u> , C2/ <u>A1A2A3</u> , C3/ <u>A1A2A3</u> , D1/ <u>A1A2A3</u> , D2/ <u>A1A2A3</u> , D3/ <u>A1A2A3</u> , E1/ <u>A1A2A3</u> , E2/ <u>A1A2A3</u> , E3/ <u>A1A2A3</u>	36	90%
(SY)	A1/ <u>B1B2B3</u> , A2/ <u>B1B2B3</u> , A3/ <u>B1B2B3</u> , A1/ <u>C1C2C3</u> , A2/ <u>C1C2C3</u> , A3/ <u>C1C2C3</u> , A1/ <u>D1D2D3</u> , A2/ <u>D1D2D3</u> , A3/ <u>D1D2D3</u> , A1/ <u>E1E2E3</u> , A2/ <u>E1E2E3</u> , A3/ <u>E1E2E3</u>	36	90%
(EKV)	B1/ <u>C1C2C3</u> , B2/ <u>C1C2C3</u> , B3/ <u>C1C2C3</u> , C1/ <u>B1B2B3</u> , C2/ <u>B1B2B3</u> , C3/ <u>B1B2B3</u> , C1/ <u>D1D2D3</u> , C2/ <u>D1D2D3</u> , C3/ <u>D1D2D3</u> , D1/ <u>C1C2C3</u> , D2/ <u>C1C2C3</u> , D3/ <u>C1C2C3</u> , D1/ <u>E1E2E3</u> , D2/ <u>E1E2E3</u> , D3/ <u>E1E2E3</u> , E1/ <u>D1D2D3</u> , E1/ <u>D1D2D3</u> , E3/ <u>D1D2D3</u> , B1/ <u>D1D2D3</u> , B2/ <u>D1D2D3</u> , B3/ <u>D1D2D3</u> , D1/ <u>B1B2B3</u> , D2/ <u>B1B2B3</u> , D3/ <u>B1B2B3</u> , C1/ <u>E1E2E3</u> , C2/ <u>E1E2E3</u> , C3/ <u>E1E2E3</u> , E1/ <u>C1C2C3</u> , E2/ <u>C1C2C3</u> , E3/ <u>C1C2C3</u> , B1/ <u>E1E2E3</u> , B2/ <u>E1E2E3</u> , B3/ <u>E1E2E3</u> , E1/ <u>B1B2B3</u> , E2/ <u>B1B2B3</u> , E3/ <u>B1B2B3</u>	108	90%

Merknad. Tabellen viser treningsfaser, trial-typer involvert i trening og påfølgende test for emergent respondering. Min. trial står for minimum antall trials og Krit. står for mestringskriterium. (BSL) angir baselinerelasjoner og er en samlebetegnelse for de betingede diskriminasjoner som ble trent, (SY) står for symmetri og (EKV) står for ekvivalens.

var at 9 stimuli ble brukt i pre-test mot 15 i post-test. Dersom en deltager sorterte kortene i grupper basert på fysisk likhet, ble dette notert, kortene stokket om og gitt til deltageren med instruksjonen «Sorter kortene slik du nettopp har trent på». Resultat av andre post-sortering ble notert av eksperimentator. Det ble ikke gjennomført intersubjektiv enighetsvurdering for sorteringsoppgaven.

Skriftlig oppgave. Det ble også gjennomført en skriftlig post-test på ark. Testarrangement, instruksjer og oppgaveark var identisk med det som ble gjennomført for pre-test.

Intersubjektiv enighet. Det ble gjennomført en trial-by-trial intersubjektiv enighetsvurdering for skriftlige matematikkoppgaver. En observatør og eksperimentator skåret pre- og post-resultat for alle deltagere uavhengig av hverandre. Det ble skåret

1 for riktig svar og 0 for feil svar. Antall oppgaver med enighet ble delt på totalt antall oppgaver og multiplisert med hundre. Det ble oppnådd 100% intersubjektiv enighet.

Resultater

Alle deltagerne gjennomførte eksperimentet i løpet av en dag. I snitt brukte deltagerne 2 timer og 15 minutter på eksperimentet, inkludert pauser og debrifing. Lengste varighet på en gjennomføring var 3 timer og 15 minutter ved deltager #7205 og korteste varighet var 1 time og 15 minutt ved deltager #7201. Ingen av deltagerne viste tegn på utmattelse eller kjedsomhet. Det ble heller ikke rapportert noe om dette i ettertid.

MTS trening med tre medlemmer i klassen

Trening. Tabell 7 viser en oversikt over de individuelle resultatene på MTS trening

Tabell 7. Individuelle resultater.

#	alder	kjønn	Tre medlemmer				Fire medlemmer				Fem medlemmer						
			trening		test		trening		test		trening		test				
			totalt	feil	BSL	SY	EKV	totalt	feil	BSL	SY	EKV	totalt	feil	BSL	SY	EKV
OTM																	
7202	10y 0m	m	144	19	100	94	100	90	2	100	96	100	90	1	100	100	97
7203	8y 4m	m	432	175	94	94	100	90	4	93	100	98	90	1	97	94	97
7206	9y 2m	f	126	7	100	83	94	90	0	96	100	98	90	0	97	97	98
MTO																	
7207	8y 7m	f	162	28	100	100	94	90	1	100	100	98	90	0	100	97	99
7201	9y 7m	f	126	16	100	94	94	90	5	100	100	94	90	5	92	100	98
7204	9y 1m	m	198	44	94	100	94	90	0	100	100	100	90	0	97	94	100
7205	8y 11m	m	594	260	89	100	100	234	22	74	67	76	234	71	36	42	43

