

Гіпертермія в фізіотерапії: показання та схеми лікування

Автори: Доктор Стефано Делла Вілла; Доктор Доменіко Крета; Ізокінетик - Болонья

Вступ

Історично відомо, що передача тепла може створювати сприятливий вплив на організм. З давніх часів людина використовувала тепло як терапевтичний засіб для полегшення болю різного походження. З цією метою використовувалися вологі і гарячі примочки, грязі, пісочні ванни, грілки, гарячі ванни, мокси при акупунктурі, тобто застосовувалися методи, які сьогодні ми визначили б як зовнішню термотерапію.

Але що ж таке тепло? Тепло - це форма енергії, яка може бути отримана шляхом перетворення інших форм енергії (механічної, хімічної, електричної і т.д.). Можливий і зворотній процес, тобто перетворення теплової енергії (тепла) в іншу форму енергії, наприклад в механічну, на цьому принципі заснована дія теплових машин, таких як двигун внутрішнього згорання.

Перехід тепла від одного тіла до іншого здатний викликати підвищення температури тіла через збільшення енергії руху (кінетичної енергії) частинок, з яких воно складається.

Якщо передача тепла триває, відбувається зміна стану тіла (наприклад, перехід з твердого стану в рідке або з рідкого стану в газоподібний), що обумовлено трансформацією зв'язків, що існують між частинками в різних станах (потенційна енергія).

Однак, викладене вище діє при нормальних хіміко-фізичних реакціях, що відбуваються в неорганічній речовині. Якщо ж перед нами біологічна тканина і живі організми, все змінюється, особливо це стосується оборотності реакцій.

Справа в тому, що якщо передається надмірно велика кількість тепла і / або ж передача триває занадто довго, під дією білків, ензимів, каталізаторів можуть статися трансформації і / або незворотні денатурації, які наносять біологічну шкоду.

Сказане вище висвітлює давню історію використання тепла в терапевтичних і знеболюючих цілях і загальні відомості з біології, хімії, біохімії та фізики, які є основою застосування тепла в медицині.

Стародавні використовували тепло, оскільки помітили його сприятливий вплив при певних захворюваннях, але вони не знали механізм дії тепла; емпіричним шляхом вони з'ясували, що шкіра є перешкодою для передачі тепла в глибокі тканини, отже, використання тепла обмежувалося лікуванням зовнішніх захворювань.

Інша перешкода для ефективного використання тепла представлена системою терморегуляції людини, яка прагне привести температуру тканин до фізіологічної норми (37 °C для людини). У давнину не були відомі подробиці функціонування системи терморегуляції.

Крім того, якщо враховувати факт того, що збільшення числа хімічних реакцій, що відбуваються за одиницю часу, прямо пропорційно температурі середовища, в якій ці реакції протікають, стає зрозумілим, що тепло, яке додається до біологічних систем, збільшує число і швидкість біохімічних реакцій, впливаючи на активність окремих клітин і системи, частинами якої вони є.

Біологічні ефекти тепла

Вплив тепла на біологічну тканину тягне за собою мимовільні біологічні реакції.

Важливо розрізнити використання поверхневого і глибокого тепла, тому що витікаючі з цього відповідні реакції можуть бути різними.

У першому випадку використовуються методи, що дозволяють прогрівати тканини тільки шляхом небажаного нагрівання ділянки шкіри, тому передати тепло вдасться тільки на поверхні. В цьому випадку мимовільні вазомоторні реакції, внаслідок стимуляції шкірних терморецепторів і рецепторів болю, призводять до звуження дрібних артерій в м'язах і органах, які не зазнають навантаження, зі зміною кровотоку на поверхні, тобто розширенням артерій підшкірних тканин і шкіри. Розширення судин поверхневих тканин, викликане прогріванням, направлено на розсіювання тепла шкірою і охолодження зони, яка нагрівається, що необхідно для приведення температури шкіри до фізіологічних показників.

