

OPTICKÁ A MOTORICKÁ REGULACE POHYBOVÉ KOORDINACE

J IŘ Í S E D L Á K

katedra psychologie FF UJEP v Brně

V prvé části této kapitoly se budeme zabývat podrobněji otázkou vlivu zrakové kontroly na pohybovou koordinaci a v druhé vlivem pohybové kontroly. Vzhledem k tomu, že má u člověka normálně vyvinutého a zdravého zrak vedoucí úlohu mezi všemi analyzátory a poněvadž nám zprostředkovává nejvíce informací o okolí, o celém prostředí, v němž žijeme, uplatňuje se také ve značné míře na veškeré záměrné pohybové činnosti. Vliv zrakové kontroly je považován většinou autorů za závažný. Zraková kontrola koordinovaného cíleného pohybu má svůj význam hlavně při korekci pohybu. Opravné impulzy vznikají již během provádění primárního přesunového pohybu, zjevně se projevují v té fázi pohybu, v níž se ruka nebo ruka s hrotem přibližuje k cíli a v níž zraková kontrola odhalí nepřesnost pohybu. Senzorickou kontrolu pohybu zkoumal jako jeden z prvních Ch. Bell¹ a koncem 19. století I. M. Sečenov. I. M. Sečenov se zabýval problematikou senzoričké kontroly pohybu při analýze ataxií a chování slepých. Jeho koncepce z roku 1884 a 1901² jsou v podstatě uznávány i dnes. Konstatoval, že zrak může být nahrazen dvěma smysly, a to: hmatem a tzv. svalovým smyslem, tj. vesměs senzácemi, které doprovázejí každý pohyb údů a každou změnu jejich polohy vzhledem ke zkoumané osobě. Aparát pro kontrolu je přítom u slepých v ruce, kdežto u vidících mimo ruku. I. M. Sečenov uvádí, že práce, kterou jsme se naučili vykonávat při zrakové kontrole, může být později prováděna bez účasti zraku. Jakmile převezmou oči dohled nad pracovním procesem, probíhají pohyby jediné pod kontrolou taktilně svalové recepce, která doprovází pracovní pohyb.

Vliv zrakové složky koordinace pohybu byl zjišťován experimentálně prokazováním úlohy binokulárního vidění při zrakové regulaci pohybu, významu akomodace, konvergence a úlohy spolupráce smyslových a pohybových složek, některé dílčí výzkumy byly zaměřeny na vliv změny zrakové složky senzomotorické koordinace, na vliv faktoru fixace, sledovacích pohybů očí, konpenzačních pohybů hlavy, na vztah mezi rozsahem a rychlostí očních pohybů a na tzv. senzoričnou přípravu cílených pohybů paží.

Výsledky jednotlivých výzkumů byly pozoruhodné a přinesly řadu dílčích nových aspektů k problému optické regulace pohybu.

Při analýze senzomotorické koordinace jde o dva typy koordinace: první typ koordinace je možno nazvat binokulární motorickou koordinací, druhý konvergentní. Binokulární vidění by se bez ní nemohlo obejít. Oči musí vykonávat paralelní nebo spřažené pohyby při přenášení fixace z bodu na bod nebo při sledování pohybujícího se předmětu a také při změnách konvergence, když mění fixaci z blízkých předmětů na vzdálené nebo naopak.

Oba druhy pohybů očí probíhají pod zrakovou kontrolou, poněvadž jsou navozovány předměty nacházejícími se v zorném poli a přesnost těchto pohybů je kontrolována výsledky vidění. Jsou-li nepřesné, vznikají dvojité obrazy nebo nepřesná fixace.

Kontrola těchto koordinovaných pohybů očí je však trojnásobná. Jsou do ní zapojeny také impulzy z vnitřního ucha, ze svalů krku a ze svalů těla a také z motorických center. První typ tzv. binokulární motorické koordinace je sdružen ještě s přizpůsobováním činnosti akomodačních ciliárních svalů i velikosti zornice. Inervace normálních pohybů očí je dobře koordinovaná, ať už je podnět, který jejich pohyb vyvolá, jakéhokoli druhu. Ke koordinaci pohybu obou očí dochází i tehdy, je-li jedno z očí zakryto nebo nalézá-li se před jedním okem nějaká překážka, která mu brání vidět fixovaný předmět. Druhý typ koordinace zahrnuje spolupráci senzomotorické koordinace, takže experiment takto uspořádaný umožnil jemnější analýzu jevu.

Zkoumání vlivu pozměněné zrakové složky při koordinovaných pohybových úkonech přineslo významné závěry k poznání struktury koordinace. C. W. Bray³ zkoumal cílení pomocí tzv. zrcadlových pohybů. Pokusná osoba zasahovala cíl tužkou, drženou v ruce tak, že cílený pohyb ruky kontrolovala nikoli přímo, nýbrž nepřímou v zrcadle. Tempo zásahů bylo nucené (36/min). Během experimentu se u osob vytvářely nové zrakové pohybové koordinace. U těchto pokusů byla změněna pouze zraková složka senzomotorické koordinace, takže experiment takto uspořádaný umožnil jemnější analýzu jevu.

I. S. Beritov⁴ popírá na základě experimentů s 8–12letými normálními a hluchoněmými dětmi – mnohými autory tak často zdůrazňovaný význam svalového smyslu pro zaměřené pohyby, pro orientaci v prostředí a přisuzuje jej zcela zrakovým a labyrintovým podnětům.

Cílené pohyby paží jsou za normálních běžných podmínek řízeny a kontrolovány zrakem. V zrcadlovém přístroji vidí zkoumaný obrácený obraz svého centračního pohybu. Přímou zrakovou kontrolu pohybů ruky zneumožňuje vodorovný kryt, umístěný nad předlohou. Ukázalo se, že se nové asociace vytvářejí metodou pokusu a omylu.⁵ Zkoumaná osoba musí překonávat vliv již pevně ustálených starých zrakově pohybových koordinací.