Merknad: Tabellen viser individuelle resultater for MTS trening og test i alle faser av eksperimentet. Kolonner med overskriften trening angir totalt antall trials og totalt antall feil. Kolonner med overskriften test viser prosentvis korrekt i test. BSL står for baselinerelasjoner, SY står for symmetri og EKV står for ekvivalens. Skårer i fete typer indikerer at prestasjon var i henhold til ekvivalenskriteriet.

og test. Resultatene viser at alle deltagerne etablerte de seks første baseline relasjonene. To deltagere, #7206 i OTM treningsstruktur og # 7201 i MTO treningsstruktur, gjennomførte treningen på 126 trials som er 36 trials mer enn minimum. Deltager #7203 hadde flest treningstrials blant deltagere i OTM treningsstruktur med 432 trials totalt og 175 feil. Deltager #7205 hadde flest treningstrials blant deltagere i MTO treningsstruktur. Selv om gjennomsnitt antall trials var noe høyere blant deltagere i MTO enn i OTM treningsstruktur, kunne ikke antall trials som avhengig mål differensiere de to betingelsene med hensyn til hvor effektivt de etablerte baseline relasjonene.

Ekvivalenstest. Tabell 7 viser at fem av sju deltagere responderte i henhold til ekvivalenskriteriet. To deltagere i OTM treningsstruktur, deltager # 7202 og #7203, demonstrerte opprettholdelse av baselinerelasjoner og emergens av symmetri og ekvivalens. Deltager, #7206, demonstrerte full opprettholdelse av baselinerelasjonene og 94 prosent mestring av ekvivalensrelasjoner, men med 83 prosent riktig på symmetrirelasjoner skåret hun under kriteriet for ekvivalens.

Alle deltagerne i MTO treningsstruktur presterte i henhold til ekvivalenskriteriet for symmetri og ekvivalens. Deltager #7207, #7201 og #7204, demonstrerte også opprettholdelse av baselinerelasjonene. Deltager 7205, hadde 16 av 18 riktige på test for opprettholdelse av baselinerelasjoner og oppnådde således ikke kriteriet for å slutte at ekvivalensklasser var framkommet.

Utvidelse til fire medlemmer

Trening. I denne fasen ble prosent – hverdagslige uttrykk etablert, enten i MTO eller OTM treningsstruktur. Alle deltagerne etablerte tre nye baselinerelasjoner og mestret disse uten programmerte konsekvenser i siste treningsfase. Seks av deltagerne fullførte treningen på minimum antall trials (se Tabell 3 og Tabell 4) og med svært få feil. Deltager #7205, som ikke presterte i henhold til kriteriet på foregående test, hadde med 234 trials det høyeste antall trials i denne treningsfasen. Tre deltagere, deltager #7206 i OTM treningsstruktur og deltager #7204 i MTO treningsstruktur etablerte de tre nye baseline relasjonene uten feil.

Ekvivalenstest. Seks deltagere, alle tre

deltagerne i OTM treningsstruktur og tre av fire i MTO treningsstruktur, demonstrerte utvidelse av klassene under test med fire medlemmer i klassen. Deltager #7205, som hadde det høyeste antall trials ved etablering av tre nye baselinerelasjoner (DA-relasjoner), demonstrerte ikke dannelse av ekvivalensklasser.

Utvidelse til fem medlemmer i klassen

Trening. I denne treningsfasen ble forholdstall \rightarrow dagligdagse uttrykk etablert, enten ved OTM eller MTO treningsstruktur. Også i denne treningsfasen fullførte seks deltagere med minimum antall trials. Tre deltagere, deltager #7206 i OTM treningsstruktur og to deltagere, #7207 og #7204, i MTO treningsstruktur etablerte de nye baselinerelasjonene uten feil. Deltager #7205 hadde høyeste antall trials i trening og antall feil var økt fra trening med fire medlemmer i klassen. Med unntak av denne deltageren var det svært liten forskjell på de to treningsstrukturene.

Test for emergent respondering. Under test for emergente relasjoner ved fem medlemmer i klassen, demonstrerte seks deltagere, tre i hver treningsstruktur, dannelse av ekvivalensklasser. Test-resultater for deltager #7205 ligger mellom 30 og 60 prosent for baseline-, symmetri- og ekvivalensrelasjoner og indikerer tilfeldig respondering.

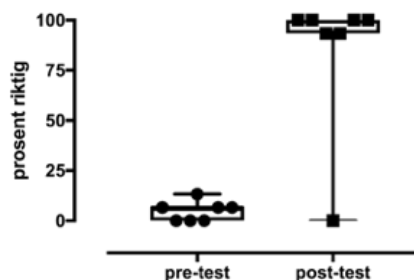
Pre- og post-tester

Sorteringsoppgave. Ingen av deltagerne sorterte stimuliene i henhold til de eksperimentatordefinerte klassene på pre-test. Det var med andre ord ingen deltagere som ble ekskludert fra videre deltagelse på grunn av at de før prosjektets oppstart var i stand til å sortere kortene i henhold til de definerte klassene. To deltagere, deltager #7201 og #7206, sorterte kortene basert på fysisk likhet, slik at det ble fem grupper av kort (muntlige uttrykksformer, desimaltall, brøk, prosent og forholdstall). Tre deltagere, deltager #7204, #7205 og #7202, sorterte

kortene slik at kort med tekst lå i en gruppe og alle kort med tall lå i en annen gruppe. For de siste to deltagerne fant vi ikke noe klart mønster i pre-sorteringen.

