

УТИЦАЈ ЗАМОРА НА БРЗИНУ ИСПРАВНОСТИ РЕАГОВАЊА КОД ЗАПОСЛЕНИХ НА ЖЕЛЕЗНИЦИ

Окиљевић З.¹, Манојловић В.², Иветић В.², Наумовић Н.², Милановић З.³

¹Диспансер за саобраћајну медицину Нови Сад

²Кабинет за неурофизиологију Медицински факултет Нови Сад

³Институт за физиологију, Медицински факултет Универзитета у Приштини

THE INFLUENCE OF FATIGUE ON THE SPEED AND PRECISENESS OF REACTION THE POPULATIONS OF RAILROAD EMPLOYEES

Окиљевић З.¹, Манојловић В.², Иветић В.², Наумовић Н.², Милановић З.³

¹Railway and Transportation Health Care Institute, Novi Sad

²Laboratory of Neurophysiology Medical Faculty Novi Sad

³Institute of Physiology, Faculty of Medicine, University of Priština

SUMMARY

In this research it was examined how fatigue in the working process affected the speed of reaction on a complicated stimulus, and also on the frequency of inadequate reactions. The investigation was carried out by means method of combine reaction time (CRT). CRT is the shortest time that passes from the moment when a person is affected by a complicated stimulus until the moment when the person responds to the stimulus, by making adequate and complicated reaction. CRT was registered in working population of railroad employees who were divided in two groups: group of locomotive drivers (n=44) and group of a railroad employees (n=25). In the group of locomotive drivers it was taken into the consideration whether the type of locomotive was electrical or diesel power. In both groups, CRT was registered in two phases of working process; before and after daily work. Results showed that in both examined groups CRT got significantly extended after the working process. Duration of CRT was longer before and after working process in the group of electrical power locomotive drivers compared to diesel power locomotive drivers. Fatigue did not affect significantly on the frequency of incorrect answers.

Key words: Fatigue, Speed and preciseness of reaction.

САЖЕТАК

У раду је анализиран утицај замора на брзину реаговања на стимуле различите сложености и на учесталост погрешних реаговања. Испитивање је изведено применом методе комплексног реакционог времена (CRT). CRT је најкраће време које протекне од тренутка када се на особу делује сложеним стимулом, до тренутка када та особа свесном, сложеном реакцијом адекватно одговори на стимул. CRT је регистрован код запослених на железници груписаних у две групе: групи машиновођа (n=44) и групи радника на железници (n=25) У групи машиновођа водило се рачуна да ли машиновође управљају локомотивама са дизел-вучом или локомотивама са електро-вучом. CRT је код сваког испитаника регистровано пре и након радног дана. Добијени резултати указују да постоји статистички сигнификантно дуже CRT након посла у обе испитиване групе. Вредности CRT су биле дуже и пре и након посла код машиновођа који управљају локомотивама са електро-вучом у односу на друге машиновође. Замор није сигнификантно утицао на учесталост грешака ни у једној испитиваној групи.

Кључне речи: Замор, Брзина исправности реаговања.

УВОД

Рад човека прати замор који је, као универзална појава, у специфичном односу како са врстом рада тако и са његовим интензитетом.

У физиолошком погледу замор је реверзибилно смањење функционалног нивоа појединих система и организма у целини, условљено процесом физичке и менталне активности, које перзистира извесно време по престанку активности.

Неурофизиолози замор разматрају првенствено као манифестацију функционалних промена у нервном систему (1), истичући истовремено, да без обзира на узрок настанка, замор делује лимитирајуће на даљи ток

активности (рада), а да истовремено као део ауторегулационог механизма штити организам од ексцесивне активности (2).

За појединца који ради замор се увек јавља као субјективни осећај nelaгодности чији се степен може градирати од "лаганог умора" до "тешке исцрпљености" (3).

Замор је праћен и објективно уочљивим променама као што су смањење радног учинка, прецизности и координисаности покрета, губитком заинтересованости и воље за рад, успореним реаговањем на различите стимуле (1). Управо из тих разлога одређивање степена

замора је од интереса за планирање процеса рада, у циљу постизања са једне стране што веће продуктивности, а са друге стране ради обезбеђења поузданог и сигурног радног процеса. Ово је посебно важно код таквих занимања код којих "грешке" у раду, као једна од манифестација замора, могу резултирати не само материјалним већи људским губицима.

