



МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ
ФАКУЛТЕТ „ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ“

ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ

Лекция
№1

НИСКОЧЕСТОТНИ ТОКОВЕ

Доц. д-р Мая Кръстанова, дм

Нискочестотни токове с регулируеми параметри

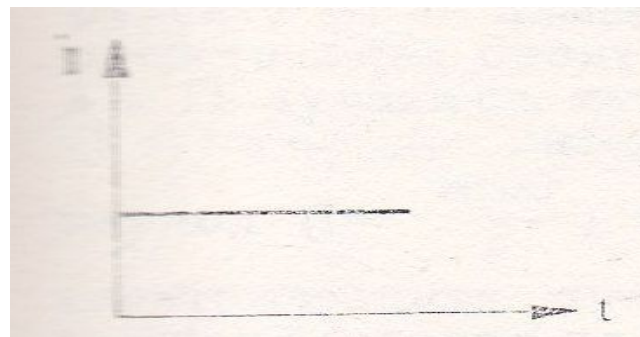
Електричеството е особена форма на съществуване на материята и се среща под формата на поле или във веществена такава - като елементарни частици. Електрически ток е всяко насочено движение на електрически товари (частици електричество или носители на електричество).

Видове електрически токове

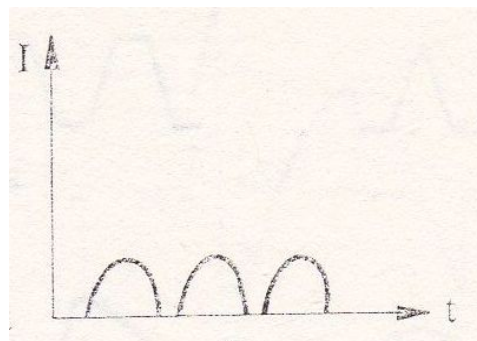
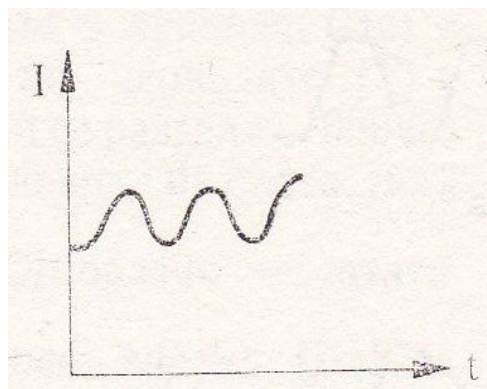
Разделят се на две основни групи: прави и променливи.

Правите токове имат еднопосочност на движението на електрическите товари, т.е. не променят посоката си. От своя страна те се разделят на: постоянен (галваничен) ток, чиито напрежение и големина остават неизменни по време на протичането му (фиг.) и пулсиращи монополярни токове, които ги променят.

Фиг. Галваничен ток

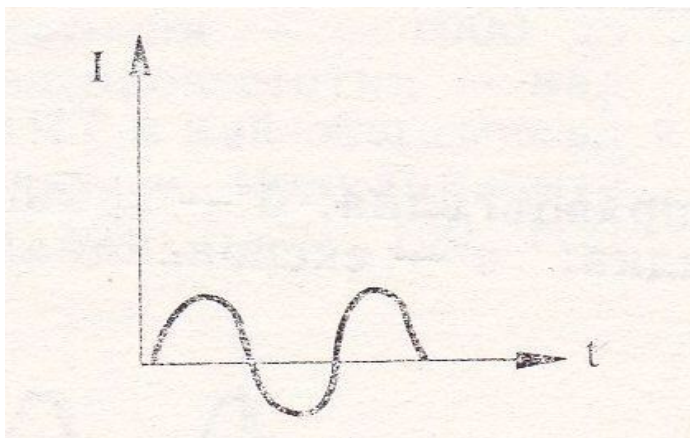


При стойности на големината и напрежението над нула, се наричат *ондулиращи*, а при периодични стойности нула – *импулсни*.



Фиг. Графично изображение на ондулиращ и на импулсен ток

Променливите токове са онези, при които има периодична промяна на големината, напрежението и посоката им. Освен това те могат да бъдат симетрични (напр. Синусов) и несиметрични (напр. Фарадичен).



Фиг. Графично изображение на променлив ток

Ефекти на галваничния и фарадичния ток върху възбудимите тъкани

Поради нееднаквата проницаемост на тъканите за електрически натоварените частици в областта на клетъчните мембрани и тъканни гранични повърхности се натрупват йони и молийони с различни заряди, образуват се поляризационни полета, които играят ролята на вторични, вътретъканни, виртуални (привидни) полюси, пораждащи поляризационен ток с обратна на основния ток посока (поляризационен ток), т.нар. привидно омово съпротивление. Тези виртуални полюси от своя страна могат да неутрализират по-стъпващите йони и молийони с обратей пълнеж, в резултат на което се образуват химически активни вещества, действащи непосредствено върху заобикалящата ги среда и предизвикващи отдалечени рефлекторни ефекти.

Трябва да се обърне внимание върху намаляващата мембранната пропускливост на двувалентните (Ca, Mg.) и обратния ефект на едновалентните йони (Na, J). Като по-тежки и по-трудно подвижни двувалентните йони остават около анода и обуславят уплътняващото му действие, а по-подвижните едновалентни йони, ориентирайки се към катода, допринасят за увеличаване на тъканния пермеабилитет.

В периполярните зони (повърхностните тъканни слоеве на кожата) галваничният ток предизвиква активна хиперемия, по-силно изразена на анода с оточност на междуклетъчното пространство и разрастване на епитела с по-следващо вроговяване на клетките и лющене.

Този вазомоторен ефект, дължащ се на галваничния ток (галванична хиперемия), може да се прояви в същите граници и степен, ако няколко часа по-късно се приложи някакъв фактор (например обща топла вана), което говори в полза на една по-продължителна стимулация на вазомоторите и подобряване на кръвообращението. В периполярните зони се наблюдават и най-важните физиологични ефекти – променя се медиацията, като в областта на *катода* се увеличава количеството на ацетилхолина, а в областта на *анода* – холиестеразаната активност. Именно в периполярните зони се наблюдават характерните за галваничния ток биофизични и електродинамични процеси.

Те се разиграват на граничните мембрани и стоят в основата на известните от електрофизиологията състояния на *кателектронус* (повишена възбудимост в областта на катода) и *анелектротонус* (намалена възбудимост в областта на анода). В интерполярното пространство (в тъканите между двете периполярни зони се проявяват редица реакции: хиперемия, засилване на обмяната на веществата, подобряване на трофиката, засилване на клетъчния метаболизъм (увеличава се усвояването на кислорода и отделянето на въглероден двуокис), подобрява се кръвооросяването.

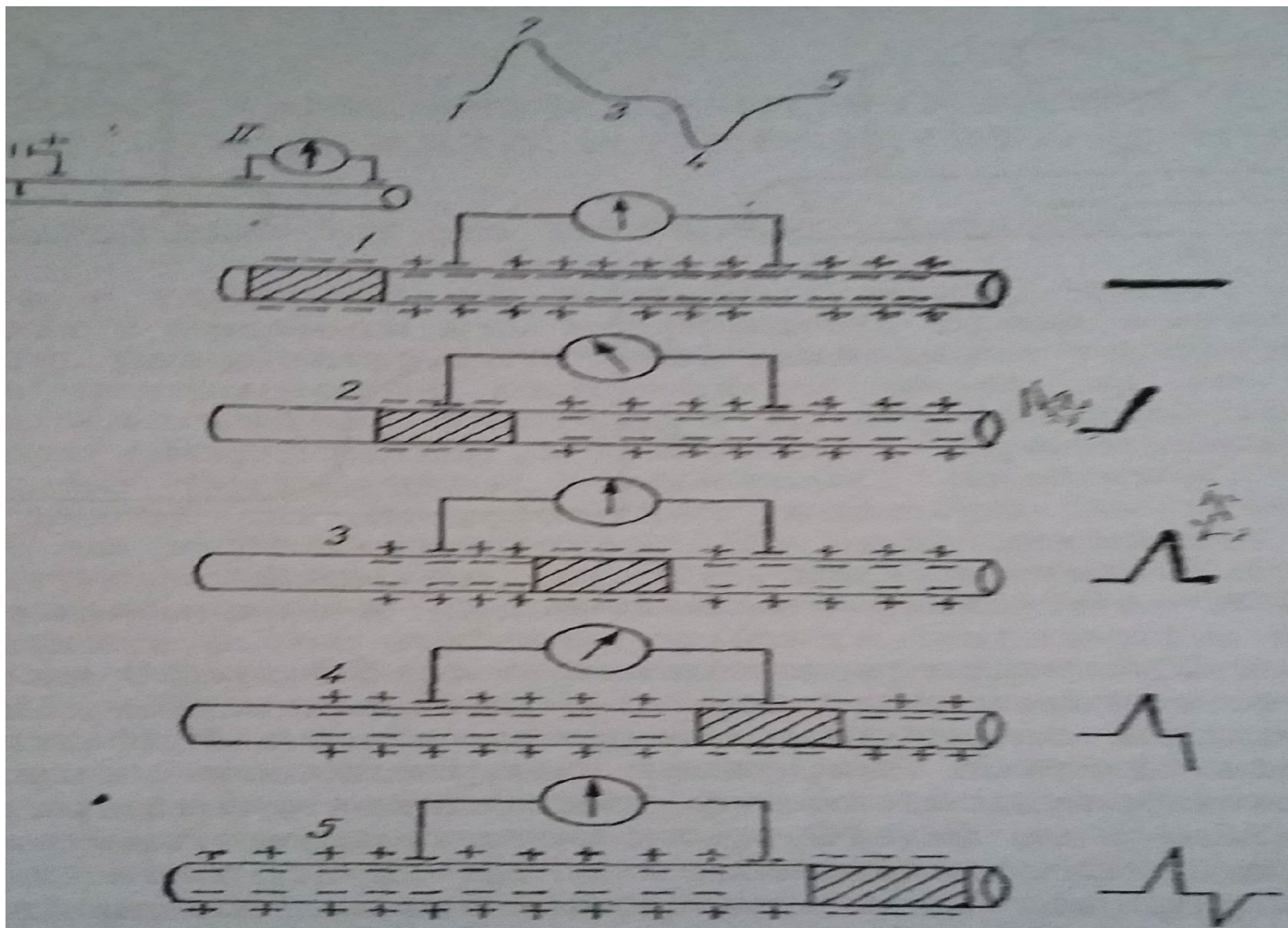
Най-характерното свойство на галваничния ток е неговата способност да влияе върху основните нервни процеси на възбуждение и задържане. Този ефект се проявява всестранно – по отношение на периферната, централната и вегетативната нервна система. На галваничния ток реагират със специфична реакция нервно-мускулният апарат, кожно-сетивният, зрителният, слуховият, вестибуларният и вкусовият анализатор. Тази специфична реакция е характерна само за токовете с ниско напрежение и ниска честота (галваничен ток, нискочестотен ток).

