كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : فزيولوجيا وظائف التغذية

المحاضرة : السادسة/نظري/د. مرسال

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

فيزيولوجيا حيوانية-وظائف التغذية المحاضرة السادسة

الاستقلاب

بعد أن تصل المواد الغذائية المهضومة إلى خلايا الجسم يطرأ عليها العديد من التحولات والتبدلات يعرف مجموعها بالاستقلاب أو التمثيل الغذائي ويعد استقلاب المواد ضمن جسم الكائن الحي أحد المظاهر الأساسية للحياة التي تتميز بها الكائنات الحية عن غير الحية، وهو يتضمن جميع التفاعلات الكيميائية الحيوية والتبدلات التي تطرأ على النواتج النهائية لهضم المواد الغذائية التي تمتص عبر جدار الأمعاء وتنقل إلى الدم واللمف اللذان يؤمنان إيصالها إلى جميع خلايا الجسم. و قد يكون الاستقلاب هدميا أو يكون بنائيا.

يتضمن الاستقلاب الهدمي أكسدة المواد العضوية لاستخلاص الطاقة الكامنة في روابطها الكيميائية ليستفيد منها الكائن الحي في انجاز مختلف أنشطته الحيوية.

ويتضمن الاستقلاب البنائي جميع العمليات التي تحدث في خلايا الجسم والتي تهدف إلى بناء مواد عضوية جديدة تساهم في تجديد مكونات الخلايا وصيانة الأنسجة، وتستخدم أيضا من أجل النمو والتكاثر وإنتاج مواد معدة للإفراز خارج الخلايا.

وتجري العمليتان الهدم والبناء في آن واحد في الخلية السليمة بحيث يرتبط الهدم بتحرير الطاقة، بينما ترتبط عمليات البناء باستهلاك طاقة.

أولاً- استقلاب الكربوهيدرات

بعد إتمام هضم الكربوهيدرات في لمعة الأمعاء وتحويلها إلى سكريات أحادية تمتصها الخلايا الماصة للأمعاء وتنقلها إلى الدم الذي يؤمن نقلها إلى الكبد عبر وريد الباب. و في خلايا الكبد يتحول الفريكتوز والغالاكتوز إلى غليكوز الذي تستكمل عليه عمليات الاستقلاب الخاصة به.

وتتم هذه التحولات بفسفرة السكريات الأحادية بإشراف أنزيمات نوعية، حيث يتحول الفريكتوز إلى فريكتوز- ٦- فوسفات بفعل أنزيم هكسوكيناز، ويحتاج هذا التفاعل إلى طاقة تأتي من حلمهة جزيئة ATP

يتحول الفريكتوز- ٦- فوسفات إلى غليكوز- ٦- فوسفات بفعل أنزيم فوسفوهكسوايزوميراز.

أما الغالاكتوز فيتحول إلى غليكوز- ١- فوسفات في سلسلة من التفاعلات يشترك بها اليوريدين ثنائي فوسفات الغليكوز وعدد من الإنزيمات.

ويتحول الغليكوز إلى غليكوز- ٦- فوسفات بفعل أنزيم الهكسوكيناز

ويعتبر تكوين الغليكوز المفسفر الخطوة الأساس والأولى في حلقة استقلاب الغليكوز.

يدخل الغليكوز المفسفرعدة طرق استقلابية كتركيب الغليكوجين أو يسلك طريق السكر الخماسي أو طريق التحلل السكري.

يدخل الغليكوز مسار تكوين الغليكوجين عندما ترتفع نسبة سكر الغليكوز في الدم.

ويتم تركيب الغليكوجين في البلاسما الشفيفة والعضلات بالدرجة الأولى انطلاقا من الغليكوز٦- فوسفات بتوسط إنزيم نوعي هو أنزيم فوسفوغليكوموتاز، ويتفاعل غليكوز -١-فوسفات مع اليوريدين ثلاثي الفوسفاتUTP ليعطي غليكوز مرتبط مع اليوريدين ثنائي الفوسفات UDP-Glucose ويمكن لهذا المركب أن يتخلى عن جزيئة الغليكوزالمرتبط بها ليثبتها في سلسلة الغليكوجين الآخذة في النمو بوساطة إنزيم غليكوجين سينثيتاز، حيث تنمو سلسلة الغليكوجين في كل مرة يتم إضافة جزيئة غليكوز جديدة إليها.

