

## Рецензия

на дисертационния труд на Цветалин Тотев Тотев на тема

“Механизми, определящи скоростта на зрителното възприятие на стимули с различна пространствена честота”  
за присъждане на научната степен „доктор“  
от проф. Ангел Георгиев Василев, дмн

Зависимостта на динамиката на зрителното възприятие от пространствените и интензитетни характеристики на зрителните стимули е била многократно обект на изследвания. Класически подход в изследванията е измерване времето на реакция при поява на стимул. Скоростта на реакция има не само теоретично, но и многостранно практическо значение. Изследвания, проведени в Института по физиология, сега Институт по невробиология, за пръв път показаха, че времето на реакция се удължава с нарастването на пространствената честота на зрителните стимули. Този факт беше публикуван независимо от три лаборатории и стана обект на многобройни изследвания в съществуващата литература. Основните хипотези за зависимостта на времето на реакция (ВР) от пространствената честота (ПЧ) на стимулите се свързват със съществуването в зрителната система на два морфологично и функционално различни пътя, магноцелуларен и парвоцелуларен, така наречените едноканална и алтернативната ѝ фазично-тонична хипотеза. Втората хипотеза има повече привърженици и повече съответства на неврофизиологичните данни за структурата и функционалните особености на зрителната система.

Актуално ли е поставянето отново на въпроса за механизмите, определящи скоростта на зрителното възприятие на стимули с различна пространствена честота? Основната причина е посочена във **Въведението** на дисертационния труд: наличието на данни, които се разглеждат от авторите им като подкрепящи едноканален модел с широка ПЧ характеристика. Тези данни не са подлагани в известната ми литература на критичен анализ и експериментална проверка, което определям и като една от целите и приносите на настоящата дисертация.

Дисертацията заема 132 страници и включва 16 фигури, но всяка фигура включва многобройни графики, така че броят им не е информативен.

Литературният обзор обхваща 38 страници като са включени 132 заглавия, 2 от тях на български, 6 на руски и останалите на английски. Представени са психофизични и електрофизиологични данни, както и данни получени чрез методите на образната диагностика за наличието в зрителната система на два типа механизми с различни пространствени и времеви свойства – едните с висока контрастна чувствителност при ниски пространствени и високи времеви честоти, другите избирателно чувствителни към високи пространствени но ниски времеви честоти. Тези данни са обобщени в обзора под названието хипотезата за фазично-тонична дихотомия. Следва раздел, посветен на доказателствата за съществуването на пространствено-честотно избирателни механизми в зрителната система, вкл. електрофизиологичните изследвания на отделни неврони в в зрителната кора на експериментални животни. Повечето от източниците, достъпни до 1989 г., са по



данни от дисертационните трудове на Митов и мен, което е отбелязано в началото на обзора. Между по-новите заглавия особен интерес представляват следните: номер 10 от списъка на литературата за произхода на фазичните и тонични отговори на ретиналните ганглийни клетки; номер 47 за два времеви канала в първичната зрителна кора, идентифицирани с функционално магнитно-резонансно изобразяване; номер 55 за невроналната основа и коровата локализация на пространствено-честотната преработка при възприятие на сложни сцени; номер 112 за тоничните и фазични механизми при зрителните потенциали, номера 22, 102 и 115, които подкрепят едноканалния модел на механизмите за удължаването на реакционното време при високи пространствени честоти, както и номера 37 и 130, които съдържат дискусия за факторите на това удължаване. Посочените заглавия са допълнение, макар и непълно, към правените преди обзори в нашата литература. Би било желателно да се включат повече заглавия, посветени на въпроса за значението на фазично-тоничната дихотомия при когнитивните процеси. Пропуск на литературния обзор е отсъствието на статия от Михайлова, Стомоняков и Василев, която е на темата за периферното и централно закъснение при висока пространствена честота, обсъдена в дисертацията на основата на няколко литературни източника на стр. 43-44.