Under post-sortering, grupperte seks deltagere kortene i henhold til de definerte klassene, herunder deltager #7205, som ikke responderte i henhold til ekvivalens i foregående test. Deltager #7204, sorterte kortene i fem grupper (muntlige uttrykksformer, desimaltall, brøk, prosent og forholdstall) på første forsøk. Etter ny instruks sorterte han sorterte i henhold til de eksperimentatordefinerte klassene.

Skriftlig oppgave. Figur 3 viser gjennomsnittskåre på pre- og post-test skriftlig matematikkoppgave. Stolpene i figuren angir minimum og maksimum skåre og de individuelle skårene er markert for hver stolpe. Figuren viser at høyeste skåre under pre-test var 13 prosent, som utgjør 2 av 15 oppgaver riktig. Tre deltagere hadde 7 % riktig, som utgjør en av 15 oppgaver, og de siste tre hadde ingen oppgaver riktig. Blant deltagere som hadde noen riktige svar under pre-test, gikk oppgaven $1:2 = 0,5$ igjen hos alle deltagerne. Under post-test hadde fire deltagere alle 15 oppgavene riktig, to deltagere hadde en feil og en deltager, deltager #7205, hadde ingen riktig i skriftlig post-test. Det var ingen klare forskjeller i prestasjon mellom deltagere i



Figur 3. Figuren viser gjennomsnitt skåre for pre- og post-test på skriftlig matteoppgave. Stolpene angir minimum til maksimum skåre og individuelle skårer er markert som runde datapunkt for pre-test og som kvadratiske datapunkt for post-test.

OTM og MTO treningsstruktur på skriftlig oppgave.

Diskusjon

Formålet med denne studien var å undersøke om skoleelever i alderen åtte til ti år ville demonstrere dannelse av matematiske begreper etter betinget diskriminasjonstrening med først tre medlemmer i hver klasse og senere utvidelse til fire og fem medlemmer i klassene. Alle deltagerne fullførte eksperimentet i løpet av en dag, og enkel forståelse for de matematiske uttrykksformene ble demonstrert hos seks av sju deltagere. Ved å trene tolv betingede diskriminasjoner framkom i tillegg 48 relasjoner som ikke var direkte trent. Skriftlig oppgave viste at ferdigheter demonstrert i et MTS format, som er et seleksjonsbasert format, forekom i nye modaliteter på skriftlig oppgave og uten videre trening. Resultatene viser videre at enkel forståelse for matematiske begreper kan etableres på svært kort tid. Samlet indikerer dette at ekvivalensprosedyrer kan være svært effektive med hensyn til å etablere enkel begrepsforståelse for matematiske uttrykksformer.

Resultatene støtter således tidligere funn som viser at prosedyrer brukt i ekvivalensforskning kan være svært effektive med hensyn til å etablere begrepsforståelse innen ulike områder. Leader and Barnes-Holmes (2001) viste at deltagere i fem års alderen kunne framvise begrepsforståelse for brøk og desimaltall etter 15-20 minutter trening, to til fem dager i uken i en fem-ukers periode. Resultatene i denne studien viser at med noe eldre deltagere kan tilsvarende resultater oppstå i løpet av en dag med intensiv trening. Begge studiene viser med andre ord at det som omtales som matematisk leseforståelse i læreplanen, kan etableres på et vesentlig tidligere tidspunkt i utdanningsforløpet enn hva som er målsetningen i norsk skole. Ikke minst viser denne demonstrasjonen at begrepsforståelse for matematiske størrelser kan etableres på langt kortere tid enn det

læreplanen antyder er nødvendig. Lynch og Cuvo (1995) viste dessuten enkel forståelse av flere og mer kompliserte brøker kan etableres effektivt hos barn i alderen 12-13 år. Samlet må resultatene av disse tre studiene sies å være svært oppløftende og antyder at ekvivalensprosedyrer kan være verd å implementere i matematikkundervisning.

Forståelse som ønsket resultat versus trening av forståelse

Norske elever introduseres til enkle brøker og desimaltall i løpet av tredje eller fjerde klasse og forventes å kunne uttrykke tallstørrelser på varierte måter mot slutten av fjerde skoleår. De introduseres senere for prosent og forventes å kunne uttrykke matematiske størrelser på ulike måter rundt tiende trinn. Progresjonen i læreplanen i matematikk er således dramatisk forskjellig fra det som er gjort i denne studien, hvor relasjoner mellom de ulike regneartene presenteres på samme dag og relasjoner mellom dem trenes direkte. Selv om enkelte av trialtypene som er presentert i denne studien også forekommer som typiske oppgaver i norsk matematikkundervisning, er det i liten grad fokus på å trene forståelse og relasjoner mellom dem direkte og systematisk. Resultatene i denne studien viser at det å definere forståelse som spesifikke miljø-atferd relasjoner og systematisk trene noen relasjoner mellom stimuli kan være en fruktbar vei å gå.