Při zrcadlových pohybech dává paži jednotlivé impulzy mozkové centrum na základě zrakového odhadu velikosti a směru pohybu. V zrcadlovém pokusu s cílenými pohyby první pokusy přesně zacílit nebývají úspěšné a vyznačují se značnými odchylkami. Při dalších nejbližších pohybech se zkoumaní snaží opravit odchylky od cíle přehnanými pohyby. Přehnané pohyby pocítují zkoumané osoby velmi rušivě. Po několika pokusech však přemrštěné pohyby korigují, naučí se rychle vyhýbat se impulzivním pohybům, orientovat se např. rámem zrcadla a odměřovat pohyby pomocí zrakového odhadu vzdálenosti mezi zasaženým bodem a okrajem zrcadla.

Analýza změn fixace při každém jednotlivém cíleném pohybu přinesla další podrobnosti při hodnocení jednotlivých složek senzomotorické koordinace. Při zasahování cílů umístěných v různých částech zorného pole dochází po každém jednotlivém zásahu ke změně orientace na nový cíl, k změně fixace a k změně impulsů, uskutečňujících příslušný další pohyb. Uvedená změna potřebuje jistý čas, nutný pro přechod k následujícímu ukazovacímu pohybu. Délka potřebného intervalu závisí na individuálních vlastnostech řídicích koordinačních mechanismů, tj. na vlastnostech nervové soustavy, které se mohou uplatňovat zvláště tehdy, jde-li o rychlý sled úkonů. Závisí především na vzrušivosti nervových procesů v makrointervalech, jež omezují rychlost, s níž dochází k výměně jedné funkční struktury podráždění jinou strukturou.

Někteří autoři hodnotili význam sledovacích pohybů očí. Byly zkoumány mnoha autory, a to velmi podrobně.

L. E. Javal⁶ první popsal tzv. sakadické pohyby, tj. rychlé přesuny fixace z předmětu na předmět. Jde o jednoduchý spřažený pohyb očí, který není komplikován změnou konvergence. Jde o reakci očí na podnět z periferie zorného pole. Sakadickým pohybem přenášíme předmět do oblasti nejzřetelnějšího vidění. Patří k nejčastějším druhům velkých pohybů očí. Vyskytuje se vždy, když prohlížíme nepohybující se předmět. O sakadický pohyb jde také při experimentu s centračními pohyby, v němž je před pokusnou osobou předloha s terčí v krajních částech jejího zorného pole.

Sakadické pohyby očí jsou pocíťovány zkoumanými osobami nedokonale, poněvadž při krátkých pohybech jsou pocity pohybů očí nedokonalé.

C. G. Sundberg⁷ a G. M. Stratton⁸ zkoumali cílené a korigované oční pohyby. Potvrdili výsledky dřívějších výzkumů o nepravidelných pohybech očí při sledování trojúhelníkového, čtvercového tvaru a vlnovky.

V jiných experimentech byly zkoumány kompenzační pohyby hlavy při koordinovaných senzomotorických úkonech. Bylo zjištěno, že kompenzační pohyby hlavy mají dvoji funkci: jednak slouží (většinou) k udržování fixace očí na určitém detailu předmětu, který se pohybuje, jednak u nehybných předmětů k přehlédnutí nebo prohlédnutí tohoto předmětu.

Pohyb hlavy spoluurčuje rychlost, směr pohybů očí a hlavně vzdálenost mezi fixovanými body.

Sakadickými pohyby očí se zabýval také C. G. Sundberg⁹. Vycházel z cílených a korigujících pohybů očí. Měřil objektivní metodou průběh a velikost očních pohybů při přesouvání fixačního bodu ze středu zorného pole na bod, který byl umístěn před ním excentricky. Nejdříve oči provedly rychlý cílený pohyb směrem k druhému bodu, avšak tímto pohybem ještě nebylo dosaženo ve většině případů fixace. Chyba zaměření kolísala přitom mezi 15–50'. Bylo-li nutné, následovaly krátké korektivní pohyby, při nichž se skutečně dostal cíl do středu místa nejostřejšího vidění sítnice. Další výzkumy ukázaly, že první pohyb oka směrem k cíli není ovlivňován ve svém průběhu současně viditelnými předměty a že jimi není regulován. Pro základní inervaci je rozhodující předběžný odhad vzdálenosti obou bodů. Chyba je při cíleném pohybu očí způsobena především chybou odhadu vzdálenosti bodů a pak nedostatečnou přesností inervace. Oba faktory se mohou kompenzovat.

Při cíleném pohybu, ať už se cíl nalézá přímo před zkoumanou osobou

v rovině jejích očí nebo kdekoli v jejím zorném poli, je třeba jej vždy fixovat zrakem a přenést na něj fixaci ještě dříve než dojde k provedení příslušného zaměřeného pohybu paží. Při přenášení fixace z jednoho místa na jiné místo se otáčí také hlava, nejen oči tímtež směrem. Úhlová vzdálenost mezi dřívějším a pozdějším fixačním bodem se překonává částečně kompenzačním pohybem hlavy, částečně sakadickými pohyby očí. Je-li úhlová vzdálenost malá, kompenzační pohyb hlavy nenastává, poněvadž oči stačí zvládnout celou vzdálenost. Je-li fixační místo dále na periférii zorného pole, větší část úhlu překonáváme pohybem hlavy. Oba pohyby jsou koordinované, integrované v jednu jednotku. Přesun fixace a pohyb hlavy jsou kombinovány do jednoho schématu.

