

617.754:612-087.7:613.693

SIMULACE ZMĚN ZORNÉHO POLE, VZNIKAJÍCÍCH PŘI RADIÁLNÍM ZRYCHLENÍ*)

Pplk. MUDr. Jiří ŠULC, CSc.
Ústav leteckého zdravotnictví, Praha
náčelník: plk. MUDr. M. Haňka

V nedávné době popsal James E. Whinnery (3) techniku, umožňující napodobit zatmění zorného pole, jež vzniká v letounu nebo na centrifuze vlivem kladného podélného přetížení. Jeho metoda dovoluje demonstrovat tento významný fyziologický fenomén i lidem, kteří se s ním z nejrůznějších důvodů nemohou seznámit v přirozených podmínkách. C-1 manévr, jak se technika simulace zrakových poruch zkráceně nazývá, se standardně používá před první jízdou na lidské odstředivce ke znázornění okamžiku, kdy je třeba dát signál k jejímu zastavení. Dále slouží při výuce lékařů a dalších vědeckých pracovníků, kteří se zabývají problematikou gravitační fyziologie (pokud ovšem netrpí glaukomem, nebo degenerativními změnami retiny).

Princip C-1 manévru spočívá v krátkodobé anemizaci sítnice manuálně vyvolaným zvýšením nitroočního tlaku. Proband si přiloží levou dlaň zlehka na zavřené levé oko. Současně ukazovákem pravé ruky energicky stiskne přes zevní okraj víčka pravý bulbus; oko se při tom nechá otevřené. Po několika sekundách se začne zorné pole od periferie směrem k centru zatmívat, až z něho zůstane pouze úzký kroužek nealterované plochy. Přerušení tlaku na oko v tomto okamžiku (komprese nesmí podle Whinneryho přesáhnout 20 s) vede k okamžité restituci zrakové funkce.

Vlastní pozorování

Během ověřování techniky C-1 manévru na vlastním pokusném souboru jsme se též sna-

žili podchytit dynamiku umělého black-outu a vymezit limitní podmínky pro jeho spolehlivé vyvolání.

Postupovali jsme následovně.

Pokusná osoba se po seznámení s cílem a technikou experimentu posadila před bílou stěnu, na níž byl umístěn ve vzdálenosti 35 cm od roviny očí papírový terč z perimetru. Proband fixoval pravým okem jeho střed a potom provedl C-1 manévr. Ohlašoval okamžik počátku zsednutí okraje zorného pole a dále okamžik dosažení trubicového vidění, při čemž vedoucí pokusu odečítal příslušné časové údaje na stopkách. Po ukončení manévru ukázal vyšetřovaný na schématu lokalizaci a přibližný rozměr terčíku zachovaného pole. Celá procedura se po několikaminutové přestávce ještě jednou či dvakrát opakovala. Potom jsme ji upravili tak, že stlačení pravého bulbu prováděl experimentátor oftalmodynamometrem Luneau & Coffignon za diskretního zvyšování tlaku po 0,7 kPa v pásmu mezi 5,9—7,8 kPa. Jakmile se podařilo instrumentálně reprodukovat efekt „manuálního“ postupu, byl pokus ukončen.

Experiment jsme provedli na 10 posluchačích Vysoké vojenské letecké školy SNP (průměrný věk 23 let) a získali údaje z 26 „manuálních“ a 23 „instrumentálních“ testů.

Výsledky

Průběh C-1 manévru byl po vytvoření náležité komprese bulbu, ať jí bylo dosaženo prstem nebo oftalmodynamometrem, prakticky totožný. Jak ukázala naše měření, musí být tlak vyšší než 5,9—6,9 kPa; méně důrazné stlačení oka během 20sekundového limitu, který jsme

*) Předneseno na odborném shromáždění vojenských oftalmologů v Lázních Jeseníku dne 3.—4.6. 1980.

nechtěli z bezpečnostních důvodů překročit, zrakovou poruchu nevyvolá.

Latence nástupu prvních známek zšednutí zorného pole činí v průměru 6–7 s a obraz trubicového vidění je plně rozvinut během dalších 4–5 s (tab. 1, obr. 1). Plocha koncentricky zúženého zorného pole nebývá větší než 10–15° a její lokalizace není ani u téhož jedince stabilní (obr. 2). Nejčastěji se nachází nad horizontálním meridiánem v blízkosti centra; může se však přesunout až do temporálního segmentu. Zachovaný sektor vidění zůstává zřejmě vždy v centrální oblasti. Tím, že se tlakem na bulbus posune optická osa oka, vzniká falešná projekce do jiného místa perimetru.