Når det er sagt, skal det også påpekes at den form for begrepsforståelse som er demonstrert i gjeldende studie er langt mer avgrenset enn de som beskrives i som kunnskapsmål i læreplanen for matematikk. I gjeldende studie ble kun tre matematiske størrelser etablert og det ble kun testet for generalisering fra seleksjonsbasert oppgave til skriftlig matematikkoppgave. Læreplan for matematikk beskriver generaliseringer og matematiske størrelser lang ut over det som har blitt undersøkt i denne studien. Dette understreker imidlertid bare behovet for å ta i bruk effektive metoder i undervisning. Ved å bygge et solid repertoar av basisferdigh-

heter, som for eksempel forståelse av ulike matematiske uttrykksformer, og å sikre at den stimuluskontroll som blir etablert er den som er ønsket vil det øke sannsynligheten for at mer komplekse repertoar kan forekomme.

Antall trials ved utvidelse av klassene.

I gjeldende studie ble det først etablert betingede diskriminasjoner hvor stimuli var muntlige uttrykksformer og desimaler og deretter muntlige uttrykksformer og brøk. Stimuli i de betingede diskriminasjonene var arbitrært relaterte, og korrekt valg av sammenligningsstimulus kunne ikke baseres på fysisk likhet mellom utvalgsstimulus og sammenligningsstimuli. Resultater fra innledende trening viser også at alle deltagerne hadde noen feil i begynnelsen av den første treningen, hvilket var forventet. Under trening av nye betingede diskriminasjoner ved utvidelse til fire medlemmer, viser resultatene at flere deltagere etablerte de nye betingede diskriminasjonene med svært få eller ingen feil. De nye relasjonene besto av muntlige uttrykksformer og prosent og relasjonen mellom utvalgsstimulus og sammenligningsstimuli var fremdeles arbitrær. Det kan derfor synes noe overraskende at tre nye betingede diskriminasjoner kan forekomme korrekt fra første trial. På dette tidspunkt hadde deltagerne imidlertid en historie med stimuli som hadde felles fysiske egenskaper med de nye stimuliene, for eksempel 0,25 som deltagerne hadde erfart tidligere og 25% som var blant de nye stimuliene som ble presentert ved utvidelse til fire medlemmer. Tilsvarende hadde deltagerne ved utvidelse til fem medlemmer en historie med stimuli som hadde fysiske egenskaper som lignet på de nye stimuliene, for eksempel brøken $\frac{1}{4}$ og forholdstallet 1:4. Selv om stimuli med felles fysiske egenskaper ikke forekom samtidig på skjermen under trening av nye medlemmer, er det mulig, for ikke å si sannsynlig, at primær stimulusgeneralisering kan ha hatt betydning for den raske etableringen av nye stimulus-stimulus relasjoner. Det er også mulig at felles fysiske egenskaper mellom

utvalgsstimulus og sammenligningsstimuli kan ha påvirket høy presisjon under test for emergent respondering på trialtyper som testet for desimaltall - prosent (BD- og DB-relasjoner) og brøk - forholdstall (CE- og EC-relasjoner). For senere studier, og spesielt i anvendte sammenhenger hvor det er et uttalt opplæringsmål at eleven skal forstå likheter mellom desimaltall og prosent, bør man ta høyde for å arrangere betingelser som øker sannsynligheten for at valg av korrekt sammenligningsstimulus er under ønsket stimuluskontroll. I et MTS format, kan man ved test av relasjonen 25% og 0,25 for eksempel arrangere flere sammenligningsstimuli som deler de fysiske egenskapene, for eksempel 0,025 og 25,0. Dersom korrekt valg av sammenligningsstimulus forekommer gjentatte ganger i et slikt arrangement er det lite sannsynlig at valg av korresponderende sammenligningsstimulus har sin opprinnelse i fysisk likhet mellom utvalgsstimulus og sammenligningsstimuli.

Sortering av stimuli

Tidligere studier som har arrangert sorteringsoppgaver har vist at det er høy korrelasjon mellom responderer i henhold til ekvivalens og det å sortere stimulussettet i de klasser det er arrangert for (se for eksempel Arntzen, Granmo, & Fields, 2017; Arntzen, Norbom, & Fields, 2015; Fields, Arntzen, & Moksness, 2014). I mangel av mer sofistikerte testmetoder og utstyr i en anvendt sammenheng kan en tabletop sorteringsoppgave gi en god indikasjon på om eleven sorterer stimuliene i henhold til de eksperimentatordefinerte klassene. I denne undersøkelsen ble det gjennomført en tabletop sortering av stimuliene. Pre-sortering ble gjennomført som en enkel kartlegging av hvorvidt deltagerne hadde etablert klassene før oppstart av eksperimentet. En sortering i henhold til de matematiske størrelsene ville ha ført til at deltageren ble ekskludert fra videre delttagelse. Ingen deltagere sorterte kortene i henhold til de matematiske størrelsene før oppstart av eksperimentet. Under

post-test sorterte en deltager sorterte i henhold til fysiske likheter ved stimuliene på første forsøk. Etter tilleggsinstruks sorterte deltageren i henhold til matematiske størrelser på andre forsøk. Som vist av denne deltageren, kan sortering påvirkes av kontekstuelle ques. Det er en viss mulighet for at tilsvarende kan ha skjedd hos deltagerer som sorterte stimuli med bokstaver i en bunke og stimuli med tall i en annen bunke under pre-test. Der ble det imidlertid ikke gitt en ny mulighet fordi ytterligere instruksjoner kunne ha påvirket prestasjon i MTS trening.

En annen begrensning ved disse resultatene er at det i ikke ble sikret permanente produkter i form av for eksempel foto av de sorterte stimuliene. Dette gjorde også at det ble vanskelig å gjennomføre intersubjektiv enighetsvurdering for sorteringsoppgaven. Det knytter seg derfor usikkerhet til reliabiliteten i de observasjoner som er rapportert for dette resultatet og det fordrer.

