DYNAMICKÝ SYSTÉM V ŘÍZENÍ POHYBU A MOTORICKÉM VÝVOJI

Ivan Vařeka

Nihil est in intellectu, quod non sit prius in sensu

Nic není v mysli, co dříve nebylo ve smyslech

(Tomáš Akvinský, De veritate II.3)

KLASICKÝ POHLED NA ONTOGENEZI MOTORIKY

- dítě standardně prochází přes určité milníky
- motorické dovednosti se objevují v závislosti na vyzrávání mozku
- primárně jde o geneticky daný proces, stejný u všech dětí
- zkušenost (učení) je až druhotná
- vzory a sekvence pohybů se objevují v zákonité posloupnosti
- změny chování přímo odrážejí změny v mozku
- kortikální kontrola nižších etáží (potlačení reflexů)
- tento pohled je etablován v učebnicích jako evangelium či doktrína
- důraz na testy a věkové normy
- tento model jako první zpochybnil Bernstein (dle Thelen, 1995)

ZDOJE NOVÝCH NÁZORŮ

1) **Bernstein (30.-60. léta)**
2) **rozvinutí Bernsteinovy teorie na bázi fyzikálních a matematických systémů (Kugler, Kelso, Turvey – 80. léta)**
3) **ekologické teorie vnímání a jeho vývoje (Gibson – 70.-80. léta)**
4) **další poznání neurofyziologie a biomechaniky dítěte**
5) **nové teorie a poznatky o organizaci a plasticitě mozku a jeho vývoji**

Dialektické zákony (Hegel)

1) **Zákon přechodu kvality v kvantitu (princip vývoje)**

2) **Zákon prolínání protikladů („jednota a boj protikladů“, resp. dialektický rozpor jako hybná síla myšlení)**

3) **Zákon negace negace („vývoj po spirále“)**

BERNSTEINŮV PŘÍNOS (dle Thelen)

- explicitně definoval pohyb s důrazem na koordinaci ve smyslu interakce mnoha částí těla a procesu (ne cíle!) k vytvoření společného výstupu
- definoval problém DOF
- zamítnul lineární vztah mezi pokynem CNS a pohybovým výstupem
- daný pohyb může být výsledkem různých vzorů svalové kontrakce a naopak stejný vzorec svalové kontrakce nevyvolá vždy tentýž pohyb
- na pohyb segmentů těla mají vliv setrvačné síly a působí na ně gravitace (např. upažení bez/s máváním ruky v zápěstí)
- pohyb je plánován jen velmi abstraktně, nelze dopředu „vypočítat“ všechny reakční, setrvačné, elastické a další vnitřní a vnější síly a změny momentů sil
- význam fyzikálních vlastností pohybového systému (např. elasticita svalů a vaziva) a vlivu zevního prostředí (např. pružina modelující sval „nalezne“ během oscilací rovnovážný bod i bez řízení mozkem)

BERNSTEINŮV ODKAZ (Thelen)

pohyb je produktem

1) **CNS**
2) **biomechanických a energetických vlastností těla**
3) **vlivů prostředí (omezuje DOF, řešení se musí přizpůsobit prostředí)**
4) **specifických požadavků dané úlohy (cíle)**

„řešení není naprogramováno, je dáno omezením možností“

vztah mezi komponenty není hierarchický, ale

1) **heterachický (rozdělení úloh)**
2) **samorganizující**
3) **nelineární**

„každý pohyb je originál, každé řešení je flexibilní“

MULTIFAKTORIÁLNÍ VÝVOJ

- **příčinnost vyplývá z mnoha faktorů**

- **zohlednění fyzikálních faktorů (síly, energie) a fyziologických faktorů**

- **chování/pohyb nespočívá v jedné privilegované formě, ale objevuje se on-line ve specifickém kontextu**

- **systém vytvoří daný typ chování/pohybu pouze tehdy, když jeho jednotlivé struktury/součásti dosáhnou kritické funkce při odpovídajícím kontextu**

„Novorozenecká chůze“ (newborn stepping)

- **střídavá flexe-extenze DKK**

- **u dítěte drženého ve vertikále v kontaktu s podložkou**

- **ustává po několika týdnech**

- **„vyzrávání kortikálních center inhibuje subkortikální reflexní pohyby“**

„Novorozenecké kopání“ (newborn kicking)

- **v zásadě stejný vzor, ale vleže na zádech**

- **liší se tedy pouze polohou**

- **přetrvává, nemizí**

Proč CNS inhiboval pohyby v jedné poloze a ne v té druhé?

biomechanická příčina (dle Thelen)

- dítě přibírá na váze, ale více tuk než svaly

- časem nedokáže flektovat těžkou končetinu proti tíhové síle

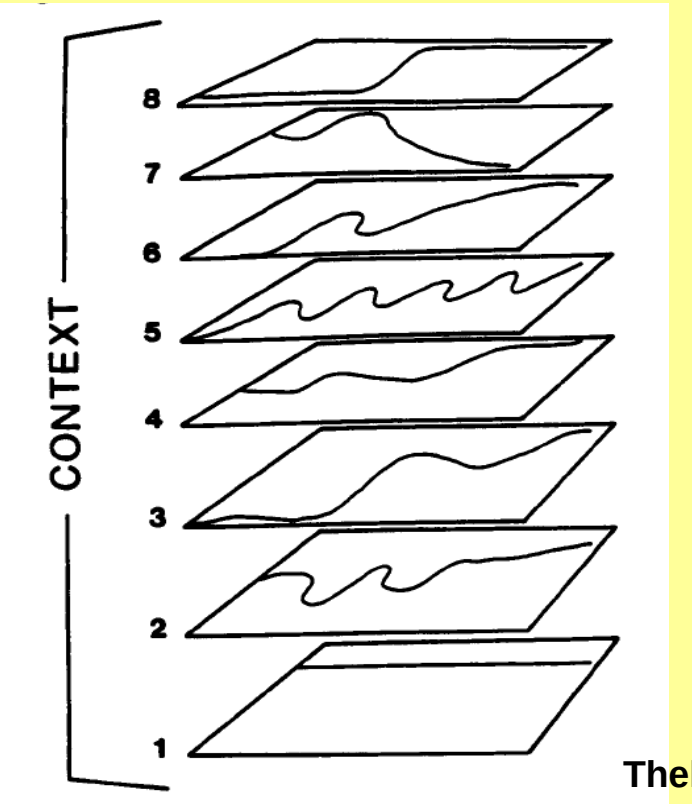
- při ponoření do vody opět pohyby zvládne

