

Регулиране на кръвната глюкоза



В период, когато не сте яли нищо, цялата ви кръв съдържа средно само около 5 грама глюкоза (1 бучка захар). Ако все още растете, това количество ще бъде още по-малко. Същевременно кръвта трябва да доставя на тъканите на тялото около 10 грама глюкоза на всеки час. Очевидно, ако нещо се случи с приема на глюкоза, всички ваши резерви ще бъдат изчерпани много бързо, което ще доведе до сериозен недостиг на глюкоза в кръвта ви за един час.

При всеки човек без диабет самият организъм е в състояние да регулира нивата на кръвната глюкоза в тесни граници, нормално между 4 и 7 ммол/л. Ако кръвната ви глюкоза спадне под 3.5-4 ммол/л, ще се почувствате зле. Намалването на кръвната глюкоза ще стартира всички защитни реакции на организма, тъй като тялото ви ще се опита на всяка цена да достави на мозъка цялото оставащо количество глюкоза.

Докато организъмът се опитва да достави последната глюкоза там, клетките извън мозъка ще работят на икономичен режим, като намалят количеството използвана глюкоза. Мозъкът не е в състояние да създава запаси от глюкоза, така че работата му зависи от равномерна и постоянна доза глюкоза, получавана от кръвта. Ако обаче



човек не яде известно време, мозъкът се адаптира и използва други източници на енергия, главно кетони. Докато хормонът инсулин намалява нивото на кръвната ви глюкоза, има и други хормони в организма, които могат да го повишат. Тялото реагира на ниска кръвна глюкоза със защитна реакция, известна като контррегулация. В процеса на контррегулация автономната нервна система взаимодейства с някои други хормони, за да увеличи кръвната глюкоза. Тази защита срещу хипогликемия е изключително важна за организма. Симптомите, свързани с хипогликемията, са както отговор на мозъка на липсата на глюкоза, така и резултат от прякото действие на контринсуларните хормони.

Като цяло, децата са по-чувствителни към хипогликемията, отколкото възрастните. В едно проучване на здрави деца и юноши, те започват да усещат симптомите

Откъде идва глюкозата в кръвта ви?

- От храната
- Когато се разграждат глюкозните запаси под формата на гликоген в черния дроб (наречен гликогенолиза).
- От белтъчините и мазнините, разграждани за набавяне на глюкоза (наречена глюконеогенеза).

Действие на инсулина

Инсулинът се произвежда в бета-клетките на панкреаса.

- (1) Инсулинът понижава кръвната глюкоза:
 - ▣ повишава навлизането на глюкоза в клетките;
 - ▣ повишава способността на организма да съхранява глюкоза под формата на гликоген в черния дроб и мускулите;
 - ▣ намалява производството на глюкоза от черния дроб.
- (2) Инсулинът подтиква производството на кетони в черния дроб. Той стимулира използването (преработката) на кетони от клетките
- (3) Инсулинът също увеличава синтеза на белтъчини в мускулите.
- (4) Увеличава образуването и намалява разграждането на мазнините в тялото.

на хипогликемия при кръвна глюкоза 3.8 ммол/л в сравнение с 3.1 ммол/л при възрастните.

Може да се окаже доста трудно човек да се ориентира в биохимията на хормоните и кой хормон какво прави. Описанията на следващите страници ще ви дадат обща представа за това.

Контраинсуларни хормони, повишаващи кръвната глюкоза

- | | |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| (1) Адреналин | } Повишават кр. глюкоза в продължение на 2-4 ч. след хипогликемия |
| (2) Глюкагон | |
| (3) Кортизол | } Ефектът започва след 3-4 ч. и продължава в течение на 5-12 ч. след хипогликемия |
| (4) Растежен хормон | |

Запаси на организма за периоди на гладуване и хипогликемия

- ▣ Запасите на гликоген в черния дроб се разграждат до глюкоза.
- ▣ Мазнината се разгражда на свободни мастни киселини, които могат да се използват като енергия. Свободните мастни киселини се трансформират в черния дроб в кетони. Кетоните също могат да служат като източник на енергия, главно за мозъка.
- ▣ Белтъчините на мускулите се разграждат, за да се използват от черния дроб за образуването на глюкоза.