Úprava vidění po uvolnění tlaku na bulbus je promptní. Vyjasnění zorného pole probíhá podstatně rychleji, než jeho zatmívání.

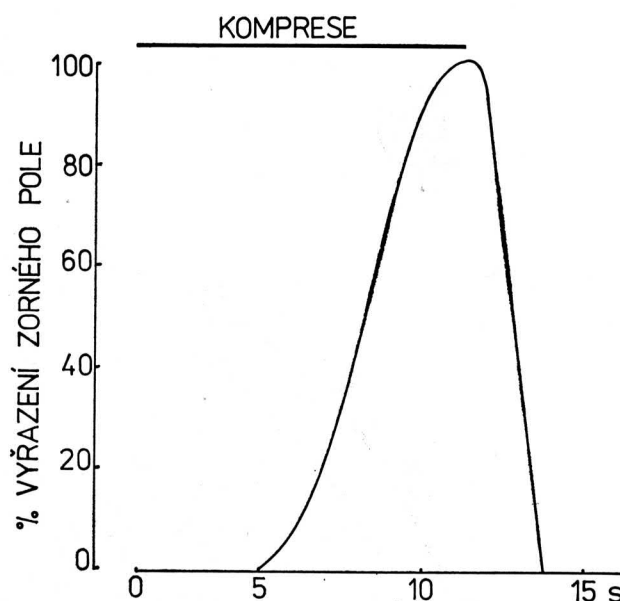
Tab. 1

		PERIFERNÍ ZŠEDNUTÍ	TRUBICOVÉ VIDĚNÍ
KOMPRESE	MANUÁLNÍ	$6,2 \pm 1,5$ s	$9,5 \pm 2,7$ s
	INSTRUMENTÁLNÍ	$6,7 \pm 1,8$ s	$10,7 \pm 3,5$ s

Diskuse

Zastření zorného pole, dosažené popsanou cestou je podle hodnocení zkušených pilotů téměř identické a vůbec nejčastěji se vyskytující změnou zrakové funkce během vyšších násobků zrychlení (3). Vnější příbuznost obou jevů je také základem didaktické hodnoty C-1 manévru. Nelze nicméně přehlížet, že tímto fenoménem se zdaleka nevyčerpává veškerá symptomatologie gravitačních vlivů v oblasti zrakového analyzátoru. Ta je daleko pestřejší (2).

Již po malém zvýšení tíže stoupá práh fotonického vidění. Aby pilot zachytil slabý světelný podnět, musí být jeho jas při +2 G_z o 50 % a při +4 G_z o 300 % vyšší než v gravitačním poli +1 G_z. V přetížení se nejvíce zhoršuje schopnost vnímat modrou a červenou barvu, kdežto percepce zelené a žlutozelené barvy zůstává uchována až do okamžiku úplné ztráty vidění. I poté, co letec v přetížení přestane vidět světlo ze stabilního zdroje, zpracovává jeho sítnice dále světelné záblesky. De-