Занимање машиновође је у групи занимања код којих појединац има изразито висок ниво одговорности за сигурност и безбедност путника и роба. На развој замора код машиновођа утичу и бројни потенцирајући фактори који су у вези са врстом локомотиве којом управљају (дизел-вуча, електро-вуча), затим турнусни рад итд. Процењивање степена замора код овог занимања, када се узме у обзир истакнуто, има првенствено практични значај, али и научни.

При одређивању степена замора уопште користе се не само субјективне процене појединца већи савремене објективне методе. Тако нпр. мерење брзине свесног реаговања индивидуе у односу на задатке различите сложености и у различитим фазама радног процеса представља један од могућих начина егзактног утврђивања присуства замора. То подразумева примену методе регистровања комплексног реакционог времена (CRT).

CRT је најкраће време које протекне од тренутка када се на особу делује сложеним стимулом, до тренутка када та особа свесном, сложеном реакцијом адекватно одговори на стимул (4). CRT особе на одређени стимулус је њена индивидуална карактеристика и зависи, од генетске предиспозиције, типа личности, интелигенције, узраста, пола. Пошто функционална спремност организма флукутира у времену, мења се и спремност особе да реагује на дејства из исто тако променљивог окружења (5,6).

Циљ овог истраживања био је да се утврди утицај замора на брзину реаговања и на учесталост погрешних реаговања код радника запослених на железници (машиновођа и помоћних радника на железници) при реализацији задатака различите сложености применом методе регистровања комплексног реакционог времена.

МАТЕРИЈАЛИ МЕТОДЕ РАДА

Истраживањем су обухваћене две групе испитаника: машиновође ($n=44$) и прегледачи кола на железници контролна група ($n=25$). У групи машиновођа издвојене су две подгрупе: машиновође локомотива са електро-вучом ($n=26$) и машиновође локомотива са дизел вучом ($n=18$). Сви испитаници су били мушког пола просечне старости 36 година.

Сваком испитанику мерено је трајање CRT пре и после радног процеса. После посла је сваки испитаник питан да ли се осећа "уморним" или не.

Мерење је изведено уз помоћ специјалног програма за одређивање CRT инсталираног на рачунару.

У току једног мерења испитаник је имао три серије задатака које су се разликовале по сложености. У свакој серији испитанику је апликовано по тридесет задатака.

У сваком задатку су се на центру екрана појављивали бројеви. У првој серији задатака (I) на центру екрана била су два броја (1 и 2 двозначни стимул), у другој серији (II) била су четири броја (1,2,3 и 4, четворозначни стимул) и у трећој серији (III) било је шест бројева (1,2,3,4,5 и 6-шестозначни стимул). У сваком задатку је по један од приказаних бројева на екрану рачунара био осветљен, односно означен, а од испитаника се захтевало да прстима руке, који су претходно били постављени на тастатури, непосредно по опажању, што притисне тастер који је одговарао означеном броју.

Компјутерски је мерено време у милисекундама које протекне од тренутка осветљавања броја до тренутка активације тастера. У случају активације погрешног тастера, испитаник је био упозораван генерисаним високим тоном.

Осветљавање бројева било је случајно, што је одређено самим апликованим програмом. Распоред прстију на тастатури био је једнообразан за све испитанике и није се мењао у току целог испитивања, односно у све три серије. Средњи прсти леве руке лежали су редом на бројевима 1,2 и 3, а средњи прсти десне руке на бројевима 4,5 и 6.

Непосредно пре истраживања, сваки испитаник је детаљно упознат са техником рада и од њега је захтевано да изведе краћу пробну серију.

По завршетку једног мерења, на екрану су се појављивали подаци за сваку од серија (I, II, III) о просечном трајању CRT у милисекундама и подаци о броју погрешних одговора изражени у процентима у односу на укупни број задатака поједине серије.

Добијени подаци накнадно су статистички обрађени. Израчунаване су средње вредности трајања CRT и учесталост погрешних одговора код појединих група испитаника и за сваку подгрупу испитаника у појединој серији, за периоде пре и периоде после посла.

Посебно су анализирани вредности CRT и проценти нетачних одговора код машиновођа који су се изјаснили после радног дана "уморним" и упоређивани су са вредностима код оних који су се у истим условима изјаснили као "не уморни".