Черният дроб

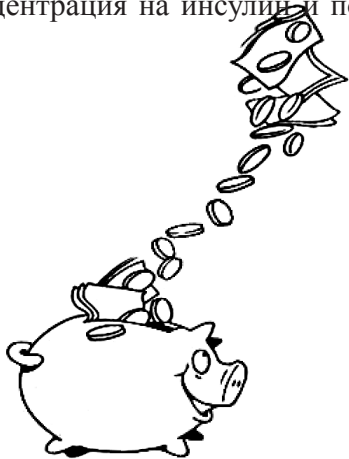
Черният дроб функционира като глюкозна банка. В добри времена там се създават запаси от глюкоза, които да могат да се използват в трудни времена. Излишната глюкоза се съхранява като “резерв” в черния дроб и мускулите под формата на гликоген (вж. илюстрацията на стр. 229). Инсулинът е необходим за транспортирането на глюкозата както в чернодробните клетки, така и в мускулните клетки.

За да се увеличи кръвната глюкоза, черният дроб може също така да произвежда глюкоза от мазнините и белтъчините (чрез процес, наречен глюконеогенеза). Черният дроб на възрастен човек произвежда около 6 грама глюкоза на час между храненията. Повечето от тази глюкоза се абсорбира от мозъка, който може да използва глюкоза без помощта на инсулин. Черният дроб на малко дете произвежда шест пъти повече глюкоза на килограм телесно тегло. Черният дроб на 5-годишно дете произвежда толкова глюкоза на час като възрастен. При по-дълъг период без храна, бъбреците могат да произвеждат глюкоза по същия начин като черния дроб. Последните проучвания показват, че бъбреците могат да доставят

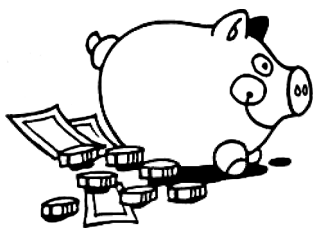
до 20% от общата произведена глюкоза от организма след нощния период без прием на храна.

Хората с диабет могат също да използват запасите от гликоген при ниски нива на кръвната глюкоза. Но ако сте изчерпали по-голямата част от запасите от гликоген, например, по време на игра на футбол, когато тялото се нуждае от много повече глюкоза, вие ще имате по-малко резерви в случай на хипогликемия, която може да настъпи по-късно, включително и през нощта. Това води до повишен риск от хипогликемия в рамките на няколко часа след тренировка (вж. стр. 274).

Здравият панкреас произвежда инсулин. Тъй като кръвният поток се движи от панкреаса първо към черния дроб, при човек без диабет този орган получава най-високата концентрация на инсулин и по-бързо



Черният дроб действа като банка за глюкоза във вашия организъм. Когато времената са добри, т.е. след хранене, част от глюкозата се складира в "банката на черния дроб" като запаси от гликоген.



Когато времената са тежки, т.е. няколко часа след храна и през нощта, глюкозата се възстановява от "банката на черния дроб", за да поддържа адекватно ниво на кръвната глюкоза.

от другите органи.

Когато се инжектира инсулин, той влиза в повърхностните кръвоносни съдове и достига черния дроб след като кръвта премине първо през сърцето. Следователно, хората с диабет имат много по-ниска концентрация на инсулин в черния дроб, отколкото хората без диабет.

Глюкагон

Докато през деня можете да се почувствате гладни, обикновено през интервал от около 4 часа, то през нощта можете и без

Запаси в черния дроб и мускулите

- ♠ Черндробните клетки могат да отделят глюкоза в кръвта от запасите гликоген.
- ♠ Мускулните клетки могат да използват глюкоза от запасите гликоген като енергия само вътре в собствените клетки.
- ♠ При възрастен човек глюкозният резерв в черния дроб е около 100-120 g.
- ♠ Гликогенът се разгражда до глюкоза при ниска кръвна глюкоза (гликогенолиза) и може да компенсира липсата на храна при възрастни в рамките на 24 часа.
- ♠ Децата имат по-малко запаси на гликоген и могат да компенсират липсата на храна за по-кратко време.
- ♠ Дете в предучилищна възраст има запаси с глюкоза, които осигуряват 12 часа без храна, а по-малкото дете - още по-малко.
- ♠ Детето консумира глюкоза по-бързо от възрастния, дори без да е много активно. Това е следствие от факта, че мозъкът на детето е по-голям по отношение на телесното тегло в сравнение с мозъка на възрастния.