Изцяло нова е третата част на литературния обзор в сравнение с досега съществуващите обзори от лабораторията на тема пространствена честота и зрителна латентност. Представени са изследванията, довели до изводи, които си противоречат дали пространствената честота има самостоятелно влияние върху времето на възприятие или нейното влияние е резултат от различната степен на предварителна филтрация от оптични и нервни процеси, довеждащи до по-голяма степен на демодуляция на контраста. при висока пространствена честота на стимулите. Този раздел на обзора създава основата да се аргументира актуалността на дисертационния труд и формулират неговите задачи.

**Методика.** В методично отношение проведените изследвания отговорят напълно на всички съвременни изисквания към стимулационната и регистрационна апаратура както и към прилаганите психофизични методики и математическа обработка на получените данни. Стимулите са генерирани на екрана на монитор Tektronix 608 с помощта на уникална апаратура, разработена от Митов и Гигов, която позволява кадрова честота до 1000 херца. Такава висока честота се оказва важна в някои от експериментите, предмет на дисертационния труд. Прилаган е вариант на стимулите-решетки, който придава допълнителен оригинален принос на дисертацията. Решетките са били модулирани по контраст с едномерен вертикален Гаусов прозорец, чиято ширина е била функция на пространствения период на стимула. ВР е измервано със стимули с различна ПЧ но еднакъв брой периоди, а тяхната абсолютна ширина е била различна. Напр. стимулите с най-високата ПЧ, 13.87 ц/гр са били около 15 пъти по-тесни от стимулите с най-ниската ПЧ, 0.87 ц/гр. Традиционно използваните в литературата стимули са били с фиксирана абсолютна площ, но различен брой периоди. Значението на факторите абсолютна ширина и брой периоди на стимула е предмет на изследване в глава 8. Важно е да се отбележи, че нововъведените стимули са били близки по конфигурация до



рецептивните полета на коровите неврони, които имат свойствата на пространствено-честотно и ориентационно селективни единици.

Значително място е отделено за описание на апаратурата, като остава неясно какво е участието на дисертанта в нейното разработване.

Приложените в дисертацията психофизични методики за измерване на праговия интензитет на стимулите и времето на реакция намаляват до минимум влиянието на субективни критерии относно наличието на стимул и времето на появата му и с това наличието на антипационни двигателни реакции. Оригинален е подходът за експоненциално разпределение на интервалите между предупредителния сигнал и появата на стимул, с цел да се поддържа равномерно ниво на готовност за реакция. Статистическата обработка е била адекватна, но не е представена достатъчно пълно при описанието на някои от резултатите, напр. в глава 5, посветена на измерванията на продължителността на времева сумация.

**Резултатите и тяхното обсъждане** са представени в 4-та до 8-ма глави. Всяка глава съдържа кратка обосновка на експеримента, неговото описание, получените резултати и обсъждането им. Така всяка глава е почти самостоятелна статия и улеснява читателя. Резултатите в повечето случаи са оригинални поради вида на използваните стимули: решетки в тесен Гаусов прозорец с изравнен малък брой периоди и на еднакво надпрагово ниво. С важен приносен характер са следните данни: S-образна крива с две плато на зависимостта на времето на реакция от пространствената честота при околопрагов контраст, наличието на максимум в стойностите на стандартното отклонение в областта на преход от ниско към високо плато на времето на реакция както и отсъствието на тези особености при висок контраст. Логично е обяснението им с участието два различни по пространствено-честотна селективност, контрастна чувствителност и скорост на възприятие механизма при нисък контраст и един само от тях, вероятно по-бързия при висок контраст. Особено убедителен в това отношение е фактът за увеличена дисперсия на времената на реакция в преходната област на чувствителност на двата механизма.