Přesuneme-li fixaci z cíle, označeného číslem jedna na cíl číslo pět, otočí se oči směrem k cíli číslo pět, a to rychlým sakadickým pohybem. Pomaleji se stejným směrem otočí hlava, případně se může otočit i trup zkoumané osoby. Přesun fixace očí na cíl je prvním tzv. kompenzačním zpětným pohybem. Těžší části těla (hlava, trup) ještě pokračují v otáčení v době, kdy již byl pohyb očí dokončen.

Výzkumně byl potvrzen také vztah mezi rozsahem a rychlostí pohybu očí. Měříme-li rozsah pohybu očí úhlem výkyvu oka (R. Dodge, T. S. Clinne¹⁰), zjistíme lineární závislost. Čím jsou pohyby očí delší, tím zabírají víc času, ale jsou také rychlejší.

Pohyb očí začíná rychle, rychle přejde příslušnou dráhu za velmi krátkou dobu a rychle se zastaví. Rychlost sakadického pohybu očí je téměř stejná jako reakční doba pohybu ruky na jednoduchý zrakový podnět (180 ms). Je-li podnět v nepřímém vidění na periférii zorného pole, prodlužuje se reakční čas v průměru na 195 ms [rozsah individuálních průměrů je podle Diefendorfa a Dodgeho¹¹) mezi 125–235 ms].

Sama zkoumaná osoba není schopna kontrolovat průběh a rychlost, začátek a konec sakadického pohybu očí při přesunu fixace. Stane-li se, že není přesunuta fixace přesně na dané místo, nelze provést opravný pohyb, nýbrž nový sakadický pohyb očima. Sledovací pohyby očí nejsou zcela pod zrakovou kontrolou. Předcházejí vždy pohyb paže, pokud jsou s ním koordinovány.

Někteří badatelé věnovali pozornost problematice tzv. senzorické a motorické přípravy reakce na vnější signál. Mají-li zkoumané osoby uskutečňovat cílené pohyby pažemi co nejrychleji a co nejpresněji, musí být před každým jednotlivým centračním pohybem připraveny rychle odpovědět na podnět provedením určitého pohybu. Musí být připraveny přijmout určitý akustický signál, vykonat určitý cílený pohyb a realizovat jej ihned po přijetí podnětu. Situace lze zkomplikovat tím, že očekávaný podnět není jeden, nýbrž že je jeden z možných pěti a cílený pohyb není jeden, nýbrž u těže paže opět jeden z pěti možných pohybů.

Senzorická příprava je nedílnou součástí příslušné reakce stejně jako motorická příprava i přípravné převedení podnětu na odpověď. Je znesnadněna tím, že mohl být prezentován kterýkoli z pěti možných podnětů a že zkoumaná osoba musí provádět výběr mezi pěti možnostmi ihned po uslyšení podnětu.

Z literatury je známo, že lze pokusné osoby nacvičit buď jen na senzorickou nebo jen na motorickou přípravu, neboť člověk je schopen soustředit

svou pozornost buď jen na podnět nebo jen na odpověď. L. Lange¹² zjistil, že je senzoričká příprava delší než motorická (v průměru asi až o 100 ms). R. S. Woodworth a H. Schlosberg¹³ upozorňují správně na to, že je velmi nepravděpodobné, že by se zkoumaná osoba systematicky zaměřovala jen na senzoričskou nebo jen na motorickou přípravu. Při disjunktivních reakcích převažuje obvykle senzoričká, poněvadž je třeba při výběru příslušné odpovědi rozlišit různé podněty.

Sledujeme-li zrakem kontury nějakého předmětu, není dráha, kterou zrak projde, totožná s obrysy předmětu. Tuto hypotézu prověřil J. M. Stratton¹⁴ pomocí fotografického snímání pohybů očí. Dráha očních pohybů při sledování obrysů čtverce se skládá z klidových bodů, které jsou vyznačeny v záznamu jako body, z nichž vybíhají krátké, korektivní a místní drobné pohyby (lze je označit jako zakolísání) a pak další dráhy cílených očních pohybů. V žádném případě nesledují pohyby očí přesné kontury, nýbrž jsou od nich více nebo méně odchyleny. Ještě zřetelnější jsou odchylky při sledování kruhu zrakem.

Výzkumy bylo prokázáno, že nelze podceňovat ani motorickou regulaci koordinovaného pohybu, která bývá v řadě případů nadřazena zrakové kontrole. Taktilně kinestetická regulace koordinovaných pohybů byla zkoumána z několika různých aspektů. Byl zjišťován vztah mezi optickou a motorickou regulací, mezi optickou a taktilně-kinestetickou složkou, vliv kinestezie na koordinaci pohybu, vliv taktilních počítků na koordinovaný výkon, vliv optické nebo motorické dominance, úloha aferentace a reafe-rentace aj. otázky.

Účast nejen propioceptivních receptorů zvláště taktilních, nýbrž i tele-receptorů (zvláště optického) při senzoričké kontrole pohybů byla uznávána od konce 19. stol. zásluhou nových neurologických poznatků. Avšak vztahy mezi nimi a jejich konkrétní způsob působení nebyl přes mnohé výzkumy¹⁵ ani vysvětlen ani nebyly získané výsledky zobecněny.

Korelace mezi oběma regulačními systémy byly zkoumány později a také byla sledována účast jednotlivých dílčích komponent pohybové koordinace. Bylo např. prokázáno, že je optická „předinformace“ současně zdrojem účasti optického systému na regulaci průběhu pohybu, že je optická informace předlohou pro taktilně-kinestetický systém, avšak že v běžných podmínkách neexistuje pouze taktilní, kinestetická regulace průběhu pohybu.

