



**EUREKA
Digital
11-2006**

Teorier om læring av motoriske ferdigheter

– utvikling og konsekvenser

Gunnar Mathisen
Høgskolen i Tromsø
Avdeling for lærerutdanning
Tromsø 2006

Paper til PhD-kurset
Vitenskapsteori – SVF 8000, Universitetet i Tromsø



EUREKA DIGITAL 11-2006
ISSN 0809-8360
ISBN-13: 978-82-7389-103-7
ISBN-10: 82-7389-103-8

Innhold:

Innledning.....	3
Historisk tilbakeblikk på utvikling av motoriske teorier.....	4
Kognitiv teori og motorisk læring: 'Informasjonsprosesseringsteori'.....	7
Schmidt's Skjemateori (Schema Theory)	9
Gottlieb og teorien om probabilistisk epigenese	10
Edelman og "Theory of neuronal group selection".....	11
Dynamisk Systemteori (Dynamical Systems Approaches).....	12
DSA og 'Constraints'	14
DSA og Selvorganisering	15
Motorikk og læring av ferdigheter	16
Didaktiske konsekvenser for læring av motoriske ferdigheter.....	18
Referanser:	21

Innledning

Motorisk kompetanse er viktig i mange sammenhenger, for eksempel i grunnleggende bevegelser i lek og idrett, eller som grovmotoriske og finmotoriske ferdigheter vi har bruk for i dagliglivet. Grovmotoriske ferdigheter kan være å løpe, hoppe, klatre, kaste osv., mens finmotoriske ferdigheter kan være å skrive og tegne. Formålet med denne artikkelen er å gi en oversikt over læringsteorier som omhandler læring og utvikling av motoriske ferdigheter. Det legges spesiell vekt på nyere teorier, og hvilke konsekvenser de har for læring av motoriske ferdigheter.

Motoriske ferdigheter vil si en persons evne til utførelse av ulike bevegelser, og samlet sett vil det utgjøre denne personens motoriske kompetanse. Motorisk læring defineres som et sett av prosesser knyttet til praksis og erfaring, og som fører til varige endringer i evnen til å utføre bevegelser (Schmidt & Lee, 1999). Motorisk utvikling er endringer som skjer over tid, og vi snakker i dag om en livslang læring og utvikling som defineres av Gallahue & Ozmun slik: *”Motor development is progresssive change in motor behavior throught the life cycle, brough about by interaction among the requirements of the task, the biology of the individual, and the conditions of the environment”* (Gallahue & Ozmun, 2006).

Læring av motoriske ferdigheter forutsetter en bestemt organisering av muskler og ledd slik at vi kan utføre bestemte målrettede handlinger. I denne forbindelsen bruker en begrepet koordinasjon, og defineres av Turvey (1990) som: *”the patterning of body and limb motions relative to the patterning of environmental objects and events”*. I følge Turveys definisjon vil koordinasjon både være knyttet til kroppen og leddenes bevegelse samt til bevegelsesmønsteret i forhold til omgivelsene.

Selv om det ikke er noe skarpt skille kan vi kan dele inn bevegelser i grovmotoriske bevegelser som er store bevegelser med bruk av store muskelgrupper, eller finmotoriske bevegelser som omfatter bevegelser med små muskelgrupper eksempelvis øye og håndbevegelser. Utvikling av ferdigheter kan innebære både kvalitative og kvantitative endringer av ferdigheter. Kvalitative forandringer vil si forbedringer av ferdigheter man har, mens kvantitative endringer vil bety at vi har lært nye ferdigheter.

Teorier innen motorikk kan deles inn i hierarkiske modeller som betyr en eller annen form for motoriske programmer, og ikke-hierarkiske modeller som baserer seg på en form for selvorganisering (van Hoest & van Galen, 1995). Teorier som baserer seg på kommandoer gitt av sentralnervesystemet baserer seg på minne eller motorisk program som er grunnlaget for organisering, initiering og igangsetting av handling. I motsetning til dette vil nyere teorier basere seg på det dynamiske samspillet med kroppen og nervesystemet i forhold til det ytre miljøet.

Teorier om motorikk har betydning for hvordan vi tenker i forhold til læring av ferdigheter, og spesielt vil nyere teorier gi andre perspektiver i forhold til dette. Det vil igjen ha pedagogiske konsekvenser i forhold til innlæring av ferdigheter som også er tema i denne artikkelen.

Historisk tilbakeblikk på utvikling av motoriske teorier

Dersom vi går tilbake til tidlige greske filosofer vil vi i Platons ide'-verden kunne forestille oss et "bilde" av en handlig forut for selve gjennomføringen.

William James (1890) hentydet til Platon når han slo fast at for å utføre en handling måtte personen først danne seg en forestilling eller "bilde" av handlingen (Magill, 2001).

Sir Charles Sherrington (1906) som var nevrofysiolog la gjennom sitt arbeid grunnlaget for 'refleksmodellen', som forklarer bevegelser som reflekser fra sentralnervesystemet utløst fra ytre stimuli. Gjennom ytre stimuli utløses reflekser som til sammen danner bevegelser. Refleksmodellen har fortsatt aktualitet, men kan vanskelig forklare hurtige og sammensatte bevegelser (Skard, 2000).

Karl Lashley (1917) blir i følge Magill (2001) betraktet som den første som brukte termen "Motor Program", og beskriver det som: *"He initially viewed motor programs intentions to act, but later described them as generalized schema of action which determine the sequence of specific acts. He proposed that these schema were organized to provide central control of movements patterns"* (Magill, 2001).

Gesell (1928) og McGraw (1935) studerte motorisk utvikling fra et modningsperspektiv. Utviklingen ble betraktet som modningsbestemt fra medfødte biologiske / genetiske prosesser. Forskningen deres var hovedsakelig rettet mot kognitiv utvikling, men også for forholdet mellom modning og læringsprosesser generelt. Det sentrale i deres forskning var kartlegging av en utvikling i faser. Motorisk utvikling ble betraktet som en trinnvis utvikling som var forutbestemt, selv om det kunne være individuelle forskjeller (Magill, 2001).

Modningsteoriene ble derfor deskriptiv, som beskrev utvikling i faser med bestemte milepæler som å sitte, krabbe, stå og gå. Disse milepælene ble sett på som spesifikke for arten, og ikke avhengig av miljøpåvirkninger. Perioden fra rundt 1930 til 1945 kan betraktes som *'den modningsorienterte perioden'* (*'maturational period'*) (Gallahue & Ozmun, 2006).

