

БІОФІЗИКА ТРОМБОУТВОРЕННЯ

Васильченко В. С., Рудак Ю. М.

Науковий керівник: Баранник М. О.

Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

vickywonder00@nuph.edu.ua

Вступ. В нинішній час дуже велика кількість людей страждає проблемою тромбоутворення. В умовах пандемії COVID–19 проблема утворення тромбів набуває ще більшої актуальності, так як тромби є одним із найнебезпечніших наслідків коронавірусу, оскільки можуть призвести до смерті навіть після гострої фази інфекції. У перших китайських публікаціях, пов'язаних з дослідженнями коронавірусу, зазначалося: у пацієнтів спостерігаються сильні порушення згортання крові. Для профілактики та запобігання тромбоутворення дуже важливо знати причини і механізм утворення тромбів, а також засоби профілактики та лікування.

Мета дослідження. Метою даної роботи є дослідити та систематизувати інформацію про утворення тромбів з точки зору біофізики.

Матеріали та методи. Інформаційно-аналітичний пошук, порівняльний аналіз та узагальнення.

Результати дослідження. Утворення та збільшення тромбу у мікросвіті – це автохвильовий процес, що протікає в активному середовищі, у якому тромбоцити, маючи енергію, осаджуються на стінках судин за типом падіння фігур у «Тетрісі». У макросвіті – це досить небезпечне та поширене явище: щорічно у світі від тромбозів гине близько 10 мільйонів чоловік.

Тромб – це згусток крові, що утворюється ще за життя людини в просвіті кровоносної судини або в порожнині серця. Причин утворення тромбів є декілька.

Перша з них – порушення згортання крові, воно може бути зумовлене генетичними дефектами або аутоімунними захворюваннями, наприклад, антифосфоліпідним синдромом. Порушенню згортання також сприяють операції на великих венах. Друга причина – пошкодження ендотелію – клітин, що вистилають внутрішню поверхню судин. Ушкодження можуть виникнути під час операцій, внаслідок травми чи інфекції. Також утворенню тромбів сприяє порушення кровотоку. Його основна причина – застій крові, що часто виникає через травму або сидячий спосіб життя. Застій може бути викликаний фібриляцією передсердь та серцевою недостатністю. Інші фактори ризику – ракові захворювання: розростання пухлини призводить до стиснення кровоносних судин, або в них проростають метастази. Хіміотерапія та радіотерапія при цьому підвищують ризик гіперкоагуляції.

У 2015 році група біофізиків за участю фахівців МФТІ розробила математичну модель формування артеріального тромбу. Вчені описали злипання тромбоцитів один з одним подібно до фігурок у відомій грі «Тетріс» і вивели рівняння, які дозволили відтворити хвильовий процес зростання тромбоцитарних агрегатів у кровоносній судині. Результати були опубліковані у журналі PLOS ONE. Тромбоцити, як і блоки у грі, або падають вниз на рівну поверхню, або прилипають до виступів з боків тромба, що росте. Відмінність від гри тільки в тому, що повністю заповнений шар не зникає, тому згодом тромб здатний перекрити весь доступний йому простір.

Описавши математично процес заповнення вільних місць на поверхні тромбу, вчені змогли побудувати спочатку одновимірну (як у класичному «Тетрісі»), а потім і двовимірну модель. У своїй роботі дослідники підкреслюють, що процес зростання тромбу нагадує хвилю, що біжить, причому подібність ця далеко не випадкова. Раніше вченими було показано, що процес росту тромбу носить автохвильовий характер – кров, що несе тромбоцити і ряд спеціальних білків, що забезпечують згортання крові, є активним середовищем, тобто системою, в якій елементи здатні виділяти енергію. Тоді висновок вчених стосувався згортання крові за рахунок каскаду біохімічних реакцій за участю білків, але і у випадку зі злипанням тромбоцитів також можна говорити про активне середовище. Це означає, що процес виникнення тромбу, як хвильовий процес, йде не пасивно, як у випадку, наприклад, сейсмічних хвиль, що біжать від вогнища землетрусу, а активно – в кожній точці хвиля отримує додаткову енергію – тобто, тромбоцити можуть переходити з вільноплаваючого стану в осаджений. У звичайних умовах вони вільно пливуть разом із потоком крові, але при пошкодженні стінки судини починають прилипати як один до одного, так і до стінки; крім того, до складу крові входить безліч необхідних для утворення тромбу білків. Навіть якщо тромбоцитів немає зовсім, реакції за участю білків здатні призвести до появи блокуючого пошкоджену судину згустку і ці реакції також мають автохвильовий характер. У нормі тромби рятують організм від крововтрати при пошкодженні судин, але іноді тромби утворюються не внаслідок травм із розривом судинної стінки, а в результаті реакції на патологічний процес, на зразок зростання жирової бляшки всередині артерії при атеросклерозі. Подібні тромби можуть заблокувати судину цілком і залишити тканини та органи без кровопостачання: це, у свою чергу, здатне призводити до наступних наслідків:

- інфаркту міокарда (при закупорці артерій у серці);
- інсульту (при блокуванні артерій, які постачають кров'ю головний мозок);
- гангрені кінцівок;
- емболії легень;
- паралічу якоїсь частини тіла.

Такі стани вимагають негайної госпіталізації. У порядку невідкладної допомоги пацієнту вводять антикоагулянт. Проте як профілактичний засіб антикоагулянти не підходять - при їх використанні збільшується ризик кровотеч. При виявленні тромбів пацієнту призначаються статини, нікотинову кислоту, рекомендується низькохолестеринова дієта. Щоб знизити ризик тромбоутворення, лікарі рекомендують не нехтувати фізичною активністю – 30 хвилин кардіотренувань на день прискорюють кровообіг, зміцнюють серцевий м'яз і зменшують згортання крові. Також слід обмежити споживання насичених жирів. При вагітності та пологах, а також під час операцій рекомендується використовувати антиемболічні панчохи.

Висновки. Тромб формується внаслідок пошкодження судинної стінки, уповільнення кровотоку та зміни складу самої крові. Іноді достатньо й однієї причини. За наявності всіх трьох тромбоутворення неминуче. Процес зростання тромбу носить автохвильовий характер - кров, що несе тромбоцити і ряд спеціальних білків, що забезпечують згортання крові, є активним середовищем. Згідно з сучасним уявленням, процес згортання крові відбувається у вигляді каскадної реакції ("теорія каскаду") – послідовної активації білків попередників, або факторів згортання, що перебувають у крові чи тканинах.