

ПРОБЛЕМНІ ОГЛЯДИ

Сучасні шляхи вивчення біохемії м'язової діяльності*.

Проф. Д. Фердман.

II.

У першій частині роботи ми докладно спинились на одному з сучасних методів вивчення біохемії м'язової діяльності, а саме на методі вивчення перетворення речовин у ферментних екстрактах з м'язів і в м'язовій кашці, отруєній моноіодацетатною кислотою. Ці порівняно простіші об'єкти дослідження дали змогу в інституті Меєргофа встановити взаємозв'язок між перетворенням аденозинотрифосфатної і креатинотрифосфатної кислот („реакція Ломана“)

1. Аденозинотрифосфатна кислота $\Rightarrow$ аденілова кислота + H_3PO_4 .
2. Аденілова кислота + 2 креатинотрифосфатні кислоти $\Rightarrow$ аденозинотрифосфатна кислота + 2 креатину.

Ці надзвичайно цікаві дані були Парнасові за підставу для побудовання схеми про взаємозв'язок хемічних процесів у м'язах. Нижче ми подаємо цю схему, а також і критичну оцінку її на підставі даних, здобутих при вивченні хемічних процесів, які відбуваються в м'язі при його діяльності.

Уявлення школи Парнаса про взаємозв'язок хемічних процесів у м'язі.

Парнас¹⁶ 1935 р. у своїх доповідях у Відні, Берліні, а також на Всесвітньому фізіологічному конгресі в Ленінграді підсумував результати окремих досліджень своєї лабораторії і дав схему взаємозв'язку хемічних процесів у м'язі.

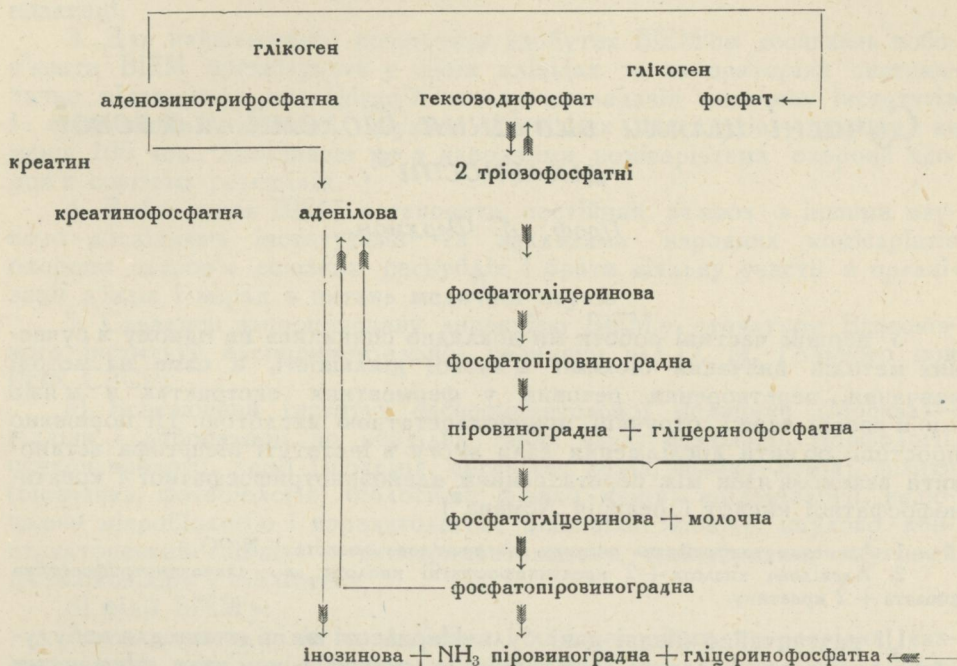
Згідно з цією схемою всі відомі досі енергетичні процеси, які відбуваються в м'язах,— гліколіз, розпад креатинотрифосфатної й аденозинотрифосфатної кислот щільно пов'язані між собою. Цей взаємозв'язок перетворення енергетичних речовин Парнас уявляє собі так (див. схему на стор. 12).