Анализирани вредности у истраживању су упоређиване применом т-теста за зависне и независне узорке и то на два нивоа значајности ($p < 0.05$ и $p < 0.01$).

РЕЗУЛТАТИ

Добијени резултати показују да је у првој серији просечно трајање CRT пре посла код машиновођа износило 426ms, а након посла 499ms. У другој серији просечна вредност CRT пре посла износила је 587ms, а након посла 661ms. У трећој серији је, такође, CRT након посла било дуже него пре посла. Поређења средњих вредности CRT, код машиновођа, у свакој од серија пре посла и након истог применом т-теста су показала да су се вредности пре и након посла статистички сигнификантно разликовале за ниво $p < 0.01$ (Табела 1.)

Анализом средњих вредности CRT код радника из контролне групе установљено је да су у појединој серији вредности CRT биле веће након посла. Међутим,

сигнификантна статистичка разлика између израчунаних средњих вредности CRT пре и након посла постојала је само у првој серији истраживања (Табела 1.)

Табела 1. - Вредности CRT код машиновођа и радника из контролне групе.

Серије	I		II		III	
	Пре	После	Пре	После	Пре	После
Машиновође	426	499	587	661	689	770
T	5.0		3.71		3.9	
P	<0.01		<0.01		<0.01	
Контролна	439	497	619	662	736	767
T	2.18		1.27		1.0	
P	<0.05		>0.05		>0.05	
Машиновође / Контролна						
T	0.756	0.0	0.82	0.1	1.18	0.1
P	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

Трајање ЦРТ изражено у мс

Из Табеле 1. је видљиво да су пре посла радници из контролне групе имали пре посла дуже CRT него машиновође у истом времену, али те разлике нису биле статистички сигнификантне.

Статистички значајна разлика није установљена ни при поређењу средњих вредности CRT након посла код машиновођа и радника у контролној групи ни за једну серију (Табела 1.).

Табела 2. - Вредности CRT код машиновођа који управљају локомотивама са електро-вучом и дизел-вучом

Серије	I		II		III	
	Пре	После	Пре	После	Пре	После
Машинов. ел.-вуче	440	521	614	676	704	801
T	4.2		2.78		3.54	
P	<0.01		<0.01		<0.01	
Машинов. диз.-вуче	402	465	543	636	664	719
T	2.44		2.44		1.7	
P	<0.05		<0.05		>0.05	
Машиновође електро и дизел-вуче						
T	1.52	2.11	1.67	1.6	0.9	1.7
P	>0.05	<0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

Трајање ЦРТ изражено у мс

Добијени резултати показују да је средња вредност CRT код машиновођа који управљају локомотивом са електро-вучом износила пре посла 440ms, а после посла 521ms, при чему је разлика између наведених вредности била статистички сигнификантна за ниво $p < 0.01$. Исто тако је установљена високо сигнификантна разлика међу вредностима CRT пре и после посла у другој и

пре и после посла у трећој серији истраживања код машиновођа који управљају локомотивама са електро-вучом. - Табела 2.

Код машиновођа који управљају локомотивама са дизел-вучом средња вредност CRT пре посла, у првој серији, износила је 402ms, а после посла 465ms, уз присуство статистички значајне разлике међу тим вредностима за ниво $p < 0.05$. Сигнификантна разлика установљена је међу добијеним средњим вредностима CRT пре и средњим вредностима CRT након посла, код испитаника из ове подгрупе и у другој серији истраживања. У трећој серији истраживања код испитаника из ове подгрупе установљено је такође дуже CRT након посла, али ово продужење није било сигнификантно (таб. 2).

Машиновође које управљају локомотивама са електро-вучом имале су бројчано веће средње вредности CRT, како пре посла тако и после посла, у односу на машиновође које управљају локомотивама са дизел-вучом (Граф.1). Ове разлике статистички су биле сигнификантне само међу вредностима CRT добијеним после посла у првој серији - Табела 2.

