

TADEUSZ GARBULIŃSKI, LEONARD POPADIUK  
i BOLESŁAW BUŁA

## Wpływ masażu i skurczów mięśni na krążenie krwi

(Z Zakładu Fizjologii A. M. we Wrocławiu; kier. prof. dr med.  
A. Klisiecki, z Katedry Chirurgii Wet. W. S. R. we Wrocławiu;  
kier. prof. dr nauk wet. K. Szczudłowski i z Zakładu Fizjologii  
WSWF we Wrocławiu; kier. mgr lek. B. Buła)

Obecne poglądy na krążenie krwi w naczyniach krwionośnych kurczących się mięśni, są oparte na wynikach uzyskanych metodami raczej pośrednimi. Ulepszony ostatnio fotohemotachometr *Cybulskiego-Klisieckiego* pozwala po raz pierwszy na jednoczesny pomiar przepływu krwi przez żyły i tętnice (A. Klisiecki, T. Garbuliński i L. Popadiuk). Zasada metody fotohemotachometrycznej pozostała nie zmieniona od czasów wprowadzenia dwukątowej kaniuli przez A. Klisieckiego. Kaniulę wprowadza się do naczynia krwionośnego. Płynąca przez nią krew zmienia kierunek i traci pierwotną szybkość ( $V_1$ ). Powstała w związku z tym strata energii kinetycznej krwi uwidacznia się w manometrze różnicowym Cybulskiego, który mierzy spadek ciśnienia w kaniuli. Różnica wysokości słupków płynu fizjologicznego ( $R$ ) w manometrze różnicowym, którą fotografuje, jest wykładnikiem każdorazowej zmiany ruchu krwi w krążeniu. Szybkość pierwotną  $V_1$  oblicza się ze wzoru A. Klisieckiego:

$$V_1 = \sqrt{Rg}$$

Czułość manometru powietrznego jest duża, ponieważ zdolność rejestracji wynosi około 50 drgań/

/sek. Szybkość prądu pierwotnego krwi obliczona tym sposobem zawiera 0,5 do 1% błędu. Znając  $V$  i promień dwukątowej kaniuli ( $r$ ) można następnie obliczyć wydatek ( $Q$ ) tętnicy lub żyłny, posługując się wzorem:

$$Q = Vr^2\pi$$

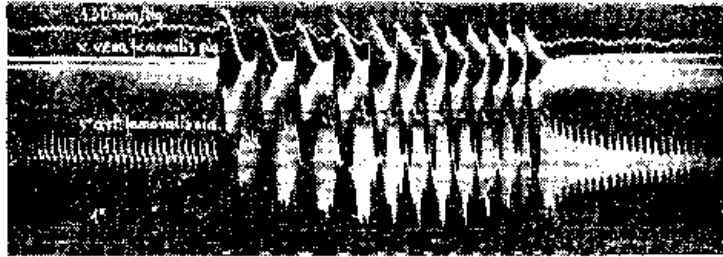
Powyższą metodą wykonano badania na psach usypianych chloralozą, którym podano heparynę.

Z ryciny 1 wynika, że uciski na mięśnie uda, które można uważać za jedną z postaci masażu, działają na krążenie w kończynie jak pompa tłocząca. Ucisk na mięśnie wytlacza krew z żył i wstrzymuje krążenie w tętnicach. Gdy zwolnimy ucisk z mięśni kończyn, wtedy krew szybko napływa do opróżnionych tętnic, a żyły pozostają puste przez krótki czas. Po następnym ucisku na mięśnie, zjawisko powtarza się. Wydatek ( $Q$ ) tętnicy udowej w spoczynku wynosił 2,2 ml/sek, po ucisku, to jest w czasie napelniania się tętnic krwią wzrósł do 5,14 ml/sek. W tym samym czasie w krążeniu żylnym (żyła udowa) stwierdzono przepływ w spoczynku 1,680 ml/sek, pod wpływem ucisku 5,138 ml/sek.

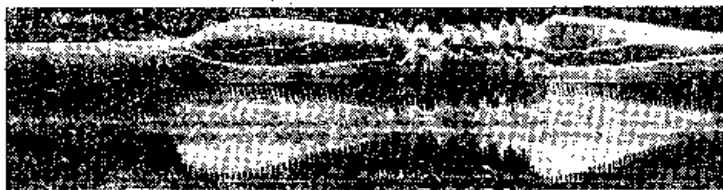
Przepływ krwi rośnie bardzo wydatnie gdy zamiast mechanicznego ugniatańia, mięśnie zostaną pobudzone do skurczu za pomocą podnieży elektrycznej, a w dodatku gdy wykonują one pracę. W skurczu ulegają skróceniu poszczególne włókienka mięsne, które wyciskają krew z pobliskich włosniczek, przy czym wiele z nich, niedrożnych w spoczynku mięśni odzyskuje drożność i przez to ogólny przekrój naczyń włosowatych wzrasta niepomieranie.