Miller, Galanter, and Pribram (1960) hadde en forestilling om og sammenlignet motorisk læring med et program for computer: *"the notion of a 'plan' which was 'essentially the same as a program for a computer' and was responsible for controlling the sequence of an action"* (Magill, 2001). 'Computerteori' i en eller annen form har hatt stor innflytelse på tenking rundt motorisk læring siden 1960-tallet.

Franklin Henry (Henry & Rogers, 1960) videreutviklet motor programteorien og hans hypotese var at koordinering av motoriske ferdigheter er styrt av lagrede programmer som er styrende for utførelsen, og dette blir av Magill (2001) beskrevet som: *"that the neural pattern for a specific and well-coordinated motor act is controlled by a stored program that is used to direct the neuromotor details of its performance"*. Han hevdet at når bevegelsen først var initiert ville den ikke endres: *"the program controls the exact movement details, with essentially no modifications possible during the execution of the movement"* (Magill, 2001).

Steven Keele (1968) var den første brukte kybernetiske modeller for å forklare hjernens funksjon, og som fikk stor betydning for senere forståelse. Han definerte motor program som: *"a set of muscles commands that a structured before a movement sequence begin, and that allow the entire sequence to be carried out uninfluenced by peripheral feedback"* (Magill, 2001).

Perioden fra 1945 og til rundt 1970-tallet kan betraktes som den normativ /deskriptive perioden, “*normativ/descriptive periode*” i studiet av motorisk utvikling (Gallahue & Ozmun, 2006).

Fram til rundt 1980-tallet var teorier basert på hierarkisk organisering dominerende (Schmidt & Lee, 1999), og i følge Summer nærmest enerådende på 1970- og 1980-tallet: “*The concepts imported from the disciplines of engineering and computer science, that human behaviour involves an error-nulling mechanism and is hierarchically organized, have dominated models of movement behaviour through the 1970s and 1980s*” (Summer, 2004).

Det ble lagt vekt på at kontrollen av bevegelser var hierarkisk organisert ved høyeste nivå i cortex, mellomste nivå i hjernestammen og laveste nivå i ryggmargen. Bevegelsene ble kontrollert av motoriske programmer som var lagret i sentralnervesystemet. I Schmidt’s skjemateori, som fikk stor innflytelse, legges det vekt på at hjernen disponerer generelle motoriske program som kontrollerer bevegelsene (Schmidt, 1999). Summers (2004) forklarer hvordan nivåene i ‘*motor program teorien*’ er bygget opp: “*The motor program itself became viewed as a multilevel system in which an abstract representation of the skill at the highest level is elaborated into its more specific components at lower levels*” (Summers, 2004).

Senere ble det reist kritikk mot denne modellen blant annet ved at den ikke kunne forklare selvgenererte bevegelser (Thelen, 1984), og ved at sannsynligheten av å kunne lagre alle mulige variasjoner av bevegelsesmuligheter som finnes (Bernstein, 1987). Siden 1980-tallet har studier i motorisk utvikling og læring endret fokus. Nyere forklaringsmodeller ble utviklet under betegnelsen dynamiske systemteorier (Thelen & Smith, 1994) og har grunnlag fra økologi, biologi, biomekanikk og nevrologi (Kelso, 1995, Haken, 1996). Dynamiske systemteorier forklarer bevegelser mellom ulike system i en bestemt bevegelsesmessig sammenheng, og motorisk utvikling betraktes som endringer av komplekse systemer over tid, og hvor det skjer en selvorganisering, det vil si uten spesifisering utenfra (Hopkins & Butterworth, 1997). I stedet for en normativ/beskrivende tilnærming, har vektlegging i større grad vært mot de underliggende prosesser i motorisk utvikling. Dynamisk systemteori og læring av bevegelser bygger på Bernsteins teorier (1967) og vil ikke bare prøve å gi et svar på hvordan den motoriske utviklingen går, men vil også være en forklaring på hvorfor denne utviklingen skjer.

Sentrale forskere i denne utviklingen var Kugler, Kelso, og Turvey (1980) som formulerte teoretiske rammer for kontroll og utvikling av motorisk utvikling og læring. Andre sentrale forskere i retningen som har ført til formuleringen av dynamisk systemteori ved motorisk utvikling og lagt føringer for senere forskning er Ester Thelen og hennes kolleger.

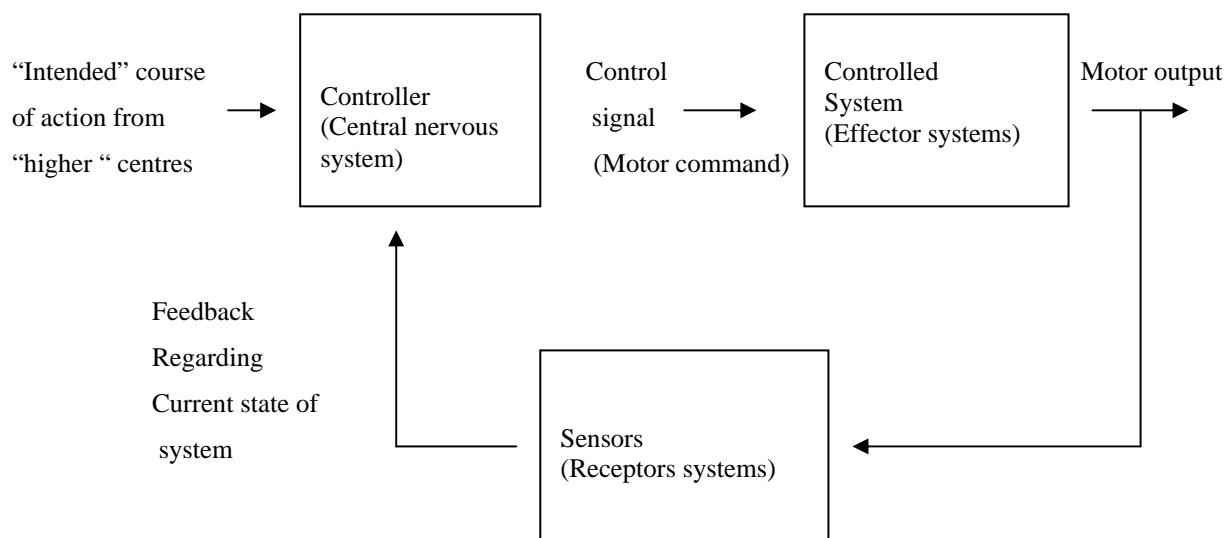
Gallahue & Ozmun (2006) betrakter perioden fra 1980-tallet og fram til i dag som '*den prosessorienterte perioden*'. Gjennom forskningen i denne perioden er man blitt mer opptatt av bakenforliggende prosesser, og ikke kun på resultatet av handlingen.