Различни теории са правили опит да обяснят ефекта на галваничния ток върху нервната възбудимост:

Съвременните научни открития в областта на неврофизиологията, свързани с имената на носителите на Нобелова награда I. Eccles, A. Huxley, A. Hodgkin, дадоха възможност да се проникне по-дълбоко в процесите, предизвикани от галваничния ток. Микроелектродната интрацелуларна електрофизиологична техника показва, че галваничният ток предизвиква директен ефект върху нервната мембрана и развиващите се върху нея процеси на деполяризация, реполяризация, хиперполяризация, които стоят в основата на възбуждението.

Състоянието на покой се характеризира с поляризация на нервната мембрана – вътрешната среда на нервната клетка (аксоплазмата) е заредена негативно спрямо външната при разлика в потенциалите 50-80 mV за моторния неврон. В тези случаи на външната страна на мембраната се натрупват повече Cl и Na⁺, а във вътрешността на клетката – K⁺ йони. При дразнене с катода на галваничния ток (аналогично на физиологичната активация) нервната мембрана се деполяризира – в мястото на въздействие с катода се формира зона, която е отрицателно заредена спрямо останалата повърхност на мембраната и клетъчната вътрешна среда.

На това място рязко се увеличава пропускливостта на мембраната за Na^+ йони, които започват да навлизат в аксоплазмата, като засилват още повече деполяризацията на мембраната. Последната по силата на верижната реакция увеличава проницаемостта навътре за Na^+ йони (натриева лавина), така че вътрешността на клетката се зарежда положително (положителна обратна връзка). Ако мембранният потенциал е спаднал под критичното ниво, появява се потенциал на действие – измервателният уред, свързан с отвеждащи електроди, регистрира възходящото рамо на акционния потенциал, което следва непосредствено след постигане на максимален пермиабилитет за Na^+ йони.



действие (от 1 до 5 — формиране на акционни
 ели електроди; II — отвеждащи тока на действате е

визия за деполяризация на м

В следващия момент влиза в действие обратен регулаторен механизъм, чрез който се цели да се възстанови мембранният потенциал – пропускливостта на мембраната към Na^+ намалява до изходното ниво, попадналите в аксоплазмата натриеви йони се връщат отново навън (натриева помпа). Този процес се придружава от увеличаване пропускливостта на мембраната за K^+ йони, които излизат навън и реполяризират мембраната. Преминаването на K^+ йони навън (калиева помпа) е по-бавен процес и съвпада с низходящото рамо на акционния потенциал. С излизането на K^+ йони мембранният кондензатор отново се презарежда към потенциал на покой, с което вътрешната клетъчна среда се зарежда отрицателно (отрицателна обратна връзка).

По-нататък процесът продължава през т. нар. фаза на постреактивна хиперполяризация (позитивен следпотенциал), след което целият цикъл ритмично се повтаря. Когато вълната на деполяризация, предизвикана от катода на галваничния ток, премине под втория отвеждащ електрод, се регистрира противоположното по посока рамо на акционния потенциал. Възстановяването на йонното равновесие (излизането на натриевите и влизането на калиевите йони) следва появата на възбудната вълна и се намира в пряка връзка с генерираните в аксоплазмата енергийни процеси, които обуславят скоростта на промените в мембранния пермеабилитет.

Тези процеси се свързват с комплексни физико-химически и биохимически превръщания при участие на белтъчни тела, ензим-субстратни системи и енергийноактивни фосфорно-въглехидратни съединения. Акцентираща се върху значението на реакцията между АТФ-азата и АТФ за трансформиране на енергията в движение на йоните. Критичният потенциал, до който мембраната трябва да се деполяризира, за да се появи акционният потенциал, се нарича праг на дразнене. Прагът на дразнене спрямо приложения ток е в тясна зависимост от лабилното равновесие на концентрационните градиенти на Na^+ и K^+ . Известна роля играе и Ca^{++} , който повишава критичното ниво на деполяризация и амплитудата на акционния потенциал.

Дразненето на възбудимите мембрани води до освобождаване на ацетилхолин, който допринася за увеличаване на мембранната пропускливост за Na^+ йони. Именно под катода се наблюдава натрупване на ацетилхолин, на който се отдава наблюдаваното още от Rfluger явление – кателектротонус. При действие с анода на галваничния ток нервната мембрана се хиперполяризира – външната страна на мембраната се натоварва с излишък от положителни йони, което води до потискане на възбуждението – анелектротонус.

Реакцията към галваничен ток от страна на нервно-мускулния апарат се подчинява на редица *закономерности*, върху които до голяма степен е изградена съвременната електродиагностика и електротерапия:

Закон на Du Bois-Reymond. Дразненето на нервните и мускулните структури е правопрпорционално на скоростта, с която токът достига своя максимум, и обратно пропорционално на продължителността на неговото действие.

Колкото по-рязко се увеличава или намалява големината на тока, толкова по отчетливо е съкращението на мускула. Нормалната реакция на нервно-мускулния апарат към галваничен ток рязко съкращение, което се наблюдава само при включване и изключване на токовата верига.

Закон на Pfluger. При включване веригата на тока, както и при рязко увеличаване големината на тока възбуждението възниква в областта на катода. При изключване на тока или рязко намаляване на големината му възбуждение настъпва в областта на анода, чието класическо обяснение се свързва с поява на виртуален полюс с обратен знак (виртуален катод) в по-дълбоките тъкани под анода. Днес възбуждението в областта на анода при изключване на тока се обяснява с рязкото преминаване от състояние на хиперполяризация (характерна за анода) до нивото на мембранния потенциал, при което създадената потенциална разлика е достатъчна да доведе до деполяризация на мембраната.

3. Закон на Pfluger-Erb-Bruner.

Основен закон в електродиагностиката и електротерапията с галваничен и нискочестотни токове: слабите токове предизвикват съкращение само при включване на катода (КВС); при постепенно увеличаване големината на тока се получава съкращение и при включване на анода (АВС); за да се получи съкращение при изключване на анода е необходим ток с по-голяма сила (АИС); най-голяма сила е необходима за да се предизвика съкращение при изключване на катода (КИС), или $KVC < AVC < AIC < KIC$. При увреждане на периферната нервна система този ред се нарушава.

4. При увреждане *на периферния моторен неврон* и *дегенерация на напречнообраздените мускули* отговорът на галваничен ток от страна на мускула е вял, реакцията е забавена, червеообразна, в някои случаи се наблюдава тонично съкращение на мускула през цялото време на протичане на тока.

5. *Гладката мускулатура*, аналогично на дегенериралата напречно-набраздена отговаря с вяла реакция.

Върху *кожносетивния анализатор* галваничният ток има твърде специфично действие. Дразненето на кожните рецептори води до усещане, различно по характер в зависимост от големината на тока: при най-ниските токови стойности – усет за допир, при по-високите – усет на лек удар (тласък), а при още по-високите – прогресивно боцкане, парене и болка.

При галванотерапията **се допуска** големина на тока, водеща до първите три усещания.

При патологични разстройства в кожната сетивност се променя и чувствителността към галваничния ток (електро-хипестезия, електро-анестезия, електро-хиперестезия и др.). При сетивните нерви важат всички закономерности, които бяха изложени по отношение на нервно-мускулния апарат. Като пример ще посочим, че стабилната галванизация по силата на закона на Du Bois-Reymond понижава тактилната и болковата чувствителност, докато ритмичната галванизация с умерена големина на тока повишава възбудимостта в кожни участъци с намалена сетивност, което определя и индикациите за приложение галванотерапията при различните видове нарушения на кожната сетивност.

Със специфичен отговор реагира и *вкусовият анализатор*. Директното дразнене на вкусовите рецептори с катода предизвиква метален вкус, дразненето с анода – парлив. Галванизацията в областта на лицето също се съпровожда с метален вкус в устата (рефлекторен ефект, осъществен чрез n. trigeminus).

Слуховият анализатор също реагира с известна закономерност. Включването и изключването на тока при интрааурикуларна апликация с катода води до слухови възприятия едва при големина над 15 mA. Прагът на дразнене може да се понижи при дразнене на слуховия нерв или при оток на меките тъкани около ухото, а да се повиши при неврит на слуховия нерв. При последното заболяване с успех се прилага ритмичната галванизация.

Дразненето на вестибуларния апарат с галваничен ток с големина над 3mA предизвиква типични вестибуларни кризи – поява на световъртеж и позиви за повръщане. По-нататъшното увеличаване големината на тока води до поява на хоризонтален нистагъм и наклоняване на главата към анода. Именно за това се обръща внимание на обслужващия персонал да подава и намалява големината на тока съвършено бавно.

Зрителните възприятия при включване и изключване на тока представляват кръгове и звездички с различни цветове. Праговата реакция се нарича фосфен и се наблюдава нормално при големина на тока 0,2—0,4 mA.

За разлика от въздействието на галваничния ток върху анализаторите, при които реакцията е специфична и се извършва по точно определени рефлекторни дъги, реакциите от страна на *вегетативната нервна система* могат да се проявят в мястото на приложение на тока, но могат да се разпространят и на отдалечени области, където се предизвикват вторични неспецифични промени в тъканите. Галваничният ток дразни кожните окончания на симпатиковите нерви (свободни нервни окончания, нервни рецептори в кръвоносните кожни съдове и потните жлези).

Предизвиканите нервни импулси се предават по аферентните вегетативни проводници до симпатикусовите ганглии на параспиналните симпатикусови сплетения, както и до вегетативните центрове на различни нива в ЦНС - гръбначен мозък, продълговат мозък, понс, диенцефалон, подкорови формации, вегетативни представителства в кората на главния мозък. Съществена роля играе ретикуларната формация като носител на неспецифични стимулиращи и задържащи механизми. Включването на рефлексната дъга се осъществява на различни нива – аксон, рефлекс, сегментарен рефлекс, сложни верижни рефлекторни връзки, осъществяващи се на по-високите етажи.

По низходящите еферентни проводници се провеждат до периферията импулси, които от своя страна променят и подобряват кръвообращението и кръвооросяването, обмяната на веществата, трофиката, метаболитните процеси, както и отделянето на биологичноактивни вещества като хистамин, ацетилхолин и др.

В последните години нараства интересът към рефлексотерапията и т. нар. галвано-рефлексотерапия (рефлекторна галванотерапия) добива голяма актуалност.