храна до 8 или дори 10 часа.

Това е възможно, защото през нощта с помощта на хормоните глюкагон и адреналин се разграждат запасите на гликоген от черния дроб до глюкоза. При малките деца има по-малко гликоген в черния дроб, така че те трябва да се хранят по-често.

Производството на глюкагон от панкреаса не е непременно нарушено в началния период на живот с диабет. Все пак, ако имате диабет в продължение на няколко години, способността на организма да отделя достатъчно количество глюкагон в отговор на хипогликемия обикновено изчезва. Това се случва както при децата, така и при възрастните. Този процес не е късно усложнение на диабета сам по себе си, а по-скоро отразява процеса на адаптация на организма към повтарящи се епизоди на хипогликемия. Оказва се, че хора, които все още могат да секретират малко собствен инсулин, по-добре секретират и глюкагон в отговор на хипогликемия (“защита с глюкагон”). Някои изследвания показват,



Глюкагонът оказва пряко влияние върху качеството на живота ви. Ако имате комплект с глюкагон, вие сте адекватно оборудвани за първа помощ и за самопомощ. Можете с минимален риск да тръгнете на пешеходен туризъм, екскурзия в планината или с ветроходни лодки. Ако прекарвате почивката си в чужбина е добра идея да вземете глюкагона с вас, защото ако развиете тежка хипогликемия, няма да зависите от местната медицинската служба за спешна помощ. Уверете се, че вашият спътник при пътуване знае къде съхраняват глюкагона и как да го използва.

Действие на глюкагона

Глюкагонът се секретира от алфа-клетките на панкреаса.

- (1) Глюкагонът повишава кръвната глюкоза:
 - като освобождава глюкоза от запасите гликоген в черния дроб;
 - като активира образуването на глюкоза от белтъците.
- (2) Глюкагонът стимулира създаването на кетони в черния дроб.

че защитата с глюкагон може да бъде поне частично възстановена, ако човек с диабет за известно време успява да избегне хипогликемия (вж. Също така “безсимптомна хипогликемия”, стр. 64).

При човек без диабет секрецията на глюкагон намалява след хранене, когато се повишава кръвната глюкоза и концентрацията на инсулин. Но това не се случва при човек с диабет, дори ако нивото на кръвната глюкоза се повиши. Това е следствие от факта, че инжектираният инсулин е с по-малка концентрация, докато достигне до алфа-клетките на панкреаса, които секретират глюкагона. Ето защо, освен глюкозата, която идва от храната, кръвта, която излиза от черния дроб, ще съдържа глюкоза, създадена от разграждането на гликогена, а това също ще повлияе на повишаването на кръвната глюкоза след хранене.



Направете инжекция с глюкагон на лице с диабет, ако развие тежка хипогликемия със загуба на съзнание или гърчове. Ако човекът не се е възстановил в рамките на 10-15 минути, обадете се на Бърза помощ. Ако човекът се събуди и има нормално ниво на глюкозата в кръвта, при пристигането на линейката, не е нужно да отивате в болница.