Skriftlig oppgave

I denne studien ble det gjennomført en test for generalisering som viste at alle deltagerne som responderte i henhold til ekvivalens også responderte korrekt på skriftlig matematikkoppgave rett i etterkant av MTS oppgavene. Oppfølgingsundersøkelser etter for eksempel én og tre måneder av både MTS test og skriftlig oppgave ville gitt viktig tilleggsinformasjon når man skal evaluere hvor effektive prosedyrene er og ville ha styrket studiens design betydelig. Videre undersøkelser bør derfor ta høyde for å inkludere dette.

Tabletop trening

I denne undersøkelsen ble den første MTS treningen og alle tester for emergent respondering utført på datamaskin. I disse fasene av eksperimentet ble alle stimuluspresentasjoner, progresjon i trening og andre parametere ble kontrollert av programvare. MTS trening ved utvidelse til fire og fem medlemmer i klassene ble imidlertid gjennomført tabletop. Det innebærer at blant annet presentasjon

av stimuli, programmerte konsekvenser for henholdsvis riktig og feil valg av sammenligningsstimulus, registrering og progresjon i trening basert på deltagerens prestasjon ble utført av eksperimentator. Selv om prosedyren var godt planlagt og beskrevet for begge treningsstrukturene, har man under tabletop langt mindre grad av kontroll over de stimuli som faktisk presenteres for deltageren. Bare det å sitte ansikt til ansikt og trene med en voksen kan utgjøre stimulusbetingelser som påvirker deltagerens prestasjon i den ene eller andre retningen. I tillegg er det en risiko for at eksperimentator presenterer stimuli som ikke var planlagt i prosedyren og som man heller ikke ble oppmerksom på at man formidlet. Siden det ikke ble gjennomført noen form for vurdering av behandlingsintegritet i denne undersøkelsen forblir det et ubesvart spørsmål i denne undersøkelsen.

Negativ replikasjon

En deltager, deltager #7205, demonstrerte ikke ekvivalens i første test, og heller ikke ved utvidelse av klassene. I test med tre medlemmer i tre klasser hadde han ingen feil på emergente relasjoner, men siden baselinereasjonene ikke ble opprettholdt i testen skåret ikke deltageren i henhold til kriteriet. Ved utvidelse av klassene ser vi at testprestasjon hos denne deltageren blir gradvis svakere. Deltager #7206, responderte heller ikke i henhold til ekvivalens i første test. Denne deltageren hadde imidlertid full mestring av baselinetrials i første test og demonstrerer dannelse av ekvivalensklasser ved utvidelse av klassene. Et annet forhold som skiller prestasjon hos disse to deltagerne er at deltager #7205 har et langt høyere antall trials i trening. Mer detaljerte analyser av data viser blant annet at han under trening av brøk → muntlige uttrykksformer (CA-relasjoner) hadde over 200 treningstrials hvorav over halvparten var «feil». Prosedyren i denne studien var utformet slik at en dersom mestringkriteriet for en blokk ikke ble nådd, ble blokken gjentatt. I tilfeller hvor de arrangerte forsterkningsbetingelsene opprettholder feil

på noen trial-typer, kan gjentatt presentasjon av den samme treningsøkten bidra til at konkurrerende stimuluskontroll for disse styrkes. Det vil si at valg av sammenligningsstimulus for noen trial-typer kommer under kontroll av andre egenskaper ved stimuluskonfigurasjonen enn det eksperimentator har planlagt (se for eksempel McIlvane, Serna, Dube, & Stromer, 2000). Prosentvis mestring er et kriterium som ikke nødvendigvis fanger opp konkurrerende former for stimuluskontroll og prestasjon hos denne deltageren er et eksempel på at det i noen tilfeller vil være behov for mer detaljerte analyser av stimuluskontrolltopografi (McIlvane & Dube, 2003; McIlvane et al., 2000). Dersom de matematiske uttrykksformene som ble trent i denne undersøkelsen var et prioritert opplæringsmål for denne deltageren ville det vært av avgjørende betydning å identifisere variabler som var ansvarlig for manglende mestring i denne fasen og justert prosedyren på bakgrunn av disse.

Resultatene hos deltager #7205 kan på mange måter være et bilde på elever som nesten mestrer de ferdighetene de trener på. De mestrer noen av ferdighetene, men ikke alle og ikke hver gang. Når så nye eller mer komplekse ferdigheter introduseres, som eksemplifisert ved utvidelse av medlemmer i denne studien, er det en reell fare for at stimuluskontroll for tidligere etablerte ferdigheter «bryter sammen». Med mindre man sikrer robuste repertoar av basisferdigheter, er dette et forutsigbart scenario. Feilfri læring (se eksempelvis Mackay, Soraci, Carlin, Dennis, & Strawbridge, 2002; Ray, 1969; Sidman, 1985, 2010; Skinner, 1968) har vist at etablering av nye ferdigheter ikke trenger å skje ved prøving og feiling. Ved å etablere alle nødvendige prerequisitter for en ferdighet vil nye responser kunne etableres raskt og med få feil.