Kognitiv teori og motorisk læring: 'Informasjonsprosesserings-teori'

Steven Keeles (1968) kybernetiske modeller for å forklare hjernens funksjon og Adams "closed loop" teori (1971) var modellene som fikk stor innflytelse på tenkingen rundt læring av motorikk fra rundt 1970-tallet og helt fram til i dag. I følge Magill forklares det hvordan bevegelser kan kontrolleres og justeres ved å sammenligne lagret bevegelseserfaring med den nye utførte bevegelsen slik gjennom "closed loop" system: "*a system of control in which during the course of an action feedback is compared against a standard or reference to enable an action to be carried out as planned*" (Magill, 2001).

Denne modellen som også betegnes som informasjonsprosesserings-teori ('computerteori') anvendt på læring av menneskelige bevegelser kan tenkes forklart ved sensoriske påvirkning på sanseorganene, via nervebaner til hjernen som persepsjon. Hjernen ble sett på som et organ for informasjonsprosesserings-teori etter modell fra datateknologi.

En tenkte seg en hierarkisk oppbygging med hjernen som det høyeste nivået, så hjernestammen og til slutt ryggmargen som det laveste nivået. I hjernen blir informasjonen bearbeidet, og ut fra tidligere erfaring blir en handling valgt, og iverksatt via efferent nerveutløpere til muskulaturen. Ved handlingen vil nye sensoriske signaler genereres og gi tilbakemelding og sammenligne med resultatet av handlingen og vil så korrigeres som en følge av dette som i Adams 'closed loop'-modell.



Figur 1. Adams closed loop modell (etter Kelso, 1982)

Dette perspektivet var påvirket av behaviorismen med stimuli og respons som grunnlaget for adferd. Det sentrale i teorien er at variasjoner i handlinger gjør seleksjon gjennom forsterking mulig. Slik vil det også være i forhold til vår tilpasning til miljøet, og gjennom dette hvordan vi tilpasser oss miljøet slik Skinner (1938) uttrykker det: *"the environment builds the basic repertoire with which we keep our balance, walk, play games, handle instruments and tools"* (Ingvaldsen & Loftesnes, 2004).

Grunnlaget for teorien er at enkelte varianter blir forsterket med gjentagelser mens andre blir sjeldnere gjentatt. En måte å utføre en bevegelsesoppgave viser seg å være mer gunstig og blir derfor gjentatt, mens en mindre effektiv måte blir forkastet. Adferden som gjentas ofte blir innarbeidet ved mange repetisjoner (Haywood, 1993). Motoriske ferdigheter stiller krav til å utvikle gunstige bevegelsesløsninger, og dette kan oppnås med mange gjentagelser av en bevegelse som viser seg å være effektiv i forhold til en bestemt måloppnåelse.

Kritikk av den hierarkiske modellen var som nevnt tidligere lagringskapasitet, men også hvordan en kan skape nye bevegelser (Newell, 1986). Som et svar på disse begrensningene kom Schmidt (1975) med en ny teori, skjemateori, med generelle skjema eller regler for ett sett bevegelser, men ikke spesielle bevegelseskommandoer for alle mulige bevegelser.

Schmidt's Skjemateori (Schema Theory)

Richard Schmidt er den som har hatt størst betydning i forhold til forståelsen av motor program-teori, og hans hypotese om et generell motorisk program som koordinerer bevegelser har siden 1970-tallet vært en sentral forklaringsmodell i forståelsen av bevegelseskoordinasjon (Schmidt, 1975).

Schmidt antok *“that a generalized motor program controls a class of actions, rather than a specific movement or sequence”*. På grunn av det generelle motoriske programmet var det i følge Schmidt ikke nødvendig å lagre alle mulige bevegelser, men bare grupper av bevegelser. Han definerte en gruppe av handlinger som *“a set of different actions having a common but unique set of features. These features called invariant features are the “signature” of a generalized motor program, and form a basis of what is stored in a memory”*.

Schmidt brukte skjema til å beskrive to kontroll- komponenter involvert i læringen og kontrollen av ferdigheter (Schmidt, 1975). Et skjema er en 'regel' eller et sett av regler som tjener som grunnlag for en avgjørelse. I følge Magill (2001) er skjema: *“a rule or set of rules that serves to provide the basis for a decision, an abstract representation of rules governing movement”*. Skjema er utviklet ved abstrahering av viktige deler av informasjon fra relaterte erfaringer og kombinerer dem til en type av regler. Det første av det generaliserte motoriske programmet er kontrollmekanismen som er ansvarlig for de forskjellige handlingsmønstre, som kasting, sparking, gå og løpe. Den andre komponenten er 'motor respons skjema', som er ansvarlig for forsyning av spesifikke regler til det generaliserte motoriske programmet. For å gjennomføre et bestemt bevegelsesmønster må personen finne igjen det egnete minneprogrammet forut for handlingen.

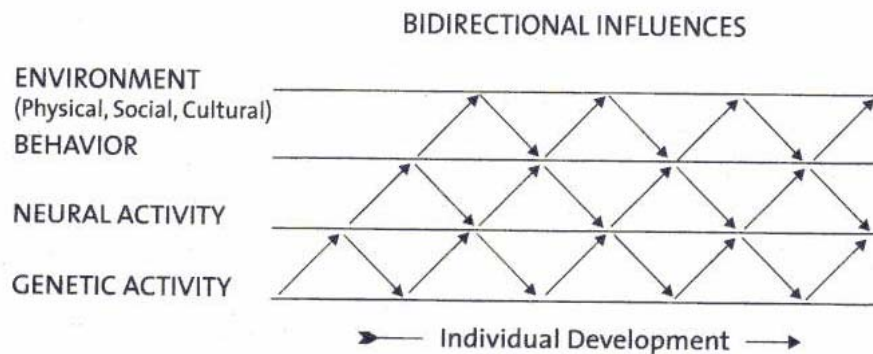
Skjemateorien forklarer hvordan en persons kan utføre en ferdighet som krever bevegelser som ikke er laget på samme måte tidligere. Det er mulig fordi personen kan bruke 'regler' fra motor respons skjema til å utvikle hensiktsmessige parametre, og personen legger disse til det generelle motor programmet for å utføre handlingen (Magill, 2001). Det generaliserte motor programmet og minneskjemaet arbeider sammen for å frembringe og å igangsette handlingen i en gitt situasjon. Handlingen initierer en 'open-loop' kontroll prosess, men som straks etter at denne er initiert kan feedback influere på bevegelsesløsningen dersom det er tilstrekkelig tid til å behandle feedback og endre bevegelsen.