Опитът от вертеброгенната патология показва, че приложението на галваничния ток има благоприятни ефекти върху локалната и проведената болка, както и върху мускулния спазъм не само при директно приложение в областта на заболелия диск или интервертебралната става, но при въздействие върху отдалечени рефлексогенни зони: за $C_6 - C_7$, Th_1 – между скапулите на ниво $Th_4 - Th_5$; за Th_{11} ; Th_{12} , L_1 (т. нар. торако-лумбален преход) – върху страничната част на седалището и горната странична част на бедрото.

ДИАГНОСТИКА С НЧТ (ЕКСЦИТОМЕТРИЧНА ЕЛЕКТРОДИАГНОСТИКА)

Електродиагностиката в най-широк смисъл на думата обединява:

а) *ексцитометричната* (стимулативна) *електродиагностика*, при която се прилага външно дразнене с електрически ток и се отчитат закономерните реакции към него;

б) *детекто-електродиагностика* – диагностика на генерираните биотокове в резултат на жизнените процеси в организма;

в) *стимулативна електромиография*, при която се отвеждат и записват биотокове от нервите и мускулите предизвикани при външно прилагане на електрически ток;

Г) диагностика на промените в електрическото съпротивление на тъканите (*кожно електросъпротивление, реография*).

Класическите и съвременни методи на ексцито-диагностика се утвърдиха като необходима основа и допълнение на електро-физиологичните методи на детекто-диагностиката – рутинната и стимулативната електромиография.

•Тяхното познаване е от изключително голямо значение за провеждане на патогенетично обоснована и адекватна терапия с нискочестотни токове.

КЛАСИЧЕСКА ЕЛЕКТРОДИАГНОСТИКА

Същност на класическата електродиагностика

С методите на класическата електродиагностика (наречена още галвано-фаорадичен тест) се определя възбудимостта на нервно-мускулния апарат, на кожносетивните рецептори, както и на някои други анализатори. Галвано-фарадичният тест дава също така информация за състоянието на нервното провеждане, а изследването с фарадичен ток - и за функционалната лабилност.

Основен критерий за възбудимост е праговият интензитет (**р е о б а з а**), който е в състояние да предизвика прагова ответна реакция.

Съгласно формула възбудимостта е обратно пропорционална на праговата сила на тока, т. е. на повишена възбудимост отговаря ниска прагова сила и обратно – при намалена възбудимост прагът на дразнене се повишава.

Апаратура и методи на изследване

Класическата електродиagnostика се извършва с помощта на галваничен и фарадичен ток, което изисква използване на генератори за двата вида ток.

Повечето от съвременните апарати за НЧТ дават тази възможност, като класическият биполярен индукционен фарадичен ток е заменен с т. нар. неофарадичен ток. Последният има същата токова характеристика както класическия без отрицателната компонента, която и при класическия фарадичен ток е без особено значение – триъгълна или правоъгълна форма на импулса, продължителност 1 ms, пауза 19 ms.

Някои автори предпочитат продължителност на импулса $0,5\text{ ms}$ и пауза 10 ms ., като вместо галваничен ток използват правоъгълен ток (500 ms и пауза 1000 ms), което отговаря приблизително на импулса, който се получава при прекъсване на галваничния ток.

При изследването трябва да се спазва задължително следната последователност: а) най-напред болният трябва да контрахира мускула, които ще се изследва – ориентиране за неговото състояние, конфигурация и разположение на сухожилията; б) да се изследва първо здравата страна (симетрични мускули) за контрол, а след това увредената;

в) да се изследва първо индиректната моторна точка, след това директните точки на всички мускули, инервирани от съответния нерв;

г) изследването да започва с фарадичен ток след това с галваничен;

д) да се изследва първо минималният праг, след това – максималният;

е) да се започне с включване на катода, ако няма реакция – да се провери отговорът при включване на анода и т. н. (КВС<АВС<АИС<КИС);

ж) ако липсва отговор при еднополюсния метод на изследване, последният да се модифицира чрез приближаване на индиферентния до активния електрод; ако и тогава липсва реакция – да се приложи двуполусният метод, което е за предпочитане при денервирани мускули;

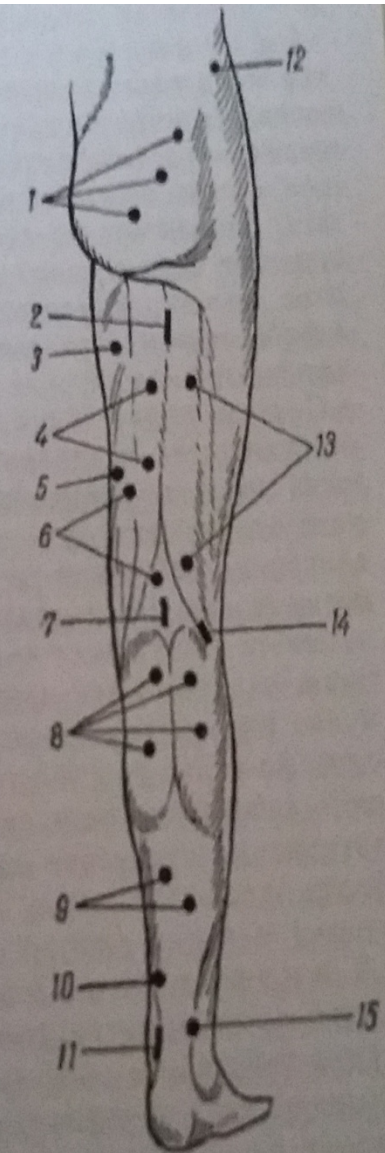
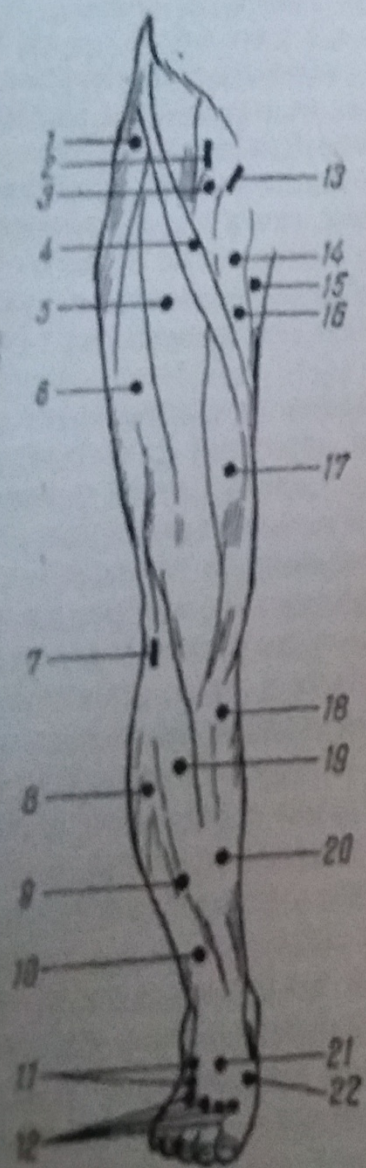
з) ако липсва отговор при дразнене на мускулната моторна точка, да се търси изместването ѝ към сухожилията.

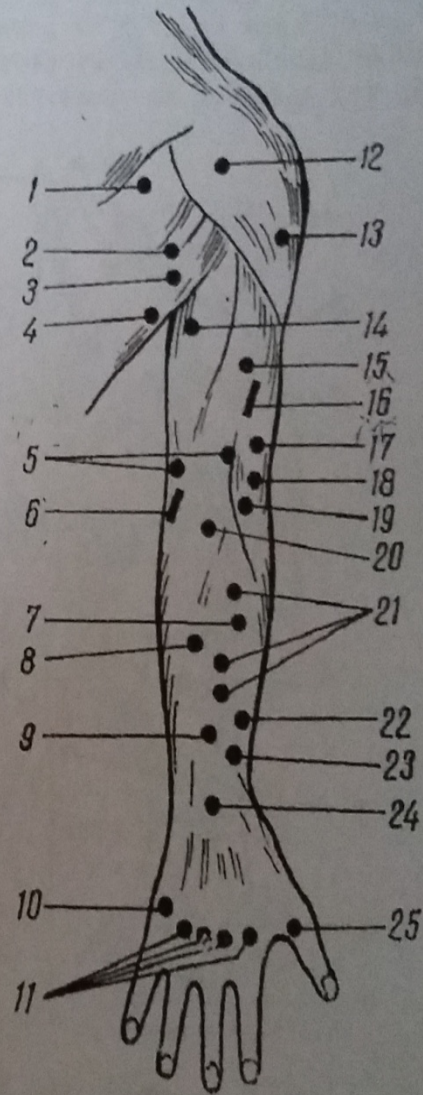
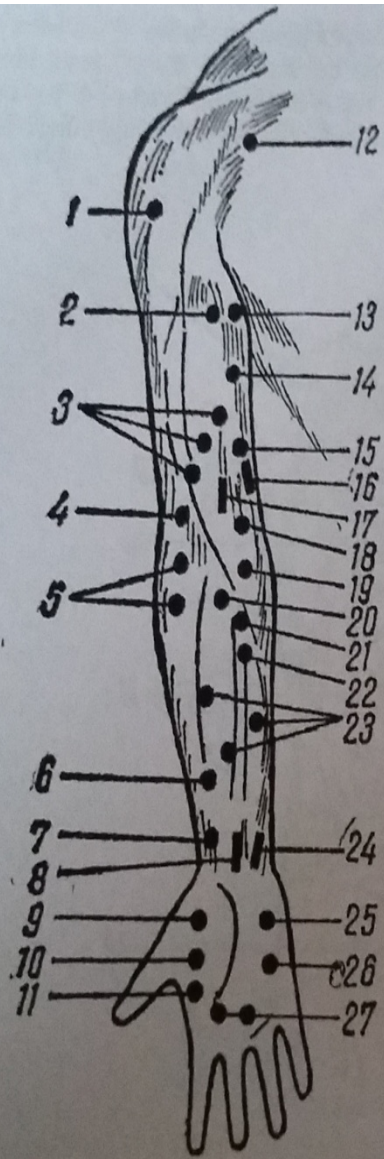
Моторни точки. Индиректно и директно дразнене