يختزن الغليكوجين في الكبد والعضلات ليستعمله الجسم عند الحاجة أو عند انخفاض مستوى السكر في الدم، وعندها يتفكك الغليكوجين في الخلايا إلى غليكوز -١- فوسفات بفعل إنزيم غليكوجين فوسفوريلاز وبوجود شوارد المغنزيوم.

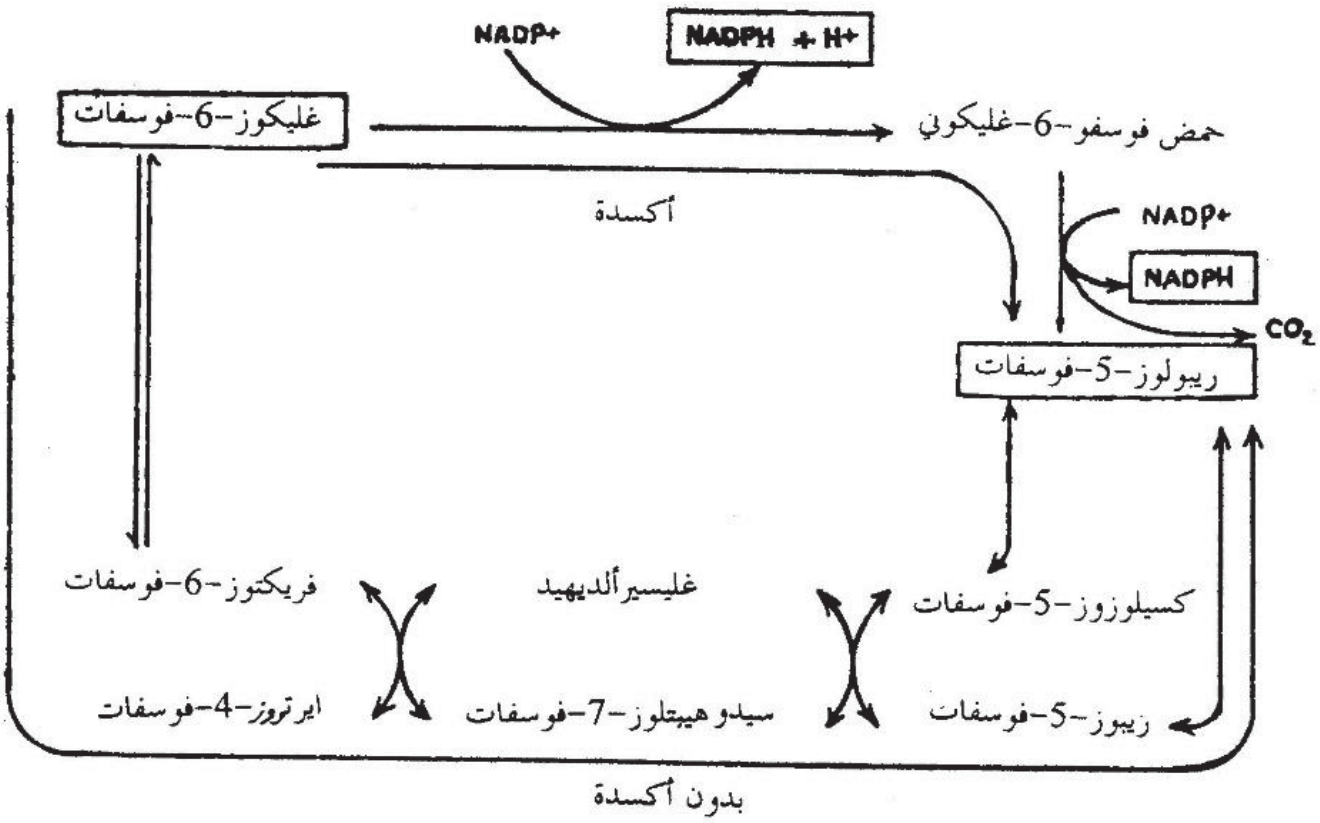
ويخضع تركيب الغليكوجين وتفككه إلى مراقبة هرمونية، حيث ينشط تركيبه بفعل الأنسولين والهرمون المنشط لقشرة الكظر ACTH(الذي تفرزه الغدة النخامية) والكورتيزون الذي تفرزه قشرة الكظر، بينما ينشط هرمون الغلوكاجون والأدرينالين أنزيم الفوسفوريلاز الذي يحفز تفكك الغليكوجين إلى غليكوز.