Gottlieb og teorien om probabilistisk epigenese

Med epigenese menes at hvert stadium i utviklingen bygger på tidligere stadier (Thelen & Smith, 1994). I følge Sigmundsson & Pedersen deler en gjerne teorien i to retninger: predeterministisk og probabilistisk (Sigmundsson & Pedersen, 2000).

Predeterministisk vil si at utviklingen er forutbestemt ved at strukturen styrer funksjonen, det vil si at genene danner grunnlaget for modning av nervesystemet. Teoriene betegnes som modningsteorier, og beskriver den motoriske utviklingen i motoriske 'milepæler' som å sitte, krabbe, stå og gå. Modningsteorier ble blant annet kritisert av Connolly (1970), og han hevdet av utvikling skjer i samspill mellom arv og miljø, og ikke som modning.

Gottlieb kom med teorien om probabilistisk epigenese i 1970. Probabilistisk vil si en toveis påvirkning mellom struktur og funksjon, det vil si en påvirkning mellom genetisk aktivitet, strukturell modning og funksjon. Samtidig med at denne teorien utfordret de gjeldende teoriene innen embryologien, ble et økologisk perspektiv med vekt på miljøet betydning mer vektlagt. Senere har forskning vist at genetisk aktivitet kan påvirkes av eksterne faktorer i miljøet (Gottlieb, 1997, 1998). Gottlieb beskriver hvordan det skjer en påvirkning mellom genetisk aktivitet, strukturell modning og funksjon, det vil si aktivitet og erfaring påvirker den genetiske aktiviteten og strukturelle modningen (Gottlieb, 1998). Dette illustreres i figur 2, som viser hvordan genetisk aktivitet, neural aktivitet, adferd og omgivelser virker i en interaksjon, og som viser at genetisk aktivitet kan påvirkes gjennom respons fra de andre trinnene.



Figur 2 Probabilistisk epigenese (etter Gottlieb, 1997)

Edelman og "Theory of neuronal group selection".

Edelman fikk Nobelprisen i medisin i 1972 for sin forskning på sin seleksjonsteori for å forklare hvordan immunsystemet virker. Han har senere prøvd å forklare hvordan modellen kan brukes til i forståelsen ved utvikling av nervesystemet. Gjennom Darwin's teorier om seleksjon forklares nervesystemets utvikling (Edelman, 1992). I teorien vektlegges at nervesystemet er komplekst med mange ulike variasjonsmuligheter. Variasjonsmulighetene gir muligheter for seleksjon ut fra erfaring slik at vi vil styrke de nerveforbindelsene som brukes, og svekke de som ikke brukes. Edelman forklarer hvordan koblinger i mellom nerveforbindelser forsterkes som en følge av gjentatte bevegelser, mens koblinger som ikke brukes svekkes. I forhold til læring av bevegelser vil det bety at atferd som oppfattes som positivt gjentas og styrker de nervebanene som brukes, mens de andre svekkes. Det innebærer at en i størst mulig grad bør øve spesifikt på de bevegelsesmønstre (teknikker) som en ønsker å forbedre (Sigmundsson & Haga, 2004).

Edelman (1992) beskriver hva som skjer i nervesystemet ved motorisk læring ved at nerveceller som brukes styrkes, mens nerveceller som ikke er i bruk svekkes. Trening styrker de nerveforbindelsene som benyttes, og stimuli og trening blir dermed grunnlaget for

utvikling. Edelmans teori støtter perspektivet om spesifikk trening. Med spesifikk trening menes at hver enkelt ferdighet er spesifikk og bør trenes spesifikt (Sigmundsson & Haga, 2004).

Denne teorien forutsetter at det ikke er en motorisk evne, men at det er mange motoriske evner, og at disse er uavhengige av hverandre (Magill, 1993). Selv for ferdigheter som burde ligge nær hverandre som ulike statiske og dynamiske balanseegenskaper fant Drowatzky og Zuccato (1967) liten korrelasjon. Derfor er det mulig å snakke om ulike former for balanse som spesifikke egenskaper. Revie og Larkin har i sin teori om "task-specific training" argumentert for at alle bevegelser er avhengige av en rekke systemer som må koordineres i forhold til hverandre, og at de har lite overføringsverdi til andre oppgaver (Revie og Larkin, 1993). Dette understøttes av Huys et al (2004) som uttrykker dette slik: "*When performing perceptual-motor tasks, a variety of heterogenous subsystems are assembled, and movements constructed as distinct functional coordination patterns become assembled in a task-specific global organization*" (Huys et al, 2004).

Dynamisk Systemteori (Dynamical Systems Approaches)

Gjennom "*Dynamic Systems Approach to the development of cognition and action*" (Thelen og Smith, 1994), ble teorien som vi på norsk betegner som "dynamisk systemteori" introdusert. Sentralt var forskningen til Kugler, Kelso og Turvey (1982), og bidro sterkt til en ny og prosessorinert forskningsretning og bort fra informasjonsteoretisk forståelse. Arbeidet til Thelen & Smidt (1994) viderefører dette i forholdet til læring av motorisk utvikling gjennom dynamisk systemteori. Gjennom dette perspektivet på motorikk læring beskriver man ikke bare hvordan utvikling skjer, men man lager også en forklaringsmodell på de bakenforliggende årsaker, altså hvorfor utviklingen skjer.