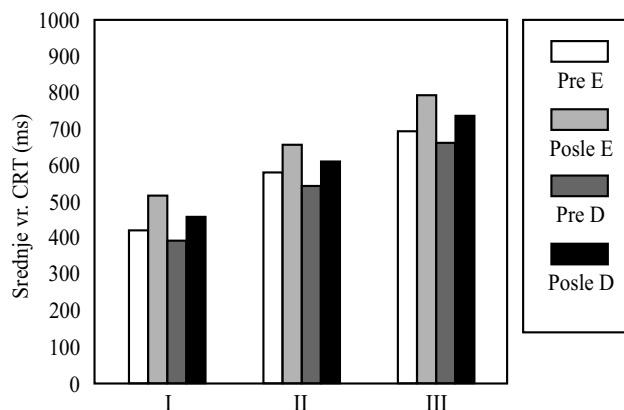


График 1. - Средње вредности CRT пре и након посла код машиновођа на ординарни време у мс. На ајсцима I, II, III број серије; E електро-вуча; D-дизел-вуча

Табела 3. - Процентни погрешних одговора код машиновођа и контролне групе

Серије	I		II		III	
	Пре	После	Пре	После	Пре	После
Машиновође	0.47	0.47	1.7	1.3	4.6	3.7
T	0.0		0.67		0.84	
P	>0.05		>0.05		>0.05	
Контролна	0.6	0.6	0.17	0.89	5.4	4.3
T	0.0		0.8		0.5	
P	>0.05		>0.05		>0.05	
Машиновође / Контролна						
T	0.4	0.35	0.093	0.65	0.47	0.38
P	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

Грешке изражене у процентима

Утврђивањем процентуалне заступљености погрешних одговора у односу на укупан број одговора у појединим серијама, како код машиновођа тако и код радника из контролне групе, установљено је да се број грешака није сигнификантно мењао ни у једној од серија после посла у односу на број грешака пре посла. Посматрањем података у Табели 3. јасно се може видети да је грешака после посла било мање (са изузетком друге серије код контролних радника).

Табела 4. - Погрешни одговори (у проценти) код машиновођа који управљају локомотивама са електрично и дизел-вучом

Серије	I		II		III	
	Пре	После	Пре	После	Пре	После
Машинов. ел.-вуче	0.38	0.63	1.4	1.2	4.2	3.7
T	0.64		0.45		0.37	
P	>0.05		>0.05		>0.05	
Машинов. диз.-вуче	0.62	0.2	2.1	1.5	5.2	3.7
T	0.98		0.58		0.8	
P	>0.05		>0.05		>0.05	
Машиновође / Контрола						
T	0.61	1.13	1.11	0.35	0.54	0.0
P	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

Грешке изражене у процентима

Табела 5. - Вредности CRT и учесталости погрешних одговора код испитаника који су се изјаснили као "уморни" и испитаника који су навели да "нису уморни". Трајање CRT изражено у ms; Грешке су изражене у проценти.

Серије	I		II		III	
	Пре	После	Пре	После	Пре	После
CRT "уморни"	430	533	591	701	696	8237
T	2.93		2.42		2.11	
P	<0.01		<0.05		<0.05	
CRT "нису уморни"	429	484	597	646	716	752
T	2.6		2.1		1.1	
P	<0.05		<0.05		>0.05	
"уморни" / "нису уморни"						
T	0.0	1.7	0.08	1.3	0.3	0.0
P	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
"уморни" греш.(%)	0.6	0.5	1.7	1.3	4.6	3.8
T	0.34		0.21		0.23	
P	>0.01		>0.05		>0.05	
"нису умор." греш.(%)	0.0	0.7	1.7	1.0	5.0	4.0
T	0.7		0.34		0.023	
P	>0.05		>0.05		>0.05	
"уморни" / "нису уморни" - грешке %						
T	0.6	0.34	0.0	0.17	0.17	0.1
P	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

Грешке изражене у процентима

Учесталост погрешних одговора код машиновођа из сваке од подгрупа није се сигнификантно разликовала пре и после посла у анализираним серијама.

Такође, учесталост погрешних одговора у анализираним временима и серијама, није била сигнификантно различита код машиновођа једне подгрупе у односу на учесталост грешака код машиновођа из друге подгрупе - Табела 4.

Из групе машиновођа и из контролне групе радника на железници издвојени су они испитаници који су се након обављеног радног задатка изјаснили као "уморни" (n=24), као и они испитаници који се након радног задатка субјективно нису осећали уморним (n=20). После посла у свакој од серија апсолутне средње вредност CRT код испитаника који су се изјаснили као "уморни" биле су сигнификантно дуже од вредности CRT код испитаника који су навели да "нису уморни". Међутим применом т-теста тј. поређењем вредности CRT у свакој од серија за периоде пре посла и за вредности после посла су показала да није било статистички сигнификантних разлика у трајању CRT између посматраних подгрупа испитаника (табела 5).