وقي مسار السكريات الخماسية يتحول الغليكوز- ٦- فوسفات إلى سكر خماسي الكربون هو الريبولوز-٥-فوسفات

يمكن لمركب الريبولوز أن يتحول إلى ريبوز أو ريبوز منقوص الأكسجين عبر سلسة من التفاعلات الكيميائية الحيوية ليدخل في بناء نيكلوتيدات RNAوالـ DNA وكذلك نيكلوتيدات ATPو GTP ونيكلوتيد NADPH الضروري لعملية بناء الحموض الدهنية.

وفي المسار الثاني يتحول الغليكوز- ٦- فوسفات إلى فريكتوز- ٦- فوسفات والذي يتحول بدوره إلى مركبات عضوية رباعية الكربون وثلاثية الكربون وخماسية...يمكنها أن تدخل في عدة طرق استقلابية ذات أهمية بالغة في تكوين الحموض الدهنية والنيكلوتيدات وغيرها من المركبات العضوية الضرورية للبناء الحيوي في خلايا الجسم.

مسار السكريات الخماسية بدءا من الغليكوز



أما التحلل السكري للغليكوز فيتم عبر سلسلة من التفاعلات الكيميائية الحيوية يشتمل قسم منها على تفاعلات أكسدة وإرجاع.

يعرف التأكسد بصورة عامة بأنه عملية فقدان الإلكترونات من المركب أو الذرة أو تتم بنزع الهيدروجين من المركب بوجود الأكسجين أو عدم وجوده. أما الإرجاع فهو تفاعل يكتسب خلاله المركب أو الذرة الالكترونات أو الهيدروجين.

ويرافق عملية الأكسدة إطلاق طاقة حرة، بينما تحتاج عملية الإرجاع إلى طاقة تختزن في المركب الناتج. وعند أكسدة المركبات العضوية في الخلية تتحرر كمية من الطاقة، في حين تختزن المركبات المرجعة طاقة كيميائية يمكن إطلاقها عند التأكسد.

وأهم المركبات التي تتوسط تفاعلات الأكسدة والإرجاع في الخلية هي:

- أنزيمات ا لاكسدة Oxidase التي تعمل على نزع الإلكترونات من المركبات، ومنها أ نزيمات السيتوكروم والبروتينات الكبريتية الحديدية.
- الإنزيمات النازعة للهيدروجين هوائيا Aerobic dehydrogenases وهي تعمل على نزع الهيدروجين إما باستخدام الاكسجين أو بوساطة مركبات أخرى تقبل الهيدروجين كنيكلوتيدات فلافين أحادي النيكلوتيد FMN و فلافين أدنين ثنائي النيكلوتيد FAD حيث يمكن لهذه المركبات أن تجذب إليها الكترونين أو هيدروجينين، ويتحولان إلى مركبين مرجعين FMNH2و FADH2
- الإنزيمات النازعة للهيدروجين لاهوائيا Anaerobic dehydrogenzses وهي تساعد على إزالة الهيدروجين بغياب الأكسجين، منها نيكوتين أميد ثنائي نيكلوتيد أدنين NAD و نيكوتين أميد ثنائي نيكلوتيد أدنين الفوسفات NADP وأسيل كوأنزيم ديهيدروجيناز وسكسينات ديهيدروجيناز.
- مركبات الكينون أو فيتامين الإيبيكينون كوأنزيم -Q.

و فيما يتعلق بالطاقة التي تنتج عن تفاعلات الأكسدة والإرجاع ، فقسم منها يختزن في جزيئات ناقلة للطاقة هي الأدينوزين ثلاثي الفوسفات وذلك بفسفرة الأدينوزين ثنائي الفوسفات بوجود طاقة متحررة من عمليات الأكسدة.