Na ryc. 2 przedstawiono wpływ skurczów mięśni na krążenie krwi w ich naczyniach. Obserwuje się duży wzrost prądu krwi z chwilą zakończenia skurczu (efekt poskurczowy; *Tadeusz Garbuliński*). Żywszy przepływ krwi utrzymuje się przez dłuższy czas na wyższym od wyjściowego poziomie. W wy-

niku działania krótkich podnień tężcowych, prąd krwi przypomina nieco obraz krążenia w czasie mechanicznego uciskania mięśni. Zwiótczenie naczyń uwiadcza się po ostatnim bodźcu elektrycznym. Wtedy w naczyniach uwolnionych z ucisku, prąd krwi przyspiesza się wybitnie.



Ryc. 1. (3 X pomniejszona). Od góry do dołu: ciśnienie w art. femoralis sin.; ruch krwi w vena femoralis sin.; ruch krwi w art. femoralis sin.; czas w sek.; sygnał Depreza: pojedyncze uciski mięśni uda.

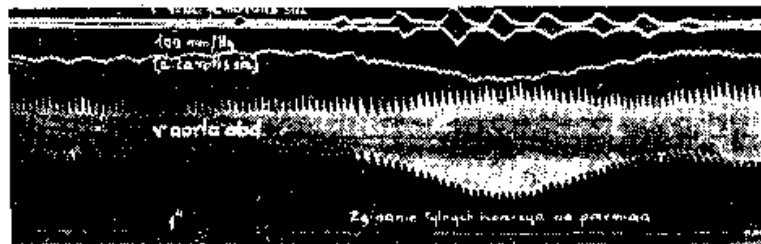


Ryc. 2. (4 X pomniejszona). Od góry do dołu: ciśnienie w art. femoralis sin.; ruch krwi w vena femoralis sin.; ruch krwi w art. femoralis sin.; czas w sek.; sygnał Depreza: (z lewej) podniecia tężcowa na mięśnie uda, (z prawej) krótkie bodźce tężcowe na mięśnie uda.

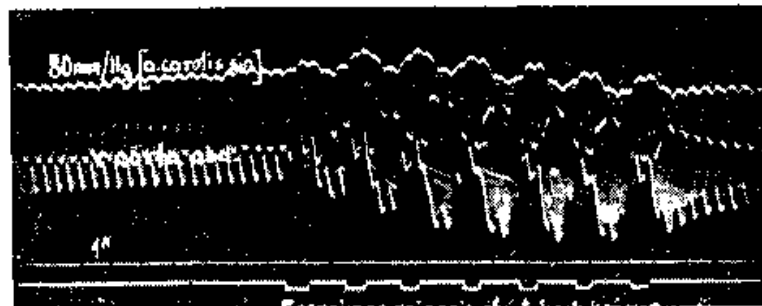
Na podstawie tego doświadczenia można wnioskować, że w skurczach odruchowych i dowolnych, krążeniem krwi kierują te same siły, i że działanie wpływów mechanicznych i pozostałych czynników na krążenie krwi jest podobne. Prowizoryczne obliczenia dowodzą, że spośród wszystkich czynników, wzmagających przepływ krwi przez naczynia mięśnia pracującego, udział wpływów mechanicznych

wynosi około 80%, podczas gdy reszta przypada na różne wpływy chemiczne i fizyczne, jak przetwory materii i ciepło.

Naprzemienne zginanie tylnych kończyn naśladujące bieg zwierzęcia, wzmacnia wydatnie przepływ krwi w tętnicy głównej brzusznej (ryc. 3). Gdy Q



Ryc. 3. (4 × pomniejszona). Od góry do dołu: ruch krwi w *vena femoralis*; ciśnienie w *art. carotis sin.*; ruch krwi w *aorta abdominalis*; sygnał Depreza; zginanie tylnych kończyn na przemian; czas w sek.