Obr. 1. Časový průběh zatmívání zorného pole při C-1 manévru

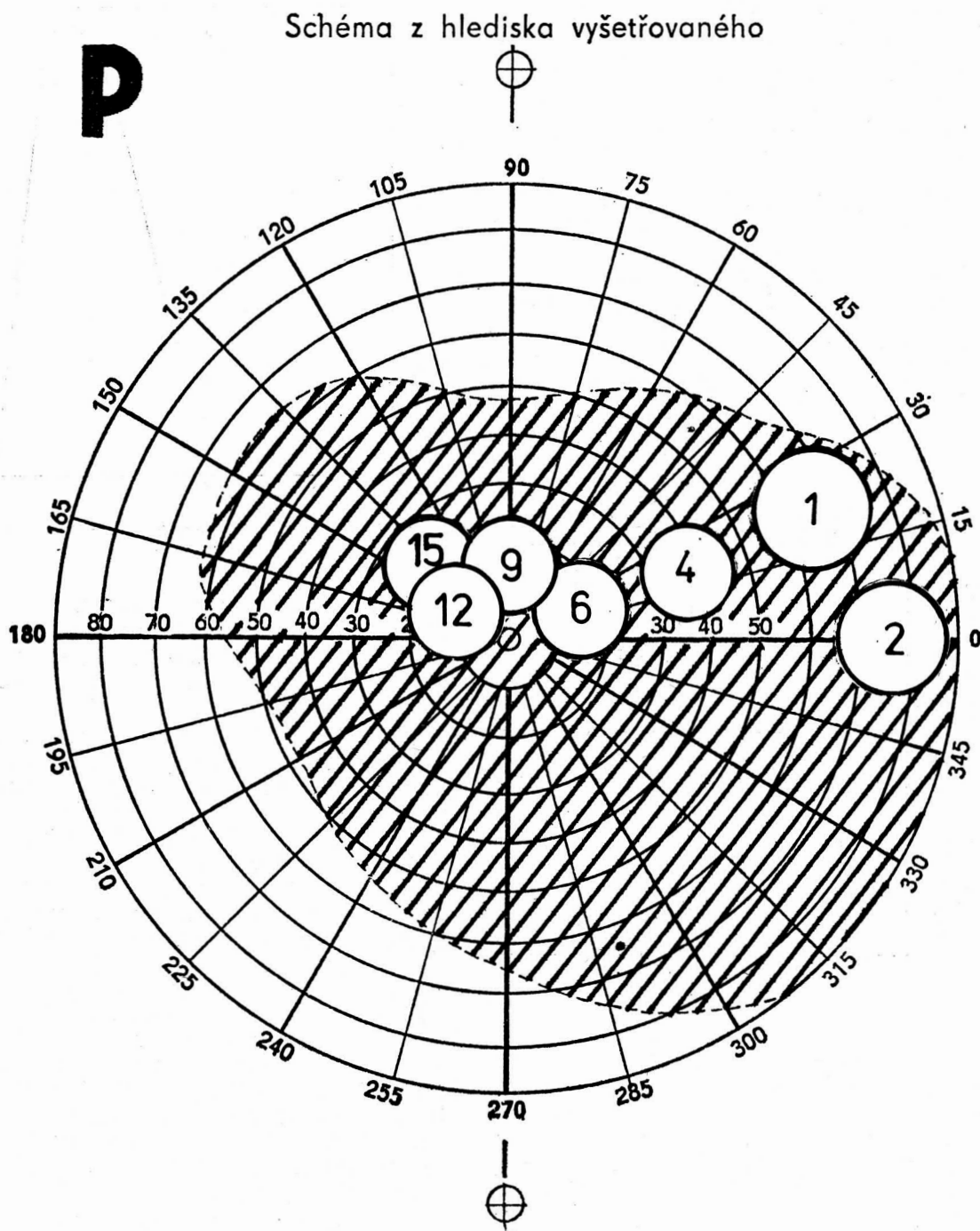
formace bulbů, způsobená gravitační zátěží narušuje vyváženost optické soustavy obou očí. Na alteraci prostorového vidění při změnách tíže se dále mohou podílet některé letové iluze (okulogravická a okuloagravická).

Také klasicky jednoduchý obraz zšednutí a zčernání zorného pole v posledních letech rozšířily četné varianty, jejichž geneze není vždy úplně jasná. Podmínky, za kterých se objevuje šedá clona, jsou subjektivní i objektivně hůře postižitelné než ty, které vyvolávají clonu černou. Zšednutí je známkou toho, že se adaptační mechanismy organismu již nestačí beze zbytku vyrovnávat s gravitačním stressorem. Zčernání potom signalizuje nebezpečnou blízkost hranice úplné dekompenzace.

Příznak černé clony znamená úplnou ztrátu vidění na celé ploše zorného pole. Různí lidé se mezi sebou často liší ve svých interpretacích zšednutí zorného pole. Nikdy však nemají žádné pochybnosti o okamžiku, kdy se dostává totální ztráta vidění. Objektivně lze tento přelom vymezit zástavou tzv. neviditelného fyziologického nystagmu.