Vztah mezi optickou a motorickou regulací byl nejčastěji zkoumán tak, že byla vyřazena aktuální optická a motorická regulace, každá zvlášť. Rozdíl mezi výkony byl interpretován jako adekvátní výraz optické regulace. Proti této koncepci výzkumu správně namítá W. Hacker¹⁶, který zkoumal normální vztah mezi oběma systémy, když byly oba v činnosti. Potvrdila se základní myšlenka Sečenova, že existují difference ve vztahu mezi oběma regulačními systémy. W. Hacker zjistil, že jsou oba systémy trvale v činnosti, a to současně, tedy ne alternativně a že nedochází k přesunům dominujícího systému.

Byla také potvrzena hypotéza Leusche, podle níž existuje rozdílný rozsah optické pozornosti vzhledem k různým úlohám. Systém variability činnosti očí dovoluje tento rozsah kvantitativně určit.

Přechází-li dominance z optické na motorickou kontrolu, zbývá optické

kontrole kvalitativně jiná funkce, než když je vedoucí složkou. Při cílení má počáteční optický výkon hrubě řídicí charakter, kdežto regulující konečný výkon je značně snížen (Kumpfmüller a Krestovnikov). Tomaševski zjistil, že mizí původní, převážně diferencující funkce, avšak funkce, jež hrubě lokalizuje, zůstává. Krestovnikov uvádí, že optická kontrola není zcela nahrazena motorickou, nýbrž že probíhá v periferním vidění. Má rozhodující význam pro strukturu i pro výsledky zkoumaných výkonů. Při cílených hodech se vyskytují při vyloučení optické kontroly kromě odchylek od směru a vzdálenosti také poruchy ve struktuře pohybu. Význam optické spolupráce záleží i při dominanci motorického systému pravděpodobně v určování koordinát cíle pro motorický systém a na příklad u čisté optických cílů v možnosti zprostředkovávat výsledné aference pouze tele-recepčně. K významné změně podstaty optické kontroly při změně dominance dochází v různých rovinách. Při krátkodobé změně dominance je možno pozorovat oslabení diferencující funkce zraku, i když počáteční výkon zůstává na stejné výši. Vztah mezi oběma regulačními systémy je překvapivě proměnný, schopný přizpůsobení při rychle se měnících úkolech. Cílení není výsledkem pouze mnohotvárné dominantní optické regulace. Například nelze vysvětlit splnění úlohy bez dominance motorické kontroly. Souhlasnost většího počtu parametrů připadajících na cílení za určitých podmínek se stejnými parametry při vyloučení jakékoli optické kontroly mluví pro to, že existuje přítomnost dominantního motorického systému i tehdy, není-li vyloučen optický systém.

Motorická regulace zasahuje do cílení asi v tom rozsahu, v jakém ustupuje optická kontrola nebo nakolik je optická kontrola neúčinná a naopak. Kdyby cílení záviselo pouze na optické regulaci, pak by při jejím omezení až vyloučení musela vůbec mizet veškerá regulace cílení. Zjištěné efekty by byly znaky chybějící regulace nebo jiné úrovně aktivity, ne však znaky speciálně motorické regulace. Proti tomuto tvrzení však svědčí přesnost zásahů v řadě pokusů. Z fyziologického hlediska je třeba zajistit součinnost motorické kontroly při každém jednotlivém cílení, neboť není podle W. Hackera⁴⁷ při poruchách optické regulace zrušena, nýbrž nabývá pouze většího významu. Ovlivnění optické regulace neznamena snížení regulace vůbec.

Je možno mluvit při vyloučení dominance optické regulace o motorické dominanci? Při ovlivnění optické regulace musí být motorická regulace dominantní. Také při nesprávné optické regulaci nastupuje motorická regulace.

K receptorům pro taktilní počítky patří útvary, umístěné v kůži, a to nervová klubička kolem vlasových cibulek a Meissnerova tělíska. Taktilní počítky vznikají při deformaci kůže a jsou dvojího druhu: a) počítky dotyku, b) počítky tlaku. Při pohybu zajišťují s ostatními počítky koordinaci. Stupeň i charakter deformace kůže vyvolává např. při tělesných cvičeních na náradí taktilní počítky, které jsou spolu s kineestetickými počítky velmi jemnými regulátory pohybů paží, nohou, trupu atd., chrání před chybami při různých pohybech. Manipulační pohyby rukou nelze vykonávat bez účasti hmatu, hmatové počítky se zúčastňují kontroly všech pohybů (P. F. Lesgaft).

Ve vjemech koordinovaných pohybů se rozlišuje řada složek⁴⁸. Kromě

vjemu polohy těla a jeho částí jsou to počítky úsilí při aktivních pohybech, vjem samého pohybu, kinestetické představy dřívějších počítků a vjemů, vjemy a představy rozměrů pohybů, zahrnující čtyři dílčí komponenty, a to: počítky pohybu, spojené s uvědoměním si rozdílu mezi výchozí a konečnou polohou pohybového orgánu, počítky změn v poměru částí pohybového orgánu při jeho pohybu, dynamické změny svalových počítků, signalizující změny délek svalových vláken a počítky tíhy pohybového orgánu. Kromě čtyř uvedených složek lze uvést ještě vjem a představu směru pohybu, představu o rychlosti pohybu, vjem a představu prostoru, představu tvaru vnímaných předmětů, představu hmotnosti a konečně kinestetické počítky, jež tvoří součást vjemu a představy času.

Při pohybech se smršťují a uvolňují svaly a šlachy, vzniká mechanický tlak na povrchu kloubů. Ve svalech, na povrchu kloubů a ve šlachách jsou uloženy různé proprioceptory, které tvoří recepční část kinestetického analyzátoru. Tyto proprioceptory se skládají z jednotlivých vřetenovitých nervových buněk, které se nazývají svalová a šlachová vřeténka. Jejich počet se odhaduje na stovky tisíc a jsou uloženy ve všech pohybových orgánech. Vedou od nich desítky tisíců nervových vláken, která jsou spojena s centrálním oddílem kinestetického analyzátoru, jenž je umístěn v mozkové kůře za centrální rýhou. Uvedené receptory jsou drážděny při aktivních a pasivních pohybech i při statické poloze těla a jeho jednotlivých částí.