Як видно з схеми, гліколіз, на думку Парнаса, починається з перенесення фосфату від аденозинотрифосфатної кислоти на глікоген, при чому утворюється гекозодифосфат. При цьому повинна утворитися аденілова кислота, проте ця кислота не нагромаджується на м'язах, бо завдяки наявності спряженої „реакції Парнаса“ відбувається швидкий ресинтез аденозинотрифосфатної кислоти з фосфатної кислоти проміжного продукту гліколізу—фосфатопіровиноградної кислоти.

У тих випадках, коли перенесення фосфатної кислоти від фосфатопіровиноградної на аденілову кислоту не встигає за процесом розщеплення аденозинотрифосфатної кислоти, рефосфатювання аденілової кислоти відбувається за „реакцією Ломана“¹¹ з перенесенням фосфатної кислоти креатинотрифосфатної на аденілову кислоту. Перетво-

* Першу частину статті надруковано в № 6 „Експериментальної медицини“ за 1936 р.

рення креатинфосфатної кислоти, таким чином, на думку Парнаса, слід розглядати, як „допоміжну систему“ у м'язах, роль якої полягає в забезпеченні м'яза від нагромадження в ньому аденілової кислоти.



Отже, завдяки наявності акцепторів і донаторів фосфатної кислоти у м'язовій тканині, за схемою Парнаса, перетворення аденозинотрифосфатної, креатинфосфатної кислот і вуглеводів не повинно приводити до утворення неорганічної фосфатної кислоти. А втім відомо, що робота м'язів завжди супроводжується підвищенням кількості неорганічної фосфатної кислоти в них. Як примирити цей експериментально давно і не раз встановлений факт із запропонованою Парнасом схемою взаємозв'язку хемічних процесів у м'язі? Парнас вважає, що збільшення кількості неорганічної фосфатної кислоти при тому чи іншому стані м'яза є відбиттям недосконалості явищ обміну речовин у м'язовій тканині. Ця недосконалість виявляється в тому, що процес акцептування фосфатної кислоти не встигає за процесом її віддання. Поруч з нагромадженням неорганічного фосфату при цьому повинна була б нагромаджуватися і аденілова кислота. Проте, на думку Парнаса, цього не буває через те, що в м'язах є додатковий механізм, який забезпечує їх від нагромадження в них такої біологічно активної речовини, як аденілова кислота. Цим механізмом є процес дезамінування аденілової кислоти, що відбувається під впливом ферменту дезамінази, на який дуже багаті м'язи. В результаті цього дезамінування утворюється біологічно неактивний продукт — інозинова кислота.

Схема Парнаса, побудована на підставі експериментальних даних, здобутих при вивчанні перетворення окремих речовин у ферментних розчинах, на перший погляд може видатися захопливою, бо вона намагається дати уявлення про взаємозв'язок хемічних явищ у м'язовому волокні. Проте, вона, як всяка схема, може мати значення тільки в тому разі, якщо справді відбиватиме явища, які перебігають у м'язах.

Чи відбиває схема Парнаса процеси обміну речовин у м'язі?

Насамперед слід розглянути експериментальні дані, на яких Парнас базується у своїй схемі.

Як видно із схеми, аденозинотрифосфатна кислота, на думку Парнаса, бере участь уже в перших етапах процесу розпаду глікогену. А саме, він вважає, що гексозодифосфатна кислота утворюється від перенесення двох молекул фосфатної кислоти від молекули аденозинотрифосфатної на гексозу. Значить, в даному разі продукт розпаду глікогену — гексоза — є акцептором фосфатної кислоти від аденозинотрифосфатної. На користь цього припущення свідчить експериментально встановлений факт, що в отруєному моноїодацетатною кислотою м'язі зникає глікоген і аденозинотрифосфатна кислота при одночасному утворенні гексозодифосфату¹⁵. Тут слід відзначити, що в отруєному м'язі зникає також і доданий до нього неорганічний фосфат з утворенням гексозодифосфату. Проте, Парнасом і його співробітниками встановлено, що додана аденозинотрифосфатна кислота швидше (на 40%) віддає свою фосфатну кислоту гексозі.

Згаданий факт — зникнення аденозинотрифосфатної кислоти при одночасному нагромадженні гексозодифосфату — не можна, проте, вважати за прямий доказ безпосереднього перенесення фосфату з аденозинотрифосфатної кислоти на глікоген.

