

Висновки

1. Зміни чутливості при дії імпульсного струму залежать від частоти і тривалості імпульсів. Повної втрати чутливості при цьому не буває.

При дії імпульсів випрямленого струму на кінцівку людини відносна межа сили струму, яку здатна переносити людина, досягає 4,5 ма (в ефективному значенні).

2. Чутлива хронаксія змінюється не тільки на кінцівці, підданій дії струму, а й на другій руці, вільній від електродів. У міжелектродному просторі при висхідному струмі ці зміни мають протилежний характер.

3. Постійний струм справляє значно меншу анестезуючу дію навіть поблизу межі сили струму для людини, яка становить 50 ма.

4. Спостережувані явища залежать від місцевого впливу на тканини і рефлекторної дії через центральну нервову систему.

ЛІТЕРАТУРА

- Баранов В. Г., Труды IV Всесоюзного съезда физиологов, 1930.
 Вериге Б. Ф., Участие электрических явлений в проведении возбуждения по нерву. Сб. «Физиология нервной системы», вып. 2, Медгиз, 1952.
 Галибина А. И. и Баранов В. Г., Новое в рефлексологии и физиологии нервной системы, т. 3, 1922.
 Зайцев Н. Д., Изменение периферической нервной системы при электронаркозе. Сб. докладов на научной сессии Ивановского мед. института, Иваново, 1941.
 Лазарев П. Н., Исследования по адаптации. Изд-во АН СССР, 1947.
 Лапицкий Д. А. и Петров Ф. П., Местная анестезия, вызываемая прерывистым током. Сб. «Электрический наркоз», ВИЭМ, 1937.
 Стеценко Н. Д., Сравнение действия на нерв слабых импульсов выпрямленного и постоянного тока. Сб. «Вопросы физиологии», № 7, 1953.
 Угрюмов В. М. и Березина М. П., О применении местного и регионарного электрообезболивания в практике нейрохирургии, Вопросы нейрохирургии, № 3, 1944.
 Хаметов Б. Г., Действие полюсов прерывистого электрического тока на мышечную ткань и на заживление ран, Ленинград, 1953.
 Черемиснова, Сб. «Электрический наркоз», ВИЭМ, 1937.
 Duschak E., Über Ledücksche Ströme. Z. f. phys. u. diät. Ther., 23, 1919.
 Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця
 Академії наук УРСР,
 лабораторія вищої нервової діяльності
 і лабораторія біофізики.

Сравнение действия прямоугольных импульсов выпрявленного тока с действием постоянного тока на конечность человека

Н. Д. Стеценко

Резюме

В работе сравнивалось действие импульсного тока с действием постоянного тока на конечность человека при кольцевом охвате конечности электродами. Сравнивалось также действие импульсного тока пяти частот (100, 60, 40, 20 и 8 герц) при двух вариантах отношения длительности тока к паузе (1:4 и 1:10).

Импульсный ток получался с помощью лампового генератора, построенного в нашей лаборатории; частота, длительность и форма импульсов контролировались осциллографически. Обращалось внимание на относительный предел переносимости силы тока, на изменение болевой чувствительности, на возможность ее полного подавления, а также на характер и величину сокращения мышечных групп предплечья человека.

В ряде опытов измерялась чувствительная хронаксия в проксимальной части конечности, т. е. выше электродов, между электродами и на тыльной части кисти.

Изменение чувствительности при действии импульсного тока зависит от его частоты и длительности. Полной потери чувствительности при этом не обнаружено. Относительный предел переносимости импульсов выпрямленного тока при их действии на конечность человека достигает 4,5 *ма* (в эффективном значении).

Чувствительная хронаксия изменяется не только на конечности, подверженной действию тока, но и на другой руке, свободной от электродов. В междуэлектродном пространстве при восходящем токе эти изменения противоположны.

Постоянный ток обладает значительно меньшей анестезирующей способностью даже вблизи предела переносимости, который достигает 50 *ма*. Наблюдаемые явления объясняются местным влиянием токов на ткани и рефлекторным действием через центральную нервную систему.