Kinestetický analyzátor komplexně informuje o poloze těla a jeho částí, o jejich vzájemné poloze, o pohybech těla a jeho orgánů, o smrštění, natažení nebo uvolnění svalů. Počítky, které přitom vznikají, mají vždy složitou strukturu, a to proto, poněvadž jsou vyvolávány současným drážděním různých receptorů. Při realizaci pohybu vzniká počitek svalového tonu, napětí svalové tkáně ve spojitosti s procesy látkové výměny, poněvadž jsou při něm drážděny receptory ve svalech. Počítky svalového napětí a úsilí jsou vyvolány drážděním receptorů ve šlachách. Počitek směru, tvaru a rychlosti pohybu polohy a přemístění orgánu v prostoru vzniká drážděním receptorů na povrchu kloubů. Příslušné receptory jsou umístěny v kloubech pod chrupavkou kloubu nebo kolem ní, u povrchu kostí, jsou převážně soustředěny na straně ohybu kloubního pouzdra a jsou drážděny roztahováním a stahováním tkáně při pohybu údů.

Ke kinestetickým počítkům tedy patří svalové, šlachové a kloubní počítky. Každý z uvedených druhů má význam pro přesné vnímání pohybů.

P. A. Rudík¹⁹ považuje kinestetické počítky za nezbytné pro zajištění koordinace složitých pohybů, při nichž je nutná velmi jemná diferenciací pohybu i jejich jednotlivých prvků.

Kinestetické počítky vytvářejí přesný obraz o poloze jednotlivých částí těla i o pohybech, a to v mozkové kůře. Dojde-li k narušení nebo k poruše kinestetické činnosti, projeví se to v nepřesnosti koordinovaných pohybů. Vjemy pohybu a polohy těla v prostoru se vytvářejí na základě kloubních, šlachových a svalových počítků.

Při poruše kinestezie je provedení správného koordinovaného pohybu nepřesné, poněvadž je porušena jeho vědomá regulace (při některých nervových onemocněních, spojených s poruchou nebo ztrátou kinestetické čivosti), která vede k nesprávným úsudkům o poloze těla i o poloze údů.

Svalových počítků, které se zúčastňují koordinovaných pohybů, je více

druhů. Rozlišujeme počítky svalového napětí, pomocí nichž rozlišujeme stupeň síly, použité při pohybu, počítky odporu, pociťované při svalovém napětí (a vyvolané podrážděním kloubních a šlachových receptorů), počítky změn v trvání svalového napětí při pohybech, zpřesňující hodnocení rozměrů prostoru a počítky tíhy, spojené s překonáváním síly zemské přitažlivosti, vznikající podrážděním kloubních receptorů.

Při realizaci koordinovaných pohybů se nikdy neuplatňují pouze izolované počítky jednotlivých komponent pohybu, nýbrž vzniká vždy celkový vjem, který se skládá z počítků kloubního pouzdra, jež jsou provázány různými počítky kůže, svalů, šlach a povrchu kloubů. Ať už se při provádění koordinovaných pohybů mění poloha těla nebo se tělo pootočí nebo se různě naklání, avšak i při statické poloze těla, vždy vznikají v důsledku činnosti vestibulárního aparátu počítky rovnováhy, jež jsou nedílnou součástí celkového vjemu.

Mezi jednotlivými složkami koordinovaného pohybu se vytvářejí po mnoha opakováních podmíněněreflexní spoje. Komplex kloubních počítků se asociuje se zrakovými obrazy přemísťováním pohybujícího se orgánu. Zrakové obrazy jsou obsaženy v každém vjemu pohybu, takže se stane postupně spojení svalového a zrakového obrazu pohybu velmi pevným. Koordinovaný pohyb předpokládá jemnou diferenciací činnost zúčastněných analyzátorů a vytvoření složitých podmíněněreflexních spojů, vypracování dynamického stereotypu v činnosti mozku.

Uvedené faktory, zjištěné klasickými psychologickými experimenty, byly doplněny v posledních dvanácti až patnácti letech v rámci teorie aferentace a reafereutace dalšími myšlenkami.

Z biologického hlediska se pokusil vytvořit pracovní hypotézu P. K. Anochin²⁰. Pokusil se zobecnit psychofyziologické výzkumy pohybových aferentací. Jeho schema je bohužel vzdáleno psychologickému pojetí. P. K. Anochin se domníval, že další vysvětlení hlubších fyziologických mechanismů podmíněného reflexu je předpokladem pro zpřesnění schematu a otázky analogických mechanismů v technických regulačních systémech. Toto pojetí je založeno na dosavadních analogiích starších neurofyziologických poznatků a na izolovaném vývoji neurofyziologických a teoreticko-regulačních koncepcí.

P. K. Anochin se domnívá, že někteří autoři, např. Cossa a N. Wiener, přecenili principiální význam propioceptivní aferentace. P. K. Anochin ve své teorii přísně odlišuje aferentaci a reafereutaci. Toto rozlišení může být pro psychologii podnětné. Úlohu reafereutace vystihli velmi dobře ve svých pracích R. Wagner²¹, Erich von Holst²², P. K. Anochin²³, N. A. Bernštejn²⁴ a později také N. Wiener²⁵ aj. Dnes se všeobecně uznává. Obecně teoreticky byla formulována pomocí matematických vzorců v teorii regulace. R. Wagner a J. Bigelov a N. Wiener ji aplikovali na organické procesy.