Далі, як вже згадувалось в першій частині роботи, Парнас і його співробітники встановили, що в отруєній моноїодацетатною кислотою м'язовій кашці фосфатна кислота переноситься від фосфатопіровиноградної на аденілову кислоту з утворенням аденозинотрифосфатної. Перевірити ці дані на цілому м'язі, де надто важко ізольовано вивчати окремі ланки перетворення речовин, на сьогодні навряд чи можливо.

За схемою Парнаса перетворення аденозинотрифосфатної кислоти пов'язане не тільки з процесом гліколізу, а й з розпадом креатинфосфатної кислоти. Ця частина схеми базується на даних Ломана, здобутих при вивчанні взаємозв'язку перетворення аденозинотрифосфатної і креатинфосфатної кислот у ферментних екстрактах з м'язів („реакція Ломана“). На питанні про те, якою мірою „реакція Ломана“ відбиває процеси, які перебігають в цілому м'язі, ми спинимосся трохи далі.

Одна з вихідних засад схеми Парнаса є припущення, що в м'язах не може нагромаджуватися вільна аденілова кислота.

Аденілова, як і аденозинотрифосфатна кислота, є біологічно активними речовинами. Для аденозинотрифосфатної кислоти встановлено, наприклад, що вона стимулює процеси оксидзації і дихання тканини; щодо аденілової кислоти, то для цієї речовини встановлений її специфічний (стимулюючий) вплив на серцевий м'яз, а звідси на процеси кровообігу. Аденозинотрифосфатна кислота таксамо впливає на серцевий м'яз, але цей вплив виявляється тільки після її дефосфатолування, тобто після її перетворення на аденілову кислоту. Як здійснюється фармакологічне діяння аденілової кислоти на серцевий м'яз, поки ще остаточно не з'ясовано. З нашого погляду її діяння, мабуть, здійснюється з допомогою відщеплення від неї амоніаку, який в момент свого виникнення впливає на протоплазму серцевого м'яза. Це уявлення, хоч і базується на певному фактичному матеріалі, не може, проте, поки претендувати на загальне визнання.

Парнас виходить з апіорного припущення, що аденозинотрифосфатна кислота перебуває у зв'язаному м'язовою тканиною стані і тому переходити в кров не може.

При нагромадженні вільна аденілова кислота, на думку Парнаса, переходила б у кров і виявляла б свій вплив на організм.

Якщо для аденозинотрифосфатної кислоти Парнас виходить з тієї передумови, що вона знаходиться у зв'язаному м'язовою тканиною стані,

то для аденілової кислоти він цього припущення не робить. Тут не місце обмірковувати порушене питання про „зв'язаний“ або „вільний“ стан складових частин тканини і клітини — це дуже відвернуло б нас від розгляду схеми Парнаса і змусило б значно розширити рамки цього повідомлення; ми обмежимося лише тим, що відзначимо, що нема абсолютно ніяких експериментальних передумов вважати, що аденозинотрифосфатна кислота знаходиться в якомусь то стані, відмінному від стану аденілової кислоти в ньому.

Чи potwierджується експериментально припущення Парнаса про те, що в м'язах нема аденілової кислоти? Справді, при дослідженні свіжих і спокійних м'язів в них не удається виявити більш чи менш значних кількостей вільної аденілової кислоти. Факт цей встановлено в лабораторії Меєргофа²⁰, Парнаса²¹, а також і в дослідженнях, проведених автором і О. І. Файншмідт¹⁸.

Відсутність аденілової кислоти у спокійних м'язах не дає, проте, ніякої підстави вважати, що її нема і в працюючих м'язах.

Априорне припущення Парнаса і його співробітників про те, що багатство м'язової тканини на дезаміназу робить неможливою присутність вільної аденілової кислоти у м'язах, не є переконливим; якщо стати на таку позицію, то довелось би заперечувати, наприклад, можливість наявності у печінці глікогену на тій підставі, що там є значна кількість амілази.

Нам здається, що нема доконечної потреби доводити, що в складній біологічній системі — у клітині — діяння тих чи інших ферментів регулюється багатьма явищами життєдіяльності клітини. Факт цей загальновідомий, але на нього не зважає Парнас.