Такий хід дій, будучи цілком нормальним і спрямованим на збереження гомеостазу системи, все ж перешкоджає меті, яку ми собі поставили, а саме прогріванню тканини.

Тому, обмеженість методів поверхневого прогрівання є очевидною. Ще менше користі від прогрівання вдається досягти тоді, коли в шкірі або під нею є орган, якому шкодить підвищення температури.

Глибоке ж тепло викликає ряд вазомоторних реакцій, хід яких істотно відрізняється і які виникають саме тому, що крім шкіри і підшкірних тканин прогриваються глибокі тканини, особливо, м'язова.

Новизна методу, застосовуваного в новій апаратурі, полягає в можливості:

- доставки тепла в глибокі тканини без пошкодження шкіри,
- моніторингу температури як на поверхні, так і в глибоких тканинах,
- збереження в часі встановлених показників температури,
- рівномірного розподілу тепла,
- повтору процедури з гарантованою відтворюваністю терапевтичних умов в умовах безпеки і комфорту для пацієнта і медичного працівника.

Крім особливостей і інновацій, внесених апаратом гіпертермії, що дозволили вирішити проблеми, які протягом десятиліть здавалися нездоланими, з медичної точки зору нас цікавить передача тепла і біологічні реакції, які

визначаються ним, незалежно від типу використовуваної енергії і застосовуваних технічних способів.

Яким же чином тепло обумовлює біологічні ефекти, які фізіологічні умови реакцій тканин на тепло?

Чому зникає або зменшується біль, набряк, ригідність суглобів і т.д.?

Вплив тепла на тканинну біологічну систему живого організму викликає зміни кровотоку викликане розширенням артерій і капілярів.

Таке збільшення кровотоку зумовлено як прямим ефектом внаслідок підвищення температури, так і рефлекторними механізмами. Терморецептори, під дією тепла, викликають місцеві аксонні рефлекси і більш складні реакції центрального типу, що є частиною системи терморегуляції, контрольованої гіпоталамусом.

При глибокому прогріванні, кровотік на глибині збільшується з метою охолодження зони підвищеної температури. Така реакція виникає тому що температура крові нижче, ніж температура тканини, яка піддається процедурі (приклад: підвищена температура $39,5^{\circ}\text{C}$; температура крові в фізіологічних умовах 37°C - $37,5^{\circ}\text{C}$).

Посилення локального і регіонального кровотоку, яке здійснюється за рахунок розширення артерій і вен і відкриття просвітів судин (мікроциркуляція), викликає зниження швидкості кровотоку і, отже, збільшення часу контакту крові в просвіті капілярів з тканиною.

Збільшення часу контакту крові з тканиною, що нагрівається, розташованої між судинами, призводить до посилення газообміну, обміну метаболітів, іонів в цих тканинах і периваскулярних просторах, з більшою інтенсивністю звідси видаляються продукти клітинного катаболізму, некротичні тканини, продукти лізису клітин, що дегенерували.

Підвищення температури веде до збільшення концентрації вільного кисню завдяки більшій простоті дисоціації кисню з гемоглобіну.

Підвищена концентрація вільного кисню важлива для можливості задоволення підвищених метаболічних потреб клітин, в яких, знову ж через підвищення температури, має місце збільшення числа і швидкості хімічних і біохімічних реакцій, які можуть протікати тільки при великій кількості кисню і метаболітів.

Як вже було зазначено, завдяки посиленню кровотоку відбувається видалення катаболітів і продуктів деструкції клітин, що обумовлює загибель найбільш пошкоджених клітин.

Клітини, пошкоджені або патологічно змінені внаслідок хвороби або травми, володіють зниженою опірністю до стресових стимулів, значне ж підвищення температури - досить серйозна причина для виникнення некрозу.

Таким чином, сам клітинний некроз призводить до вивільнення продуктів для хемотаксису чинників зростання, які представляють собою потужний регенеративний і / або відновлювальний стимул.