Základní funkce reafereutace, která vznikla během činnosti, záleží podle P. K. Anochina v její informaci o úspěchu jednání, jež usměřuje jednání. „Pro nás je důležité, že reafereutace je svou podstatou aferentací o výsledku jednání.“²⁶ P. K. Anochin se domnívá, že aferentace nemá pouze propioceptivní povahu, nýbrž že je komplexnější povahy. Čistě propioceptivní charakter má pouze taková aferentace, která má rozlišovací, třídící a pohyb řídicí funkci, např. svalová kontrakce, stavy napětí.

Aferentace koriguje a zpřesňuje nervové impulsy, které ještě samy o sobě jednoznačně nedeterminují pohybový akt. Vlivem aferentace lze přizpůsobovat motorický akt měnícím se podmínkám vnějšího prostředí.

N. A. Bernštejn soudí, že je konečný výsledek aktivity svalů determinován příslušným podrážděním i dalšími faktory, nezávislými na nervových impulsích z efektorních center. Pouze efektorními impulsy není možné řídit pohybový aparát člověka, poněvadž v něm existuje velký počet stupňů volnosti. Korekce efektorních impulsů se uskutečňuje senzorigickou signalizací, při realizování pohybového aktu a také centrálními speciálními mechanismy, jež jako by překódovávají efektorní impulsy pomocí složité transformace z periférie nervového systému.

N. A. Bernštejn si představuje transformaci signálů jako zintegrované, sjednocené, syntetizované signály z různých senzorigických orgánů do jediného systému prostorových koordinát a zobecněné v závislosti na pohybovém úkolu i dosavadní zkušenosti individua. Hovoří o senzorigické syntéze neboli koordinaci, která zajišťuje předmětnost pohybů. Poněvadž je každý koordinovaný pohyb reakcí na určitý úkol, je charakterizován určitým smyslovým obsahem. Obsah a nikoli vlastnosti pohybu určují regulační systém, který řídí senzorigickou koordinaci, tj. aferentní i příslušný efektorní systém. Změní-li se úkol, řešený pohybem a tedy i motivace, jež tvoří vnitřní psychologický obsah pohybu, změní se i charakter aferentace, jež řídí pohyb, změní se tedy i neurologické a fyziologické mechanismy pohybu.

S. L. Rubinštejn kritizuje přeceňování propriocepce. Označuje podstatu psychologické automatizace pohybů vzhledem k regulaci jednání zpravidla při přechodu regulace exteroceptivních (optických) signálů k proprioceptivním signálům pohybujícího se orgánu. Taková interpretace v sobě ovšem skrývá vážné nebezpečí; proprioceptivní signály jsou sice s automatizací pohybů stále významnější, avšak každá signalizace změny polohy orgánu v prostoru musí signalizovat také změnu polohy vzhledem k předmětu. Z toho důvodu mohou být spoluzúčastněny proprioceptivní signály na regulaci pohybů jen potud, nakolik jsou spojeny podmíněněreflexně s exteroceptivními signály předmětů.

Teoretická koncepce kontroly pohybu vycházela nejen z exteroceptivně řízené propriocepce, ale v omezeném smyslu i z propriocepce řízené exterocepce. Tato koncepce vycházela z experimentů B. G. Ananjeva a I. Köhlera²⁷.

V této souvislosti má význam i poznámka Bernštejna²⁸, že při senzorigické kontrole dotykových telereceptorů se může zúčastňovat také „funkční propriocepce“. N. A. Bernštejn se zabýval psychologickou teorií pohybové kontroly. I když není jeho teorie uceleným systémem, přece základy k ní položil.

Rozhodující teoretickou otázkou pro senzorigickou korekturu je podle tzv. řídicího principu invariace senzorigické regulace. Mnoho výzkumů prokázalo, že kinematická nebo geometrická struktura pohybu není invariantou, která by určovala výsledek jednání. Četné rozdílné a záměrné struktury pohybů dávají tytéž výsledky.

N. A. Bernštejn uzavírá: „Podle toho, který druh pohybové aktivity je analyzován, nikde – s výjimkou pohybové úlohy a předvolby hledaného

výsledku řešení – nenalézáme invariantu, která určuje hned určený, hned v průběhu postupu měněný program pro senzoricou korekturu.“

S otázkou vlivu pohybové aferentace a reaférentace úzce souvisí další problém kvantitativního vztahu mezi aferentními a eferentními drahami, který byl řešen mnoha autory.

Z morfologických a fyziologických výzkumů je známo, že množství aferentních drah je mnohem vyšší než počet eferentních drah. Vznikne-li v kterémkoli místě aferentní oblasti podráždění, vznikne mnohostranný boj o obsazení konečné výstupní dráhy. A. A. Uchtomskij zdůrazňuje, že pouze v těchto podmínkách se vytváří ze soustavy mnohostranně spojené velkým množstvím možností svobodné volby, určitá pohybová reflexní dráha, přičemž v kterékoli době se stává jednostranně vázanou s jedním stupněm svobodné volby, což zajišťuje vnější projev cíleného pohybu.

Kdyby převýšil počet eferentních drah množství aferentních, nemohl by se uskutečnit koordinovaný akt, poněvadž by vzruch pouze jedné aferentní dráhy přecházel současně na několik drah, někdy by najednou vyvolával několik pohybů, jindy by způsoboval protikladné pohyby.

V soustavě, v níž existuje příslušný počet aferentních i eferentních drah, jsou možné přísně šablonovité akty, avšak jejich přizpůsobivost a dynamika je v souladu se změnami prostředí. Nadbytek aferentních drah a boj o výstupní výslednou dráhu zajišťuje dostatečné množství možností.

Konstrukce reflexních drah vyjadřuje zabezpečovací soustavu. Je-li z jakékoli příčiny vyraženo z činnosti několik aferentních drah, přesto jejich množství stačí k tomu, aby vyvolaly příslušný pohyb. Lze předpokládat, že i v tom případě, dojde-li k podráždění jediného aferentního vlákna, dojde k reflexní reakci. Avšak tato reakce bude velmi jednoduchá a nebude koordinovat s reakcí dalších elementů, nepůjde tedy o koordinovaný akt.