Експериментальні дані автора і його співробітників, які ми висвітимо далі, дають змогу твердити, що аденілова кислота в досить значних кількостях появляється в м'язах як в результаті їх діяльності, так і взагалі в тих випадках, коли в м'язах спостерігається розпад аденозинотрифосфатної кислоти, напр., у м'язах голубів, отруєних стрихніном (А. Сілакова²²), при експериментальному поліневриті (І. Бусель²³) тощо.

Цікаво відзначити, що недавно в лабораторії Парнаса виявлено (Остерном²⁴) таксамо і в серцевому м'язі наявність аденілової кислоти. Здавалось би, що цей факт повинен був би викликати в Парнаса та його співробітників сумнів про правильність їх настанови про те, що аденілова кислота не може нагромаджуватися в м'язах. При нагромадженні цієї активно діючої на серце речовини в самому серці ніби слід було б, за Парнасом, очікувати на особливі розлади кровообігу. Остерн, проте, не дає оцінки значення наявності аденілової кислоти в серцевому м'язі; він обмежується лише тим, що пояснює присутність її тим, що серцевий м'яз не так багатий на дезаміназу, як скелетний м'яз, а тому аденілова кислота там зараз же дезамінується. Отже, вихідне положення схеми Парнаса про можливість нагромадження аденілової кислоти в м'язах при експериментальній перевірці виявляється неправильним.

При дослідженні перетворення аденозинотрифосфатної кислоти у м'язах при їх роботі та відпочинку автор та його співробітники здобули ряд даних, які відкидають правильність схеми Парнаса. До викладу цих даних ми й переходимо.

Перетворення аденозинотрифосфатної кислоти при роботі та відпочинку м'язів.

Як уже згадувалося в першій частині цієї роботи, Ломанові удалось 1928 року виявити фракцію фосфатних сполук, які легко гідролізуються. При гідролізі в нормальній НСІ при 100° ця фракція розщеплю-

ється протягом 7 хвилин. Ломанові удалось, далі, ізолювати з м'язів неорганічну пірофосфатну кислоту, яка при згаданих умовах гідролізу розпадається цілком з утворенням о-фосфатної кислоти. Отже, хемічна природа фракції фосфора, яка легко гідролізується, здавалось, була з'ясована, і ця фракція дістала назву „пірофосфатної фракції“. Як метод її визначення Ломан запропонував користуватися її гідролітичною здатністю, тобто визначати фосфор, який відщеплюється протягом 7 хвилин в нормальній НСІ при 100°.

При вивчанні участі „пірофосфатної фракції“ у хемізмі м'язової діяльності Ломан встановив, що при роботі ізолюваних м'язів жаб до середнього ступеня стомлення кількість „пірофосфатної фракції“ в них залишається без виразних змін. Тільки при дуже тривалому подразненні м'язів, що виходить за межі фізіологічного стомлення, можна, за даними Ломана, спостерігати зменшення кількості „пірофосфатної фракції“.

1930 року Ломан і Фіске⁸ встановили, що в м'язах нема вільної пірофосфатної кислоти, а що вона зв'язана з аденіловою кислотою у формі аденозинотрифосфатної кислоти. Швидкість гідролізу пірофосфатної кислоти, яка входить до складу аденозинотрифосфатної кислоти, в нормальній НСІ не відрізняється від швидкості гідролізу неорганічної пірофосфатної кислоти, що й було за підставу з 1930 року під назвою „пірофосфатної фракції“ розуміти кількість у м'язах аденозинотрифосфатної кислоти і користуватись для її визначення тим самим методом. При цьому була допущена велика методична помилка, яка полягала в тому, що не було зважено на можливість відщеплення від аденозинотрифосфатної кислоти при роботі м'язів неорганічної пірофосфатної кислоти. У цьому випадку „пірофосфатна фракція“ повинна була б складатись із сумішки аденозинотрифосфатної кислоти і неорганічного пірофосфату, і з кількості фосфору, яка утворюється при семихвилинному гідролізі м'язового екстракту в нормальній НСІ при 100°, можна мати уявлення тільки про сумарну кількість аденозинотрифосфатної і неорганічної пірофосфатної кислоти.

Для роздільного визначення аденозинотрифосфатної кислоти і неорганічного пірофосфату слід користуватися іншими методами дослідження: опрацюванням автором 1932 року хемічним методом визначення²⁵, визначенням їх з допомогою специфічних ферментів — аденозинотрифосфатази за Якобсеном; пірофосфатази за Ломаном і дезамінази за Парнасом.