Grunnlaget for denne teorien finner vi i Bernstein (1967). Bernstein var en russisk fysiolog, og hans arbeider som omhandler problemet med frihetsgrader, '*the degrees of freedom problem*', og har senere dannet et viktig bidrag i studier av motorisk læring. Med frihetsgrader menes muskel-leddsystemet bevegelsesmuligheter. '*The degrees of freedom*' dreier seg om hvordan det er mulig å koordinere alle mulige bevegelsesløsninger som det menneskelige system består av når vi tar i betraktning kompleksiteten i kroppens oppbygning

med muskler, ledd og nervesystem. Menneskekroppen kan betraktes som et system med rundt 800 muskler som kan utvikle spenning i forskjellig grad, og som virker over rundt 100 ledd. Dette systemet gir mange frihetsgrader og bevegelsesmuligheter. Mange frihetsgrader betyr at det blir vanskeligere å koordinere bevegelsen. Bernsteins løsning var at bevegelser organiseres i 'synergier' eller enheter som består av muskelgrupper som koordinative strukturer. Kugler refererer til Bernstein, og forklarer hvordan koordinative strukturer dannes ved å fryse antall frihetsgrader: "*Bernstein highlighted two key problems for the scientific study of the acquisition of perceptual-motor skills: the formation of coordinative structures and the promotion of flexibility, adaptivity and resourcefulness of coordinative structures. He speculated that learning entails a process of initially 'freezing out' degrees of freedom that are subsequently harnessed to form a coordinative structure*" (Kugler et al., 1980).

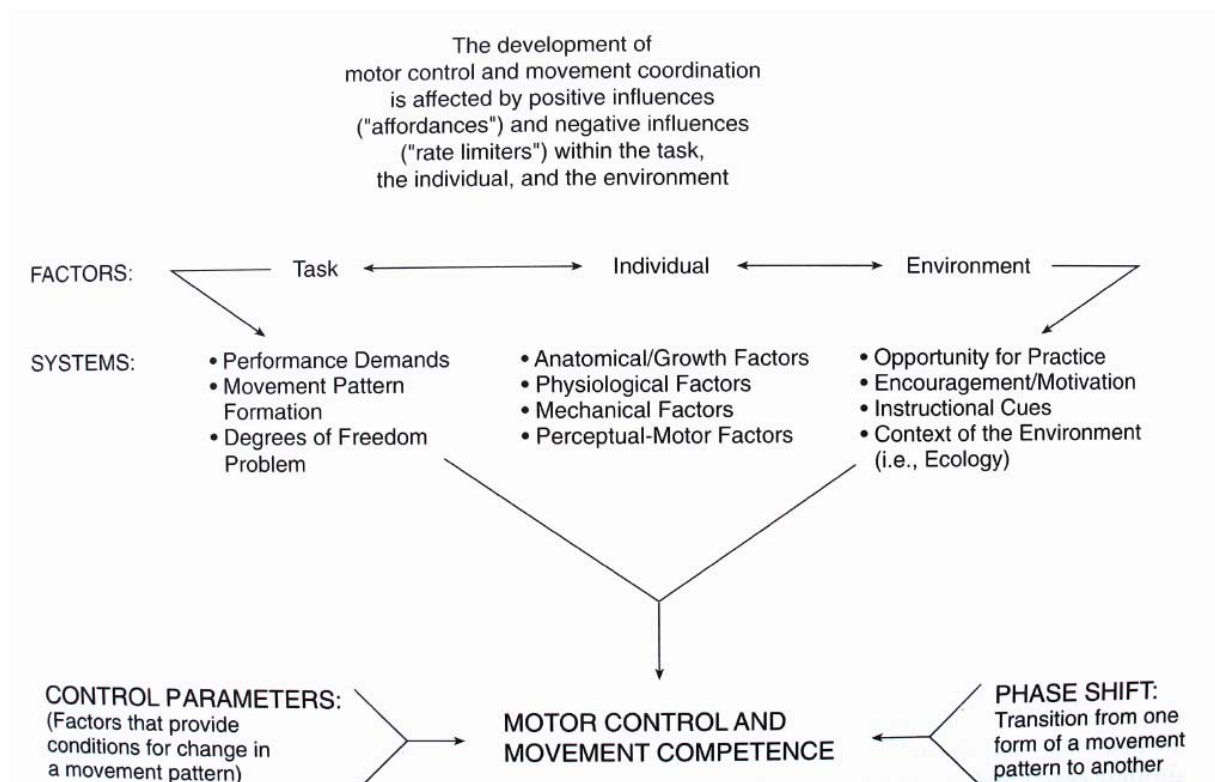
Disse koordinative strukturene er av Kugler, Kelso og Turvey (1982) definert som "*a group of muscles often spanning a number of joints that is constrained to act as a single functional unit*". I stedet for å kontrollere et høyt antall muskler reduseres kontrollen til et mindre antall koordinative strukturer beskrevet av Vereijken som: "*Co-ordination came to be known as the way in which the degrees of freedom become constrained into temporary co-ordinative structures so that only a few 'free' variables remain. Control is the manipulation of these 'free' variables, whereas skill refers to the assignment of the proficient values to the controlled variables. In other words, co-ordination refers to the process of organising the body components into a controllable structure, control to the process of manipulating this structure, and skill to its proficient control*" (Vereijken, 1999).

I henhold til dynamisk systemteori vil vi ha tilgang til nok informasjon uten ytterligere bearbeidelse (Gibson, 1979). Det vil bety at persepsjon og handling henger nøye sammen, og fokuset blir dermed flyttet til hva som blir perseptert og ikke hvordan. Oppgaven blir å oppdage informasjonen som er tilgjengelig, og ikke bearbeidelse. Som en konsekvens av teorien vil det dermed være en sterk kobling mellom person og miljøet via persepsjon, og at informasjonstilgangen har stor innflytelse på den valgte bevegelsesløsningen. Teorien vektlegger interaksjon mellom person, miljø og oppgave, og med dette perspektivet vil fokusering på oppgaven innebære en utvidelse i forhold til oppfatningen av motorisk utvikling.

DSA og 'Constraints'

'Constraints' vil kunne oversettes til begrensninger, men det vil være en noe snever tolking og kan like gjerne oppfattes som muligheter, og disse kan være både i organismen, i omgivelsene og ved oppgaven (Newell, 1986). En hensiktsmessig bevegelsesløsning kommer som et resultat av interaksjon mellom betingelser ('constraints') i organismen, i omgivelsene eller ved oppgaven som skal løses (Newell, 1986). Det som er avgjørende for resultatet er hvilken evne individet har til å tilpasse bevegelsesløsningen til 'constraints' i organismen, i omgivelsene og i forhold til den oppgaven som skal løses slik som vidt i figur 3.