K realizaci koordinovaného pohybu je zapotřebí střetnutí, podráždění na reflexních drahách, tj. nutné podráždění mnoha receptorů. V tom okamžiku není organismus na jiné podněty schopen reagovat.

Princip „nálevky“ lze rozšířit na další vztahy axonů se synaptickými úseky, a to recepčními i výkonnými. Jeden axon inervuje sto i více svalových vláken. Každý aferentní axon ve svalů je spojen s několika svalovými spoječky. Množství synaptických spojů odpovídá kvalitě fyziologické reakce. Nervový impuls, který je po nervových fibrilách jednoho axonu rozvětveně veden po jeho jednotlivých větvích, dospěje k mnoha svalovým vláknům a zajišťuje dostatečnou sílu pohybového efektu.

V aferentní oblasti dostávají centra přesnou informaci o stavu a činnosti svalů. Informace jsou mnohočetné, jemně odstíněné a přesné.

Koordinace pohybu je tedy zajišťována mnohočetnou informací zprostředkovanou aferentními impulsy ze svalových receptorů, zajišťovanou převahou aferentních drah nad eferentními, převahou počtu svalových receptorů nad aferentními axony, inervací většího počtu svalových vláken jedním motorickým nervovým vláknem. Tímto způsobem je zajišťována koordinace pohybu na vysokých nadsegmentových úrovních i na úrovni motorických neuronů a svalů.

Na efekt koordinovaného aktu lze usuzovat na základě vnějších projevů. K vnějším projevům patří také myografický záznam stahu svalů. Zatím je

jasné, že „boj o výchozí dráhu“ neprobíhá na periférii, nýbrž na vnitřních centrálních drahách. V poslední době se podařilo zaznamenat podráždění vnitřněbuněčného potenciálu a z něho usuzovat na to, v kterých neuronech se vytvářejí nejpříznivější podmínky pro vznik a uskutečnění podráždění a ve kterých se vytváří útlumová překážka. Detailní rozbor významu zrakové kontroly při koordinovaných cílených pohybech ukázal její potřebu a nezbytnost zcela jednoznačně, i když za jistých okolností může být zrak nahrazen jinými senzacemi (hmatem, svalovým smyslem atd.). Za normálních podmínek jsou cílené pohyby paží kontrolovány zrakem. Cinnost očních pohybů je poměrně složitá a náročná a řídí se přesnými zákonitostmi, které se s úspěchem pokusila prokázat řada psychologů, kteří dospěli na základě experimentálního sledování dané otázky k velmi přesným a detailním závěrům. Výsledky získané především v modelových situacích je třeba využít v praxi při řešení konkrétních otázek zrakové pohybové koordinace.

Také analýza motorické regulace koordinovaného pohybu ukázala jeho velkou složitost a podmíněnost mnoha faktory, z nichž některé byly poznány a odhaleny, byla stanovena míra jejich vlivu za přesně daných podmínek, jiné dosud zjištěny nebyly, takže bude třeba prokazovat jejich závažnost řadou důležitých laboratorních výzkumů.

L I T E R A T U R A

1. Bell, Ch., On the nervous circle which connect the voluntary muscles with the brain. Cit. podle Hacker, W., Elementaranalysen der visuell vermittelten Regulation von Zielbewegungen, Dresden, 1965, 9.
Sečenov, I. M., Učastije organov čuvstv, Izbr. proizv. 1952, str. 518–523.
2. Sečenov, I. M., Izbrannyje fyz. i ps. proizvedenija, 19, Moskva 1952–56, str. 518–523.
Sečenov, I. M., Touch as a sense corresponding to vision, 1884, str. 569–570, Izbr. proizv. 1952, str. 900–903.
Sečenov, I. M., The part played by the sense organs in the work performed by the hands of people with and without sight, 1901, str. 490–491.
3. Bray, Charles, Transfer of learning, JexpPs 11, 1928, str. 447–467.
4. Beritov, I. S., O prostranstvennoj orientacii čeloveka i životnych v okružajuščeje srede, Vopr. ps. 1956, 4, str. 63–64.
5. Bell, J. E., Projective technique, A dynamic approach to the study of the personality.
Roos, Sherman, Handedness and mirror-drawing, GenJPs 1951, str. 183–196.
Simon, Ch. W., The effect of handedness in mirrored drawings, GenJPs 1951, str. 428–431.
6. Javal, L. E., Essai sur la physiologie de la lecture, Ann. d'Oculistique 82, 1878, str. 242–253.
Dodge, R., Benedict, F. G., Psychological effects of alcohol. Carnegie Institut Publ., 1915, str. 232.
7. Sundberg, C. G., Über die Blickbewegung und die Bedeutung des indirekten Sehens für das Blicken, Skandin. A Physiol. 35, 19, 17, str. 47–48.
8. Stratton, G. M., Eye-movements and the aesthetics of visual form, Festschrift, Wilhelm Wundt zum 70. Geburtstage, II. Teil, Leipzig, Wundt's Philos. Studien 20, 1902, str. 342–347.
9. Sundberg, C. G., Über die Blickbewegung und die Bedeutung des indirekten Sehens für das Blicken, Skand. A. f. Physiol. 35, 1917, str. 1n.
10. Dodge, R., Claine, T. S. The angle velocity of eye movements, Ps. Rev. 8, 1901, str. 146–157.