Після попереднього опрацювання відповідних методів визначення аденозинотрифосфатної кислоти і можливих продуктів її розпаду — неорганічної пірофосфатної, аденілової та інозинової кислот — автор і його співробітники взялися 1933 року до вивчення шляху перетворення аденозинотрифосфатної кислоти у м'язах. При цьому поставлено було для розв'язання такі питання: 1) чи утворюється в м'язах при їх роботі неорганічна пірофосфатна кислота, як продукт розпаду аденозинотрифосфатної кислоти; 2) чи нагромаджується в м'язах при їх роботі в результаті розпаду аденозинотрифосфатної кислоти аденілова кислота, і 3) чи існує зв'язок між виконаною м'язом роботою і нагромадженням в ньому неорганічної пірофосфатної кислоти.

Для розв'язання цих питань експерименти ставилось як на ізолюваних м'язах, так і на цілому організмі.

Робота на ізолюваних м'язах провадилась методом подразнення їх електричним струмом через нерв; робота ж м'язів в цілому організмі спричинялась тим, що жаб змушували стрибати до їх стомлення.

Здобуті автором, О. І. Файншмідт і М. Т. Дмитренко^{17,18} дані сходять ось до чого. При роботі як ізолюваних м'язів, так і при роботі м'язів в цілому організмі аденозинотрифосфатна кислота дефосфатолується з утворенням неорганічного пірофосфату. Кількість пірофосфатної фракції у стомлених м'язах при цьому залишається в основному без змін, але тоді ця фракція складається з сумішки аденозинотрифосфатної кислоти і неорганічного пірофосфату. Цим встановлено у м'язах

при їх роботі важливу з погляду енергетичного реакцію дефосфатолування аденозинотрифосфатної кислоти.

При вивчанні процесу дефосфатолування аденозинотрифосфатної кислоти при роботі ізольованих м'язів встановлено, що існує безпосередній зв'язок між виконаною м'язом роботою і нагромадженням в ньому неорганічного пірофосфату.

Відщеплення неорганічної пірофосфатної кислоти від аденозинотрифосфатної кислоти є оборотний процес; при реституції організму спостерігається поступове зникнення неорганічного пірофосфату упродовж одночасного синтезу аденозинотрифосфатної кислоти.

У м'язах після виконаної ними роботи завжди є певні кількості аденілової кислоти, які зникають надалі при реституції.

Чи можна пов'язати здобуті нами дані про перетворення аденозинотрифосфатної кислоти у м'язах із запропонованою Парнасом схемою взаємозв'язку хімічних процесів у м'язах? Чи відбиває схема Парнаса, побудована на даних досліджень на спрощених об'єктах — ферментних розчинах і м'язовій кашці, отруєній монободаетатною кислотою, процеси обміну у складному біологічному об'єкті — м'язі?

Згідно з схемою Парнаса у м'язах не повинна утворюватися, а тим більш нагромаджуватися неорганічна пірофосфатна кислота, як продукт розпаду аденозинотрифосфатної кислоти. Не повинно також бути в м'язах вільної аденілової кислоти. А втім дані наших досліджень, поставлені на ізольованому м'язі і на цілому організмі, показують, що при роботі м'язів у результаті розщеплення аденозинотрифосфатної кислоти відбувається як утворення неорганічної пірофосфатної кислоти, так і нагромадження аденілової кислоти.

Наші дослідження, далі, показали, що „реакцією Ломана“ таксамо не можна пояснити явище, які лежать в основі м'язової діяльності.

Згідно з цією реакцією слід було б очікувати, що в працюючому м'язі, де відбувається розпад креатинфосфатної кислоти, утворюваний при цьому фосфат переноситься на аденілову кислоту, а аденілова кислота перетворюється на аденозинотрифосфатну. А втім дослідженнями, проведеними автором і О. І. Файншмідт, встановлено, що в м'язах при їх роботі ми маємо розпад креатинфосфатної кислоти з нагромадженням продуктів цього розпаду — креатину і неорганічної фосфатної кислоти і розпад аденозинотрифосфатної кислоти з нагромадженням неорганічного пірофосфату та аденілової кислоти. При реституції у м'язах зникають продукти розпаду креатинфосфатної кислоти при одночасному її ресинтезі і продукти розпаду аденозинотрифосфатної кислоти, при чому таксамо відбувається одночасний синтез цієї аденозинотрифосфатної кислоти.