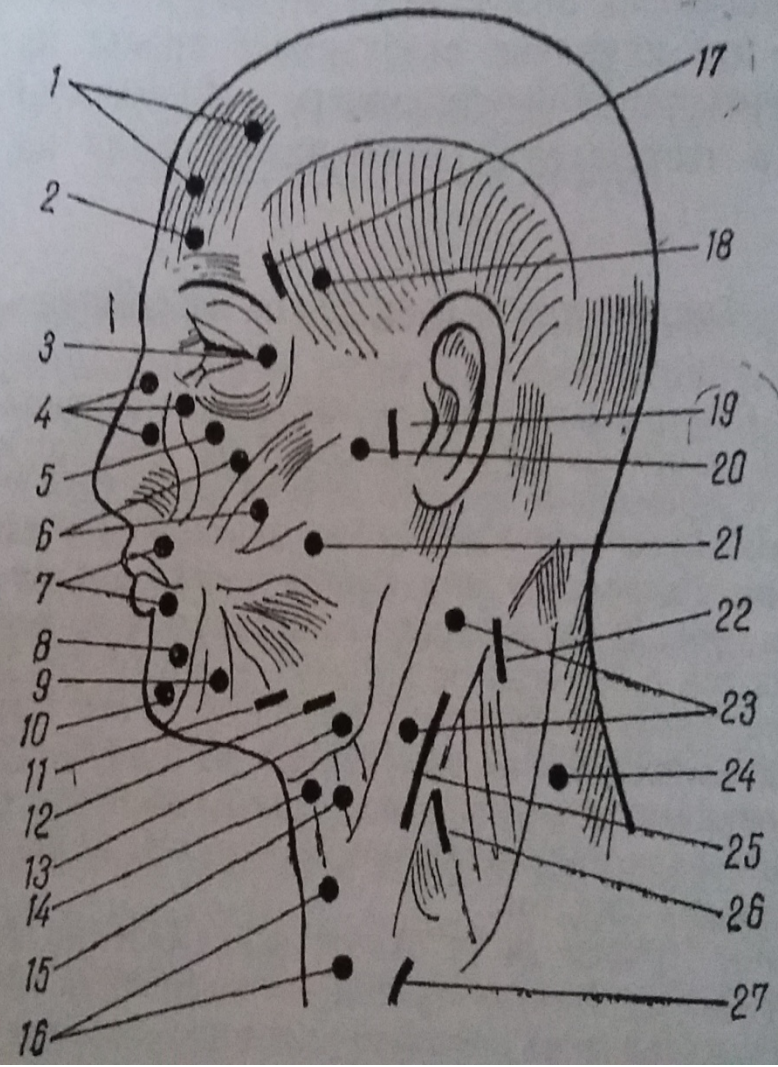
При ексцитометричното изследване на нервно-мускулния апарат, както и при стимулативната електромиография съществена роля играят индиректните и директните точки на дразнене. *Индиректните точки* отговарят на най-повърхностното разположение на периферния нерв, което позволява транскутанното му дразнене. Най-често нервите имат по-проксимално и по-дистално разположени индиректни точки, което позволява по-прецизно уточняване локализацията на увредата.

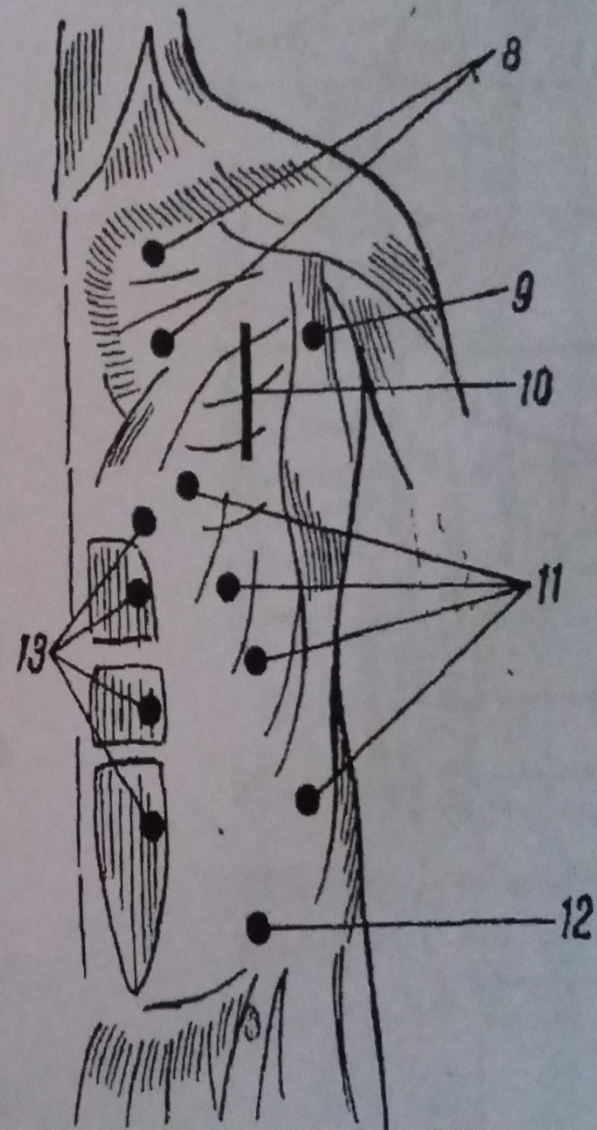
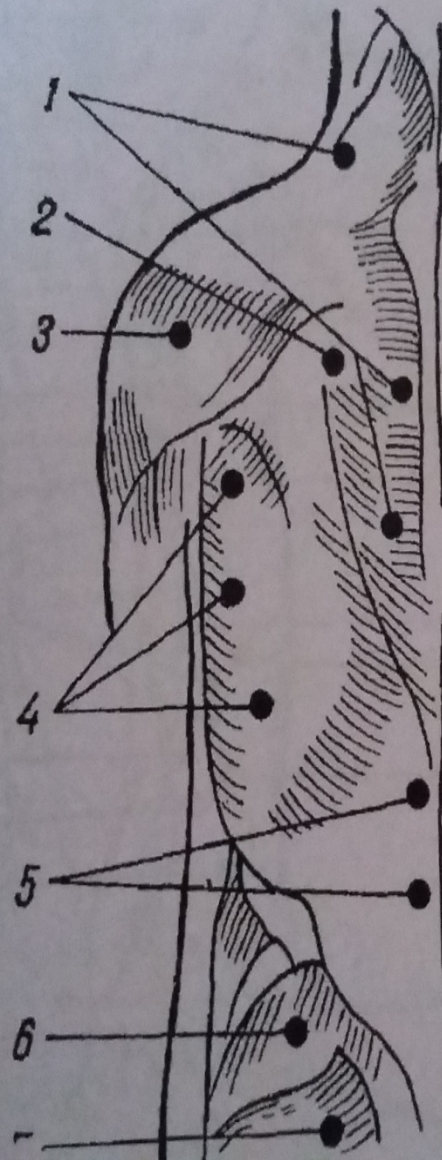
Директните моторни точки са детайлно проучени чрез патологоанатомични наблюдения, проведени успоредно с хистологични и електрофизиологични такива. Установено е, че моторните точки на мускулите отговарят на зоната на най-голямата възбудимост, перпендикулярно на главния ход на мускулните влакна и включваща най-голям брой моторни плочки, при което се формират моторни линии. Уточнено е, че лонгитудиналното изместване на моторните точки при частична денервация се дължи на дегенерация, която обхваща първоначално моторните плочки от зоната на най-голяма възбудимост (по отношение нервната архитектура – разположени най-проксимално).

За определен период остават да реагират моторните плочки, разположени в сухожилията на мускулите. При пълна денервация на моторните плочки отговорът е в резултат на директното дразнене на денервираното мускулно влакно и се получава еднакъв по сила отговор независимо къде се дразни мускулът. При пълна реинервация може да се очаква отново оформяне на моторна точка, но по-често (при инкомплектна реинервация) остава известна дифузност на отговора при дразнене на съответния мускул.









Електрофизиологични синдроми при увреда на нервно-мускулния апарат

При болестни процеси в периферната и централната нервна система, както и при заболявания на мускулите, могат да се наблюдават само количествени промени във възбудимостта, отнасящи се отделно за фарадичната, респ. галваничната възбудимост или и за двете заедно.

Възбудимостта може да се приеме за повишена, когато в сравнение със здравата страна прагът е по-нисък най-малко с 20%. Понижението на възбудимостта може да бъде леко ($1/2$ – 1 път по-висок праг), умерено (3—5 пъти по-висок праг) или силно (над 5 пъти по-висок праг).

При двустранни процеси се ползва нормативната таблица или по-целесъобразно собствени таблици, изработени за конкретен апарат.

Със *синдром на повишена възбудимост* към двата вида ток протичат началните стадии на травматичните, възпалителните и токсичните заболявания на периферната нервна система, професионалните дискоординации (графоспазъм), началният стадий на латералната амиотрофична склероза, *tabes dorsalis*, спастичните парализи след стадия на диасхизата, при условие, че не са с голяма давност, рефлекторните контрактури на антагонистите при вяли парализи. При всички тези заболявания промените са локализирани.

Синдром *на намалена възбудимост* (без данни за реакция на дегенерация) се наблюдава при инактивитетни хипотрофии, хистерични парализи, имобилизация при симуланти, ставни увреждания (при омартроза – намалена възбудимост на *m. deltoideus*, при гонартроза – на *m. quadriceps femoris* и др.), стари пирамидни лезии, сирингомиелия, напреднал стадий на *tabes dorsalis*, при периферни съдови заболявания (атеросклероза, болест на Бюргер).

С намалена възбудимост, без данни за РД, може да протече и леката увреда на периферната нервна система (neuroraxia): в някои случаи със стари периферни парализи, въпреки наличието на дегенеративни изменения в мускулите, не се наблюдават качествени промени.

От мускулните заболявания с намалена възбудимост се характеризират прогресивната мускулна дистрофия, някои форми на миозитите, бенигнената миатония на Oppenheim. При последната липсва фарадичната възбудимост, а галваничната е намалена в различна степен.

В синдромите на реакция на дегенерация (РД) се включват количествени и качествени промени, които са характерни за структурна увреда на моторния неврон от неговото клетъчно тяло в предните рога на гръбначния мозък до терминалните моторни плочки и съответните мускули с придружаващата го дегенерация на мускулните влакна.

Качествените промени, характерни за увреда на периферния неврон, се изразяват в следните реакции:

1. **Забавяне на мускулното съкращение или вяла червеобразна реакция на Ремак. Изразява се в бавна тонична вълна на съкращение, протичаща по дължина на мускула, който се дразни.**

Дължи се на загуба на напречната набразденост на мускулните влакна, които започват да реагират като гладки мускули. Независимо, че е забавен целият цикъл на съкращение, най-голямо е забавянето по отношение деконтракцията, която трябва да бъде специално обект на внимание. Вялата реакция е по-изразена при анодно дразнене (АВС) (преимуществото пред останалите качествени белези).

2. Обръщане на реда във формулата на Pflugger-Erb-Vginer: полярно обръщане – по-добър ефект се получава при включване на анода, отколкото при катодното включване (АВС<КВС); полярно изравняване (включването на катода и включването на анода водят до една и съща реакция.)