Процент погрешних одговора, такође, није био сигнификантно већи ни пре ни после посла код радника који су се изјаснили "уморним" у односу на погрешке код испитаника из подгрупе који се нису осећали "уморним".

ДИСКУСИЈА

У овом истраживању трајање CRT у сваком конкретном случају детерминисано је брзином провођења информација кроз затворене неуронске кругове почев од мрежњаче преко ареала кортекса мозга (специфичних нервних центара) - и даље преко сложених моторних путева све до ефектора - мишића флексора прстију (7).

Добијени резултати су показали да је просечно трајање CRT након радних задатака било значајно дуже у односу на трајање CRT пре радних задатака. Ове разлике су уочене код обе групе испитаника у све три серије. Продужења CRT се могу довести у везу са замором, тј. са пролазним снижењем функционалног нивоа организма, које се, како је напред истакнуто, код појединаца развија у току обављања радних задатака. У литератури се могу пронаћи бројни подаци о основи и механизмима настанка тих функционалних промена. Неурофизиолози их објашњавају исцрпљивањем депоа неуромедијатора у синаптическим завршецима, прогресивном инактивацијом све већег броја мембранских рецептора, накупљањем калцијума унутар постсинаптичких неурона, због трансмисије узастопних акционих потенцијала (7,8). Што даље има утицаја на продужење периода рефрактерности, на смањење енергетских депоа, на нагомилавање продуката метаболизма, на смањење потрошње кисеоника итд.

За претпоставити је да ниво замора одређује степен у ком долази до продужења CRT (9,10). Тако обзиром на специфичности професије машиновође вредности CRT у овој групи се разликују на већем нивоу зна-

чајности него вредности CRT за иста времена код контролне групе радника (11).

У току овог истраживања повећавање тежине задатка у свакој наредној серији подразумевало је усложњавање перцептивне аналитичке и моторне активности. Вредности CRT отуда су у свакој наредној серији постајале дуже, обзиром на укључивање све већег броја синапси у ангажоване нервне путеве. Замор који је настао у вези радних обавеза неједнако је доживљаван од стране појединаца. Резултати су показали да је трајање CRT било дуже код оних испитаника који су се субјективно након посла осећали уморним. Према литературним подацима постоји веза између субјективне процене умора (узрокованог различитим облицима рада) и објективних манифестација, као што је нпр. брзина реаговања (3).

Природа посла машиновође је таква да изискује максимално ангажовање пажње, са свим елементима усредсређености и то у дужем временском периоду. Уз то машиновође су изложене бројним другим дејствима, која не само да представљају потенцирајући фактор развоја замора, већна много ширем нивоу утичу на комплетно физичко и психичко стање машиновође.

Нпр. утицај електромагнетног поља на машиновође који управљају локомотивама са електричном вучом, у литератури је потврђиван, али и оспораван. Извесна испитивања су показала да на машиновође делује електро-магнетно поље довољне јачине да изазове акутне и хроничне промене на CNS-у, чулном и кардиоваскуларном систему (12,13), док други налазе да је непосредна близина електромотора и спроводног кабловског система који емитују променљиво електромагнетно поље велике јачине и густине је компензовано заштитним дејством Фарадејевог кавеза (14).

Несумњиво је при томе да електромагнетно поље када делује на организам човека испољава утицај преваходно на мембране раздражљивих ткива путем индуковања површинске расподеле наелектрисања (12).

Наши резултати су показали да су разлике у вредностима CRT пре и после посла у све три серије у групи машиновођа који управљају локомотивама електро-вуче биле на вишем нивоу статистичке значајности у односу на разлике у CRT код машиновођа који управљају локомотивама са дизел-вучом.

Истовремено те вредности CRT код машиновођа локомотива са електро-вучом су у свим случајевима (и пре и после посла) биле нешто дуже од одговарајућих вредности CRT машиновођа локомотива са дизел-вучом, што би ишло у прилог оним налазима у литератури који говоре о утицају електромагнетног поља на машиновође који управљају локомотивама са електровучом (15).