Важливо і необхідно підтвердити, що глибоке прогрівання обумовлює розширення глибоких артеріол, така реакція організму спрямована на охолодження зони підвищеної температури.

Однак, під час сеансу гіпертермії, здатність крові охолоджувати тканини недостатньо висока, тому відбувається локальне і регіональне підвищення температури тканин з підтриманням терапевтичної температури, що входить в діапазон встановлених показників.

В кінцевому результаті, кров в глибоких тканинах поводить себе як холодна вода в мішку, який прикладають до шкіри, кров прагне (і це частково вдається) охолодити зону прогрівання для приведення температури до фізіологічних показників.

Вплив тепла на м'язово-скелетний апарат

Поряд з найбільш тонкими клітинними і тканинними ефектами, які ми описували раніше, існують набагато більш очевидні ефекти, які як раз дозволяють застосовувати даний терапевтичний метод в лікуванні, принаймні, симптоматичному, численних запальних, травматичних і дегенеративних захворювань м'язово-скелетного апарату.

Збільшення кровотоку, яке, як ми пам'ятаємо, є основою терапевтичних ефектів тепла, впливає на підвищення розтяжності колагену.

Подібний ефект очевидний, якщо взяти до уваги молекулярну структуру колагенової тканини, в якій волокна колагену і еластину різним чином пов'язані між собою. Насправді, між цими білками існують складні хімічні зв'язки, які слабшають під впливом підвищеної температури, внаслідок чого волокна більш вільно зміщуються відносно один одного, не піддаючи структури, що з них складаються (сухожилля, зв'язки, суглобові сумки) зайвій напрузі під час примусового розтягування.

У м'язовій тканині, що містить велику кількість судин і густу мережу капілярів, при нагріванні значно збільшується кількість крові, що забезпечує метаболічні ефекти, описані вище.

Посилення припливу крові призводить до підвищення здатності м'яза скорочуватися, що викликано збільшенням активності ферменту АТФ-ази. АТФ-аза руйнує фосфатні зв'язки, що веде до вивільнення енергії.

Крім того, завдяки збільшенню кровотоку, нормалізується рівень рН, від змін якого залежить активність багатьох ферментів, у тому числі АТФ-ази.

Зі збільшенням кровотоку, підвищується приплив іонів, і особливо натрію, досягається нормалізація електролітного балансу, що усуває перші прояви дисбалансу електролітів, тобто м'язові спазми.

Крім іншого, в м'язі міститься тендітна і складна система сполучної опори, базова молекула якої представлена колагеном, отже приплив тепла забезпечить більшу легкість зсуву міофібрил відносно один одного,

підвищену еластичність і пружність м'яза в цілому. З цього приводу досить нагадати, що стретчинг (розтягування) проходить легше після попереднього прогрівання м'яза.

Що стосується ригідності суглобів, то терапевтичні ефекти, які полягають у відновленні діапазону рухів з більшою плавністю рухів в суглобах і зменшенням больових симптомів, обумовлені хорошою реакцією на глибоку термотерапію тканин, які контролюють рухи суглобів.

Зменшення м'язового спазму залежить від рефлекторного механізму, в який включені складні рецепторні структури, такі як апарат Гольджі, нервово-м'язове веретено і гамма-волокна, вторинні аферентні волокна.

Апарат Гольджі і нервово-м'язове веретено взаємодоповнюють один одного в процесі регуляції м'язового тону і зміни ступеня напруги сухожиль.

Однією з основних функцій апарату Гольджі є зменшення ступеня скорочення м'яза; коли апарат Гольджі піддається прогріванню, частота імпульсів з нього підвищується, що тягне за собою уповільнення скорочень м'яза.

Нервово-м'язове веретено, в свою чергу, з їх основною частотою імпульсації, відповідають за м'язовий тонус; якщо вони прогриваються, частота імпульсів знижується, за цим слід розслаблення м'язів.