- chování/pohyb nespočívá v jedné privilegované formě, ale objevuje se on-line ve specifickém kontextu

- systém vytvoří daný typ chování/pohybu pouze tehdy, když všechny jeho jednotlivé struktury/součásti dosáhnou kritické funkce při odpovídajícím kontextu

různá rychlost vývoje různých

struktur/součástí systému



Thelen, 2008

DYNAMIKA POHYBU A JEHO VÝVOJ

- Kugler, Kelso a Turvey (1980) popsali principy pohybu a jeho vývoje z obecného hlediska fyzikálních zákonů a termodynamických zákonů

- přirozené systémy jsou nerovnovážné, heterogenní, přijímají a ztrácejí energii, mají tendenci k sebeorganizaci a vytváření vzorů (např. mraky, galaxie)

- aplikace těchto principů na koordinaci pohybu

- studie rytmických pohybů (rytmicita, resp. oscilace jako základní vlastnost motorického systému)

- modely koordinace na základě fyzikálních a matematických principů

- dva směry

    - Kugler, Turvey

    - Kelso

Kugler, Turvey (1987)

„*Information, natural law and self-asembly of rythmic movement*“

- fyzikálně-biologické principy a ekologická (enviromentální) psychologie

- jako modely kyvadla (kývání HK držící kyvadlo) a pružiny

- rytmické pohyby sestávají z několika oscilací

- pohyb je koordinován informacemi v daném prostředí

Kugler, P.N., & Turvey, M.T. (1987). *Information, natural law and self-asembly of rythmic movement*. Hillsdale, NJ: Erlbaum

Kelso et al. (1981, 1986)

- **více inspirován Bernsteinem**

- **zaměřen na abstrahovanou dynamiku koordinace**

- **především fenomén fázového přechodu**

- **kvadrupedi (psi, kočky, koně) s rostoucí rychlosti náhle mění typ lokomoce**

chůze – klus – cval

- **příklad samoorganizace,**

- **pohyb výhodnější z hlediska anatomie a energetických nároků**

- **pokus flexe a extenze dvou ukazováků „out of phase“ (nebo mávání rukama)**

Kelso, Haken, Gregor

- **model přechodu mezi dvěma stabilními fázovými stavy pohybu ukazováků jako**

hybridní nelineární zpárované oscilátory

- **tyto stabilní stavy představují atraktory (atraktanty? - attractors)**

- **systém tyto stavy (vzory) zvolí z mnoha jiných možností**

- **snaží se v nich udržet a při vychýlení z rovnováhy se do nich opět dostat**

- **v úvahu vždy přicházejí různé stabilní stavy, ale záleží na okolnostech**

- **změna vnějších či vnitřních podmínek vede ke ztrátě stability daného stavu a náhlému přechodu do jiného stabilního stavu**

- **to platí pro „poučený systém“**

- **„nepoučený“ musí nový stabilní stav hledat**

DYNAMIKA VÝVOJE

- jde o principy organizace pohybu a jeho změn v čase

- stejně jako organizmus je i vývoj dynamický

- vzory chování/pohybu fungují jako atraktory za daného prostředí a úkolu

  - žádný (vrozený) program tyto vzory nespecifikuje dopředu

- každý mentální stav a motorická akce se sebeorganizuje

- za určitých okolností je preferován určitý vzor, působí jako atraktor, který se snaží organizmus provést

DYNAMIKA VÝVOJE

stabilita systému je funkcí (Thelen)

- **jeho historie / předchozího vývoje**
- **současného stavu**
- **fyzikálního kontextu**
- **sociálního kontextu (k předchozím autorů dodává Thelen!)**
- **působení atraktoru**

vývoj

- série stavů stability a instability, fázových posunů („milníky“) v „atraktorové krajině“

atraktorová krajina

- odráží pravděpodobnost určitého vzoru za určitých omezení

změna

- předznamenána ztrátou stability

- některé komponenty systému poruší dosavadní stabilitu

-následně systém hledá a selektuje nové způsoby koordinace

příčiny změny

- mohou být nezřetelné a měnit se, špatně se hledají

- růst a biomechanické faktory především v raném dětství

- zkušenost, praxe, vlivy (sociálního) okolí především později

nalezený vzor

- musí být opakováním „vyladěn“, aby byl efektivní, přesný a plynulý

- počáteční vysoká variabilita vzoru (období zkoumání)

- později vyústí do několika málo vzorů

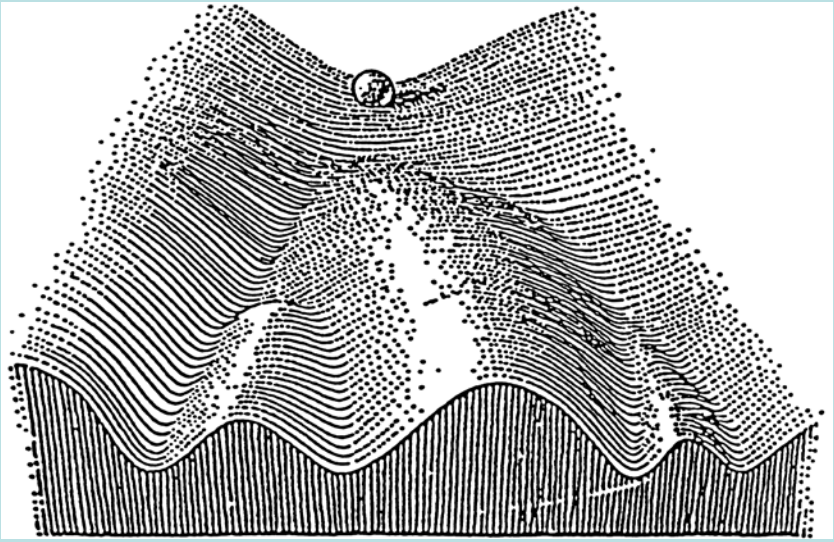
období nestability dává systému flexibilitu při hledání a selekci adaptivních aktivit