Поред електро-магнетног поља, на машиновође, при извршавању радних задатака, делују и други негативни фактори, чији су утицај на развој замора и брзину реаговања такође били предмет ранијих истраживања као што су утицај турнусног рада, негативни психички ефекти ванредних догађаја, висока температура, по-треси, бука, кретање ваздуха (16, 17).

У научним круговима обрађиван је и утицај замора који се јавља специјално у току управљања раз-

личитим возилима па и локомотивама на трајање реакционог времена, на когнитивне способности, а често је акценат стављан на утврђивање утицаја замора на учесталост погрешних одговора (18).

Углавном је показано да број грешака расте у сразмери са временом које испитаници проводе управљајући возилом (19). Међутим, резултати овог истраживања нису потврдили таква запажања. Наиме, проценат погрешних одговора се повећавао у свакој наредној серији у складу са сложеношћу задатка, али вредности пре и после посла за исту серију се нису значајно разликовале ни у једном случају без обзира на групу (машиновође, контролна група). Напротив проценат погрешних одговора након посла у обе групе је био чак и нешто нижи што објашњавамо великом мотивисаношћу испитаника да задатак после посла обаве што прецизније, па и по цену споријег реаговања.

ЗАКЉУЧЦИ

1. Замор који се код појединаца јавља при обављању радних задатака испољава се смањењем брзине реаговања на сложене стимуле (продужењем CRT).

2. Код машиновођа и код контролне групе радника на железници, трајање CRT је статистички сигнификантно дуже након радног дана, док се учесталост погрешних одговора не мења сигнификантно.

3. Вредности CRT зависе од тежине обављеног посла и веће су код машиновођа у односу на контролну групу.

4. Бројни потенцирајући фактори замора који делују на машиновође разликују се у зависности од врсте локомотиве којом машиновођа управља и утичу на вредности CRT.

ЛИТЕРАТУРА

- Đuričić I., Kesić B., Savićević M. *Medicina rada*, Beograd-Zagreb, 1966
- Rot N. *Opšta psihologija*, Beograd, 1981.
- Bujas Z., Pavlina Ž., Sremac B., Vidaček S., Vodanović M. Subjektivno procenjivanje umora, *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, Jugoslovenska akademija znanosti i umetnosti, Zagreb, 1966.
- Milner D. *Chronometric Analysis in Neuropsychologia*, London, 1986.
- Ivetić V., Filipović D., Naumović N., Božić K., Keleman A. *Reakciono vreme-uzrasne karakteristike*, *Makedonski medicinski pregled*, 1995; 131-134.
- Botownick J., Thompson LW. *Components of the Reaction Time in Relation to Age and Sex*, *Journal of Genetic Psychology*, 1966; 51-64.
- Gayton AC. *Medicinska fiziologija*, Beograd, 1996.
- Apostolović M., Ivetić V. *Strah od bola u pedantologiji* Beograd, 2000.
- Brand N., Verspui L. *Reaction Time during the Long-driving performance*, Australia, 1997.
- Teichner WH., Krebs MJ. *Laws of Visual Complex Reaction Time*, *Psychological Review*, 1974; 75-98.
- Smith PJ. *Attention and the Contextual Interference effect for a continuous tasks*, Gwynedd, Wales, 1998.

12. Neda Pekarić-Nad Aspekti bioloških uticaja elektromagnetnih polja, Savetovanje-Bezbednost u elektrotehnici, Beograd, 1994.
13. Mann K. Effects of pulsed high frequency electromagnetic fields on the Neuro-endocrine system, University of Mainz, Germany, 1998.
14. Kopytenko YA. Measurements of electric transport fields by Waveform capture system: DC Russian trains, metro and trams, St. Petersburg, Russia, 1999.
15. Lyskov E. Physiological study of possible effects of combined DC-AC Magnetic field exposure with characteristics simulating electric engine conditions, Electromagnetic field and human health, Moskva, 1999.
16. Lenne MG., Triggs TJ. Time of day variations in driving performance, Monash University, Australia, 1997.
17. Williams JM., Andersen MB., Psychological influences on central and peripheral vision and Reaction Time during demanding tasks, University of Arisona, 1997.
18. Desmond PA. Implications of Task-induced fatigue effects for inn-vehicle countermeasures to driver fatigue, University of Dundee, UK, 1997.
19. Feyer AM. Balancing Work and rest to Combat driver fatigue: an investigation of Two-up driving in Australia, Dunedin, Australia, 1996.