3. *Лонгитудиналната реакция* на Remak и Huet (реакция на дисталното изместване на моторните точки) се наблюдава само при частична денервация. При пълна денервация дегенериралите мускули имат еднаква възбудимост по цялото си протежение.

4. *Галванотетаничната реакция* се изразява в поява на тетанична контракция през време на протичане на галваничен ток с прагов интензитет. Нормалните мускули реагират по този начин само при много високи стойности на тока.

Галванотетаничната реакция се наблюдава най-добре при мимическите мускули, малките мускули на тенар и хипотенар, мускулите на подбедрицата, делтоидния мускул. Опитът, отнасящ се до диагностиката и терапията при деца с родова травма на раменния сплит, показва, че галванотетаничната реакция се среща много по-често в малката възраст.

5. Псевдомиастенна реакция. След неколнократно въздействие с галваничен ток и особено при ритмични дразнения с фарадичен ток се наблюдава намаляване амплитудата на контракциите на мускула и разреждане по честота до пълното им изчезване при по-тежки случаи.

В своята еволюция *дегенеративният процес*, развиващ се в нервно-мускулния апарат, се разгъва в три етапа.

Частичната реакция на дегенерация – ЧРД (според съвременната терминология – частична увреда на нерва се състои в следното:

а) количествено намаление на възбудимостта към фарадичен и галваничен ток при индиректно дразнене с дисоциация на минималния ѝ максималния праг на дразнене;

б) количествено намаление на възбудимостта към фарадичен ток, увеличение или намаление на възбудимостта към галваничен ток при директно дразнене на мускула;

в) качествени промени при директно дразнене на мускула с галваничен ток.

Пълната реакция на дегенерация – ПРД (по съвременната терминология – пълна увреда на нерва) включва:

а) липса на отговор при индиректно дразнене с фарадичен и галваничен ток;

б) липса на отговор при директно дразнене на мускула с фарадичен ток;

в) при директно дразнене с галваничен ток са налице количествени (намалена или увеличена възбудимост) и качествени промени.

Трупната реакция – ТРД, е пълна невъзбудимост при индиректно и директно дразнене спрямо двата вида ток. Тя свидетелства за тежка форма на фиброзно израждане на мускула, с редуциране на контрактилния субстрат. При отчитане на резултатите трябва да се има пред вид, че и при напредналите форми на мускулни заболявания (без увреда на нерва), също поради фиброзно израждане, може да се установи трупна реакция.

Появата, разгъването и обратната еволюция на синдрома на реакция на дегенерация зависи от редица моменти: естеството на заболяването, тежестта на увредата, локализацията, възрастта на пациента и др.

Обратната еволюция на синдромите на РД е характерна за процеса на реинервация. Основните фактори, от които зависи обратната еволюция, са:

1. Степен на увреждане – възстановителният период при частична увреда е от 4 до 6 и повече месеца, при тотална увреда – повече от 1 година (колкото е по-дълъг нервът, толкова възстановяването е по-бавно. Първи се възстановяват вегетативните амиелинови влакна, след това сетивните и по-късно моторните влакна.

Опитът при деца с родова травма на раменния сплит показва, че при правилно проведено лечение реинервационните процеси при тоталните парализи не спират до края на втората година, както се съобщава в специалната литература, а се развиват в определен ред и в по-късна възраст – 3-5-8-годишна възраст.

2. Топиката – РД при увреда на моторните клетки на предните рога има по-тежка прогноза в сравнение с РД при засягане на по-дистално разположените отдели на периферния нерв; при засягане на *pl. brachialis* по-благоприятно протича увредата на първичните сплитове в сравнение с вторичните;

п. *radialis* се възстановява по-пълноценно от п. *medianus* и п. *ulnaris*; при засягане на аксона (*axonotmesis*) пълното възстановяване е възможно, възможна е и пълната обратна еволюция на РД; при прекъсване на неговите съединителнотъканни обвивки (*neurotmesis*) обратната еволюция на синдрома на РД е възпрепятствана, и то ако невротмезисът се отнася за всички фибри липсват каквито и да било благоприятни белези, а ако увредата за част от фибрите е от типа на *axonotmesis* – пълната РД претърпява обратно развитие до степен на частична РД.

3. Проведеното лечение е извънредно важен фактор за правилното развитие на регенеративните процеси и оттам за обратната еволюция на синдрома на РД.

При реинервация на нерва първите благоприятни промени се изразяват в поява на индиректна възбудимост, първо, за галваничен, след това и за фарадичен ток. По-късно се възстановява директната фарадична възбудимост, постепенно се ускорява реакцията на съкращение при дразнене с галваничен ток, започва да се оформя моторна точка (реинервация на моторните плочки). В хода на реинервацията галванотетаничният коефициент се измества от 1 към 20, след което постепенно намалява и се нормализира.

Чрез системното проследяване на синдромите на РД може да се открие хетерогенна реинервация, която би довела до инкординация на възстановяващите се движения, ако не се провежда целенасочена рехабилитация.

Кожната електросетивност се изследва по метода на галвано- и фарадопалпацията. За критерий се приема реобазата на първото усещане на допир, при малки деца на мравучкане. Изследва се и фарадичния интервал допир-болка. Опитът показва, че галвано- и фарадопалпацията помагат да се разграничат сетивните разстройства при радикуларни синдроми, травми на периферната нервна система, полиневрити и други.

Същност на хронаксиметрията

Хронаксиметрията, в най-широк смисъл на думата, е този клон на ексцитометричната електродиагностика, който се занимава с определяне на фактора време като критерий за възбудимост. Тя включва измерването на показателите реобаза и хронаксия и построяването на възбудимостните (i/t -, респ. v/t), криви. Обект на внимание са и електрофизиологичните закономерности, отнасящи се до тези параметри, и патологичните отклонения от тях.

Съвременните данни от областта на физиологията показваха, че за деполяризация на мембраната и за появата на акционен потенциал при дразнене с електрически ток е необходима не само определена токова сила, но и известно минимално време на неговото протичане. Това гранично време за протичане на електрическия импулс, над което колкото и да се увеличава продължителността за даден интензитет, не се подобрява ефикасността на тока, се нарича във физиологията полезно време.

Всеки прагов интензитет, който може да доведе мембраната до критичната деполяризация, има свое полезно време и, обратното — за всяка продължителност на импулса има един минимум от сила на тока (граничен, прагов интензитет).

Връзката между интензитета на тока и продължителността на протичането му за всяка двойка гранични стойности са представени от възбудимостната крива интензитет/време.

Реобазата представлява граничния минимален интензитет за получаване на прагов ефект, за който токът не играе роля.

Тя варира при различните нерви и мускули. (напр. за n. ulnaris е ниска, за n. radialis е относително висока).

Хронаксията е минималното време, през което ток със сила, равна на две реобазис е в състояние да предизвика прагов отговор.

Тя показва редица физиологични особености:

Терапия с нискочестотни токове с регулируеми параметри

НЧТ, които притежават физически параметри близки до физиологичните параметри на нервните процеси, протичащи в човешкия организъм, станаха база за реализиране на фундаментални открития в областта на класическата и съвременната неврофизиология и се наложиха като една от най-перспективните области на физикалната медицина.

Тяхната първа и основна индикация – стимулирането на вялопаретичните мускули, се разви до съвършенство. Разработиха се много методики за лечение на спастичните парализи, използва се най-пълноценно техният тренировъчен ефект при здрави хора (здравни мускули за борба с хипокинезията, укрепване силата и еластичността им при спортисти, засилване мускулите при стари хора). Равностойно място извоюва и обезболяващата терапия с НЧТ – класическият фарадичен ток (с малка големина), токовете на Bernard, тока на Trabert.

Активирането на обезболяващите ендогенни хормони (ендорфини), отделяни от ЦНС, направиха НЧТ предпочитани всред разнообразните методи на обезболяваща терапия, обединени под общия термин TENS, включително прилагани с имплантирани електроди интраневрално, интрамедуларно, интрацеребрално. Нискочестотните токове са основните токове, използвани при електронаркозата, електросъня, електроакупунктурата. Съществено място си извоюва НЧТ терапия за стимулиране на остеогенезата и калусообразуването. В последно време се разви и функционалното направление в приложението на ИЧТ – функционална електростимулация (FES), подпомагаща загубената двигателна (дихателна) функция на базата на биоуправляваща система (биоконтрол чрез обратната връзка, biofeedback control).

Физическа характеристика на НЧТ и апаратура:

При класическата терапия с НЧТ се използваха токове със строго фиксирани параметри:

1. Фарадичен ток – променлив биполярен ток, с триъгълна форма и активна положителна компонента, честота 50 и 100 Hz, продължителност на импулса 1 ms, на паузата – 19, респ. 9 ms, с подчертано трофично и ексцитомоторно действие.

2. Ток на Leduc – монополярен ток с правоъгълна форма, честота 100 Hz, продължителност на импулса 1 ms, на паузата – 9 ms, с доказан потискащ и обезболяващ ефект. Вариант на тока на Leduc е токът на Trabert (правоъгълна форма, честота 143 Hz, продължителност на импулса 2 ms, на паузата – 5 ms), който е включен в някои съвременни генератори за НЧТ.

II. Съвременната терапия с НЧТ разполага с най-широк диапазон от параметри, които могат да се ползват съобразно функционалното състояние на субстратите, на които се въздейства и с оглед на преследваната цел:

1. Форма на тока – правоъгълна, триъгълна, трапецовидна, синусоидална, полусиносоидална, експоненциална, комбинирани форми.

2. Посока (полярност) на тока: а) монополярен, прекъснат (големината, респ. напрежението, на тока периодически стигат до нула) и монополярен непрекъснат, пулсиращ (големината, респ. напрежението, периодически намаляват, без да стигнат до нула).