Грунтуючись на експериментальних даних наших досліджень, ми доходимо висновку, що схема Парнаса не відбиває процесів перетворення енергетичних речовин при роботі та реституції м'яза.

У протилежність Парнасові та його співробітникам, Меєргоф, Ломан і їх співробітники, які встановили кілька надзвичайно цікавих даних при вивчанні перетворення речовин у ферментних екстрактах з м'язів, не висунули своєї схеми взаємозв'язку хімічних процесів у м'язах. В даному разі вони зробили обережніші, ніж Парнас, хоч слід відзначити, що в окремих випадках вони таксамо намагаються переносити, без відповідної перевірки, дані, здобуті ними на ферментних екстрактах, на цілі м'язи.

Ломан, наприклад, виходячи з своєї реакції, намагається пояснити встановлений ним 1928 року факт збереження „пірофосфатної фракції“ у працюючому м'язі тим, що тут ми маємо перенесення фосфату з креатинфосфатної кислоти на аденілову, в резуль-

таті чого зберігається у м'язі первісна кількість аденозинотрифосфатної кислоти. Помилковість цього припущення тепер доведена автором, О. І. Файншмідт і М. Дмитренко¹⁷. Вони встановили, що „пірофосфатна фракція“ у працюючому м'язі складається з сумішки неорганічного пірофосфату і аденозинотрифосфатної кислоти, при чому одночасно з цим у м'язі є вільна аденілова кислота.

Отже, схема Парнаса не відбиває хемічних процесів, пов'язаних з м'язовою діяльністю. Експериментальні дані, на яких базується ця схема, відбивають закономірності перетворення речовин у ферментних розчинах і в м'язовій кашці. Закономірності ж хемічних явищ в цілому м'язі можуть бути інші.

Про закономірності хемічних процесів у ферментних розчинах і в м'язовій тканині.

Механізм „реакції Ломана“ і „реакції Парнаса“ (спряжених реакцій) у ферментному розчині безперечно дуже складний. Розчин аденілової і креатинфосфатної кислоти у воді може довгий час залишатися без помітного виявлення тенденцій до спряженої реакції, в результаті якої утворились би аденозинотрифосфатна кислота і креатин.

Для здійснення цього треба мати систему каталізаторів-ферментів. Те ж саме стосується і спряженої реакції між фосфатопіровиноградною кислотою і аденіловою. Як здійснюється каталіз згаданих спряжених реакцій — сказати тепер важко. Відомо тільки, що ці реакції спостерігаються лише у ферментних екстрактах, певним способом оброблених, або в отруєній м'язовій кашці, де відсунено ряд супутних цим реакціям хемічних явищ. Оскільки згадані реакції легко відтворити там, про них можна говорити, як про певні закономірні явища.

У м'язовому волокні, як і в усякій живій клітині, ми натрапляємо на дуже велику різноманітність хемічних процесів, які одночасно відбуваються. Інтенсивність цих процесів особливо велика під час м'язової діяльності.

У м'язі, як при його роботі, так і при його відпочинку, не удалось виявити хемічних процесів, які спостерігаються у ферментному розчині („реакцію Ломана“ і „реакцію Парнаса“).

У цій складній біологічній системі виявляються інші закономірності процесів розпаду і ресинтезу речовин, які лежать в основі хемічної енергетики м'язової діяльності.

Основна риса цих закономірностей — це розпад енергетичних речовин при м'язовій роботі і відсунення продуктів розпаду з ресинтезом цих речовин при відпочинку.

Як на приклад, можна вказати на реакцію Пастер-Мевргофа, яка встановлює зв'язок між розпадом глікогену до молочної кислоти при м'язовому скороченні і ресинтезом глікогену з молочної кислоти при відпочинку.

Нашими дослідженнями встановлено, що при роботі м'яза відбувається розпад аденозинотрифосфатної кислоти, амоніаку та інозинової кислоти, тоді як при відпочинку спостерігається поступове відсунення продуктів розпаду при одночасному синтезі аденозинотрифосфатної кислоти. Таксамо і креатинфосфатна кислота розпадається при роботі м'язів на креатин і фосфатну кислоту, при відпочинку ж відбувається ресинтез її через відсунення продуктів розпаду — креатину і фосфатної кислоти.