Ryc. 4. (4 × pomniejszona). Od góry do dołu: ciśnienie w *art. carotis sin.*; ruch krwi w *aorta abd.*; czas w sek.; sygnał Depreza; energiczne zginanie obu tylnych kończyn jednocześnie.

tętnicy głównej wynosi w spoczynku 4,308 ml/sek, to podczas zginania kończyn na przemian, wydatek w tętnicy głównej brzusznej wzrasta do 9,307 ml/sek. Podobnie płynie krew w tętnicy głównej, gdy zginane są obie kończyny jednocześnie. Gdy bardzo energicznie zgina się obie kończyny jednocześnie, prze-

plyw krwi w tętnicy głównej brzusznej podczas każdego skurczu ustaje (ryc. 4). Tak dzieje się prawdopodobnie z ruchem krwi w tętnicy głównej, gdy zwierzę celem wykonania skoku silnie napina mięśnie kończyn, równocześnie zginając stawy.

Z doświadczeń wynika, że wzrost przepływu krwi przez mięsień pracujący w warunkach tego samego ciśnienia tętniczego, zależy przede wszystkim od mechanicznej siły skurczu. Rytmiczne uciskanie kurczących się włókien mięsnych na włóscizki i żyły, leżące pomiędzy włóknami, przepychają krew do dużych żył; w rozkurczu napełniają się one szybko krwią tętnic. Silne skurcze mogą tak uciskać naczynia, że dopływ tętniczy ustaje (ryc. 1 i 4). W okresie rozkurczu wyrównuje się to z nawiązką i przepływ wskutek takiego tłoczącego działania powiększa się. Krew łatwo dopływa do serca, zwiększa się wyrzut komór i w ten sposób krążenie ożywia się.

Wiotczenie naczynia wspomaga mechaniczne siły wytłaczające krew z naczyń kurczących się mięśni, bo ułatwia dopływ krwi. W spoczynku mięśnia, krążenie krwi jest uzależnione przede wszystkim od ciśnienia tętniczego, a następnie od stanu naczyń. W mięśniu pracującym pod tym samym ciśnieniem tętniczym krew płynie szybciej dzięki: 1) mechanicznym siłom skurczów, 2) wiotczeniu i otwieraniu się niedrożnych naczyń. Wpływy mechaniczne zależą od siły i częstości skurczów mięśni i dodają się do siły ciśnienia tętniczego. Te same prawa działają w krążeniu wieńcowym (*A. Klisiecki, T. Garbuliński i P. Strzelczyk*).

Zasadniczo i rozstrzygająco wpływa na krążenie krwi stan naczyń w dwóch wypadkach: 1) gdy ciśnienie tętnicze spada poniżej 50 mm/Hg i 2) gdy naczynia krwionośne zostaną bardzo silnie zwężone. W pierwszym przypadku, wobec ciśnienia poniżej 50 mm/Hg, samorzutne wiotczenie naczyń zmniejsza opór obwodowy, co jest ważne biologicznie, gdyż

wobec niskiego ciśnienia i dużego oporu naczyń krew nie mogłaby krążyć (*A. Klisiecki*). W drugim przypadku gdy naczynia zostaną silnie zwężone, np. przez dołącznicze wstrzyknięcie adrenaliny, a siła ciśnienia tętniczego jest za mała w stosunku do oporu naczyń krew przeciska się z trudem przez zwężone tętnice; wtedy i siła skurczu mięśnia, nie poprawia w nim krążenia, bo z braku dopływu krwi nie może być wykorzystana. Dlatego też jej działanie nie uwidacznia się. Duży odsetek włóścinek i mniejszych naczyń traci wtedy prawdopodobnie drożność, przez co zmniejsza się ogólny przekrój naczyń włosowatych. Pogarsza to jeszcze bardziej warunki krążenia i dlatego w takich wypadkach nie spostrzega się efektów poskurczowych (*T. Garbuliński*). W zwykłym stanie naczyń siła mechaniczna zwykłego ucisku na mięśnie wystarcza, aby polepszyć przepływ krwi przez nie.

#### PISMIENNICTWO

- Garbuliński T.*: Reakcje naczyniowe w czynnym mięśniu szkieletowym na różne dawki adrenaliny. Biuletyn PAN w wersji ros. i ang. (w druku).
- Klisiecki A.*: Teoretyczne zbadanie kaniuli fotohemotachometru Cybulskiego w zastosowaniu do mierzenia szybkości cieczy. Archiwum Tow. Nauk. Lwów, Wydz. mat.-przyr. C III 347, 1952; także Acta Physiol. Pol., 1954, 5, 347.
- Klisiecki A.*: Szybkość krążenia krwi w małych tętniących naczyniach krwionośnych. Archiwum Tow. Nauk Lwów. C. IV, 390, 1928.
- Klisiecki A. i Flek S.*: Der Blutkreislauf in den Kranzgefäßen des Herzens. Zt. für. Biol., 1936, 97, 7.
- Klisiecki A., Garbuliński T. i Strzelczyk P.*: Über die Kräfte die den Koronarkreislauf beherrschen. XX Congrès Internat. de Physiol. 1956, Resumés de Communic., 505.