Коли нейросенсорні структури, які відповідають за контроль над функцією скорочення прогриваються, відбувається розслаблення м'язів і уповільнення скорочень.

Що стосується знеболюючого ефекту, тепло здатне уповільнити або краще зменшити частоту імпульсів в тонких аферентних волокнах, які, як вважається, відповідають за передачу больових імпульсів.

Нарешті, зменшення запальних інфільтратів, дренаж і розсмоктування ексудатів і набряків викликано, як вже описано вище, збільшенням прохідності капілярів, що сприяє обмінним процесам в поєднанні з механічним дренажем, який підтримується підвищенням кровотоку.

Патологічна фізіологія реакції на травму

Правильне використання ефектів тепла передбачає досконале знання анатомії тканин.

Кожна тканина відрізняється особливою анатомічної структурою і васкуляризацією.

З цього випливає, що ефекти від застосування тепла будуть різними і, отже, відрізнятися будуть темпи, тривалість, способи застосування тепла.

Тканини мають різну здатність до відновлення, що також зумовлено особливостями, про які сказано вище (різна анатомія і васкуляризація).

Шкіра, наприклад, здатна відновлюватися після поверхневих ушкоджень з втратою значної кількості тканини, відновлення шкіри відбувається шляхом регенерації епітелію; здатність до регенерації у нервової або хрящової тканини, якщо не відсутня зовсім, то виражена в набагато меншому ступені.

Будь-яка тканина реагує на пошкодження, викликані патологічним процесом або травмою, запаленням.

Характер реакції організму при пошкодженнях м'язової і кісткової тканин в основному буде схожим, різними можуть бути наслідки запального процесу. Гостра запальна реакція обумовлена серією загальних біологічних процесів, що проявляються чотирма основними симптомами: почервоніння, жар (місцеве підвищення температури), пухлина, біль.

Необхідно додати п'яту ознаку запалення, яка особливо важлива для фізіотерапії й реабілітації, мова йде про порушення функції, тобто порушення нормального функціонування.

Якби нам було потрібно дати визначення запаленню, ми б сказали, що воно являє собою комплекс локальних змін в крові, судинах і тканинах, які виникають під впливом хвороботворного стимулу, за якими, як правило, слідує усунення картини подразнення.

Ця функція представлена локальними стимулами механічного типу, термічними, хімічними, електричними, променевими, інфекційними і т.д.

Особливо цікавою з біологічної точки зору є обов'язковість етапів, які кодовані і спрямовані на досягнення однієї мети - відновити гомеостаз за наміченою програмою, що породжує тимчасову незбалансованість.

Розглянемо фази запального процесу. Перша, гостра фаза починається з моменту пошкодження тканини і триває протягом 2-3 днів.

У цій фазі найбільш важливими є вазомоторні реакції, оскільки за вазоделітацією слідує вазоконстрикція, а потім закриття просвітів судин.

Дана локальна циркуляторная динаміка спрямована на доставку великої кількості крові. Плазма, що розповсюджується назовні завдяки підвищеній проникності стінок капілярів, знижує таким чином концентрацію хвороботворних агентів, вона наповнює область запалення аглютиніном, преципітіном, лізином, які необхідні для зв'язування і нейтралізації бактерій і вироблюваних ними токсинів.

Велика кількість фібрину утворює щільну мережу, функцією якої є захоплення хвороботворних субстанцій, згаданих вище.

У підсумку, в місці пошкодження тканини з'являються клітини білої крові, лейкоцити, які забезпечують лізис бактеріальних і некротичних клітин.

Наступна, підгостра фаза характеризується розростанням грануляційної тканини, яка присутня тимчасово і відповідає за процеси тканинного відновлення.

У зоні запалення в цій фазі присутні і інші клітини, які характеризуються фагоцитарною активністю, макрофаги, вони очищають тканину від продуктів клітинного метаболізму, пошкоджених клітин і лейкоцитів, що поглинув бактерії або віруси.