Translasjonsstudier

Formålet med denne studien var å undersøke hvorvidt prosedyrer brukt i ekvivalensforskning kan avhjelpe noen av de vanskene

som er beskrevet for elever i norsk skole; det å kunne forstå sammenheng mellom ulike måter å uttrykke en matematisk størrelse på. Studien ble gjennomført som en translasjonsstudie hvor metoder brukt i laboratorieundersøkelser gjennomføres i en anvendt setting. Det er noen sentrale forskjeller mellom anvendte studier og translasjonsstudier. Undersøkelsen ble ikke gjennomført fordi deltagerne hadde et umiddelbart behov for å forbedre noen av ferdighetene. De ferdighetene som er trent kan heller ikke sies å være sosialt signifikante for barn i denne aldersgruppen. Deltagerne er snarere valgt fordi de enda ikke var introdusert til alle de matematiske uttrykksformene i stimulussettet og eller trent på å se sammenhenger mellom dem. Det sentrale momentet er at dersom begrepsdannelse kan oppstå hos så unge og relativt naive deltagere, vil pre-eksperimentell læringshistorie i mindre grad påvirke resultatene.

Relative effekter av ekvivalensprosedyrer. Denne studien har ikke undersøkt relative effekter av ekvivalensprosedyrer versus andre metoder, verken andre atferdsanalytiske metoder eller metoder fra andre pedagogiske tradisjoner. Som nevnt ovenfor er de former for forståelse som er beskrevet i læreplan langt mer omfattende enn de som er undersøkt her. De involverer langt flere former for stimuluskontroll og betydelig flere responsmodaliteter enn det som er undersøkt i denne studien og det er svært sannsynlig at ulike type ferdigheter vil kreve ulike metoder. En oversiktsartikkel over hvilke atferdsanalytiske metoder som har vist seg å være effektive når det gjelder å etablere sentrale ferdigheter og hvilke metoder som er mest egnet for andre formål (for eksempel å sikre et høyt antall repetisjoner) kan være et viktig første bidrag i et slikt arbeid.

Konklusjon

Ved å først etablere seks betingede diskriminasjoner i tre potensielle klasser, og deretter gradvis utvide klassene til fem

medlemmer, ble det demonstrert at 48 ikke trente relasjoner oppsto hos seks av deltagerne. Enkel begrepsforståelse som inkluderte fem matematiske uttrykksformer ble demonstrert etter kort tids trening. Ferdighetene ble også demonstrert i nye modaliteter og under endret stimuluskontroll i skriftlig oppgave i etterkant av treningen. Manglende oppfølgingsundersøkelser setter noen begrensninger for hvor sterke konklusjoner man kan dra med hensyn til langvarige effekter av undersøkelsen. Metodiske svakheter ved sorteringsoppgavene gjør at pre- og post-målinger hviler på skriftlig oppgave som eneste mål ut over prestasjon i MTS tester. Dette setter noen begrensninger for hvor sterke konklusjoner som kan trekkes på bakgrunn av disse dataene og er forhold som må forbedres i videre studier. De umiddelbare resultatene er imidlertid svært oppløftende og indikerer at metoder brukt i ekvivalensforskning kan være en fruktbar vei å gå når det gjelder å bedre forståelse for matematiske uttrykksformer hos norske skoleelever.

Referanser

- Adams, B. J., Fields, L., & Verhave, T. (1993). Effects of test order on intersubject variability during equivalence class formation. *The Psychological Record, 43*, 133-152. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03395907>
- Albright, L., Reeve, K. F., Reeve, S. A., & Kisamore, A. N. (2015). Teaching statistical variability with equivalence-based instruction. *Journal of Applied Behavior Analysis, 48*, 883-894. doi:10.1002/jaba.249
- Arntzen, E. (2010). Stimulusekvivalens. Teoretiske betraktninger og noen praktiske implikasjoner. I F. Svartdal & S. Eikeseth (Eds.), *Anvendt atferdsanalyse (2. Utg.)* (pp. 100-138). Oslo, Norge: Gyldendal Akademika.
- Arntzen, E., Granmo, S., & Fields, L. (2017). The relation between sorting tests and matching-to-sample tests in the formation of equivalence classes. *The Psychological Record, 67*, 81-96. doi:10.1007/s40732-016-0209-9
- Arntzen, E., Halstadtrø, L.-B., Bjerke, E., & Halstadtrø, M. (2010). Training and testing music skills in a boy with autism using a matching-to-sample format. *Behavioral Interventions, 25*, 129-143. doi:10.1002/bin.301
- Arntzen, E., & Holth, P. (1997). Probability of stimulus equivalence as a function of training design. *The Psychological Record, 47*, 309-320. doi:<https://doi.org/10.1007/BF03395227>
- Arntzen, E., & Holth, P. (2000). Equivalence outcome in single subjects as a function of training structure. *The Psychological Record, 50*, 603-628. doi:<https://doi.org/10.1007/BF03395374>
- Arntzen, E., Norbom, A., & Fields, L. (2015). Sorting: An alternative measure of class formation? *The Psychological Record, 65*, 615-625. doi:10.1007/s40732-015-0132-5
- Bergem, O. K., Kaarstein, H., & Nilsen, T. (2016). *Vi kan lykkes i realfag. Resultater og analyser fra TIMSS 2015*. Oslo, Norge: Universitetsforlaget.
- de Souza, D. G., de Rose, J. C., Faleiros, T. C., Bortoloti, R., Hanna, E. S., & McIlvane, W. J. (2009). Teaching generative reading via recombination of minimal textual units: A legacy of verbal behavior to children in Brazil. *International Journal of Psychology & Psychological Therapy, 9*, 19-44.
- Dixon, M. R., Belisle, J., Stanley, C. R., Daar, J. H., & Williams, A. L. (2016). Derived equivalence relations of geometry skills in students with autism: An application of the PEAK-E curriculum. *The Analysis of Verbal Behavior, 32*, 38-45. doi:10.1007/s40616-016-0051-9
- Fields, L., Arntzen, E., & Moksness, M. (2014). Stimulus sorting: A quick and sensitive index of equivalence class formation. *The Psychological Record, 64*, 487-498. doi:10.1007/s40732-014-0034-y
- Fields, L., Travis, R., Roy, D., Yadlovker, E., de Aguiar-Rocha, L., Sturmey, P., & Ninness, C. (2009). Equivalence class formation: A