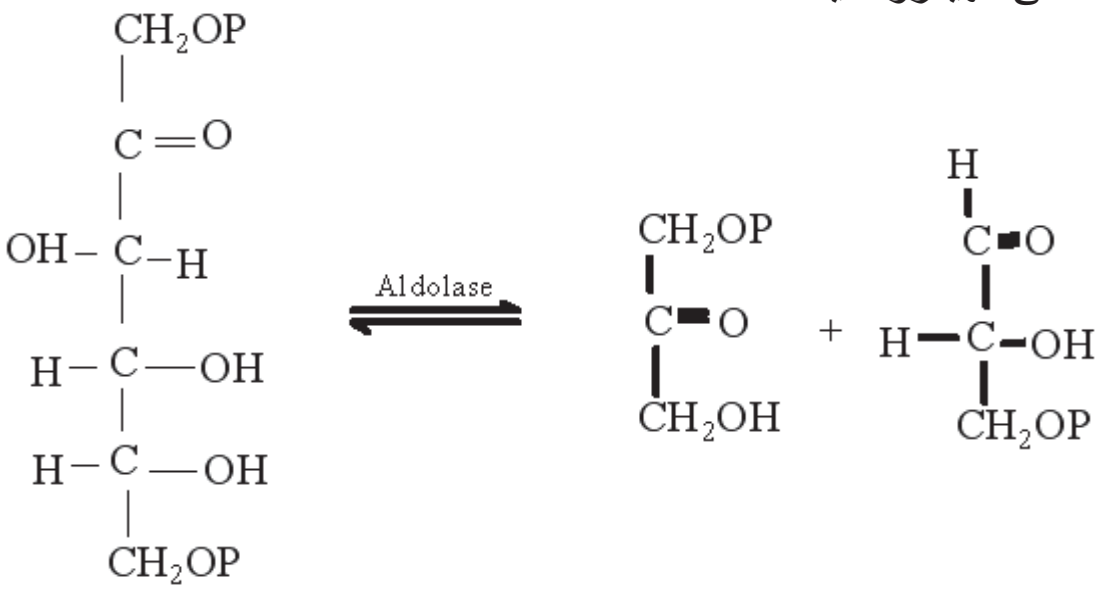
وتعد جزيئات الأدينوزين ثلاثي الفوسفات المصدر الأساس للطاقة التي تحتاج لها خلايا الجسم والتي توضع تحت تصرف الخلايا باستمرار لتمكينها من انجاز مجمل الأنشطة الحيوية للكائن الحي حيث ينتج عن حلمهة جزيئة ATP تكوين جزيئة واحدة ADP وحوالي ٧.٢ سعر حراري كبير.

يمكن إعادة تحويل ADP إلى ATP مرة أخرى بعملية الفسفرة التي تحتاج طاقة تأتي من الإستقلاب الهدمي للمواد الغذائية. وهكذا تتجدد جزيئات الطاقة في الخلايا باستمرار مستفيدة من الطاقة المختزنة في الروابط الكيميائية للمواد الغذائية.