Пределы переносимости импульсных токов данных пяти частот соответствуют таким значениям силы тока, при которых действие тока частоты 100 герц через электроды, расположенные над центральной нервной системой (например, катод на лбу, а анод на спине), вызывают наркотические состояния у человека.

Однако общего наркоза, сна или сонливости при действии тока с прямоугольной формой импульса на конечность человека мы не наблюдали. Это говорит против предположений, что состояние электросна наступает в результате монотонного раздражения токами рецепторного поля и свидетельствует о непосредственном действии наркотизирующих токов на центральную нервную систему.

Таким образом, импульсный ток такой частоты, длительности и силы, который при расположении электродов над центральной нервной системой способен вызывать состояния сонливости и сна, при воздействии на конечность человека вызывает резкие болевые ощущения и мышечную контрактуру. Последнее, видимо, играет большую роль в значительном нарушении дыхания при электронаркозе.

Применяя слабые токи, можно будет устранить в числе других побочных явлений этот мышечный компонент при развитии сонного и наркотического состояния животных и человека.

Характеристика діяльності серця у робітників гарячих цехів

М. К. Бітте

Значне почастишання серцевого ритму (Шевелюхін [1], Бітте [2, 3]), підвищення кров'яного тиску (Маршак [5]), швидкості капілярного кровообігу (Дроздовська [4]) і хвилинного об'єму (Геллер [6]) в умовах впливу на людину високої температури під час виконання нею тяжкої фізичної роботи примусили нас докладно дослідити діяльність серця у робітників гарячих цехів з метою виявити закономірності його стомлення і відновлення працездатності. Щоб зробити висновок про фази діяльності серця (систола передсердь, систола шлуночків, загальна пауза), про порушення функцій провідної системи серця і про зміни положення серця у грудній порожнині, ми застосували у своїх дослідженнях електрокардіографічний метод.

Дослідження провадились у гарячих цехах рафінадного заводу. У сушильнях Пассбурга (температура 43°C , відносна вологість 30%) робітники переганяють по рельсах вагончики з цукровими половками, у світлих сушильнях (47°C , відносна вологість 40%) робітники перекидають на цукрові головки і встановлюють їх на «столи» для заливки клерсом (треба відзначити, що зараз більшість цих робіт механізована).

У перекочувачів пульс частішає до 170 ударів за хвилину; у світлих сушильнях частота пульсу під час роботи майже та сама, іноді вона досягає 180 ударів за хвилину.

При роботі спостерігається підвищення температури тіла на $1,2^{\circ}$ за один інтервал роботи (40—60 хв.), потовиділення становить близько 6,6 л за восьмигодинний робочий день.

Електрокардіографія у робітників гарячих цехів провадилась на віддалі 40—50 м від місця роботи (телекардіографія). Прилад (струнний гальванометр системи Київського інституту гігієни праці) був встановлений в іншому будинку на першому поверсі, цехи розміщувались на третьому і четвертому поверхах. Електрокардіографію провадили в стані спокою, до роботи і після роботи, іноді слідкували за змінами ЕКГ під час відновного періоду. З технічних причин не вдалося зареєструвати електрокардіограми раніш ніж через 30—45 сек. після роботи.

Електрокардіографічні дослідження були проведені у десяти перекочувачів на сушильнях Пассбурга (всього було знято 87 електрокардіограм), у дев'яти вантажників з цеху світлої заливки (116 електрокардіограм) і у шести робітників на штопках, заливці та інших роботах (32 електрокардіограми).

Більшість електрокардіограм була знята в трьох відведеннях, причому в кожному відведенні була проведена калібровка — відзначалось відхилення нитки від 1 мв.

Викликане високою температурою і фізичною роботою почасти-

шання серцебиття знаходить в електрокардіограмі чітке і деталізоване відображення. На ЕКГ видно не тільки частоту серцебиття або тривалість одного циклу скорочення серця, але й окремих його фаз.