Thelen (1994) har studert barn under utvikling med utgangspunkt i dynamiske systemer og hvor utviklingen er selvorganisert innenfor gitte rammer. "Constraints" sier noe om hvilke faktorer som virker inn på menneskelige bevegelser, men ikke hvordan. Constraints i forhold til kroppen som system kan være størrelse, muskelmasse, tyngde, leddutslag etc. Størrelse og tyngde kan være forskjellig, men forholdene i kroppsproporsjoner er relativt likt, og dermed vil barn på samme alderstrinn få en bevegelsesutvikling som er relativt lik (Sigmundsson & Pedersen, 2000).



Figur 3. Utvikling fra dynamisk systemteori - perspektiv (Gallahue & Ozmun, 2006).

DSA og Selvorganisering

Ett sentralt aspekt ved dynamiske systemteorier er selvorganisering som er et vanlig fenomen innen fysiske og kjemiske prosesser. Selvorganisering vil si at systemet organiserer seg selv uten spesifisering utenfra (Hopkins & Butterworth, 1997). I motsetning til hierarkiske modeller sier teorien om dynamiske systemer at det ikke er en enkel styringsstruktur, men at bevegelser dannes på bakgrunn av komplekse systemer. Disse systemene består her av kroppen og omgivelsene. En kan også se på kroppen som et system og slik forklare bevegelser som motorisk selvorganisering. Selvorganisering betyr imidlertid ikke tilfeldig organisering, eller at vi kan se bort fra sentralnervesystemets funksjon, men bevegelsene oppstår som følge av 'constraints', det vil si de begrensninger og muligheter som ligger innenfor kroppens system, og kroppen i forhold til omgivelsene (Whiting, 1996).

Bevegelsesløsningen kommer som et svar på interaktive prosesser i systemet i stedet for forhåndsprogrammerte bevegelser. Nye bevegelsesmønstre oppstår som en følge av endringer som skjer i 'constraints' (Kugler, Kelso & Turvey, 1982) på tilsvarende måte som i fysiske systemer.

Stabilitet kan være viktig for å utføre en oppgave med lavt energiforbruk, mens ustabilitet kan være viktig for å skifte til et annet koordinasjonsmønster. Dette kan vi for eksempel se i forhold til hvordan en hest vil endre sitt løpesett fra trav til galopp når kravene i omgivelsene endres til større hastighet. Dette betegnes som 'phase shift', og ved en bestemt hastighet vil trav være et stabilt løpesett, men ved kravet om større hastighet vil dette mønsteret brytes av et annet mønster som vil foretrekkes. På tilsvarende måte vil hesten endre sitt bevegelsesmønster fra gange til trav. Det bevegelsesmønsteret som foretrekkes er ofte referert til som en 'attraktor', og viser seg også å være mest hensiktsmessig i forhold til bevegelsesøkonomi (Vereijken, 1999).

Hvis en gradvis skal øke hastigheten ved gange vil en komme til et punkt hvor det er mer hensiktsmessig å løpe. Ved løping vil en blant annet utnytte elastiske komponenter i kroppen bedre, og det gir et lavere energiforbruk. Overgangen fra gange til løp skjer i følge dynamisk systemteori ved selvorganisering på grunn av endrede krav i betingelser (constraints), i dette

tilfelle kravet til større hastighet. I henhold til Magill (2001) vil vi ved selvorganisering i overgangen fra gang til løp gå over i et koordinasjonsmønster som er mer stabil 'attraktor': *"The walk-to-gait transition involves a competition between two attractors. At slow speeds, the primary attractor state is a walking coordination pattern. But, as walking speed increase, there is a certain range of speeds at which this attractor state loses stability, which means that for this range of speeds, the walking pattern undergoes some change as a running coordination pattern self-organizes and eventually becomes the stable attractor state for gait at a certain speed"*.

Et viktig perspektiv er at selvorganiseringen ikke er en tilfeldig prosess, men at den skjer ut fra gitte betingelser eller rammer som virker inn i forhold til bevegelsesløsningen.

Motorikk og læring av ferdigheter

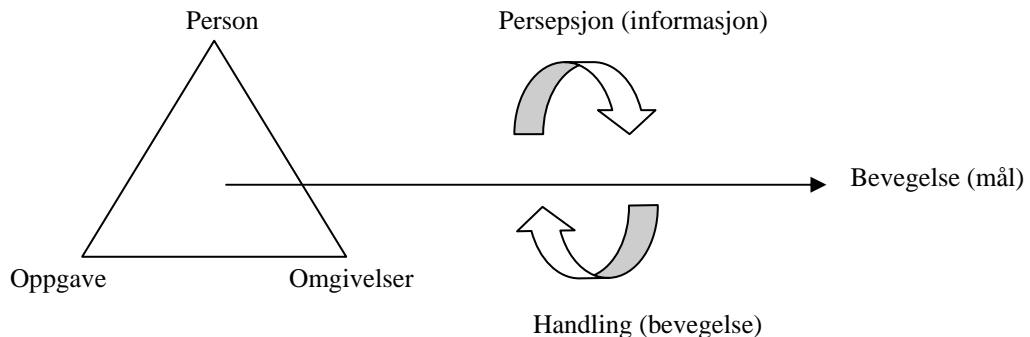
Kybernetiske modeller kan knyttes motoriske ferdigheter og hvordan lære ferdighetene. Her har Adams 'closed loop'-modell vært en forklaringsmodell på hvordan dette kan reguleres gjennom informasjon som blir behandlet i hjernen (se figur 1), og hvor utgangspunktet for dette har vært at læring av bevegelser er en kognitiv aktivitet hvor feedback utenfra er avgjørende for korrigerende og tilpasning til hjernen (Newell, 1991). Ut fra denne teorien vil motorisk læring dreie seg om å forbedre strategier for prosessering av informasjon samt øke prosesseringskapasitet.

Den kybernetiske modellen for læring av ferdigheter står i direkte motsetning til dynamisk systemteori. I følge Gibson (1979) er informasjon fra omgivelsene spesifiserende og inneholder nok informasjon uten kognitiv behandling, og det avgjørende er hvilken informasjon som blir tatt opp fra miljøet. Persepsjon og handling henger nøye sammen, og informasjonen vil alltid være tilgjengelig fra omgivelsene. Oppgaven blir dermed å "oppdage" informasjon, og ikke nødvendigvis bearbeide den (se figur 4). I henhold til Gibson vil dermed en direkte kobling mellom persepsjon og omgivelser ha større betydning en tidligere antatt.