Крім того, в цій фазі відбувається формування нових кровоносних судин, по ним відбувається доставка нових субстанцій з кровоносної системи з початку

анаболічної фази. Компоненти крові, крім усього іншого, здатні контактувати з імунокомпетентними клітинами і сприяти таким чином вироблення антитіл. У цій же фазі, яка триває до 5 - 6 днів, активізуються клітини мезенхімального походження (в залежності від тканини фібробласти, остеобласти і т.д.), які починають посилений синтез і відкладення колагенових волокон.

Так починається фаза синтезу, яка спрямована на відновлення втраченої тканини. Втрачена тканина, якої бракує заміщається знову утворюваною сполучною тканиною. Пізніше, нова тканина спробує, принаймні з функціональної точки зору, прийняти властивості втраченої.

Фаза синтезу починається приблизно з 6-ого дня запалення і триває до 28-ого дня; в першому періоді відзначена фаза синтезу колагену, тканинний метаболізм підвищується і підтримується збільшеним притоком крові. З плином часу синтез колагену знижується, в рівній мірі зменшується число кровоносних судин, які закупорюються, а потім зникають.

Нарешті, настає остання фаза, ремоделювання, яка триває з 28-ого по 120-й день і характеризується просторовою реорганізацією, ремоделюванням в залежності від напрямків сил і навантажень, що здійснюються до новостворених колагенових волокон, мета цих процесів - відновлення початкових функцій.

Детальний аналіз запалення, проведений вище, дозволяє виділити деякі фундаментальні аспекти, які повинні використовуватися в якості керівного принципу при впливі теплом:

1. в гострій фазі (0-3 дні) застосування тепла протипоказано, тому що в цей період відбуваються важливі вазомоторні явища. Часто, особливо при травматичних ушкодженнях, відбувається розрив судин, за яким слідує крововилив. Наприклад, розрив м'яза супроводжується кровотечею, судинорозширювальний ефект, викликаний теплом, в поєднанні з процесом коагуляції лише погіршить ситуацію.

2. в підгострій фазі (3 - 6 дні), коли вазомоторні явища стабілізувалися, можна почати застосовувати тепло. Робити це потрібно з обережністю, використовуючи помірні температури і температурні градієнти, тому що реакціями можуть стати відновлення болю і запалення.

3. в фазі синтезу (6 - 28 дні) застосування тепла є оптимальним; насправді, початкова криза подолана, новоутворені судини з новими капілярами здатні адекватно відповідати на термічні стимуляції. Підтримувати приплив крові до тканини, в якій відбуваються важливі синтетичні процеси і підвищений базовий метаболізм, є методологічно правильним з медичної точки зору, оскільки це сприяє відновленню тканини.

4. це ж вірно і для фази ремоделювання (28 - 120 дні і далі). У цій фазі, навіть якщо нові судини зовсім зникли, досягти збільшення локального і регіонарного кровотоку все ж вдається, уникаючи виникнення умов здатних викликати дегенеративні явища і подальше погіршення васкуляризації (таблиця 3).

Рекомендації з лікування

У світлі викладеного вище зрозуміло, чому процедура глибокої гіпертермії може бути показана при великій кількості захворювань.

Беручи до уваги біологічні темпи відновлення тканин при гострих захворюваннях, і те, що багато хронічних захворювань м'язово-скелетного апарату викликані дегенерацією судин тканин, ми можемо зробити висновок, що процедура гіпертермії показана при підгострих і хронічних захворюваннях запального або дегенеративного характеру структур, що складаються з щільної сполучної тканини (сухожилля, суглобові сумки, зв'язки), кісток, м'язів, хрящів і анатомічних зон, де дані тканини по-різному з'єднані.