Глюкагон

- Всеки човек, който си поставя инсулин, трябва да има набор от глюкагон и да знае как да го използва.
- Поставете инжекция с глюкагон, ако човек с диабет е в безсъзнание, получил е гърч или не може да яде или да пие сам.
- Доза: 0,1-0,2 мг/10кг телесно тегло (1 мг/мл разтвор). Ако имате съмнения, въведете повече вместо по-малко. Глюкагонът не е опасен, ако случайно го предозирате.
- Действието на глюкагона започва в рамките на 10-15 минути.
- Действието трае 30-60 минути. Изяжте нещо, когато се почувствате по-добре, за да поддържате нивото на глюкозата в кръвта до следващото хранене. Но не яжте твърде много наведнъж.
- Гаденето е честа нежелана реакция. Изчакайте най-малко 30 минути преди хранене, за да избегнете този проблем.
- **Не си слагайте отново глюкагон!** Една инжекция дава достатъчно количество глюкагон в кръвта.
- Загубата на ефект се дължи на факта, че:
Резервите на гликоген вече са изчерпани от:
 - 1) Упражнения
 - 2) Предишна хипогликемия
 - 3) Намаляване на приема на храна, например поради заболяване*На глюкагона противодействат:*
 - 1) Алкохолът
 - 2) Високата доза инсулин
- Винаги носете глюкагон със себе си, когато отивате на пикник, пешеходен туризъм, на пътуване по вода или почивка в чужбина.
- Научете хората, които ще бъдат близо до вас как да ви поставят глюкагон!



Първия път може да ви бъде трудно да смесите глюкагона в ситуация, в която изисква бърза реакция. За да избегнете паниката в този момент, проверете съдържанието на комплекта и прочетете инструкциите веднага след като го закупите. Отбележете дозата,

която може да ви е необходима на спринцовката с маркер, след което не трябва да се притеснявате за изчисления в състояние на стрес. Когато изтече срокът на валидност и ще купувате нов комплект с глюкагон, можете да използвате стария, за да се поупражните да смесвате глюкагона. Напишете със свои думи правилата за инжектиране на глюкагон на малък лист хартия и го поставете в комплекта.

Инжекции с глюкагон

Ако човек с диабет е в безсъзнание или не може да яде или да пие, можете да му направите инжекция с глюкагон, за да стимулирате разграждането на гликоген в черния дроб. Това ще повиши кръвната глюкоза. Инжектирането на глюкагон не е трудно. Би било хубаво да се опитате да обучите на това някой учител или придружител преди училищни екскурзии или лагери с активна физическа активност.

Глюкагонът се прилага подкожно, както и инсулинът. Ако използвате подкожен катетър (инсуфлон), не можете да го използвате за глюкагон, тъй като при лошо състояние на катетъра, неговият ефект може да бъде намален. Дозата глюкагон трябва да е 0.1-0.2 мг/10 кг телесно тегло. Повишаването на кръвната глюкоза започва в рамките на 10 минути след поставяне и продължава поне 30-60 минути. Ефектът е еднакво добър при подкожна и мускулна инжекция, така че няма значение колко дълбоко е вкарана иглата. По-висока доза (0,2 мг/10 кг) ще доведе до малко по-високо покачване на кръвната глюкоза, но също така ще увеличи риска от странични ефекти.

Всеки, който има диабет и който си по-

ставя инсулин, трябва да има глюкагон на разположение. Проверете срока на годност! Когато изтече срокът на годност и вземете нов комплект от аптеката, можете да използвате стария комплект, за да се упражните да смесвате съставките. Не яжте нищо най-малко 30 минути след въвеждането на глюкагон, в противен случай може да се появи гадене и дори повръщане. Това е относително честа нежелана реакция и обикновено се проявява в период до 30-60 минути. Ако изядете нещо, това ще доведе само до повече проблеми. Не повтаряйте инжектирането на глюкагон, тъй като това ще предизвика само гадене без допълнително повишаване на кръвната глюкоза. Ако нивото на кръвната глюкоза не се нормализира след инжектирането на глюкагон, значи вашите

Мини-доза глюкагон

- ♠ Малки дози глюкагон са ефективни при лечението на белите дробове или хипогликемии, които са свързани с отказ на хранене или гастроентерит.
- ♠ В едно изследване на деца на възраст 2 години и по-малки са въведени две "единици" (като са използвани стандартни инсулинови спринцовки U-100 = 20 µg), а на деца над 2-годишна възраст е дадена една "единица" за всяка година живот, максимум 15 единици (150 µg). Ако след 30 минути кръвната захар не е променена съществено, началната доза е била удвоена.
- ♠ Средното повишаване на кръвната захар е било 3.3-5 ммол/л в продължение на 30 минути, а продължителността на действието е била около един час. Приблизително 50% от децата са се нуждаели от повече от една доза.
- ♠ Някои деца са получили до 5 инжекции за период от 25 часа, без да е намалал положителният ефект на глюкагона. Те не са страдали от гадене и повръщане повече, отколкото преди поставянето му.