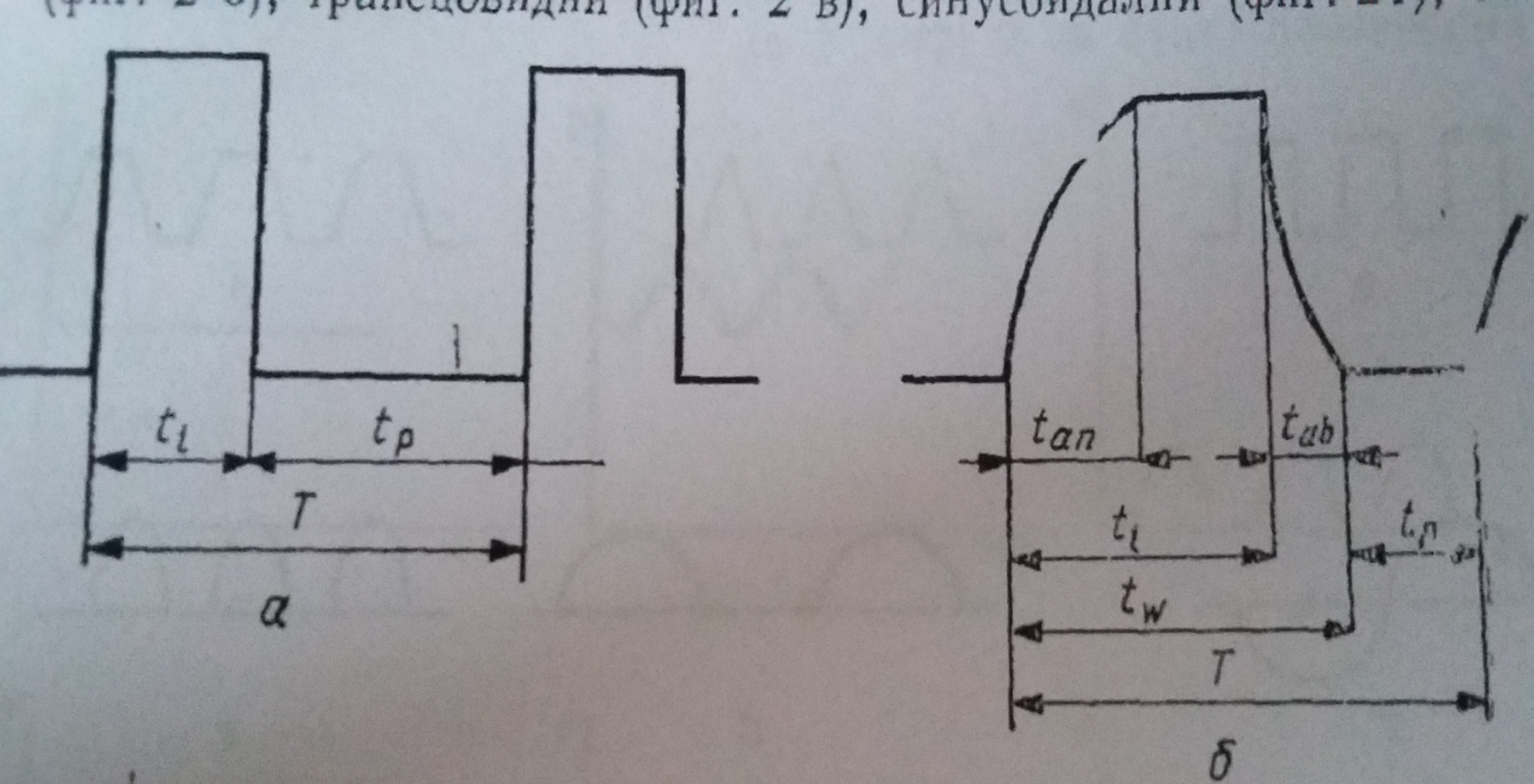
б) биполярен – фарадичен, синусоидален, правоъгълен. Българският апарат Арфай дава възможност да се използват биполярни токове с инверсна синусоидална форма, както и комбинации от различни форми, позволяващи голяма ефективност при обезболяващата терапия.

3. Големина (интензитет) на тока. Означава се с буквата I и се измерва в mA. При електроakupunktura, както и за стимулация на костите с имплантирани електроди големината на тока е сравнително по-малка и се измерва в μA (респ. 10^{-6}A).

4. Напрежението на тока се означава с буквата U и се измерва във волтове (V). НЧТ спадат към токовете с ниско напрежение, което може да се регулира от 0 до 100 V (в някои апарати - до 200 V).

5. Времетраенето на отделния импулс (t_i) и времетраенето на паузата (t_p) формират времето на един период (T). И трите параметъра се измерват ms. В някои апарати те са фиксирани (диадинамични токове, ток на Trabert), в други (TUR-RS, 12, Полиимпулс) – могат да бъдат подбирани от 0,01 до 3000 ms за импулсите и от 0,5 до 6000 ms за паузите дозира и продължителността на предния и на задния фронт.

6. Честотата на импулсите (f) се измерва в херцове (Hz) и представлява броят на периодите (T) в 1 s. Получава се, като се разделят 1000 ms (1s) на продължителността на съответния



Фиг. 3. Период на импулсия ток (T)

a — правоъгълен ток; b — експоненциален ток; t_l — продължителност на импулса; t_p — продължителност на паузата; t_{an} — продължителност на предния фронт на импулса; t_{ab} — продължителност на задния фронт на импулса

Съобразно честотата електрическите токове според Gioldemeister се делят на нискочестотни – до 1000 Hz, средночестотни – от 1000 до 100 000 Hz и високочестотни – над 100 000 Hz. Към НЧТ в най-общ смисъл на думата се числят и модулираните в ниска честота (от 1 до 150 Hz). средночестотни токове от ниските диапазони (2000-10 000 Hz).

7. Модулацията е технически параметър, който дава възможност поредицата от импулси да не се дава непрекъснато, а в серии от импулси с паузи между отделните серии. Различават се: групова (сериите импулси са с една амплитуда), амплитудна (амплитудата на импулсите вътре в една серия варира от 0 до определен максимум и отново до нула) и честотна (редуване на две честоти) модулация.

Апаратите за нискочестотна терапия са извънредно разнообразни. В клиничната практика се наложиха: а) поливалентни (универсални) стимулатори, даващи възможност за богат избор на параметри – TUR-RS.12 и TUR-RS, 24 (ГДР), Арфай (НРБ); б); портативни апарати (опростени по отношение на параметрите, пригодени да се прилагат на леглото на болните и при домашни условия: в) апарати за обезболяваща терапия (TENS), портативни (джобни), най-често с определени параметри г) апарати за електросън; д) апарати за функционална електростимулация; стимулатор за аналния сфинктер; стимулатор за възстановяване перисталтиката на стомашно-чревния тракт (Гастроема); многоканални стимулатори за трениране и възпроизвеждане на цялостен двигателен акт.

Апликационна техника и методи за приложение на НЧТ.

Последните могат да се систематизират в няколко групи :

1. Според активността на електродите: монополярен – активен в един електрод (анод или катод); биполярен метод – въздейства се с двата електрода върху даден нерв, мускул, кръвоносен съд или модифициран биполярен – с разположение на електродите върху синергични мускули.

2. Според фиксирането на електродите: стабилен – двата електрода се фиксират чрез гумени коланчета или с ръцете на рехабилитатора (при малки деца или бебета; лабилен (динамичен) – двата електрода са фиксирани на ръчен коленчат електро-държател, чрез който електродите се поставят последователно на различни моторни точки или болкови пунктове; електрокинезия по Biancini – с помощта на електрод-ръкавица се извършват палпация, поглаждане, вибрация и разтриване.

3. Според МЯСТОТО НА ВЪЗДЕЙСТВИЕ:

а) транскутанна електростимулация по локален метод (напречно, надлъжно, в диагонал или върху моторните мускулни точки) или по рефлекторен метод (паравертебрално, зони на Захарин-Наед, болкови точки на Вале, акупунктурни отключващи точки, рефлексогенни зони от системата на n. vagus и n. trigeminus;

б) вътрекухинна електростимулация — интравагинална, интраректална;

в) електростимулация с имплантирани електроди — интрамускулно, интраневрално, интрамедуларно, интрацеребрално.

4. Според участието на пациента: пасивна и активна (подпомогната). Във втория случай пациентът сам включва чрез специален бутон пациентния кръг и прави идеаторен опит за съответното движение, при което се съчетават проприоцептивните аферентни импулси от електростимулацията с еферентните волеви импулси и се засилва активността на амотоневроните. Електромеханотерапия — срещу оказано съпротивление с помощта на пулисистемата или ръката на рехабилитатора с оглед по-голямо стимулиране на биоелектрическата активност.

Според броя на каналите: едноканална (рутинна); двуканална за последователно стимулиране на мускули антагонист; многоканална за едновременно стимулиране на много мускули по кодирана програма, както и за едновременно въздействие на няколко болкови точки. Според връзката стимулатор-обект на въздействие: еднопосочна стимулация (проста връзка: стимулатор-обект); биоуправляема електростимулация на принципа био-контрол чрез обратната връзка, при която връзката е стимулатор-обект-стимулатор и пак обект с коригирани параметри (функционална електростимулация).

Особено важно правило при апликационната техника е използването на хидрофилни възглавнички, за да се отстранят продуктите на електролизата.

Физиологично действие и терапевтични възможности на НЧТ

Физиологичното действие на НЧТ се подчинява на редица закони, наблюдавани и описани при галванотерапията. Към тях трябва да се прибавят и редица други закономерности – явления на акомодация, сумационни феномени, явления на оптимум и песимум.

Основните терапевтични ефекти на НЧТ могат да се систематизират в две основни групи:

1. Дразнещи ефекти: а) ексцитомртторен – върху напречнонабраздените и гладките мускулни влакна; б) ревулзивен – подобряващ оросяването и трофиката на тъканите; в) стимулиращ осификацията; г) активиращ секреторната функция на вътрешните органи и жлезите с вътрешна секреция.

2. Инхибиращи ефекти: а) токолитичен върху напречнонабраздените и гладките мускули; б) обезболяващ; в) хипотензивен; г) седативен.

Електростимулация с тетанизиращи (неофарадични) токове. Те са аналози на класическия фарадичен ток. Като напомнят по своя ефект тетаничния характер на физиологичните волеви движения, тетанизиращите токове имат ексцитомоторно действие върху неувредените (инервирани) напречно-набраздени влакна. Поради кратката си продължителност тези импулси не водят до контракция на денервирани мускули.

При частично денервираните мускули отговор на фарадично дразнене дават запазените мускулни влакна, които не сме заинтересувани да доведем до хипертрофия. Неофарадичните токове се използват в честоти, близки до ритъма на физиологичната нервна импулсация, водеща до тетанус. При това оптималната честота на различните мускули на тялото нормално варира от 35 Hz (напр. за *m. soleus*) до 150 – 200 Hz – за малките мускули на ръката. Продължителността на импулса съответно на нормалната хронаксия варира от 0,20 до 1—2 ms. Формата на тока може да бъде триъгълна или правоъгълна.

За да се избегне отрицателният ефект на непрекъснатата тетанизация на мускулите (траен мускулен спазъм, спазъм на гладките мускули на кръвоносните съдове, тъканна дистрофия), при терапевтичното приложение на тези токове се използва групова (прекъснатата) амплитуда или честотна модулация при което се реализира т. нар. електрогимнастика – 10 – 20 – 30 контракции на мускула в 1 min. В практиката амплитудната модулация се предпочита, защото дразни по-малко сетивните нерви и се понася по-добре. Груповата модулация има избран приоритет за терапевтично повлияване на сетивните разстройства (хипестезии, анестезии).