zkoumání a selekce je podstatou vývoje

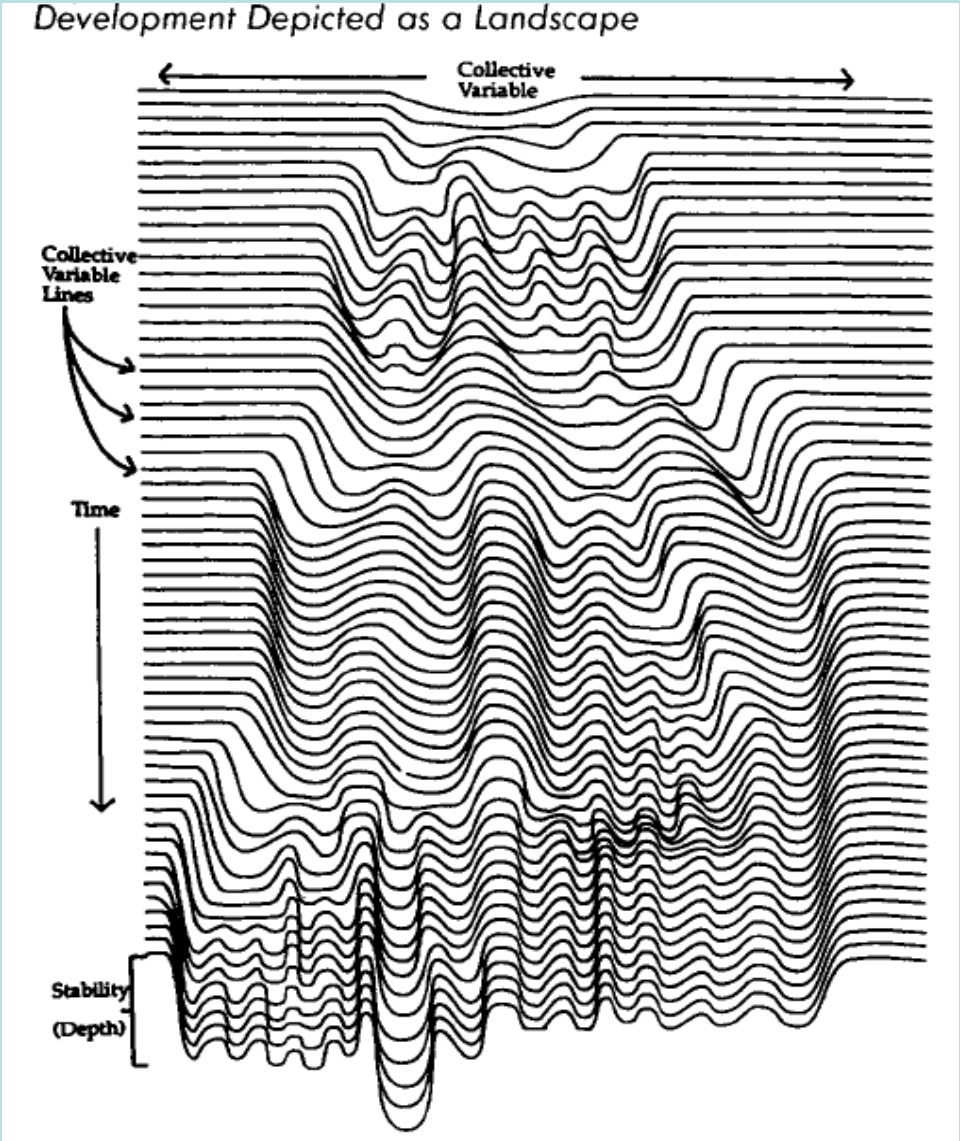
Epigenetická krajina embryonálního vývoje

- čím hlubší údolí (atraktor), tím těžší je přejít přes hřeben (nestabilita) do druhého údolí

- s vývojem se krajní údolí vzdalují a leží mezi nimi více hřebenů



(Weddington, 1957 in Thelen, 2006)



(Thelen, 1995, 2006)