- method for teaching statistical interactions. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 42, 575-593. doi:10.1901/jaba.2009.42-575
- Fienup, D. M., Covey, D. P., Critchfield, T. S., & Ninness, C. (2010). Teaching brain-behavior relations economically with stimulus equivalence technology. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 43, 19-33. doi:10.1901/jaba.2010.43-19
- Fienup, D. M., & Critchfield, T. S. (2010). Efficiently establishing concepts of inferential statistics and hypothesis decision making through contextually controlled equivalence classes. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 43, 437-462. doi:10.1901/jaba.2010.43-437
- Fienup, D. M., Mylan, S. E., Brodsky, J., & Pytte, C. (2016). From the laboratory to the classroom: The effects of equivalence-based instruction on neuroanatomy competencies. *Journal of Behavior Education*, 25, 143-165. doi:10.1007/s10864-015-9241-0
- Fienup, D. M., Wright, N. A., & Fields, L. (2015). Optimizing equivalence-based instruction: effects of training protocols on equivalence class formation. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 48, 613-631. doi:10.1002/jaba.234
- Grønmo, L. S. (2017). Et matematikdidaktisk perspektiv. I L. S. Grønmo & A. Hole (Eds.), *Prioritering og progresjon i skolematematikken. En nøkkel til å lykkes i realfag. Analyser av TIMSS advanced og andre internasjonale studier*. Oslo, Norway: Cappelen Damm Akademisk.
- Grønmo, L. S., Bergem, O. K., Kjærnsli, M., Lie, S., & Turmo, A. (2004). *En kortversjon av den nasjonale rapporten: «Hva i all verden har skjedd i realfagene?»* Hentet fra: http://www.timss.no/rapport2003/Kortrapport_2003.pdf
- Grønmo, L. S., Hole, A., & Onstad, T. (2017). Hovedresultater i matematikk i TIMSS advanced, TIMSS og PISA. I L. S. Grønmo & A. Hole (Eds.), *Prioritering og progresjon i skolematematikken. En nøkkel til å lykkes i realfag. Analyser av TIMSS advanced og andre internasjonale studier*. Oslo, Norway: Cappelen Damm Akademisk.
- Hall, S. S., DeBernardis, G. M., & Reiss, A. L. (2006). The acquisition of stimulus equivalence in individuals with fragile X syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 50, 643-651. doi:10.1111/j.1365-2788.2006.00814.x
- Imam, A. A. (2006). Experimental control of nodality via equal presentations of conditional discriminations in different equivalence protocols under speed and no-speed conditions. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 85, 107-124. doi:10.1901/jeab.2006.58-04
- Keller, F. S., & Schoenfeld, W. N. (1950). *Principles of psychology*. New York, NY: Appleton Century-Crofts.
- Kjærnsli, M., & Jensen, F. (Eds.). (2016). *Stø kurs. Norske elevers kompetanse i naturfag, matematikk og lesing i PISA 2015*. Oslo, Norway: Universitetsforlaget.
- Leader, G., & Barnes-Holmes, D. (2001). Establishing fraction-decimal equivalence using a responden-type training procedure. *The Psychological Record*, 51(1), 151-165. doi:10.1007/BF03395391
- LeBlanc, L. A., Miguel, C. F., Cummings, A. R., Goldsmith, T. R., & Carr, J. E. (2003). The effects of three stimulus-equivalence testing conditions on emergent US geography relations of children diagnosed with autism. *Behavioral Interventions*, 18, 279-289.
- Lynch, D. C., & Cuvo, A. J. (1995). Stimulus equivalence instruction of fraction-decimal relations. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 28, 115. doi:10.1901/jaba.1995.28-115
- Mackay, H. A. (1985). Stimulus equivalence in rudimentary reading and spelling. *Analysis & Intervention in Developmental Disabilities*, 5(4), 373-387. doi:10.1016/0270-4684(85)90006-0
- Mackay, H. A., Soraci, S. A., Carlin, M. T., Dennis, N. A., & Strawbridge, C. P. (2002). Guiding visual attention during acquisition of matching-to-sample. *American Journal on Mental Retardation*, 107(6), 445-454.
- McDonagh, E. C., McIlvane, W. J., & Stoddard, L. T. (1984). Teaching coin equivalences via