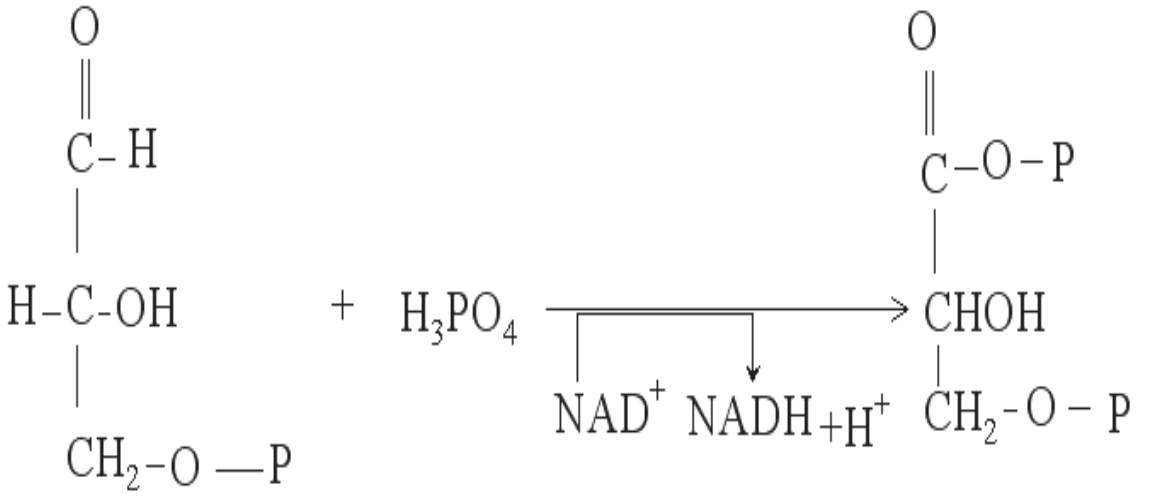
يأتي قسم من الطاقة التي تختزن في جزيئات الطاقة من تحلل الغليكوز، حيث يتحول الغليكوز-٦-فوسفات إلى فركتوز -٦-فوسفات بفعل إنزيم فوسفوهكسوإيزوميراز.

ثم يتم فسفرة الفركتوز -٦-فوسفات إلى فركتوز ١-٦-ثنائي فوسفات بوساطة إنزيم فوسفوفريكتوكيناز وشوارد المغنزيوم ويحتاج هذا التفاعل لجزيئة ATP

وفي التفاعل التالي من سلسلة التحلل السكري للغليكوز يتحطم الفركتوز ١-٦-ثنائي فوسفات بفعل إنزيم ألدولاز إلى جزيئين هما: غليسرألدهيد-٣-فوسفات وفوسفات الأسيتون ثنائى الهيدروكسيل.

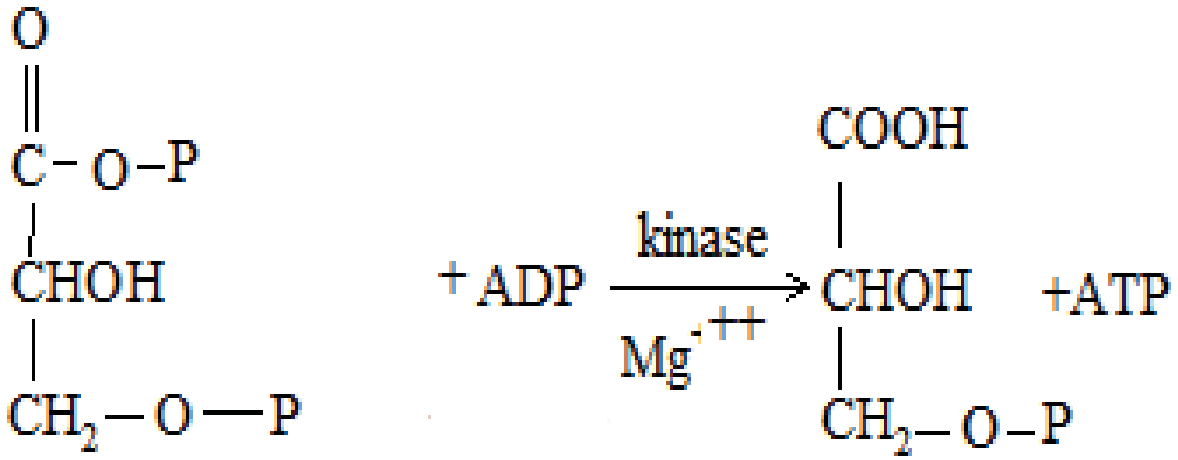


يمكن أن يتحول فوسفات الأسيتون ثنائي الهيدروكسيل إلى غليسرول - ٣- فوسفات الذي يعطي غليسيرول يستخدم في إنتاج الغليسيريدات الثلاثية، أو أنه يتحول إلى غليسيريد ألديهيد- ٣- فوسفات بوساطة أ نزيم تريوز فوسفات إيزوميراز ليتحول بعده إلى حمض بيروفي عبر سلسلة تفاعلات كيميائية.