Otrzymano: 14.VII.1956; adres: Wrocław, ul. Chałubińskiego 10 Zakł. Fizjol. A. M.

Гарбулински Т., Попадюк Л., и Була Б.

### ВЛИЯНИЕ МАССАЖА И СОКРАЩЕНИЙ МЫШЦ НА КРОВООБРАЩЕНИЕ

При помощи фотогемотаксметра Цыбульского-Клисецкого, приспособленного в последнее время к одновременному измерению движения крови в артериях и венах, изучалось кровообращение в задней конечности собаки во время массажа и сокращений мышц (рис. 1 и 2). Доказано положительное влияние гимнастики задних конечностей на движение крови в брюшной аорте (рис. 3 и 4). Сдавление мышцы бедра (массаж) действует на кровообращение в конечности как нагнетательный насос (рис. 1). Проток (Q) в бедренной артерии в покое составлял 2,2 мл/сек., после сдавления увеличился до 5,14 мл/сек. Мышечные сокращения конечности значительно усиливают ток крови в бедренной артерии и вене (рис. 2). Особенно большой проток крови имеет место по окончании сокращения (последующий эффект). Приблизительные подсчеты указывают, что из всех факторов усиливающих проток крови через кровеносные сосуды работающей мышцы, участие механических влияний мышечного сокращения составляет 80%. Поочередное сгибание задних конечностей имитирующее бег животного значительно улучшает проток крови в абдоминальной аорте, на пример с 4,308 мл/сек. в покое до 9,307 мл/сек. во время движения задних конечностей (рис. 3). Когда подражают прыжкам животного, т.е. сгибаются одновременно и очень энергично обе конечности, проток крови во время каждого сокращения приостанавливается (рис. 4).

Из опыта вытекает, что увеличение протока крови через работающую мышцу в условиях одного и того же артериального давления зависит в первую очередь от механической силы сокращения (80%). Расслабление сосудов является фактором помогающим действию механических сил, так как облегчает приток крови в сосуды работающего органа.

Garbuliński T., Popadiuk L. and Buła B.

### THE EFFECT OF MASSAGE AND MUSCLE CONTRACTIONS ON THE BLOOD CIRCULATION

There has been examined by the Cybulski-Klisiecki's photohemotachometer, adapted lately to the simultaneous examination of the movement of blood in arteries and veins,

blood circulation in the posterior extremity of the dog during the massage and muscle contractions (fig. 1 and 2). There has been shown a positive influence of the gymnastics of posterior extremities on the movement of blood in the abdominal aorta (fig. 3 and 4). Pressures on the muscles of the thigh (massage) influence the circulation in an extremity like a forcing pump (fig. 1). The output (Q) of the femoral artery at rest amounted to 2,2 ml/sec.; after pressure it increased to 5,14 ml/sec. In the femoral vein it increased from 1,68 ml/sec. to 5,138 ml/sec. The muscle contractions of the extremity intensify very considerably the current of blood in the femoral artery and in the femoral vein (fig. 2). An especially big flow of blood takes place after the termination of contraction (the post-contracting effect). According to the provisory calculations, out of all factors intensifying the flow of blood through the vessels of the working muscle, the participation of the mechanical influences of contraction amounts to 80%. The alternate bending of posterior extremities imitating the running of the animal considerably improves the flow of blood in the abdominal aorta, for instance from 4,308 ml/sec. at rest to 9,307 ml/sec. during the movement of the posterior extremities (fig. 3). When the jumps of the animal are imitated, i.e. when both extremities are being bent simultaneously and very energetically, the flow of blood in the abdominal aorta during every contraction ceases (fig. 4).

It follows from the experiments, that the increase of the flow of blood through the muscle working in conditions of the same arterial pressure depends in the first place on the mechanical force of contraction (80%). The relaxation of vessels is a factor assisting the action of mechanical forces, as it facilitates the inflow of blood to the vessels of the working organ.

Zam. 2096/A. B-27

---

Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa, Nakład 70 egz.  
Format A5, na papierze VII kl. druk. sat., 61 × 86.

---

Składano i drukowano w Zakł. Graf. Dom Słowa Polskiego w Warszawie