Виведені при роботі м'язів із стану своєї рухомої рівноваги енергетичні системи прагнуть до відновлення цієї рівноваги під час рести-

туції. Повернення до вихідного становища забезпечується цілим рядом явищ, серед яких основне місце належить хемічним процесам, пов'язаним з диханням тканини.

Закономірності, встановлені на спрощених об'єктах дослідження — у ферментних екстрактах, мабуть, губляться в загальному комплексі хемічних явищ, пов'язаних з роботою та відпочинком м'яза.

Протягом останніх п'яти років щораз більше ускладнюються шляхи до з'ясування хемізму м'язової діяльності. Многогранність підходу до розв'язання цієї найактуальнішої проблеми сучасної біохемії надзвичайно приваблива.

Дані, здобуті при дослідженні на спрощених об'єктах (у ферментних розчинах та м'язовій кашці) дають змогу диференціювати окремі хемічні процеси, накреслити основні віхи можливого перетворення речовин у м'язовому волокні. Слід тільки при цьому пам'ятати, що, не зважаючи на всю цінність цих експериментів, закономірності, встановлені при цьому, не можна переносити безпосередньо на м'яз. Біологічні закономірності можна виявити тільки при вивчанні явищ в ізолюваному м'язі і в м'язах цілого організму. Усяка схема хемічних процесів, яка базується тільки на закономірностях у спрощених об'єктах дослідження, набирає цінності лише тоді, коли вона експериментально potwierджується на самій біологічній системі.

З цього погляду серед сучасних шляхів вивчання біохемії м'язової діяльності особливого значення набирає вивчання обміну речовин у м'язах і в цілому організмі.

Література.

1. Meyerhof. — Biochem. Zs. 178, 395 (1936).
2. Embden, Deuticke u. Kraft. — Klin. Woch. No 6, 213 (1933).
3. Meyerhof u. Kissling. — Biochem. Zs. 264, 40 (1933).
4. Meyerhof u. Schulz. — Biochem. Zs. 281, 292 (1935).
5. Embden u. Zimmermann. — Zs. Physiol. Chem. 167, 136 (1927).
6. Embden u. Mitarb. — Zs. Physiol. Chem. 179 (1929).
7. Parnas u. Mozolowski. — Biochem. Zs. 184, 399 (1927).
8. Lohmann. — Naturw. 17, 624 (1929) u. Fiske—Science 70, 38 (1929).
9. Lenhartz. — Zs. Physiol. Chem. 184, 1 (1928).
10. Meyerhof u. Lohmann. — Biochem. Zs. 253, 431 (1935).
11. Lohmann. — Biochem. Zs. 271, 264 (1934).
12. Lehmann. — Biochem. Zs. 281, 271 (1935).
13. Parnas u. Mozolowski. — Biochem. Zs. 184, 399 (1928).
14. Parnas, Ostern u. Mann. — Biochem. Zs. 272, 64 (1934).
15. Parnas. — Biochem. Zs. 275, 74 (1935).
16. Parnas. — Klin. Woch. No. 29, 1017 (1935).
17. Фердман и Файншмидт. — Експ. мед. (1935) і Biochem. Zs. 277, 203 (1935).
18. Фердман и Файншмидт. — Експ. мед. (1935) і Biochem. Zs. 284, 63 (1935).
19. Фердман и Окунь. — Сб., посвящ. 30-летию научн. деятельн. акад. А. Палладина. Киев, 1936.
20. Lohmann u. Schuster. — Biochem. Zs. 272, 315 (1934).
21. Parnas u. Lutwak-Mann. — Biochem. Zs. 278, 11 (1935).
22. Силакова. (Друкується).
23. Бусель. (Неопублік. поки ще дослідження).
24. Ostern. — Biochem. Zs. 281, 157 (1935).
25. Фердман. — Zs. Physiol. Chem. 216, 205 (1933).

1748784

Народний Комісаріат Охорони Здоров'я УСРР
Український Інститут Експериментальної Медицини

Експериментальна Медицина

Щомісячний журнал

№ 9

Вересень
Septembre

1936

La médecine
expérimentale

Держмедвидав

68