Спочатку почастішання серцебиття відбувається, як звичайно, за рахунок зменшення тривалості паузи, яка може навіть майже зовсім зникнути. Це зменшення паузи, за даними ряду авторів (Костюков і Рейзельман [8], Льюїс [7] та ін.), має певні праниці, нижче якої відбувається не тільки зменшення тривалості паузи, а й зменшення тривалості систоли шлуночка і передсердя. В наших дослідженнях (див. таблицю) при великій частоті скорочень було виявлене навіть зменшення інтервалу PQ і QT , тобто зменшення часу проведення збудження від устів вен до м'язів шлуночка, а також часу скорочення шлуночка.

Час окремих інтервалів ЕКГ до і після роботи (вибірковий матеріал)

№ ЕКГ	Прізвище піддослідного	До роботи				Після роботи							
		у сотих частках сек.				в % до норми							
		PQ	QT	TP	Весь цикл	PQ	QT	TP	Весь цикл	PQ	QT	TP	Весь цикл
Навантажування													
1, 2, 3, 8, 9 11, 9 77, 33 22, 88 66 55, 22 76 22, 41	С.	16	32	32	80	12	25	11	48	75	80	33	60
	Кр.	15	35	30	80	13	32	15	60	87	91	50	75
	К.	15	30	25	70	12	23	13	48	80	78	52	60
	Р.	15	30	25	70	13	20	07	40	87	67	28	57
	"	15	30	25	70	13	20	02	35	87	67	8	50
	"	15	35	55	100	12	32	20	62	80	91	36	62
	"	15	35	55	100	10	30	10	50	67	86	18	50
	Кур.	15	35	40	90	10	30	10	50	67	86	25	55
Перекочування													
10, 8, 55 26, 28 3, 44	Р.	15	35	45	95	12	25	03	40	82	71	6	42
	Ч.	15	35	35	85	15	25	10	59	100	71	29	59
	Х.	15	30	30	75	15	30	15	60	100	100	50	80

Аналогічні співвідношення спостерігали Льюїс і Коттон [8] у людей після фізичних вправ. При зменшенні вдвоє тривалості всього циклу скорочення серця після роботи тривалість систоли передсердя і шлуночків зменшується лише на 20—30%.

Наші матеріали вказують на такі самі зміни в ЕКГ при фізичному напруженні, посиленому впливом високої температури.

Розподіл тривалості окремих фаз серцевої діяльності при ритмі 60—70 ударів за хвилину в стані спокою, як можна перекоонатися з даних таблиці, такий (в сек.):

час скорочення передсердя 0,15 (І фаза).

» » шлуночка 0,30—0,35 (ІІ фаза),

» повного розслаблення серця 0,25—0,50 (ІІІ фаза).

Отже, весь цикл скорочення серця триває 0,70—1,00 сек.

При незначному почастішанні серцебиття (до 90 ударів за хвилину), зв'язаному з виконанням легкої роботи, тривалість скорочення передсердя (І фаза) і скорочення шлуночка (ІІ фаза) дещо зменшується (від 0,35 до 0,30 сек.), отже, почастішання ритму або зменшення циклу

скорочення серця в основному відбувається за рахунок паузи (III фаза), яка при цих збільшеннях ритму скорочується приблизно до 0,22 сек. Весь цикл скорочення серця при цьому дорівнюватиме 0,67 сек. ($0,15 + 0,30 + 0,22$).

Дальше почастищення ритму серцевої діяльності, звичайно зв'язане з виконанням фізичного напруження середньої важкості (до 120 ударів за хвилину), також ще не викликає скорочення I фази, але при цьому відбувається дальше зменшення часу скорочення шлуночка (з 0,30 до 0,25 сек.). Загальна діастола серця продовжує зменшуватись: у порівнянні із станом спокою вона зменшується в п'ять разів і дорівнює 0,10 сек. Весь цикл скорочення серця при цьому становить 0,50 сек. ($0,15 + 0,25 + 0,10$).

Тривалість венозного наповнення серця (весь цикл скорочення мінус перша фаза) зменшується майже вдвоє: якщо в стані спокою вона дорівнює 0,65 сек., то тепер зменшується до 0,35 сек. Треба врахувати й ту обставину, що систолічний об'єм при такому ритмі діяльності серця підвищується з 50—60 см^3 до 75—80 см^3 . Отже, об'ємна швидкість збільшується з $\frac{60}{0,65} = 93 \text{ см}^3$ за секунду до $\frac{80}{0,35} = 228 \text{ см}^3$ за секунду, тобто швидкість венозного наповнення збільшилась приблизно у 2,5 раза, хоч систолічний об'єм змінився незначно.