Пряко следващо доказателство за фазично-тонична дихотомия са измерените стойности на времето на пълна сумация, т.е. максималната продължителност на стимула, до която времето на реакция не се променя, ако произведението контраст по времетраене е постоянно. Високата кадрова честота на апаратурата се оказва важна в този експеримент, тъй като критичното време на реакция е твърде късо, а измерването на неговата стойност се извършва въз основа на данни от голям брой стимулни продължителности. Времето на пълна времева сумация при ниска пространствена честота е било 15 мсек както при нисък така и при висок контраст. При висока пространствена честота е било 30 мсек при нисък контраст и се скъсявало на 15 мсек при висок контраст. За оценка на това как се менят времевите свойства на механизмите, отговорни за времето на реакция, е използван още един метод – вариране продължителността на фронта за включване на стимула, т.е. дали контрастът на стимулите нараства рязко до максимума си или постепенно. Колкото по-бавен е един зрителен механизъм, толкова по-слаб ще бъде ефектът от постепенно нарастване интензитета на стимула. Именно такъв е полученият резултат при висока пространствена честота 13.87 ц/гр в сравнение със стимули с ниска ПЧ, 0.87 ц/гр, представени на фиг. 5.2.



Спорно е обаче значението на този ефект. Той може да се наблюдава за всеки два стимула с различен праг поради изравняването на стимулите по надпрагово ниво. Прагът за откриване на стимул с висока ПЧ /13.87 ц/гр/ е бил почти 10 пъти по-висок отколкото прагът при 0.87 ц/гр (Фиг. 4.1) и при изравнени 2 или 4 пъти над прага стимули, както е в случая, първата производна на фронта е по-голяма за високата честота при еднакво с ниската честота време за удължаване на фронта. Значението на стойността на първата производна от силата на дразнителя за ВР е известно още от кандидатската дисертация на доц. Антон Пенчев, основателя на физиологията и психофизиката на зрението в България.

Шеста и седма глави съдържат експериментални проверки на данни, които противоречат на фазично-тоничната дихотомия. Един такъв резултат е отсъствието на пространствено-честотната неопределеност върху времето на реакция в статия на Томас и съавтори. В експерименталната психофизика е прието, че ако няколко вида стимули се обработват от различни механизми, при случайното им вариране вниманието към тях се затруднява и времето на реакция нараства. В дисертационния труд са анализирани факторите, които биха могли да доведат до отсъствие на ефект на ПЧ-неопределеност в опитите на Томас и сътр. и са проведени експерименти в централната част на зрителното поле в по-широк обхват на стимулен контраст. Установено е, че пространствено-честотната неопределеност удължава времето на реакция при нисък контраст, 2 до 4 пъти над прага за откриване и голяма ПЧ-на разлика между стимулите. Границите на ефекта се разширяват, ако единият стимул е с рязък фронт, а другият - с плавно нарастване на контраста. Логично е предположението, че изброените факти подкрепят фазично-тоничната хипотеза за механизмите, които определят времето на реакция, както и предположението, че условията в експериментите на Томас и съавтори са благоприятствали само единия механизъм, а именно фазичния.

Глава 7 изследва доколко времето на реакция при откриване на решетки може да се опише с една единствена степенна функция, в която независимата променлива /аргумента/ е произведението на пространствения период и контраста. Saleh & Bonnet (1998) представят такива данни и считат, че локални интензитетни фактори определят ВР. Vassilev, Mihaylova & Bonne (2002) установяват, че по-голямата част от стойностите на ВР и латентността на зрителните предизвикани потенциали могат да се опишат с тази зависимост, но остава разлика от порядъка на 20 мсек в асимптотата към минималното ВР, която не зависи от контраста и нараства с ПЧ. Освен това, скъсяването на стимулната експозиция от 100 мсек на 10 мсек удължава повече ВР за високи ПЧ отколкото за ниски ПЧ, факт, който подкрепя фазично-тоничната хипотеза, но не определя стойностите на времева сумация. Целите на изследването, включено в дисертацията, са били да се измери ВР към включването на стимули-синусоидални решетки с различна ПЧ, но с еднакъв брой периоди и еднакво отдалечени от праговете за откриване, като се изследва доколко измерените стойности могат да бъдат описани с една единствена степенна функция, независимо от ПЧ на стимулите. Функциите са сравнявани при 4 различни аргумента: екранен контраст, ретинален контраст, екранен контраст по период и ретинален контраст по период. Ширината на Гаусовия прозорец е била 0.67 или 2.7 периода. От изложените графики се вижда, че с никой аргумент не се получават еднакви криви на степенните функции. Най-важната разлика е била в



асимптотите на ВР при висок контраст /Табл. 1, стр. 88/, тъй като те са в областта на независимост от контраста, следователно независимо от точността на изчисления ретинален контраст. Отбелязано е (стр. 98), че отклоненията от единствена степенна функция са по-големи, когато ПЧ е по-висока, при нисък контраст, както и за стимули с по-малка пространствена константа с други думи по-тесни.