Честотната модулация се прилага за борба с привикването към еднообразния ритъм на дразнене, напр. 50 със 100 Hz – по Bernard, 5 с 20 или 50 Hz – по Jantsch и Shuhfried. Многостранни проучвания осветлиха ефекта на НЧТ върху инервираните (здрави) мускули: подобрява се кръвообращението, повишава се техният енергиен потенциал, увеличава се активността на ферментните системи, увеличава се съдържанието на гликоген.

Доказано е, че се предотвратява натрупването на млечна киселина, увеличава се съдържанието на калций, калий и желязо в тях активира се нарастването на мускулна маса, увеличава се мускулната сила намаляват се явленията на умора. Отбелязва се и стимулиращото действие върху нуклеиновите киселини, ДНК и РНК. При инервирана мускулатура тетанизиращите токове имат многократно по-голяма ефективност от единичните импулси.

**Показания за приложение на
тетанизиращите токове:**

Електрогимнастиката с модулирани тетанизиращи токове (МТТ) (ексцитомоторен ефект) намира широко приложение по-леки увреждания на периферната нервна система, протичащи без денервация или в *крайната* фаза на реинервация; при инактивитетни хипотрофии, съпътстващи ставни заболявания и имобилизация при костни фрактури, като особено ефективни за тази им се оказаха инверсните синусоидални токове за укрепване на хипотоничната коремна мускулатура хипотоничната паравертебрална мускулатура при сколиози; за засилване на *дихателна мускулатура при емфизем и бронхиална* астма и за профилактика на хипостатичните бронхопневмонии, за тренировка на мускулни групи у спортисти.

Намират приложение също при разстройство на дълбоката сетивност – електрогимнастика на мускулите от същия метамер при *incontinentio urinae* (перианално, трансабдоминално), като се разчита на ефект върху сфинктерите с напречно-набраздена мускулатура. Екситомоторния ефект на тетанизиращите токове се използва и по отношение на гладката мускулатура – при атонични констипации, послеродова атония на матката, хипотония на пикочния мехур.

Опитът показва много добри резултати при постоперативна пареза на червата от приложението на тетанизиращите токове (българския апарат **Гастроема** (еднопътно изправен синусоидален ток с честота 50 Hz продължителност на модулациите и паузите между тях 15- 20 -15 ms).

Съвременни проучвания в областта на **остеологията**, както и редица експериментални и клинични наблюдения, отнасящи до ефекта на елестростимулациите с неофарадични токове върху остеогенезата, очертаха голяма перспектива и на тази страна на нискочестотната терапия. Използват се правоъгълни (монополярни или биполярни) импулси с честота 31 Hz, 20 Hz, 10 Hz. Доказва се по-активният ефект на катода в сравнение с анода. Прилагат имплантирани електроди (големина на тока от 1 до 20 mA) или повърхностни транскутанни електроди (рутинна дозировка). Най-фина съвременна техника и изследвания, както и клинични наблюдения потвърждават активиращото действие на НЧТ върху остеогенезата и калусообразуването при фрактури.

Окуражителни са резултатите и при *псевдоартроза*. Обръща се внимание върху нежеланите явления при имплантирани електроди, като остеомиелит, асептична некроза, разместване на електродите и др. За избягване на некрозата, която може да бъде причинена от монополярните токове (електролиза), Ф. Sutler препоръчва електростимулацията на костите с имплантирани електроди да се извършва с биполярни токове.

Едни от основните индикации за приложение на тетанизиращите токове при болни със *слединсултни хемипарези и деца с церебрални парализи* се определят от тонолитичния им ефект върху спастичните мускули при стимулирането на техните (относително слаби) антагонисти, при което се включва в действие принципът на реципрочната инервация по Sherrington. Така стимулирането на екстензорите на китката и пръстите с тетанизиращ НЧТ с честота 40-50 Hz и модуляции 20-30 в мин. (от 5 до 10 мин. Продължителност на стимулацията, общ брой 10-15 на курс) води до намаляване спастичността на техните флексори, а стимулирането на дорзалните флексори на стъпалото – до намаляване спастичността на плантарните флексори с обогатяване движенията на ръката, респ. подобряване и стабилизиране на походката.

Аналогични резултати са получавани при *церебрални парализи* – стимулирането на *m.gluteus medius* намалява аддукторните контрактури на бедрата, стимулирането на дорзалните флексори на стъпалото укрепва тези мускули и намалява дисбаланса на мускулите антагонисти на стъпалото. Разработен е метод за синхронизирана последователна двуканална електростимулация на мускулите антагонисти (флексори и екстензори) при болни със спастични парализи. Опитът показва, че тонолитичен ефект върху спастичните мускули може да се постигне и с директно приложение върху тях на НЧТ с по-висока честота (около 100 Hz) при условие, че не се стига до моторен отговор или най-много до леки вибрации.

Противопоказанията за приложението на тетанизиращите токове се отнасят до остри болкови синдроми, остри възпалителни процеси, бременност, високо кръвно налягане, наличие на пейсмейкър и метални импланти в тъканите, тромбофлебит, туморни процеси.

Електростимулация с експоненциални токове (електростимулация за денервирани мускули).

Използва се предимно техният ексцитомоторен ефект върху денервирани мускули, които губят своята акомодационна способност. Още Ritter (1798 г.) и Du Bois—Reymond (1808 г.) показаха, че при въздействие с токови импулси, при които максимумът на токовия интензитет се получава моментално (правоъгълни импулси), здравият нерв и мускул не успяват да се приспособят и отговорят със съответната реакция. Към линейно или експоненциално растящите токове с голяма продължителност на предния фронт здравият нервно-мускулен апарат се приспособява (акомодация no Nerust).

Обратното се наблюдава при денервираните мускули – колкото по-силно е изразен процесът на денервация, толкова повече мускулите губят своята акомодационна способност и започват да реагират по-добре на импулсите с бавно покачващ се фронт в сравнение със здравите мускули. Това е и основният аргумент, който прави токовете с бавно покачващ се преден фронт (експоненциални, триъгълни, синусоидални, трапецовидни) предпочитани при вяли парализи, протичащи с денервация, особено когато увредените мускули са в близост със здрави мускули.

Многогодишната практика показва, че към линейно или експоненциално растящите токове с голяма продължителност на предния фронт здравият нервно-мускулен апарат се приспособява (акомодация по Nerust). Стимулирането на вяло-паретичните мускули с експоненциални импулси предпазва от ненужна активация на близко разположените здрави мускули и без това склонни към контрактури поради наличния мускулен дисбаланс. Този диференциален подход е особено демонстративен при малкия обем на ръката у бебета с родова травма на раменния сплит и перонеална парализа, дължаща се на дископатия.

В последния случай при стимулиране с правоъгълни импулси на фибуларната (паретичната) група мускули отговор се получава от здравите, с повишена възбудимост плантарни флексори (строго контраиндициран ефект). Едва след преминаване към експоненциални импулси се получават контракции на паретичните мускули. Установено е, че при електростимулациите на денервирани мускули параметрите на НЧТ трябва да се подбират съобразно функционалното състояние на нервномускулния апарат и неговите физиологични параметри, които от своя страна се определят от степента на увреждането, стадия на заболяването и проведеното до момента лечение.

1. *Формата на тока* трябва да бъде съобразена с намалената акомодационна способност на денервираните мускули. Предпочитат се експоненциалните импулси при съотношение $t_{ан}$ (време на покачване на предния фронт) към $t_{б}$ (време на спадане на задния фронт), както 3:1.

2. *Продължителността на импулса* трябва да съответства на полезното време по Geldemeister, респ. на хронаксията. Характерно е, че при здрав нерв това време е твърде кратко (под 1ms), докато при увреждане на нерва то се удължава значително. В съответствие с удълженото полезно време и удължената хронаксия при частична денервация продължителността на импулса трябва да се подбери между 20-50-100-200 ms, а при тотална денервация – между 300 и 600 ms.

3. *Продължителността на паузата* трябва да съответства на удължения рефлекторен период. При дегенеративни процеси в нерва е необходим по-дълъг период (по-дълга рефрактерна фаза) за възстановяване на изразходваната енергия, при частични увреждания 2-3 пъти по-дълга от импулса, а при тотална денервация – 4 до 6 пъти.

4. *Честотата на повторение на импулсите* трябва да бъде съобразена с функционалната лабилност (подвижност) по Введенский. Според него функционалната подвижност се характеризира с тази максимална честота на възбудната вълна, която дразненият субстрат може да възпроизведе в 1 s в съответствие с ритъма на попадащото дразнене, без да го трансформира.

Оптималният *ритъм на дразнене* при здрав човек е в границите от 70-100-200 Hz (за някои мускули – до 30 Hz), а пределният и песималният са твърде високи – над 500-700 Hz. При потискане функциите на нерва от различни патологични процеси, например функционален блок вследствие на травма (neuroaraxia) както и при частична или пълна денервация на нерва функционалната подвижност пада силно. Това определя и подбора на параметрите честота на НЧТ: от 0,25 до 0,75 Hz при тотална денервация и от 1-5-10 до 20-30 Hz при част Не бива да се забравя също така, че по-високите, неадекватни честоти освен песимален ефект върху денервираните мускули могат да стимулират здравите, с което да засилят нежелания мускулен дисбаланс.

5. При най-малките честоти допълнителна *модуляция* не е необходима, защото електрогимнастиката се осъществява от приложените единични импулси: при честота 0,25 Hz стимулираният мускул се съкращава 15 пъти в min., а при 0,50 Hz – 30 пъти в min. Модулациите са необходими при по-високите честоти, прилагани при частична денервация (5-20-30 Hz) и се подават в серии импулси от 5 до 45 в min. по правилото, че колкото по-голямо е увреждането, с толкова по-малък брой модуляции в 1 min (серии) трябва да се стимулира мускулът.

6. *Големината на тока* трябва да бъде оптимална – да е достатъчна, за да мобилизира максимален брой моторни единици (пространствена сумация) и да предизвика добро съкращение на мускула без болкови усещания. Опитът потвърждава, че при болните, при които се налага малка големина на тока поради сетивно дразнене електростимулациите трябва да се извършват срещу оказано съпротивление.

7. Поляритетът на активния електрод трябва да бъде съобразен със закона на Pflüger-Erb-Bruner. При наличие на денервация и обръщане на формулата анодът дава по-добра реакция в сравнение с катода.

8. *Моторните точки* са предпочитаното място за дразнене при инервирани, частично денервирани и реинервиращи се мускули. При тотално денервирани мускули дразненето на която и да е част от мускула е еднакво ефективно.