V etiopatogenezi poruch vidění při radiálním zrychlení mají rozhodující význam inerční přesuny krve z hlavy do pánevní oblasti. První projevy cirkulačních poruch v oku se dostávají při poklesu systolického tlaku v a. centralis retinae pod 6,5 kPa. Zčernání zorného pole pravidelně nastává, jestliže se tento tlak sníží pod hodnotu 2,7 kPa. Vztah mezi velikostí defektu v zorném poli a stupněm gravitační zátěže lze až do čtyřapůlnásobku +G_z přetížení vyjádřit matematicky pomocí přenosové funkce. Gravitační faktor tu je ovšem kromě maximální hodnoty třeba vymezit též gradientem přírůstků, trváním, sumací aj.

Teorie anemizace sítnice však nestačí vysvětlit, proč například někdy zůstanou na pe-



Obr. 2. Lokalizace a přibližný rozsah uchovaného zorného pole na vrcholu G-1 manévru (čísla v kroužcích označují počet pozorování)

riférii zorného pole uchovány ostrůvky percepce světelných podnětů, nebo proč přechodná slepota postihne jenom jedno oko. Poněcháme-li stranou řídké případy, kdy příčinou poruchy vidění je přetažení horních víček přes bulby, je evidentní, že se na funkční blokáde zrakového analyzátoru podílejí ještě další fyziologické mechanismy. Existují přesvědčivé důkazy o alteraci korové části tohoto analyzátoru pod vlivem aferentních vzruchů z otolového aparátu a dalších interoreceptorů.

Uplatňují se především při vyšetřování letců na odstředivce; v letounu jejich význam ustupuje do pozadí. V pokusech na zvířatech byl v gravitačním poli do $+6 G_z$ zjištěn vznik ochranného útlumu v receptorech sítnice. Tento útlum se při zvyšování gravitační zátěže šířil i na vyšší etáže zrakové dráhy.

Z hlediska letecké oftalmologie je zejména důležitý vztah mechanismů udržování nitroočního tlaku k celkové toleranci člověka k přetížení. Již dlouho se ví, že umělou regu-

lací lokálních tlakových poměrů pod utěsněnými brýlemi se dá při stabilní hodnotě přetížení okamžitě ztráty vidění oddálit (vytvořením podtlaku) nebo urychlit (vytvořením přetlaku). Posudkově cennější jsou však poznatky pracovníků Vojenského ústavu leteckého zdravotnictví z Varšavy (1) o změnách intraokulární tenze při expozici limitním hodnotám přetížení. Nitrooční tlak tu klesá o 0,3 kPa i více. U jedinců, jejichž nitrooční tlak se pohybuje blízko spodní hranice normy, dochází signifikantně častěji než u letců s vyššími hodnotami tenze k náhlé ztrátě vědomí a to bez předchozích varovných známek šednutí nebo černání zorného pole. V těchto případech byla u postižených jedinců bezprostředně po diagnostické jízdě na centrifuze naměřena intraokulární hypotenze až $1,6 \pm 0,2$ kPa.

Ve svém výkladu jsem se mohl dotknout pouze klíčových problémů vztahu kladného podélného přetížení k základním zrakovým funkcím. Na tuto pestrost vnějších projevů, stejně jako na systémový charakter vnitřních patofyziologických mechanismů je třeba pamatovat vždy, jestliže se z klinických nebo pedagogických důvodů obrátíme k použití C-1 manévru.

Souhrn

Autor studoval dynamiku tzv. C-1 manévru, navrženého Whinnerym pro simulaci gravitačních změn v zorném poli. Žádaný efekt nastane, jestliže tlak na bulbus překročí hodnotu 5,9–6,9 kPa. Zšednutí periférie zorného pole se objeví s latencí 6–7 s a za dalších 4–5 s se plně rozvine obraz trubicového vidění. Simulovaná změna je sice typickým, ale zdaleka ne jediným projevem účinku gravitačního stresoru v oblasti zrakového analyzátoru.

Literatura

1. Domaszuk, J. - Wojtkowiak, M.: Vnezapnaja poterja soznaniya u letčikov s nizkim vnutriglaznym davlenijem vo vremja dejstvija peregruzok. Kosm. Biol. Aviakosm. Med., 11, 1077, č. 3, s. 86–87.
2. Šulc, J.: Letecká fyziologie. Praha, Naše vojsko 1980. 284 s.
3. Whinnery, J.E.: Technique for simulating G-induced tunnel vision. Aviat. Space Environ. Med., 50, 1979, č. 10, s. 1076.

Pplk. MUDr. Jiří Šulc, CSc.
Kovpakova 1
160 60 Praha 6

Klíčová slova: Zorné pole; Radiální zrychlení.