Ширината на стимула и броят периоди са двата фактора, чийто ефекти върху ВР се изследват в 8-ма глава. Въведени са повече стойности на ширината на Гаусовия прозорец и е измерена при няколко нива надпрагов контраст критичната ширина, до която ВР се скъсява. Ефектът зависи от нивото на контраст и се наблюдавал главно до контраст 2-4 пъти над прага и до 5-6 цикъла ширина на решетката. Съществено в резултатите е, че не абсолютната ширина, а броят цикли е един и същ за всички ПЧ. Предложена е формула, която описва ВР отделно за всяка ПЧ като функция от произведението на контраста и броя периоди, повдигнат на степен, отразяваща силата на вероятностна сумация между пространствено-честотно селективни единици. Предположено е, че сумацията се извършва на корово ниво, тъй като други изследвания на Тотев и Митов са показали нейната ориентационна селективност.

Последният раздел на дисертацията “**Заключение**” е кратък, само 4 страници. Той съдържа кратко изложение на основните данни и обобщава изводите от тях. Краткостта на раздела ми позволява да не го описвам в детайли, а да премина след представяне на моите критични бележки, към собственото си заключение и оценка на рецензирания труд.

#### **Бележки по същество**

1. Спорно е значението на намереното по-голямо нарастване на ВР за ниски ПЧ отколкото за високи ПЧ при удължаване на фронта на включване на стимула. Алтернативно възможно обяснение с разлика в първите производни от фронта беше приведено по-горе.

2. Общо за стимулите от опитите в дисертацията, е изравняването им в повечето случаи по надпрагов контраст. Прагът е измерван при продължителни стимули. Не намерих обяснение защо е избрана стойността 340 мсек, нито как би се отразило на резултатите изравняване по праг, измерен при други времена на експозиция. Освен това кривата на контрастна чувствителност се мени при надпрагов контраст. Доколко може да се приемат за изравнени стимули на високи надпрагови нива?

3. Ретиналният контраст е изчисляван чрез умножаване на екрания контраст по коефициенти за всяка ПЧ, взети от литературни данни за оптичната предавателна функция и достоверността на резултатите от изчисленията зависи от оптиката на очите при отделните наблюдатели. Точността няма значение за разликите в минималното ВР,  $ВР_0$ , което е в диапазона на независимост от контраста, но е важна при сравнението на резултатите при нисък и среден контраст. Следваше влиянието на точността на ретиналния контраст върху достоверността на представените различия да се обсъди в дисертацията.



### Други бележки

1. В много от случаите отделните графики съдържат група криви, но са малки по размер и това затруднява разчитането формата на отделните експериментални точки, нещо, което е съществено при оценката на резултатите. Разпечатани са цветни фигури, явно с цел да се избегне този проблем. За съжаление, текстът под фигурите се отнася за черно-белите фигури, използвани по-рано.

2. В списъка на литературата не е включена работа на Тотев и Митов, цитирана на стр. 109. Впрочем, тъй като тя допринася за основаване на важно предположение в дисертацията, можеше да бъде част от нея.

Авторефератът отразява вярно съдържанието на дисертацията.

Резултати от дисертационния труд са докладвани на 4 международни срещи, резюмета от тях са публикувани в издания на тези срещи, и са предмет на 4 статии, 3 на английски и една на руски и английски (2 и 2a) Две публикации са в авторитетни международни списания с импакт фактор над 2, една (номер 2) – в *Российский физиологический журнал* и една, номер 4, в *Доклади на БАН*. В автореферата са посочени 4 цитирания на резултати от дисертацията, три от тях от чужди автори.