hluboká údolí

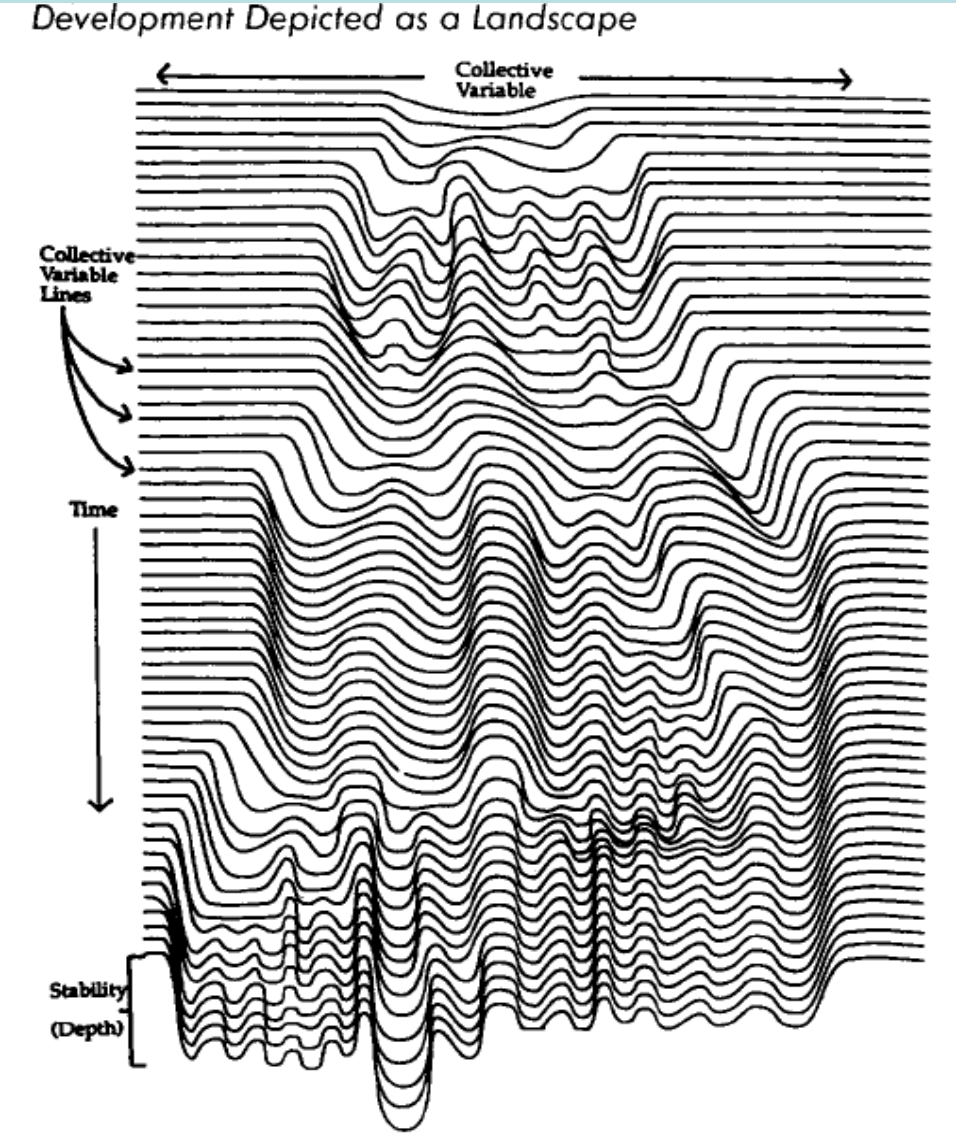
- stabilní stavy
- je potřeba hodně energie k jejich porušení

mělká údolí

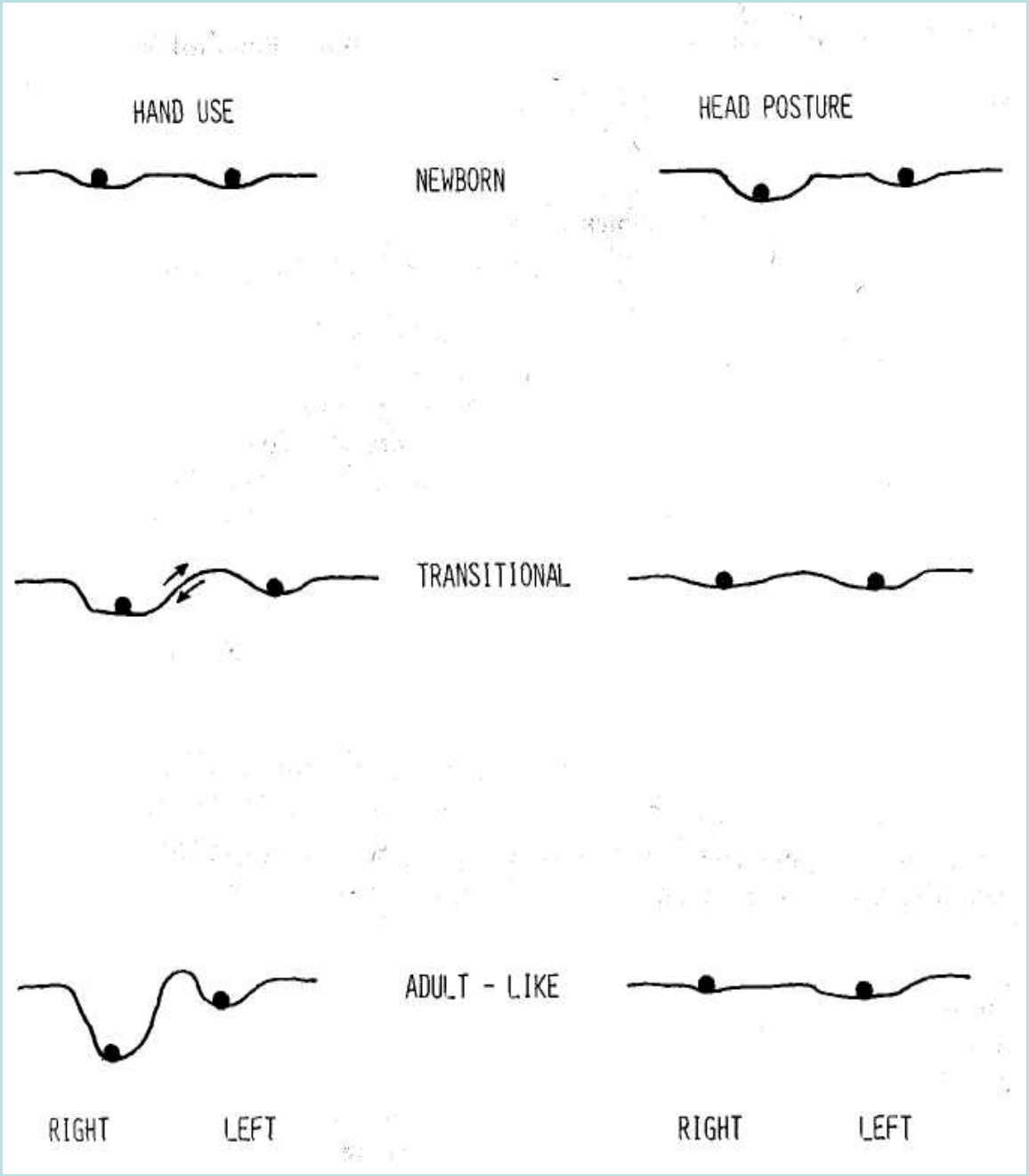
- méně stabilní stavy
- umožňují flexibilitu

vývoj

- probíhá v čase
- roste počet možností
- chování/pohyb je více komplexní
- některé možnosti se ztrácí



(Thelen, 1995)


HAND USE
HEAD POSTURE
NEWBORN
TRANSITIONAL
ADULT - LIKE
RIGHT
LEFT
RIGHT
LEFT

(Thelen, 2008)

DYNAMIKA ČASNÝCH POHYBŮ DKK

- pohyby DKK u kojenců v I. trimestru (kopání) nejsou cílené

- přesto jsou dobře organizované a synchronizované v čase a prostoru

- trajektorie a trvání nejsou náhodné, ale omezené

svalové aktivace (EMG) je méně organizovaná do vzorů než samotné pohyby!!!