На підставі нашого досвіду ми можемо стверджувати, що коли гіпертермічним процедурам ми піддаємо пацієнтів, які перенесли захворювання або гостру фазу запалення в недавньому минулому, іноді симптоми хвороби загострюються, особливо під час перших сеансів. В такому випадку перед нами повинні постати як мінімум 2 питання; чи не почали ми процедури занадто рано, тобто чи не перебуваємо ми в гострій фазі запалення, і чи використовували ми правильні температурні режими, які підходять для пацієнта, враховуючи поріг чутливості до болю і тип захворювання, яким страждає пацієнт.

Перед процедурою гіпертермії важливо, щоб пацієнт пройшов медичний огляд з консультацією фізіотерапевта, що необхідно для постановки діагнозу і виявлення протипоказань до застосування тепла.

Абсолютними протипоказаннями до процедур гіпертермії є захворювання в гострій стадії, гостра серцева недостатність, порушення мікроциркуляції, діабет, новоутворення, туберкульоз, локальні або системні інфекційні захворювання, наявність у пацієнта електрокардіостимулятора, інфекції шкірних покривів в зоні впливу, вагітність (якщо патологічний процес залучає область, розташовану близько до черевної порожнини).

Відносними протипоказаннями є ситуації, при яких процедура може бути проведена, але з обережністю, при більш ретельному моніторингу стану і реакцій пацієнта під час сеансу термотерапії. Такими протипоказаннями є наявність ішемії тканин, надмірна повнота, наявність протезів або металевих імплантів, наявність зростаючих хрящів, схильність до тромбозів або геморагічні захворювання, локальні і регіональні області анестезії.

Керівним критерієм для правильного використання тепла є стадійність захворювання; якщо в підгострій фазі прогрівання має бути помірним, то при хронічних захворюваннях можна застосовувати сильне прогрівання.

У висновку хотілося б позначити деякі можливі області застосування гіпертермії в майбутньому, особливо при лікуванні старечого остеопорозу і в процесі зрощення переломів.

Насправді, були проведені медичні дослідження у групи пацієнтів, які страждають старечим остеопорозом і низькою швидкістю обмінних процесів, низькими в порівнянні з нормою показниками кісткової денситометрії хребтного стовпа, болями в попереку, яким проводилися процедури глибокого прогрівання, два цикли по 10 кожен протягом року . Отримані дані були опубліковані в спеціалізованому науковому журналі, вони дозволили порівняти цю групу пацієнтів з іншою групою пацієнтів зі схожими станами, яким проводилися процедури Ендотерм.

Дослідження показало значне ослаблення больового синдрому у пацієнтів, яким проводилося лікування в порівнянні з пацієнтами, яким воно не проводилося. Статистично значимі показники також були виявлені при дослідженні щільності кісток, яка підвищилася у лікованих пацієнтів і знизилася у нелікованих.

Інше дослідження, на цей раз експериментальне, було проведено на кроликах. Щоб оцінити ефект гіпертермії на процес зрощення переломів, в стегнову кістку імплантували два катетера для вимірювання температури в глибоких тканинах і забезпечення остеогенного стимулу.

Не вдаючись в подробиці, скажемо, в результаті цієї роботи було виявлено, що після механічного пошкодження кістки і застосування глибокого прогрівання, вдалося домогтися найбільш інтенсивного, швидкого формування кісткової тканини і якнайшвидшої організації, в порівнянні з кроликами, яким не проводилися ендотермічні процедури. Ці результати могли б бути перенесені на людину. У зв'язку з цим у нас виникає питання, а чи можна полегшити стани, при яких вже був присутній потужний остеогенний стимул, наприклад, переломи, за допомогою ендотермічних процедур, і уникнути або знизити ймовірність таких ускладнень, як остеонекроз, уповільнення зрощення і псевдоартроз?

Так відкриваються нові захоплюючі напрямки для досліджень і виявляються інші захворювання, де тепло може одночасно надавати і симптоматичний, і лікувальний ефекти. У поєднанні з іншими реабілітаційними методиками, як фізичними, так і чуттєвими, тепло таким чином сприяло б повному функціональному відновленню пацієнта.