запаси от гликоген са напълно изчерпани, например, при интензивна тренировка или предишна хипогликемия.

Ако трябва да инжектирате глюкагон на друг, изчакайте 10-15 минути докато се събуди. Ако човекът остане в безсъзнание по-дълго от това време, обадете се на Бърза помощ. Но, ако човекът дойде на себе си, чувства се добре и е с нормална кръвна захар до пристигането на линейката, след това не е задължително да отидете в болница.

Действието на глюкагона се подтиска от инсулина. Това е логично, ако вземете под внимание, че хората без диабет нямат висока концентрация и на двата хормона по едно и също време. Инсулинът се секретира при висока кръвна захар, а глюкагонът - при ниска. Ако хипогликемията е причинена от прекалено висока доза инсулин, глюкагонът ще има по-слабо влияние, отколкото в случай на ниска глюкоза поради недостатъчно храна (вж. също така "Твърде малко храна или твърде много инсулин?" на стр. 66).

Някои хора, страдащи от диабет, особено децата и юношите, усещат гадене след тежка хипогликемия, дори и да не е поставян глюкагон. Едно от обясненията за това е, че собственото производство на глюкагон

Глюкагон, мастни киселини и кетони

- ▣ Глюкагонът стимулира трансформацията на мастни киселини в кетони от чернодробните клетки (виж илюстрацията на страница 39).
- ▣ Мастните киселини се образуват по време на разграждането на мазнините по време на гладуване на клетките, поради липса на храна или липса на инсулин. Кетоните увеличават гаденето, което е страничен ефект от инжектирането на глюкагон. Кетоните могат лесно да бъдат открити в кръвта или урината по време на самонаблюдение (вж. стр. 118). Вижте също „След хипогликемия“ на страница 83.



Адреналинът и кортизолът се синтезират в надбъбречните жлези.

в панкреаса причинява гадене като страничен ефект.

В момента глюкагон се прилага само под формата на инжекция, но последните експерименти с въвеждане на глюкагон под формата на назален спрей са доста обнадеждаващи.

Адреналин

Адреналинът е хормон на стреса, секретирани в надбъбречните жлези. Повишава кръвната глюкоза, като разгражда запасите от гликоген в черния дроб. Концентрацията на адреналин се повишава, когато тялото се подлага на стрес, при висока температура при боледуване и ацидоза (когато кръвта става киселинна,

Действие на адреналина

- ▣▣▣▣ Адреналинът се синтезира в надбъбречната жлеза.
- (1) Адреналинът повишава кръвната глюкоза:
 - ▣▣▣▣ като отделя глюкоза от запасите гликоген в черния дроб;
 - ▣▣▣▣ като активира образуването на глюкоза от белтъците;
 - ▣▣▣▣ като понижава количеството глюкоза, която постъпва в клетките;
 - ▣▣▣▣ като понижава синтеза на инсулин (при хората без диабет).
- (2) Адреналинът предизвиква някои симптоми като при хипогликемия, а именно треперене и възбудимост.
- (3) Той стимулира разграждането на мастна тъкан.

например, при диабетна кетоацидоза). Адреналинът също така намалява количеството глюкоза, консумирана от клетките на тялото. Това може да ви се стори странно, докато не си спомните, че по време на хипогликемията действията на тялото са насочени към запазване на цялата налична глюкоза за мозъка.

Човешкото тяло първоначално е създадено за живот в каменната ера. Ако човек срещне полярна мечка или мамут, алтернативите са били само две - биеш се или бягаш. И в двата случая тялото се нуждае от допълнителна енергия под формата на глюкоза. Проблемът на нашия модерен начин на живот е, че адреналинът също така се секретира, когато сме притеснени или уплашени, но това често е причинено от страшен филм по телевизията, например, отколкото от ситуация, която изисква действие и допълнително натоварване. При хора без диабет, които сами произвеждат инсулин колкото трябва, няма особени проблеми. Но, човек с диабет може да установи, че в подобни случаи кръвната му глюкоза се е повишила (вижте "Стрес" на стр. 285).