- při flexi DK jsou aktivovány flexory i extenzory

- při extenzi je aktivita svalů malá nebo žádná

časné vzory kopání jsou příkladem pružinového oscilátoru

- nárazová koaktivace flexorů a extenzorů (hlavně kyčle) dodá energii celému pružinovému systému DKK („balistické pohyby?)

- trajektorie je daná jeho dynamickými vlastnostmi (a prostředím)

- koordinace pohybů obou DKK představuje sdružení mezi dvěma oscilátory

během vývoje

- **dítě dostane tyto synergie pod kontrolu**

- naučí se je řídit (vytvoří nové vzory)

- naučí se je adjustovat (přiměřená síla)

- dá jim specifický cíl/účel (plazení, lezení, chůze, běh)

- **postupně je schopné pohybovat klouby nezávisle (uvolnění DOF)**

- **získaná flexibilita umožní další hledání a objevování nových vzorů**

- **novorozenec je „zajatcem gravitace“**

- **naučí se stabilizovat klouby proti setrvačným silám, vznikajícím při pohybu, které by je mohly poškodit**

- **naučí se tyto síly využívat při vlastním pohybu**

ZKOUMÁNÍ A SELEKCE V MOTORICKÉM UČENÍ

dítě musí

1) **nejprve objevit příslušnou konfiguraci/vzor daného pohybu/činosti (např. lezení, první kroky)**
2) **musí „vyladit“ danou konfiguraci/vzor**

   - opakované cykly akce a percepce

NEJDE O „FYLOGENETICKY (GENETICKY) KODIFIKOVANÉ VZORY“

učení

- **probíhá modulací stávajících vzorů prostřednictvím zkoumání a selekce**
- **důležitá je motivace, která je hnací silou změn**

SLEDOVÁNÍ VÝVOJE - STUDIE

klasické studie

- sledování přirozeného velkého vzorku dětí
- výsledkem jsou „normy dovedností“ dle věku (popisné studie)
- nesledují způsob, jakým se děti k této dovednosti dostanou
- spoléhají na „genetickou fixaci vzorů“
- učili se to ve škole, je to v učebnicích, tvrdí to autority poučené ze stejných zdrojů
- „sdílený blud“ udržovaný všeobecným míněním

dynamický pohled

- experimenty s menším vzorkem dětí
- sledování průběhu učení
- co dítě udělá při vychýlení z rovnováhy
- aplikace principů fyziky, matematického modelování

6MĚSÍČNÍ DÍTĚ V SKÁKACÍM ZÁVĚSU

(Goldfield et al., 1993 in Thelen, 1995)

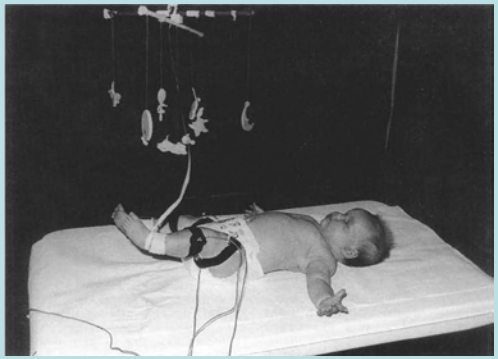
- 6měsíční dítě ve skákačce musí objevit optimální vzor správné frekvence a optimální síly odrazu – určitě není vrozený a nikdo mu ho neukáže
- vzor lze vypočítat z pružinového modelu
- dítě začíná s poskoky různé frekvence a amplitudy (= zkoumání a objevování)
- časem se snižuje variabilitu frekvence a amplitudy (= selekce a adjustace)
- dosáhne vzor velmi podobný „optimálnímu vzoru“ vypočtenému z modelu
- konkrétní frekvence a síla umožní maximu zábavy při minimální námaze

(Thelen, 1995)

3MĚSÍČNÍ DÍTĚ POD ZAVĚSNÝMI HRAČKAMI (Thelen, 1995)

- 3měsíční dítě leží na zádech pod zavěšenou hrazdou se zvonícími hračkami
- páska připevněna kolem kotníku spontánně kopající nohy a k hrazdě s hračkami
- po několika minutách pochopí vztah a kope rychleji a důrazněji
- 3měsíční dítě normálně používá při kopání střídání končetin nebo kope jen dominantní končetinu
- pokud jsou končetiny spojeny 5,5 cm dlouhou elastickou páskou
- může i nadále kopat jen jednou DKK, ale je více efektivní kopat oběma současně
- tento vzor se rychle naučí (ve spontánním vývoji až později)
- spojení DKK páskou poruší dočasnou stabilitu

  - je nalezena nová stabilita



(Thelen, 1995)

SDRUŽENÍ PERCEPCE A AKCE PŘI MOTORICKÉM UČENÍ

- při vzniku nových dovedností jsou percepce a akce neoddělitelné
- již od počátku dítě kontinuálně koordinuje pohyby sbíhajícími se percepčními informacemi, když se učí
    - jak udržet rovnováhu
    - jak uchopit objekt
    - lokomoci na různém povrchu

koncept affordance („využitelnosti“) (Gibson, 1979 in Thelen 1995)

- senzorické charakteristiky prostředí (objektu) intuitivně implikují jeho vlastnosti a možnosti využití (použití)

- vzájemný vztah mezi vlastními schopnostmi a prostředím

- dospělý odhadne vlastnost povrchu, strukturu objektu či vzdálenost objektu

- informace z okolí a vlastního těla a zkušenost

- jak/kdy se to naučí dítě?