### Заклучение

Оригиналните стимули, оптимални за коровите рецептивни полета, както и подробното изследване на факторите, влияещи на ВР, дават възможност за подкрепа на хипотезата, че двигателната реакция при измерване на нейната скорост се осъществява от бърз фазичен механизъм при ниски ПЧ и от по-бавен тоничен механизъм при високи ПЧ. Уточнява се, че хипотезата е валидна при нисък контраст, 2-4 пъти над прага за откриване, но не и при 8-10 пъти по-висок праг. Предположено е, че преминаването от двуканален към едноканален механизъм при висок контраст се основава на правилото “по-бързият е победител” В подкрепа на фазично-тоничната дихотомия са следните факти, получени при нисък стимулен контраст: S-образната зависимост на ВР от ПЧ на стимули-решетки с нейните 2 нива и екстремни стойности на дисперсията на ВР в междинната област; по-кратката продължителност на пълната времева сумация, определяща латентността на двигателния отговор за стимули с ниска отколкото с висока ПЧ; наличието на ефект на ПЧ-неопределеност върху ВР; разликата между минималните ВР, ВР<sub>0</sub> за стимулите с ниска и висока ПЧ; невъзможността да се опишат с една единствена функция зависимостите на ВР от интензитетни фактори.

В литературата съществуват множество данни, които показват, че времевите характеристики на невроналната активност, предизвикана от зрителни стимули с нарастваща ПЧ, се менят от бързи фазични към бавни тонични. Това би могло да се дължи както на континуум от ПЧ избирателни единици така и на обособени 2 групи, т.е. на фазично-тонична дихотомия. Проучванията в дисертацията са важни именно като единствената подкрепа на фазично-тоничната хипотеза след работата на Harwerth & Levi (1978), като я разширяват с важни нови резултати и обясняват литературни данни, описвани като противоречащи на хипотезата.

Допълнителни резултати с приносен характер са за влиянието на стимулния размер върху ВР. Показано е, че критичната ширина зависи от стимулния контраст

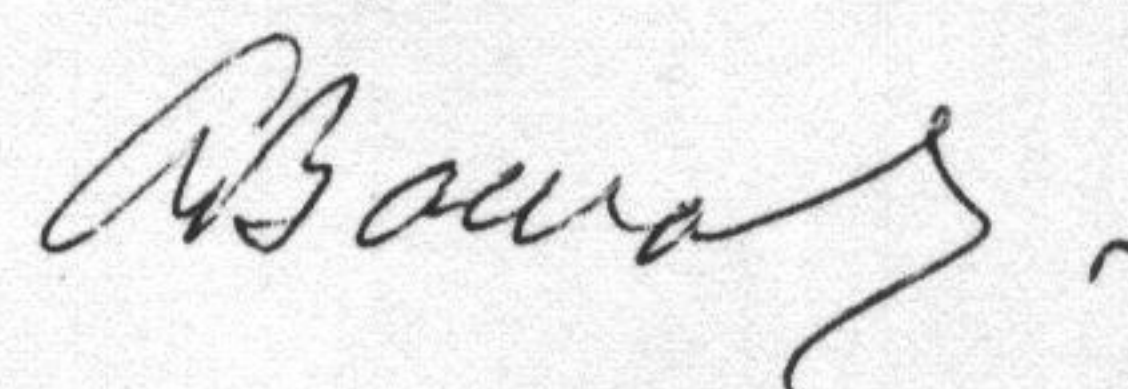


и се изчерпва до 5-6 цикъла. Предложена е модифицирана степенна функция на зависимостта на ВР от контраста и ширината на стимула. Изказва се хипотезата, че ефектът на ширината на стимула се осъществява като процес на вероятностна простраствена сумация между ПЧ-тно и ориентационно специфични единици в зрителната кора.

Тези резултати ми дават основание да предложа на уважаемото жури моята положителна оценка на дисертационния труд, както и на Научния съвет на Института по невробиология при БАН да присъди на Цветалин Тотев Тотев научната степен "доктор".

София, 21.08.2015

Рецензент:



Професор Ангел Василев, дмн