Когато човек с диабет развива хипогликемия, секретията на адреналин увеличава кръвната захар чрез стимулиране на разграждането на гликоген от запасите в черния дроб и едновременно с това предизвиква тремор, тревожност и сърцебиене. Адреналинът също стимулира разграждането на мастната тъкан на мастни киселини, които се преработват в кетони от чернодробните клетки. Вижте илюстрацията на стр. 39.

Действие на кортизола

- ▣▣▣▣ Кортизолът се синтезира в надбъбречната жлеза.
- (1) Кортизолът повишава кръвната глюкоза:
 - ▣▣▣▣ като понижава количеството глюкоза, която постъпва в клетките;
 - ▣▣▣▣ разгражда белтъците, които могат да се използват за отделянето на глюкоза в черния дроб.
- (2) Той стимулира разграждането на мастна тъкан.

Кортизол

Кортизолът е друг важен хормон, секретирани в надбъбречните жлези в отговор на стреса. По различни начини той влияе на процесите на метаболизма. Повишава количеството кръвна глюкоза, чрез разграждане на белтъците (глюконеогенез) и понижава количеството глюкоза, което се използва от клетките. Кортизолът участва в разграждането на мастната тъкан до мастни киселини, които могат да бъдат преработени в кетони.

Растежен хормон

Растежният хормон се произвежда в хипофизната жлеза, която се намира в основата на главния мозък. В хипофизната жлеза се синтезират много от най-важните хормони на тялото. Най-важната функция на растежния хормон е да стимулира растежа. Неговото влияние върху повишаването на кръвната глюкоза се проявява благодарение на контраинсуларния ефект върху повърхността на клетката, като по този начин намалява консумацията на глюкоза от клетките. Растежният хормон увеличава мускулната маса и стимулира разграждането на мастната тъкан.

По време на пубертета, когато младият човек расте бързо, се отделя огромно количество хормон на растежа. Това води до факта, че човек започва да се нуждае и от повече инсулин. Хормонът на растежа се секретира във висока концентрация през нощта, което обяснява защо юношите често се нужда-

Действие на растежния хормон

■ Растежният хормон се синтезира в хипофизата.

(1) Стимулира растежа.

(2) Той повишава кръвната глюкоза:

■ като понижава количеството глюкоза, която се потребява от клетките.

(3) Стимулира разграждането на мастна тъкан.

(4) Повишава мускулната маса.

ят от много по-голяма доза инсулин преди лягане. Действието на хормона на растежа, което увеличава кръвната глюкоза, започва след 3-5 часа. Това причинява проблем с висока кръвна захар сутрин, което е много често срещано явление при подрастващите, особено сред тези с по-високо ниво на гликиран хемоглобин HbA1c (вж. “Феноменът на зората”, стр. 70). Растежният хормон също стимулира производството на кетони, като по този начин увеличава риска от кетоацидоза при юношите.

Тийнейджърите с диабет имат по-високо ниво на хормона на растежа, отколкото техните връстници без диабет. Въпреки това, те могат да растат дори по-бавно от необходимото, ако имат неадекватен контрол на кръвната глюкоза. Това се дължи на факта, че ефектът на растежния хормон е частично зависим от протеина IGF-1 (инсулиноподобен растежен фактор-1). IGF-1 се произвежда в черния дроб и за стимулирането на този процес е необходим инсулин. Тъй като концентрацията на инсулин в черния дроб при хора с диабет е по-малка (вж. стр. 49), нивото на IGF-1 също ще бъде по-малко. В едно проучване IGF-1 е поставян допълнително при деца и юноши с диабет, което довело до подобрене на нивата на HbA1c (виж стр. 124). Това подобрене обаче продължило само три месеца. Подобно изследване при възрастни показва подобрене на HbA1c, но в същото време се наблюдава влошаване на ретинопатията (увреждане на очите), което охладило ентусиазма за бъдещи изследвания на ИФР-1.



Напречно сечение на мозъка. Растежният хормон се произвежда в хипофизната жлеза.