При почастищенні серцебиття до 135 ударів, що спостерігається при тяжкій фізичній праці, відбувається різке зменшення I фази (до 0,12 сек.) і дальше зменшення тривалості скорочення шлуночка (до 0,22 сек.). Таким чином, час вигнання крові із шлуночка скорочується приблизно у 1,5 раза при збільшенні систолічного об'єму також у 1,5—2 рази. Отже, об'ємна швидкість руху крові через аортальний отвір буде збільшена — у 2—3 рази. Пауза при цьому скорочується до 0,05 сек. (майже зникає).

Швидкість венозного наповнення збільшується до $\frac{100}{0,27} = 370 \text{ см}^3$ за секунду, тобто збільшується у порівнянні з відповідними величинами у стані спокою у чотири фази.

I, нарешті, дуже напружена робота — межа напруження серцевого м'яза при виробничій діяльності — викликає скорочення серця у ритмі 150—160 ударів за хвилину. Весь цикл скорочення серця зменшується до 0,40—0,38 сек., тобто тривалість усього циклу при цьому ритмі дорівнює приблизно тривалості скорочення шлуночка в стані спокою (0,35 сек.). Перша фаза більше вже не скорочується і залишається на попередньому рівні — 0,12 сек., нижче якого, очевидно, не зменшується тривалість проведення збудження по м'язу передсердя, або, інакше кажучи, час його скорочення. Тривалість скорочення шлуночка при цьому знижується також, треба гадати, до граничної величини — 0,20 сек. Це визначає збільшення в п'ять разів об'ємної швидкості крові, що виганяється при збільшеному приблизно вдвоє систолічному об'ємі.

Пауза серця при цій частоті зведена майже до нуля, вона не більша за 0,02—0,03 сек.

Час венозного наповнення також надзвичайно короткий — 0,23 сек. Швидкість венозного притоку крові у серці у зв'язку з відсутністю загальної паузи майже така сама, як і артеріального вигнання крові, тобто у п'ять разів більша, ніж у стані спокою. Серце працює при цьому у зовсім невласливому для нього ритмі: через кілька хвилин така робота повинна бути перервана для відпочинку.

Хоч ритм 162 удари за хвилину Бейнбридж вважає граничним,

проте при гім і Летунов [12] частий ритм. тішання пуль й енергетичн роботи, зв'яз спостерігаєть частішанням кою потребою за хвилину.

Назвати Коли цикл 0,12 сек. пр шлуночка, к ночка підви замість дал пенсувати к які ставить

Виходя є граничн перерви обм

В проц лість інтере

Зменш частоті, м за дослідан і заміное

Спосте йде за зуб зубець P п зокрема, с напружено

Таку вона свідч нуче веде серця. Ча кожної лк понад 160 частоті, я роботи в і

Незва ного разу електрока змін у ко

Найб дослідник збільшен (Костюко ко [3]), Кнол [9] лікували

У ро тувати з стерігал

проте при гімнастичних вправах і спортивних заняттях, як на це вказує і Летунов [12], а також при роботі в гарячих цехах спостерігається і більш частий ритм. Але якщо до величини 150—160 ударів за хвилину почастішання пульсу йшло паралельно із збільшенням інтенсивності роботи й енергетичних затрат організму, то далі підвищення інтенсивності роботи, зв'язане із споживанням понад 2 л кисню за хвилину (воно спостерігається і під час спортивних змагань), вже не супроводиться почастішанням пульсу: при дуже напруженій роботі, зв'язаній з великою потребою організму в кисні, пульс збільшується до 170—200 ударів за хвилину.

Назвати таку частоту у будь-якій мірі ефективною ніяк не можна. Коли цикл одного скорочення серця стає меншим за 0,30 сек., з яких 0,12 сек. припадає на скорочення серця, а 0,18 сек. — на скорочення шлуночка, коли швидкість венозного наповнення і випорожнення шлуночка підвищується до колосальних величин, а хвилиний об'єм серця замість дальшого збільшення зменшується, тоді серце перестає компенсувати кисневу потребу організму, отже, не справляється з вимогами, які ставить йому організм.