ZKOUŠKA CHŮZE PO SVAHU PŘI MOTORICKÉM UČENÍ

- kojenec odmítá přelézt schod dolů, i když je překryt rovným plexisklem (Gibson & Walk, 1960 in Thelen ,1995)

- kojenec přeleze pevnou podlahu i vodní postel
- batole vodní postel opatrně vyzkouší a pak ji raději obleze (Gibson et al, 1987 in Thelen, 1995)

ZKOUŠKA CHŮZE PO SVAHU

(Adolph et al, 1993 in Thelen, 1995)

lezouc

- leze **ochotně do svahu i ze svahu** bez ohledu na strmost
- i když se někdy skutálí dolů
- (schod dolů ale odmítá, viz výše)

batole, které se **nadávno naučilo chodit** (14 měsíců)

- **do svahu** je **ochotné** vyjít **bez ohledu na strmost**, i když někdy padá
- **ze svahu** začíná **váhat jak se zvětšuje strmost** a nakonec **odmítá**
- **uvědomují** si, jak jejich **schopnosti dopovídají** prostředí a úkolu

prvotní smysl Gibsonových studií

- pochopení jak percepce ovlivňuje akci

stejně důležité

- jak akce ovlivňuje percepci

- motorické aktivity umožňují prozkoumávat prostředí/objekty

- zjišťovat jejich vlastnosti (pohyby oči, hlavy, rukou, paží, lokomoce)

- každý pokrok v motorickém vývoji otevírá nové způsoby percepčního objevování

HAPTIKA

- vnímání dotekem
- každá kvalita vnímána jiným typem dotyku (diskriminace)
  - první měsíce
    - teplota – prostý dotyk
    - objem – plné uchopení
  - od 6. měsíce (motor dovednost ale již dříve)
    - textura – promnutí mezi prsty
    - tvrdost – tlak prstů
  - mnohem později, složitá koordinace
    - tvar – přejetí kontur prsty
    - váha – potěžkání

JAK MALÉ DĚTI KOMPENZUJÍ NEDOSTATEČNOU MOTORIKU RUKY?

INTEGRACE VJEMŮ A JEDNOTA VNÍMÁNÍ A POHYBU

- dualismus vnímání a činnosti – afference a efference – jen didaktická záležitost
- člověk vnímá, aby se mohl pohybovat a pohybuje se, aby vnímal
- pohyb je způsobem vnímání (přijímání informací)
- aktivní působení na okolí pomáhá poznat ho
- novorozenci již od začátku vnímají multimodálně, integrují různé vjemy (Melzoff & Borton, 1979; Streri & Pecheux, 1986)
- integrace probíhá zřejmě i na nižších úrovních, než v kůře (Damasio, 1989)
  - colliculus superior (mezimozek) u koček – nejen optické, ale i sluchové a somatosenzorické neurony
  - jsou takto integrovány i motorické vzory?
- schopnost multimodálního vnímání dává smysl holokinetické fázi vývoje

PLASTICITA MOZKU

- zkoumání a selekce spojuje Bernsteinovu dynamiku pohybu a s Gibsonovou percepcí
- třetím faktorem je plasticita mozku
- klasický pohled – mozek vyzrává a to umožní nové chování
- co způsobuje změnu mozku?
- zkušenost mění mozek a změněný mozek umožňuje novou zkušenost
- mozek mění sám sebe skrze zkušenost – individuální percepci a akci
- prokázána obrovská plasticita nejen u dětí, ale i dospělých

TEORIE SELEKCE SKUPIN NEURONŮ (Edelman, 1987)

Theory of Neuronal Groups Selection (TNGS)

- **neurální mechanizmus pro získávání senzomotorických dovedností**
- **odpovídá principům dynamického systému i současných poznatů o funkci mozku**
- **složitá teorie, zde pouze shrnutí**
- **založena na neurální diverzitě**

NEURÁLNÍ DIVERZITA

- anatomie popisuje společné znaky – jádra, trakty, vrstvy, fisury, okruhy
- o stupeň níž je ale velká individuální variabilita
    - velikost a tvar buněk
    - počest a typ synapsí
    - nelze to geneticky determininovat
    - výsledek dynamiky neuroembryonálního vývoje
- diverzita poskytuje hrubý materiál pro selekci na základě zkušenosti
- posilování určitých spojení jejich používáním

„REENTRANT“ (Edelman, 1997)

- těsné „protkání“ a překrývání vzorů spojení
- každá oblast má reciproční spojení s řadou jiných oblastí („reentry“)
- zásadní význam pro integraci četných senzorických a motorických oblastí
- umožňuje koordinaci různých odpovědí na různé senzorické vstupy

neurální diverzita a reentrat

- **umožňují nervovému systému fungovat jako dynamický systém**
- **naučit se kategorizovat senzorické signály pomocí sebeorganizace**