Læring av motoriske ferdigheter ved dynamisk systemteori fokuserer på organismen som et helhetlig funksjonelt system. Organismen blir ut fra dette sett på som en problemløser i

kontinuerlig samspill med omgivelsene, og bevegelsesløsningen kommer som et resultat av en ikke-hierarkisk selvorganisering av systemet. Variabilitet i systemet gjør stor fleksibilitet og adaptabilitet, og dette setter organismen i stand til å justere bevegelsesløsningen. Vi lærer ved at vi repeterer bevegelsen, men hvor den neste bevegelsen ikke er helt lik (Lee, 1991), og ved øving vil vi prøve å finne bedre bevegelsesløsninger. Vi kan si at nye bevegelsesmønstre erstattes av tidligere (Lee m.fl., 1993, Kelso, 1995).

Ut fra dynamiske systemteorier vil omgivelser i form av bevegelsesmiljøet ha en avgjørende innflytelse i læreprosessen, og ved å fokusere på funksjon og hensikt lærer vi ferdigheter som er tilpasset hver enkelt ut fra kognitive, anatomiske, fysiologiske og mekaniske forhold, samt de ytre betingelsene. Tilsvarende argumentasjon finner vi hos Nitch (1994), som vektlegger at ytre betingelser påvirker bevegelsesløsningen, og erfaringsbakgrunn og hensikt er sammen med emosjonell tilstand avgjørende for hvordan individet handler i en bestemt situasjon.



Figur 4. Læring etter dynamisk systemteorimodell

Hver nye ferdighet som utvikles er et resultat av ulike typer 'constraints' som for eksempel sentralnervesystemets modning, muligheter for bevegelse i kroppen, miljømessig støtte for å utføre ferdigheten, og oppgaven individet har i tankene. Ved stor forandring i en av disse 'constraints' i systemet, vil systemet bli ustabil, mer mottakelig for forandring og nye bevegelsesmønstre oppstår. Betydningen av ulike typer 'constraints' er mest tydelig når

enkelte forandrer seg så mye at kroppen som helhetlig system kommer i ubalanse før den greier å tilpasse seg de nye kravene ved for eksempel spedbarnsalder og i puberteten (Sigmundsson & Pedersen, 2000).

I henhold til Bernsteins teorier vil læring av bevegelser som tidligere redegjort for skje ved å redusere antall frihetsgrader eller som et resultat av handlingsbegrensing. I læringsprosessen kam dette tenkes ved at en kontrollerer det store antallet av frihetsgrader gjennom tre forskjellige stadier ved:

- 1) å 'fryse' ut noen frihetsgrader ved å stabilisere ulike kroppsdelene, og "koble" sammen flere deler etter hvert
- 2) etter hvert løse opp koblingene og ordne en spesifikk koordinasjonsstruktur som er spesifikk i forhold til ferdigheten
- 3) å utvikle ferdigheten videre ved å utnytte reaktive krefter som finnes i omgivelsene.

Eksempel på læring av ferdigheter på ski:

For en nybegynner på ski vil det første stadiet innebære at en prøver å fryse ut frihetsgrader som en ikke trenger for å kunne styre bevegelsene mer kontrollert. Det som er karakteristisk for denne måten å gå på er stive og lite dynamiske bevegelser med lite rotasjon i ryggen, og glifasen er kort eller finnes ikke.

I det andre stadiet vil en gradvis løse opp frihetsgrader, bevegelsene blir ledigere og vi får et bedre fraspark og glifase.

I det tredje stadiet vil en kunne utnytte detaljer i terrenget for å øke farten eller for eksempel skyte fart gjennom en sving ved skøytetak og utnytte kraften i skyvet.

Didaktiske konsekvenser for læring av motoriske ferdigheter

Vi kan dele inn læring etter to didaktiske forskjellige prinsipper: Oppdagende læring ('discovery learning') eller eksplisitt læring ('explicit learning'). Metodene er kjent som deduktiv metode (instruksjonsmetode) eller induktiv metode (problemløsningsmetode).

Deduktiv metode betegnes gjerne som instruksjonsmetoden, og bygger på at du som lærer forklarer eller viser et øvingsbilde, og at elever prøver ut og får tilbakemelding fra lærer. Denne metoden kan knyttes opp mot Adams "closed-loop"-system som forklaringsmodell, og metoden har vist seg å kunne føre til rask fremgang ved feedback i forhold til målet. Læring av motoriske ferdigheter og teknikker ut fra denne modellen er gjerne knyttet til faste bevegelsesmønstre/teknikker, og den deduktive metoden har hatt stor innflytelse i forhold til innlæring av ferdigheter i skole og idrett. Summers uttrykker hvordan respons og retting av feil var sentral i læreprosessen: *"Adams' theory emphasized the role of response-produced feedback and knowledge of results in the detection and correction of errors, a capability that was seen as central to the learning process"* (Summers, 2004).

Ved oppdagende læring "Discovery learning" som metode skal eleven selv oppdage en optimal bevegelsesløsning basert på indre feedback. Ved mange gjentakelser øker sannsynligheten for at bestemte bevegelsesløsninger velges. Læring av bevegelser kommer som følge av endring av 'constraints' innad i nervesystemet.

Feedback er den tilbakemelding som et individ får ved gjennomføring av bevegelsesløsninger og vi kan vi dele den i indre og ytre feedback. Indre feedback er forbundet med den informasjon som vi får via sanseapparatet (det visuelle, det auditive eller det kinestetiske). Ytre feedback er gjerne forbundet med den informasjon personen får fra trener/ lærer som instruksjon eller bruk av for eksempel video. 'Augmented feedback' som kan uttrykkes som forsterking av feedback vil komme i tillegg til den indre feedback, ved proprioceptiv og visuell tilbakemelding som følger av bevegelsesløsningen som utføres (Magill, 2001).

Skard (2000) viser til Lee som hevder at utøvere som har mottatt lite ytre feedback ved innlæring av teknikker, som regel presterer bedre i situasjoner der ytre feedback mangler. Dette understøttes av Siedentop (2004) som hevder at en ytterligere tilbakemelding fra lærer der vi allerede får nok feedback vil kunne bidra til å svekke eller hindre læring (Siedentop, 2002). Oppdagende læring (discovery learning) kan være mer effektivt i enkelte situasjoner, og fremme læring bedre enn tradisjonell instruksjonsmetode.