Виходячи з викладеного, ми можемо вважати, що ритм 150—160 є граничним при дуже напруженій роботі; тривалість такої роботи без перерви обмежена — 30—45 хв.

В процесі реституції після роботи відновлюється нормальна тривалість інтервалів.

Зменшення тривалості систоли шлуночків, що настає при великій частоті, можна зв'язати із зменшенням систолічного об'єму, яке, за дослідями Геллера [6], відбувається при високій температурі повітря і замінює попереднє підвищення хвилиного і систолічного об'єму.

Спостерігається повне зникнення паузи, зубець *P* безпосередньо йде за зубцем *T*, без будь-якого проміжку; часто можна бачити, що зубець *P* починається перш, ніж *T* прийде до нульового положення. Це, зокрема, спостерігали Костюков і Рейзельман [8] безпосередньо після напруженої фізичної роботи.

Таку роботу серця слід кваліфікувати як дуже несприятливу, бо вона свідчить про зменшення часу діастолічного наповнення, що неминуче веде до зменшення систолічного об'єму й ефективності роботи серця. Частота серцебиття, при якій виникають такі положення, для кожної людини різна. Приблизно це відбувається при частоті скорочень понад 160—170 ударів за хвилину (тривалість циклу 0,35—0,37 сек.) — частоті, яка нерідко буває у робітників гарячих цехів наприкінці їх роботи в цеху.

Незважаючи на посилені вимоги до серця, нам не доводилось жодного разу спостерігати у робітників гарячих цехів викривлення зубців електрокардіограми, появи нових зубців або будь-яких інших значних змін у конфігурації електрокардіограми.

Найбільші зміни спостерігаються в розмірі зубця *T*. Дані ряду дослідників також свідчать про те, що зубець *T* після фізичної роботи збільшений. Це спостерігалось як у здорових людей — у вантажників (Костюков і Рейзельман [8]), у учнів ремісничого училища (Крамаренко [3]), у спортсменів під час марафонського бігу (Летунов [12], Кнол [9]) і лижних переходів (Пустельник [10]), — так і у хворих, які лікувались з метою зміцнити серцевий м'яз (Михайлов [11]).

У робітників гарячих цехів після фізичної роботи ми могли констатувати збільшення *T* тільки в 30% досліджень, в решті випадків спостерігалось зменшення величини зубця *T* або він залишався без змін.

В деяких випадках після роботи з'являвся зубець *S*, який був відсутній до роботи і зникав у відновний період. Поява зубця *S* зв'язана із зменшенням зубця *T*. Вся ЕКГ у цьому випадку нагадувала лівограму, що, можливо, слід вважати показником переважання роботи лівого шлуночка. Плато, що передує зубцю *T* (інтервал), часто знаходиться вище ізоелектричної лінії.

За літературними матеріалами, такі зміни в ЕКГ трапляються при коронарних тромбозах. У порядку віддаленої аналогії можна висловити припущення, що під час напруженої фізичної праці при високій температурі повітря підвищення плато *T* може бути показником недостатнього кровопостачання серця.

В одного з досліджуваних робітників, у якого була цілком нормальна ЕКГ до роботи, після роботи з'явилась різка аритмія, яку не можна не поставити в зв'язок з роботою у гарячому цеху.

Висновки

1. Використання електрокардіографії для характеристики діяльності серця при фізіологічних дослідженнях на виробництві показало доцільність і можливість вивчення діяльності серця при великому фізичному напруженні, а також у робітників гарячих цехів. Цей метод дозволяє швидко одержати детальну характеристику роботи серця і зробити висновки не тільки про зміни ритму, а й про тривалість фаз діяльності серця, що має велике значення при вивченні фізіології праці.