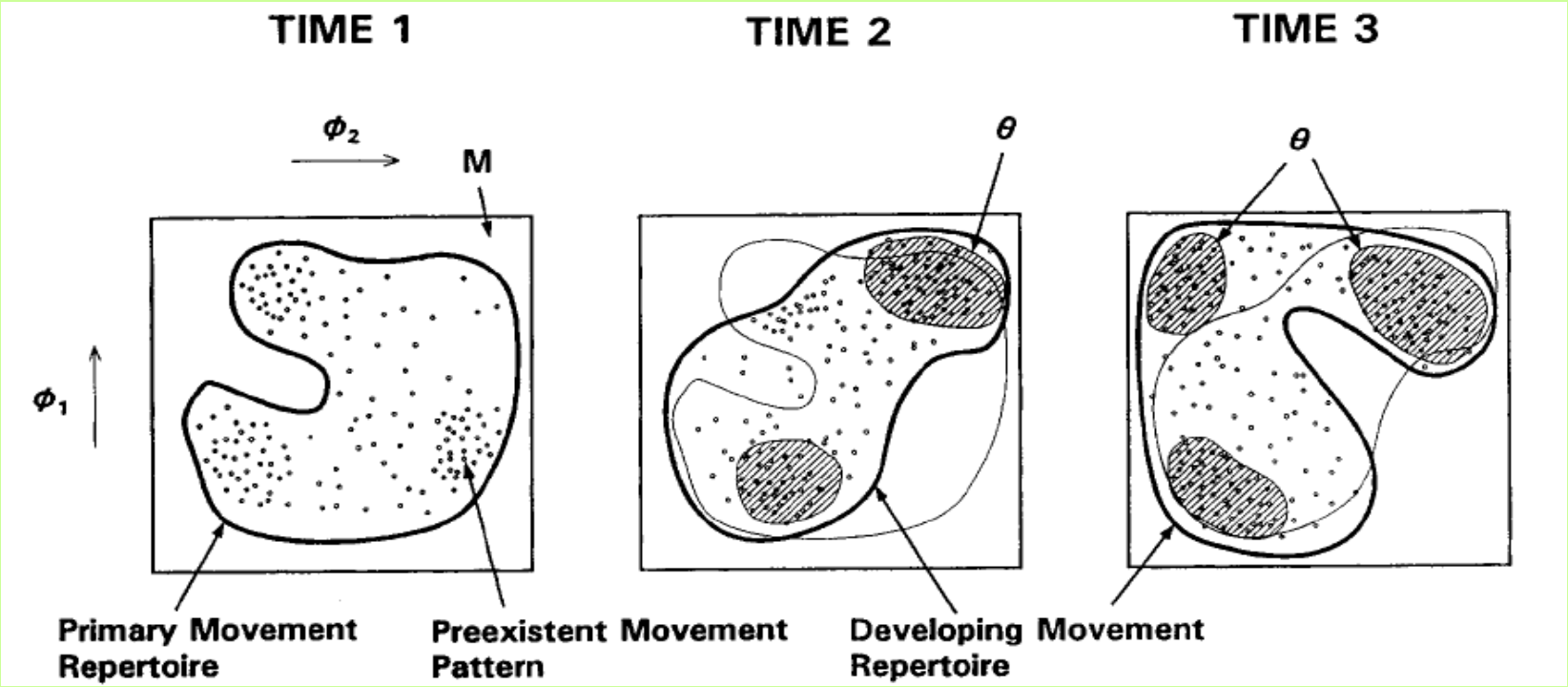
3 měsíční kojenec (viz dřívější příklad)

- **zprvu kope spontánně a bez cíle**
- **senzorický vstup z propriocepce, zraku a sluchu**
- **různý podle trajektorie a typu pohybu a síly kopu**
- **časem zjistí, že kopání oběma nohama je nejefektivnější (více hluku)**

- není potřeba genetický plán
- proces je založen na sebeorganizaci, stačí
  - spontánní a průzkumné pohyby
  - zájem/motivace (= hlad po informacích, nových senzorických vstupech)
  - vychýlení z rovnovážného stavu (tím může být i zvědavost)
- stejně se sebeorganizuje bez genetického plánu např. chůze či úchop
- lezení není „geneticky naprogramovanou přípravou k chůzi“, ale řešením ad hoc při dané úrovni posturální stability a síly

- **relativně shodné motorické vzory dosáhneme díky**
  - **relativně shodné anatomii (fyziologii a biochemii)**
  - **relativně shodné prostředí (fyzikální, sociální)**
  - **relativně shodné motivace (fyziologické a sociální potřeby)**

MODEL VÝVOJE MOTORICKÝCH VZORŮ (Sporns & Edelman, 1993)

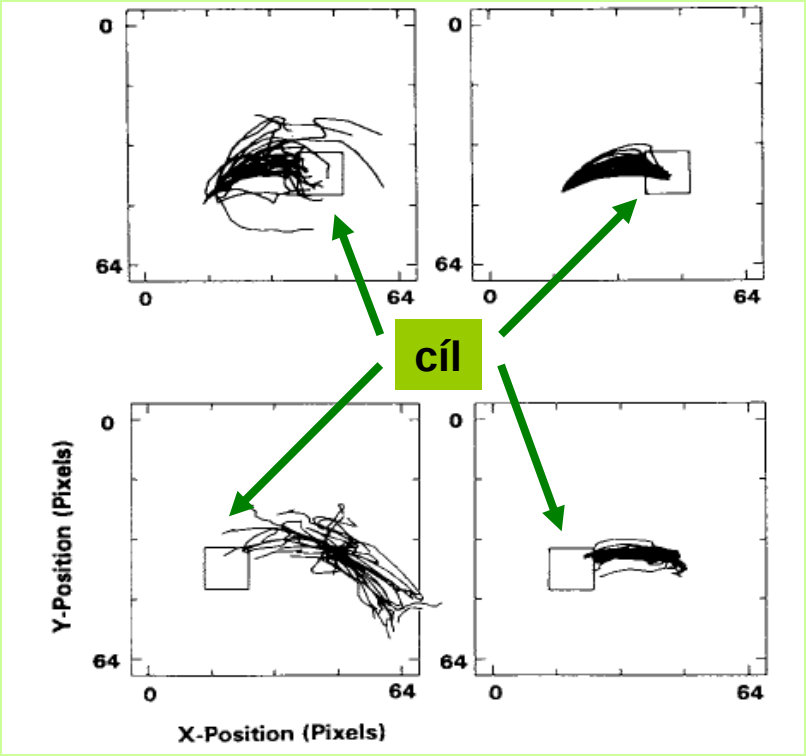


POČÍTAČOVÉ MODLEOVÁNÍ ÚCHOPU

- počítačová simulace učení úchopu (Reeke et al, 1990 in Thelen, 1995)
- bez instrukcí k provedení pohybu (zadán cíl a omezení?)
- různé výchozí podmínky