Lærerens rolle ved læring av motorisk ferdigheter i et dynamisk systemperspektiv blir å legge til rette for et læringsmiljø som utfordrer elever i forhold til hensiktsmessige

bevegelesløsninger, og gir individuelle oppgaver ut fra den enkeltes ferdighetsnivå. Ved å legge til rette for gode læringssituasjoner og oppgaver kan en ledes inn i riktige bevegelsesbaner. Bevegelsesløsningen vil ikke styres gjennom et bestemt motorisk program i hjernen, men skje gjennom selvorganisering ved "constraints", det vil si betingelser i omgivelsene og oppgavens krav (Vereijken, 1999). Ut fra dette vil utfordringen i læresituasjonen være å manipulere med oppgaven (task constraints), slik at vi kan nå den ønskede bevegelsesløsningen.

I artikkelen har det vært redegjort for sentrale teorier i forhold til læring av motoriske ferdigheter og hvilke følger det kan ha i forhold til metoder ved læring av motoriske ferdigheter. I en slik læreprosess er selvsagt andre faktorer sentrale som motivasjon, og utvikling i et helhetlig perspektiv med kognitive, emosjonelle og sosiale forhold avgjørende for en god og meningsfull læring. Flere av disse aspektene ved læring har ikke vært tema i denne artikkelen.

Referanser:

- Adams, J.A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behaviour*, 3, 111-150
- Bernstein, N.A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon
- Drowatzky, J.N. & Zuccato, F.C. (1967). Interrelationships between selected measures of static and dynamic balance. *Research Quarterly*, 38, 509-510
- Connoly, K. J. (1970). Skill development: Problems and plans. I: K.J. Connoly (Red.), *Mechanisms of motor skill development*. London: Academic Press
- Edelman, G.M. (1987). *Neural Darwinism*. New York: Basic Books
- Edelman, G. (1992). *Bright air, brilliant fire: On the matter of the mind*. Harmondsworth: Penguin.
- Gallahue, D.L. & Ozmun, J.C. (2006). *Understanding Motor Development*. McGraw-Hill
- Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Gottlieb, G. (1998). Normal occurring environmental and behaviour influences on gene activity: from central dogma to probabilistic epigenesis. *Psychological Review*, 105: 792-802
- Haken, H. (1996). *Principles of brain functioning. A synergetic approach to brain activity, behavior and cognition*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag
- Haywood, K.M. (1993). *Life span motor development*. Champaign, Human Kinetics.
- Hopkins, B. & Butterworth, G. (1997). Dynamic systems approaches to the development of action. *Infant development: Recent advances*. East Sussex: Psychology Press
- Huys, R., Daffertshofer, A., Beek, P. (2004). The evolution of coordination during skill acquisition. I: A. Mark Williams and N.J. Hodges (Eds.) *Skill acquisition in Sport. Research, theory and practice* (351-373).
- Ingvaldsen, R.P. & Loftesnes, J.M. (2004). Motorisk læring – når det butter i mot. I: Sigmundsson & Haga (red.) *Motorikk og Samfunn* (65-87), Sebu forlag
- Kelso, J.A.S. (1995). *Dynamic Patterns*. MIT Press
- Kugler, P.N., Kelso, J.A.S., & Turvey, M.T. (1982). On the control and co-ordination of naturally developing systems. I: J.A.S. Kelso & J.E. Clark (Red.), *The development of movement control and co-ordination*. New York: Wiley, s. 5-78
- Lee, A.M., Keh, N.C., & Magill, R.A. (1993). Instructional effects of teacher feedback in physical education. *Journal of Teaching in Physical Education*, 12, 228-243.
- McGraw, M.B. (1935). *The neuromuscular maturation of the human infant*. New York: Columbia University Press.
- Magill, R. (2001). *Motor learning: concepts and applications*. McGraw-Hill

- Newell, K.M. (1986). Constraints on the development of coordination. I: M.Wade and H.T.A. Whiting (Eds), *Motor development in children: aspects of coordination and control* (341-360). Dordrecht: Martinus
- Newell, K.M. (1991). Motor skill acquisition. *Annual Review of Psychology*, 42, 213-237
- Revie, G & Larkin, D. (1993). Task-specific intervention with children reduces movement problems. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 10, 29-41
- Nitch, J.R. (1994). The Organization of Motor Behaviour: An Action-Theoretical Perspective. I Nitch, J.R. & Sailer, R (red.): *Movement and Sport: Psychological foundations and effects*. Vol2. Sankt Augustin: Academica; 3-21
- Sidentop, D. (2002). Ecological Perspectives in Teaching Research. *Journal of Teaching in Physical Education*, 2002/21: 427-440. Human Kinetics
- Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260
- Schmidt, R.A., & Lee, T.D. (1999). *Motor Control & Learning – A Behavioural Emphasis*. Champaign Illinois, Human Kinetics Publishers.
- Sigmundsson, H. & Pedersen, A. (2000). Nyere perspektiver på motorisk læring. Sebu forlag
- Sigmundsson, H & Pedersen, A. (2000). Motorisk utvikling. Nyere perspektiver på barns motorikk. Sebu Forlag
- Sigmundsson, H & Haga, M. (2004). Motorikk og samfunn. Sebu forlag
- Skard, H. (2000). Pedagogisk metode for læring av bevegelser. Doktorgradsarbeid. Pedagogisk institutt, Universitetet i Oslo
- Thelen, E., & Smith, L.B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, Mass.: MIT Press
- Thelen, E, & Fisher, D.M., & Rikley-Johnsen, R. (1984). The relationship between physical growth and newborn reflex. *Infant behaviour and Development*, 7, 479-493.
- Turvey, M.T. (1990). Coordination. *American Psychologist*, 45 (8), 938-953
- Van Soest, A.J., & van Galen, G.P. (1995). Coordination of multi-joint movements: An introduction to emerging views. *Human Movement Science*, 13, 938-953
- Vereijken, B., van Emmeric, R.E.A., Whiting, H.T.A., and Newell, K.M (1992a). Free(z)ing degree of freedom in skill acquisition. *Journal of Motor Behaviour*, 24, 133-142
- Vereijken, B., Whiting, H.T.A & Beek, W.J. (1992b) A dynamical system approach towards skill acquisition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45A, 324-244