2. Зміни ЕКГ робітників гарячих цехів після роботи зводяться до такого:

а) почастішання серцевих скорочень відбувається, в першу чергу, за рахунок зменшення паузи серця;

б) при більш значному почастішанні, крім того, зменшується тривалість систоли шлуночків і часу проведення збудження у передсерді (*PQ*), що супроводиться повним зникненням діастолі серця, тобто відсутністю проміжку між зубцями *T* і *P*;

в) із змін у величині окремих зубців слід відзначити збільшення *T* у 30% досліджень і зменшення або відсутність змін в решті випадків і появу зубця *S*, яка супроводиться зменшенням зубця *T*.

3. Аналіз змін окремих фаз діяльності серця під час виконання фізичної роботи різної інтенсивності і реституції після неї показав, що при ритмі серцевої діяльності понад 150—160 ударів за хвилину паралелізм між напруженістю фізичної роботи і частотою серцевих скорочень порушується; внаслідок різкого скорочення часу і підвищення швидкості діастолічного наповнення серце викидає меншу кількість крові в артеріальну систему, чим пояснюється зниження хвилинного об'єму при дальшому підвищенні фізичного напруження і тривалості роботи у гарячому цеху.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шевелюхин, Влияние высокой температуры на животный организм и организм человека, Сборник Института им. Обуха, 1934, стор. 314.
2. Витте, Тезисы докладов на II Укр. съезде физиологов, Одесса, 1937.
3. Витте, Тезисы докладов на II Укр. съезде промврачей, Харьков, 1936.
4. Дроздовская, Изменение капиллярного кровообращения при высокой температуре воздуха, 1947.
5. Маршак, Метеорологический фактор и гигиена труда, М., 1930.
6. Геллер, Влияние метеорологических факторов и физической работы на минутный объем сердца, Тр. Днепроп. института гигиены труда и профзаболеваний, вып. IX.

7. Льюис, Физиология и патология сердца, 1923.
 8. Костюков и Рейзельман, Исследования по физиологии труда, Сборник Института гигиены труда, Харьков, 1930.
 9. Knoll W., Arbeitselektrokardiogramm beim Sportleuten, Arbeitsphysiologie 1932, B. 5, H. 4, S. 424—433.
 10. Пустельник, Электрокардиографические наблюдения над участниками лыжных переходов, 1936.
 11. Михайлов, Терап. арх., т. VII, 1929, стор. 11.
 12. Летунюв, Электрокардиография во врачебно-спортивной практике, Киев, 1950.
 13. Крамаренко, Сб. «Вопросы физиологии труда», 1955.
- Київський інститут гігієни праці і профзахворювань.

Характеристика деятельности сердца у рабочих горячих цехов

Н. К. Витте

Резюме

Опыт применения электрокардиографии для характеристики деятельности сердца при физиологических исследованиях на производстве доказал целесообразность и возможность изучения деятельности сердца при большом физическом напряжении, а также у рабочих горячих цехов. Этот метод позволяет быстро получить детальную характеристику работы сердца и судить не только об изменении ритма, но, что представляет большую ценность для физиологии труда, также и о продолжительности фаз деятельности сердца.

Изменения ЭКГ рабочих горячих цехов после работы сводятся к следующему:

- а) учащение сердечных сокращений происходит в первую очередь за счет уменьшения паузы сердца;
- б) при более значительных степенях учащения, кроме того, происходит уменьшение длительности систолы желудочков и времени проведения возбуждения в предсердии (PQ), сопровождающееся полным исчезновением диастолы сердца, т. е. отсутствием промежутка между зубцами T и P;
- в) из изменений в величине отдельных зубцов следует отметить увеличение T в 30 % исследований и уменьшение или отсутствие изменений в нем в остальных случаях, а также появление зубца S, сопровождающееся уменьшением зубца T.

Анализ изменений отдельных фаз деятельности сердца во время выполнения физической работы различной интенсивности и реституции после нее показал, что при ритме сердечной деятельности, превышающем 150—160 ударов в минуту, параллелизм между напряженностью физической работы и частотой сердечных сокращений нарушается; вследствие резкого сокращения времени и увеличения скорости диастолического наполнения сердце выбрасывает меньшее количество крови в артериальную систему, что объясняет снижение минутного объема при дальнейшем увеличении физического напряжения или длительности работы в горячем цехе.