- matching to sample. *Applied Research in Mental Retardation*, 5, 177-197.
- McIlvane, W. J., & Dube, W. V. (2003). Stimulus control topography coherence theory: Foundations and extensions. *The Behavior Analyst*, 26(2), 195-213.
- McIlvane, W. J., Serna, R. W., Dube, W. V., & Stromer, R. (2000). Stimulus control topography coherence and stimulus equivalence; reconciling test outcomes with theory. I J. C. Leslie & D. E. Blackman (Eds.), *Experimental and applied analysis of human behavior*. (pp. 85-110). Reno, NV: Context Press.
- Ninness, C., Barnes-Holmes, D., Rumph, R., McCuller, G., Ford, A. M., Payne, R., . . . Elliott, M. P. (2006). Transformations of mathematical and stimulus functions. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 39, 299-321. doi:10.1901/jaba.2006.139-05
- Ninness, C., Dixon, M., Barnes-Holmes, D., Rehfeldt, R. A., Rumph, R., McCuller, G., . . . McGinty, J. (2009). Constructing and deriving reciprocal trigonometric relations: A functional analytic approach. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 42, 191-208. doi:10.1901/jaba.2009.42-191
- Nortvedt, G. A., & Pettersen, A. (2016). Matematikk. I M. Kjærnsli & F. Jensen (Eds.), *Stø kurs. Norske elevers kompetanse i naturfag, matematikk og lesing i PISA 2015* (pp. 107-135). Oslo, Norway: Universitetsforlaget.
- Oliveira Henklain, M. H., & dos Santos Carmo, J. (2013). Stimulus equivalence an increase of correct responses in addition and subtraction problems. *Paidéia: Graduate Program in Psychology*, 23, 349-358. doi:10.1590/1982-43272356201309
- Ong, T., Normand, M. P., & Schenk, M. J. (2018). Using equivalence-based instruction to teach college students to identify logical fallacies. *Behavioral Interventions*, 33, 122-135. doi:10.1002/bin.1512
- Pytte, C. L., & Fienup, D. M. (2012). Using equivalence-based instruction to increase efficiency in teaching neuroanatomy. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*, 10, 125-131.
- Ray, B. A. (1969). Selective attention: The effects of combining stimuli which control incompatible behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 539-550. doi:10.1901/jeab.1969.12-539
- Saunders, R. R., Drake, K. M., & Spradlin, J. E. (1999). Equivalence class establishment, expansion, and modification in preschool children. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71, 195-214. doi:10.1901/jeab.1999.71-195
- Saunders, R. R., Wachter, J., & Spradlin, J. E. (1988). Establishing auditory stimulus control over an eight-member equivalence class via conditional discrimination procedures. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 49(1), 95-115. doi:10.1901/jeab.1988.49-95
- Sidman, M. (1971). Reading and auditory-visual equivalences. *Journal of Speech & Hearing Research*, 14(1), 5-13.
- Sidman, M. (1985). Errorless learning and its importance for the teaching of the mentally retarded. *Psicologia*, 11(3), 1-15.
- Sidman, M. (2010). Errorless learning and programmed instruction: The myth of the learning curve. *European Journal of Behavior Analysis*, 11, 167-180. doi:10.1080/15021149.2010.11434341
- Sidman, M., & Cresson, O. (1973). Reading and crossmodal transfer of stimulus equivalences in severe retardation. *American Journal of Mental Deficiency*, 77, 515-523.
- Sidman, M., & Willson-Morris, M. (1974). Testing for reading comprehension: A brief report on stimulus control. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 7, 327-332. doi:10.1901/jaba.1974.7-327
- Skinner, B. F. (1957). *Verbal behavior*. East Norwalk, CT: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1968). *The technology of teaching*. East Norwalk, CT: Appleton-Century-Crofts
- Trace, M. W., Cuvo, A. J., & Criswell, J. L. (1977). Teaching coin equivalence to the mentally retarded. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 10, 85-92. doi:10.1901/

jaba.1977.10-85
Utdanningsdirektoraret. (2013). *Læreplan i*

matematikk fellesfag (MAT1-04). Hentet fra
<https://www.udir.no/kl06/MAT1-04>

Establishing mathematical concepts in conditional discrimination training

Torunn Lian and Erik Arntzen
OsloMet – Oslo Metropolitan University

The present study investigated whether simple understanding of mathematical concepts could be demonstrated following matching-to-sample (MTS) training and test for stimulus equivalence. The stimuli involved fractions, decimals, percent and ratios. Seven participants, three girls and four boys, age eight to ten, first experienced computer administered MTS training of six baseline relations in three potential classes followed by computer administered test for emergent responding. Then, three new baseline relations, one in each potential class, were established in tabletop training, followed by computer-administered test for emergent responding. Finally, the potential classes were expanded to five members in tabletop training and followed by a computer-administered test for stimulus equivalence. Six out of seven participants demonstrated simple understanding of the mathematical concepts and also preformed correctly on a written post-test. The results indicate that equivalence procedures can be very effective in establishing simple understanding of math concepts.

Keywords: stimulus equivalence, matching-to-sample, reading in mathematics, fraction, decimal, percent, ratio

Appendix

Pre-test Post-test

Date:

Participant #

$$0,25 = \frac{\square}{\square} \text{kvart}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{\square}{\square} \%$$

$$0,75 = \frac{\square}{\square} / 4$$

$$0,50 = \frac{\square}{\square} / 2$$

$$3 : 4 = 0, \frac{\square}{\square}$$

$$0,25 = \frac{\square}{\square} / 4$$

$$\frac{3}{4} = \frac{\square}{\square} \%$$

$$0,5 = \frac{\square}{\square} \text{ halv}$$

$$50\% = \frac{\square}{\square} : 2$$

$$1 : 2 = 0, \frac{\square}{\square}$$

$$1 : 4 = 0, \frac{\square}{\square}$$

$$25\% = \frac{\square}{\square} : 4$$

$$0,75 = \frac{\square}{\square} \text{ kvart}$$

$$75\% = \frac{\square}{\square} : 4$$

$$\frac{1}{4} = \frac{\square}{\square} \%$$