- Tinker, M. A., Individual and sex differences in speed of saccadic eye movements, *Studies in personality*, N. Y. 1942, str. 271–280.
11. Diefendorf, A. R., Dodge, R., An experimental study of the ocular reactions of the insane from photographic records, *Brain* 31, 1908, str. 451–489.
 12. Lange, L., Neue Experimente über den Vorgang der einfachen Reaction auf Sinnesreize, *Philos Studien* 4, 1888, str. 497–510.
 13. Woodworth, R. S., Schlosberg, H., *Experimentálna psychológia*, Bratislava, 1959, str. 46.
 14. Stratton, G. M., Eye-movements and the aesthetics of visual form., *Wundt's Phil. Stud.* 20, 1902, str. 336–359.
Hofmann, F., *Die Lehre vom Raumsinn des Auges*, Berlin 1925, str. 214, Handbuch der ges. Augenheilkunde, Teil 1, Bd. 5.
 15. Wagner, R., Probleme und Beispiele biologischer Regelung, Stuttgart 1965.
Wagner, R., Rückkoppelung und Regelung: ein Urprinzip des Lebenden, *Naturwissenschaften*, 48, 1961, str. 242.
Bernštejn, N. A., Nekotoryje aktualnyje problemy reguljacii dvigatel'nych aktov, *Vopr. ps.* 1957, 6, str. 70–90.
Wiener, N., *Kybernetik-Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*, Düsseldorf–Wien 1963, 2. vyd., str. 32.
Weiss, B., The role of proprioceptive feedback in positioning responses, *JexPs* 47, 1954.
Gibbs, C. B., The continuous regulations of skilled response by kinaesthetic feedback, *Brit. J. Ps.* 2, 1955.
Lewandowski, N. G., Einige Probleme der angloamerikanischen Ingenieurpsychologie, Probleme u. Ergebnisse der Psychologie, Sonderheft-Ingenieurpsychologie, Berlin 1963, str. 83–96.
Schulz, N. J., Untersuchungen zur sensomotorischen Struktur einer zur Fertigkeit gewordenen Zielbewegung, *Diss. Math-nat. Fakultät, Technische Universität, Dresden* 1964.
Schulz, N. J., Besonderheiten der sensomotorischen Structur einer einfachen Zielbewegung, *Wiss. Zeitschrift der TU Dresden* 12, 1963, Hft 6, str. 1643–1648.
 16. Hacker, W., Elementaranalysen der visuell vermittelten Regulation von Zielbewegung, *Dresden* 1965, str. 19.
 17. Hacker, W., Elementaranalysen der visuell vermittelten Regulation von Zielbewegung, *Dresden* 1965, str. 19.
 18. Rudik, P. A., *Psychologie*, Praha 1958, str. 147–148.
 19. Rudik, P. A., *Psychologie*, Praha 1958, str. 107–108.
 20. Anochin, P. K., *Physiologie und Kybernetik*, *Sowjetwissenschaft*, 1, 1958, str. 542, 551–555.
 21. Wagner, R., Rückkoppelung und Regelung. Ein Urprinzip des Lebenden, *Nat. wiss.* 48, 1961, str. 235.
 22. Holst, Erich von, Die relative Koordination als Phänomen und als Methode Zentralnervöser Funktionsanalyse, *Erg. Physiol.* 42, 1939, str. 228–306.
 23. Anochin, P. K., *Physiologie und Kybernetik*, *Sowj. Wiss.* 1958, Hft 5, str. 533.
Anochin, P. K., *Physiologie und Kybernetik, v knize: Kybernetik und Praxis, Unser Weltbild*, Berlin 1963, str. 148–182.
 24. Bernštejn, N. A., Nekotoryje aktualnyje problemy reguljacii dvigatel'nych aktov, *Voprosy ps.* 1957, 6, str. 70–90.
 25. Wiener, N., *Kybernetik – Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*. Düsseldorf–Wien 1963, 2. vyd.
 26. Anochin, P. K., *Physiologie und Kybernetik (v knize Kybernetik und Praxis)*, *Unser Weltbild*, Berlin 1963, Hft 36, str. 171.
 27. Ananjev, B. G., *Psychologie der sinnlichen Erkenntnis*, Berlin, 1963.
Köhler, I., Über Aufbau und Wandlungen der Wahrnehmungswelt, Insbesondere über bedingte Empfindungen, Österreich, *Akad. der Wissenschaft, Wien, Sitzungsberichte*, Bd. 227, 1952, str. 94–113.
Köhler, I., Experiments with prolonged optical distortions, *Acta Psychologica*, Amsterdam. 11, 1955, str. 176–178.
Köhler, I., Zentralnervöse Korrekturen in der Wahrnehmungen, *Naturwiss.* 48, 1961, str. 262–263.
 28. Bernštejn, N. A., Nekotoryje aktual'nyje problemy reguljacii dvigatel'nych aktov, *Vopr. ps.* 1957, 6, str. 70–90.

ОПТИЧЕСКАЯ И МОТОРНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ КООРДИНАЦИИ

Йиржи Седлак

Вышеприведенная статья разделена на две части. В первой из них автор сосредоточивает свое внимание на проблематике зрительного контроля, а во второй части — на проблематике двигательного контроля координированного движения. Автор подводит итог и дает оценку десяткам экспериментальных работ, доказывающих большое значение факторов, влияющих на координацию движений, и одновременно обсуждает корреляции между обеими системами регуляции. Он указывает на то, что синтез приобретенных до сих пор данных по этой проблематике приводит к созданию современной теоретической психологической концепции контроля движения, которую, однако, необходимо будет еще более подробно проработать в экспериментальном отношении.

(Перевел Йиржи Бронец)

OPTIC AND MOTORIC CONTROL OF MOVEMENT COORDINATION

Jiří Sedlák

The study is divided into two part. The first part, is devoted to the problems of optic control, the second part to the problems of motoric control of coordinated movement. The author summarizes and evaluates tens of experimental works devoted to proof of the importance of factors influencing the coordination on of movement and to correlations between the two control systems. The author concludes that a synthesis of the present knowledge is conducive to the formation of a modern theoretical psychological conception of movement control, which, however, will require a more detailed experimental elaboration.