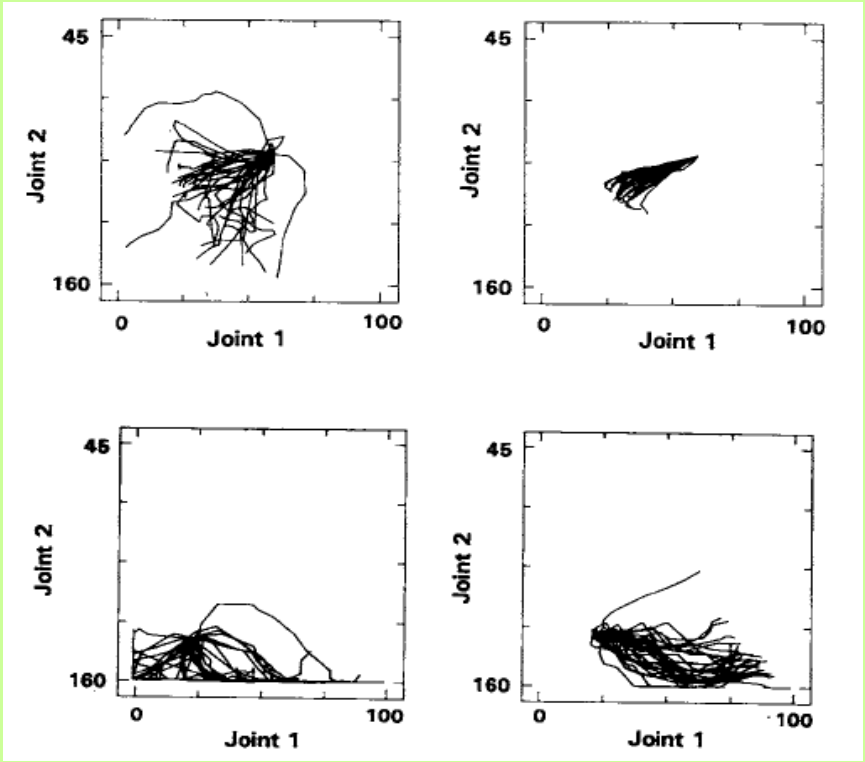
trajektorie pohybu (koncového segmentu?)

první pokusy po tréninku



koordinace mezi klouby

první pokusy po tréninku



ZÁVĚRY

- opakované cykly percepce a akce jsou podstatou vzniku nových forem pohybů nebo chování či kognitivních schopností
- není nutná preexistující genetická či mentální struktura
- překonání dualismu struktura versus funkce
- vyvíjející se organizmus je dynamický systém
- geny, programy či moduly neobsahují informace určující motorické vzory

ZÁVĚRY

- **každá součást dynamického systému funguje současně jako příčina i následek**
- **úkol motivuje chování/pohyb a chování/pohyb umožňují nové úkoly**
- **biomechanické faktory pohyb omezují a současně umožňují**
- **diverzita umožňuje změnu**
- **drobné rozdíly mohou mít významný efekt**

ZÁVĚRY

- **každý systém musí znovu vyřešit sám, v rámci svých vlastních omezení (síla, energie, motivace), to, co je považováno za „fylogeneticky dané“ pohyby**
- **vše se odehrává v rámci dynamického procesu na různých úrovních s různou rychlostí**
- **tělesná tkáně a orgány jsou svojí podstatou dynamické systémy**
- **tělesný, motorický i duševní vývoj probíhá na bázi sebeorganizace**

ZÁVĚRY

- **trajektorie pohybů nejsou systémem vypočítány, ale objeveny a zkompletovány během plnění vlastních úkolů**
- **myšlení vzniká během kontextuální, „historické“ a v čase probíhající motoriky**
- **kauzální síť je složitá a komplexně propojená již od narození**
- **není důležité rozlišovat mezi vrozeným a získaným**
- **hlavní otázkou vývoje jej jak dosáhnout stabilitu nebo vyvolat změnu**

ZÁVĚRY PRO PRAXI

- **rozpoznat, případně manipulovat, kritické faktory, které přivodí změny**
- **ke změně je systém náchylný, když je vyveden z dosavadní rovnováhy**

Navigare necesse est vivere non necesse

(Gnaeus Pompeius, Plutarchos)

Doporučená literatura

Edelman, G.M. (1987). Epigenetic rules for expression of cell adhesion molecules during morphogenesis. *Ciba Found Symp. 125*,192-216.

Galloway, J.C. (2005). In Memoriam: Esther Thelen. Retrieved from the World Wide Web

http://www.udel.edu/PT/About%20Us/faculty/Galloway/GallowayInMemoriam.pdf

http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamical_systems_theory

(především část týkající se vývoje dítěte)

http://en.wikipedia.org/wiki/Esther_Thelen

Lockman, Thelen (1993). Developmental biodynamics, brain, body, behaviour connections. *Child Development*

Scholz, J.P. (1990). *Dynamic pattern theory - some implications for therapeutics. Physical Therapy*, Retrieved from the World Wide Web

http://www.physther.net/content/70/12/827.full.pdf

Smith, L., & Thelen, E. (2003). Development as a dynamic system. *TRENDS in Cognitive Sciences, 7(8),* 343-348. Retrieved from the World Wide Web

http://defiant.ssc.uwo.ca/graduate/psych9440/readings/smith&theolen.pdf

Sporns, O, & Edelman, G.M. (1993). Solving Bernstein's problem: a proposal for the development of coordinated movement by selection. *Child Dev., 64(4)*, 960-981.

Thelen, E. (1992). Development of locomotion from a dynamic systems approach. In H. Forssberg, & F. Hirschfeld (Eds.), *Movement disorders of children* (pp. 169-173). Basel: Karger.

Thelen, E. (1995). Motor development. A new synthesis. Am Psychol., 40(2):79-95.

Thelen, E. (2008) Self-Organization in Developmental Processes: Can Systems Approaches Work? In M. H. Johnson,Y. Munakata and R. O. Gilmore (eds), Brain Development and Cognition: A Reader, Second Edition (pp. 555-591). Blackwell Publishers Ltd, Oxford, UK.

Thelen, E., & Bates, E. (2003). Connectionism and dynamic systems are they really different? *Develop. Sci., 6(4),* 378-391.

Thelen, E., & Smith, L. B. (2006). Dynamic systems theories. In W. Damon & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology. Vol. 1: Theoretical models of human development* (6th ed.)(pp. 258-312). Hoboken, NJ: Wiley.

Vařeka, I. (2006). Revize výkladu průběhu motorického vývoje - monokinetické stadium až batolecí období. *Rehabil. fyz. Lék., 13(2),* 82-91.