9. *Електростимулацията на отделните мускули* или групи мускули е от 2 до 6 min с еднократно или двукратно прекъсване от 40-60 s през време на самата стимулация, за да се избягнат явления на умора. Електростимулациите се провеждат 1-2 пъти дневно, при продължителност на курса 40-50 дни, 3 до 4 курса годишно.

Благоприятните резултати от електростимулациите с НЧТ при протичащи с денервация увреждания на периферната нервна система се обясняват с редица моменти: подобряване на кръвооросяването, повишаване съдържанието на миоглобин, креатинин, креатинфосфатаза, АТФ, запазване съдържанието на гликоген, намаляване разпада на белтъци, поддържане еластичността на мускулите и предотвратяване атрофията им до тяхното реинервиране. Доказано е, че рано започналата и редовно провеждана рехабилитация, включваща интензивни курсове електростимулация (4-5 курса годишно), допринася за благоприятно протичане на реинервационните процеси и след 5, 6-годишна възраст.

Ексцимоторният ефект на токовете с бавно покачващ се фронт намира успешно приложение и по отношение на гладката мускулатура. Гладките мускули се отнасят към електрическия ток както денервираните напречно-набраздени – притежават ниска акомодационна способност, голяма хронаксия и относително висок праг на дразнене. Прилага се (най-често трансабдоминално) поредица от експоненциални импулси с продължителност 20-100-300 ms, паузи от 500 до 2 s и големина на тока 15—20 mA.

Показания: атония на стомаха, на червата, атония на жлъчния и пикочния мехур; при слаба родова дейност трансабдоминална стимулация на матката с експоненциални импулси от 100 до 500 ms и пауза в продължение на два-три часа. Съобщават се добри резултати при климактерични нарушения, протичащи с инконтиненция на урината. Тези токове се прилагат също за засилване на венозната стена при варици, постоперативна венозна стаза, а редица автори препоръчват при съдово-вегетативни дисфункции (акроцианоза, акропарестезии, болестта на Raynaud) триъгълни импулси с продължителност 20 ms и пауза 20 ms (електроди – ръчни или крачни вани).

Противопоказания – аналогични както при тетанизиращите токове.

Токове с обезболяващо действие

В последно време НЧТ все по-широко навлизат в различните клинични дисциплини с оглед на техния подчертан обезболяващ ефект – (TENS). Съществена роля изиграха натрупаният богат емпиричен опит, съвременните теории за обезболяващото действие на НЧТ, както и експерименталните доказателства за стимулиращия ефект на нискочестоните токове върху ендогенните морфини (енкефалини), инактивиращи медиатора на ноцицептивната аферентация – субстанция Р.

Диапазонът на честотата, в който е налице обезболяващото действие, е твърде широк – от 30 до 500 Hz, а по метода на TENS – от 10 до 1000 Hz. При TENS се използват предимно честотите 100-200 Hz, тъй като е доказано, че малките честоти (10-20 Hz) дразнят на първо място моторните влакна, докато по-високите (над 70 Hz) въздействат предимно върху аферентните нервни фибри. При това най-голяма импулсация дават А фибрите при честота около 100 Hz.

За т. нар. краткоимпулсна електроаналгезия Ясногородский използва честоти от 30 до 120 Hz.

Формата на тока при обезболяващата терапия най-често е правоъгълна (токове на Leduc, на Trabert), а при методите на TENS се търси известно разнообразяване чрез комбинация с правоъгълни и асиметрични импулси. Поддържа се становището, че при използваните за обезболяване с НЧТ формата на тока не играе роля, поради извънредно кратката продължителност на импулса. Опитът показва голямото преимущество по отношение обезболяващите ефекти на богатата комбинация от форми в поредица от импулси, представени от българския апарат Арфай. За преодоляване на адаптацията при приложението на обезболяващите токове се използва честотна модулация (просто редуване на честоти или експоненциална хармонична прогресия от 1 до 1000 Hz), апериодично появяване на импулсите и др.

Мястото на приложение на електродите може да бъде:

1. Директно върху мястото на болката и нейната проекция или от двете страни на болковата област.

2. Надлъжно на основния нервен ствол и паравертебрално (въздействие върху сегмента, коренчетата).

3. В акупунктурните точки или trigger points (болкови точки на Gierlich, на Trawell и Rinzler). Съществува тясна връзка между тези trigger points и акупунктурните точки, които лежат често над сетивните стволоче или отговарят на моторните точки на мускулите. Тези точки имат намалено кожно електрическо съпротивление и са вход (input) към ЦНС. При болкови синдроми от висцерален произход електродите се поставят в зоните на Захарин-Наед или паравертебрално в съответния метамер.

Големината на тока трябва да бъде достатъчна (10-20 mA), за да предизвика дразнене на повърхностните рецептори за допир и натиск и възбуда на А-влакната, при което трябва да липсва моторен отговор и болка (да не се заангажират А-влакната и немилиенизираните С-влакна, провеждащи болката).

Продължителността на отделния обезболяващ сеанс може да трае от 10-20 мин. до часове. В тава отношение много по-практични са малките портативни апарати за TENS.

Показанията за обезболяваща терапия по този метод са извънредно широки и могат да се прилагат при всички болкови прояви: невралгии, неврити, радикулити и радикулопатии от простудно, възпалително и вертеброгенно естество (вкл. дискови хернии и функционални блокажи на интервертебралните стави), артрози, артралгии, артрити, навяхвания, изкълчвания, състояния след фрактури на костите, каузалгии, фантомни болки, преди и след кинезитерапия, (при наличие на болка), мигрена, главоболие, след абразио и раждане, постоперативни болки и др.

Други инхибиращи ефекти на НЧТ

Хипотензивният ефект на НЧТ върху повишеното кръвно налягане е известен както от експерименталните проучвания върху кучета (имплантиран стимулатор в каротидните синуси), така и от клиничната практика. Прилагат се НЧТ с правоъгълна форма, продължителност на импулса 0,50-1 ms и честота 100 Hz при разположение на електродите в синокаротидната зона, под формата на яка на Щербак или в областта на бъбреците. Понижава се както систолното, така и диастолното налягане, забавя се сърдечната дейност, проявява се тенденция към нормализиране тонуса на артериите от среден калибър.

Вегетолитичните ефекти на НЧТ се проявяват, както при повишения тонус на симпатикуса, така и при изразена ваготония. Общоприето е симпатиколитичното действие на токовете с честота 100Hz, което се проявява най-вече при съдовоспастични синдроми, при разположение на електродите на невровегетативните ганглии или надлъжно по хода на съда. Тази честотата (100 Hz) има тонолитично действие и при повишен тонус на n. vagus: астматични състояния (интраназална методика), спазми на стомаха, жлъчния мехур, дебелите черва (паравертебрална, трансабдоминална методика или в областта на pl. Solaris).

Вегетолитичен ефект върху повишен симпатикусов тонус при тетания и спазмофилия може да се постигне чрез раздразна на системата n.vagus- n.trigeminus при интраназално разложение на малки, дразнещи честоти – 5-10 Hz.

Инхибиращите ефекти на НЧТ върху ЦНС намериха развитие при електроанаркозата и електросъня. Съвременната терапия чрез електросън се основава на забележителните открития на И. П. Павлов, че не само силните шокови дразнения (електроанаркоза) потискат мозъчните функции, но и еднообразните слаби, ритмични дразнения водят до дълбоко потискане, което има характер на физиологичен сън с всички негови преимущества.

Нискочестотните токове се прилагат в честота от 1 до 350 Hz, продължителност на импулса от 0,3 до 1,4 ms, правоъгълна, трапецовидна или синусоидална форма, най-често в комбинация с галванична компонента. В последно време с успех се прилагат и модулираните синусоидални токове, както и интерферентните токове на Немек.

Поддържа се становище за многостранност на физиологичното действие на електросъня върху нервната система. На първо място се приема директно невротропно действие. Доказан е неговият парабактерен ефект, както и установяване ритъма на импулсния ток от страна на ЦНС.

Все повече се разширяват *индикациите* за електросън:

а) в областта на анестезиологията и психиатрията - неврози, разстройство на съня, посттравматична астения, атеросклеротична церебрастекия, умствена преумора, реактивни психози, депресивни състояния, пресенилни психози, хроничен алкохолизъм и др.;

б) в областта на вътрешната медицина: язвена болест, хипертонична болест, коронаро-кардиосклероза, бронхиална астма;

в) в областта на хирургията - травми на черепа, фантомни болки, обширни изгаряния, торпидно протичащи рани, измръзвания.

Ревулзивно действащи токове

Доказаното *ревулзивно и разнасящо* действие, характерно за някои токови комбинации, се взема също предвид при интерпретиране на обезболяващия ефект на НЧТ, който се свързва с отстраняване на пери- и интравазалните инфилтрати. С оглед на тези свойства е предложен тока на Trabert за “електромасаж” при миогелози, дегенеративни изменения в ставите и гръбначния стълб, посттравматични едеми и др., като необходимо условие е големината на тока да предизвиква съвсем леко “потреперване” на мускулите.

Н. Jantsch и F. Schuhfried създадоха понятието **импулсна галванизация**, чиито основни индикации се отнасят също до ревулзивни и разнасящи ефекти. При този метод на една основна галванична компонента се наслоява импулсен ток с различна форма (правоъгълна, синусоидална, триъгълна). Преследва се ефект на леки вибрации – електрически масаж на тъканите, който подобрява кръвообращението, засилва обмените процеси и разнасянето на патологичните инфилтрати, подобряване трофиката на тъканите

Jantsch използва за тази цел няколко вида импулси:

- 1) кратки импулси (0,10-0,50 ms) с дълга пауза (около 100 ms), честота 10 Hz; 2) импулсни серии, модулирани също в честота 10Hz (запълваща честота 200Hz);
- 3) честотно модулирани импулси 5 и 20Hz (продължителността на импулса остава същата – 0,10-0,50ms)
- 4) триъгълни импулси с относително голяма продължителност 10-30 ms, пауза от 50 до 200ms и честота 5-15Hz.
- 5) Комбинираното приложение на галваничния ток с диадинамичните токове, с тока на Trabert, с токове от апарата Арфай (50-100-143Hz) за обезболяваща и разнасяща терапия.

Показанията за импулсна галванизация, респ. ревулзивна НЧ терапия, са извънредно широки – миалгии и миогелози, тендовагинити, ставни заболявания от възпалителен травматичен и дегенеративен произход, периферни съдови разстройства (обтурационни заболявания на артериите съдоводистонични заболявания от типа на акроцианоза, отоци при разширени вени и др.), невралгии и неврити. Н. Jantsch прилага импулсната галванизация и при редица гинекологични заболявания (аменорея, хипогалактия, мено- и метрорагия), като предпочита рефлексогенната зона на гръдните жлези.