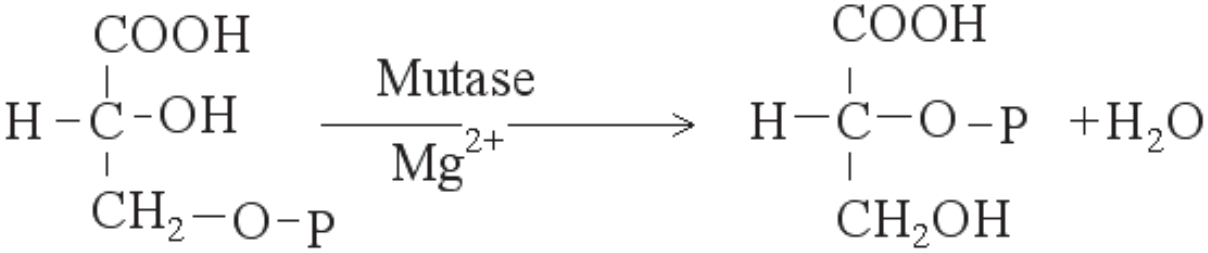
3-1 ثنائي فوسفو حمض الغليسيرين

غليسير ألدهيد 3- فوسفات



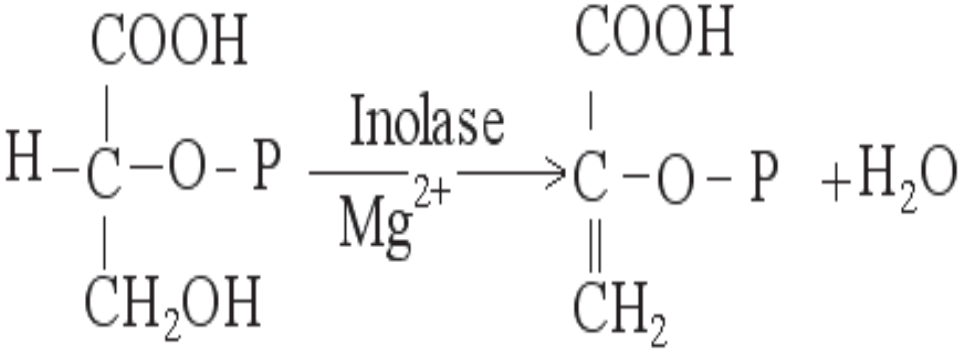
٣- فُوسفو حمض الغليسيرين

١-٣ فوسفو حمض الغليسرين

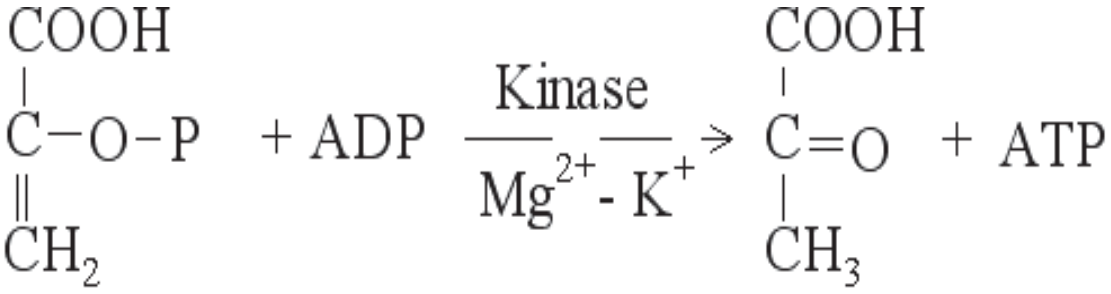


2ـ فوسفو حمض الغليسيرين

3- فوسفو حمض الغليسيرين



فوسفواينول الحمض البيروفي 2- فوسفو حمض الغليسيرين



فوسفو اينول الحمض البيروفي حمض بيروفي

يطرأ على الحمض البيروفي في الخلية عدة تحولات ترتبط طبيعتها بالنمط الخلوي وكمية الأكسجين التي تتلقاها الخلية. ففي حال توفر الأكسجين يعبر الحمض البيروفي إلى الجسيمات الكوندرية ليدخل في تفاعلات حلقة كريبس وتفاعلات الأكسدة الهوائية لإنتاج المزيد من الطاقة.

أما في حالة نقص الأكسجين فيبقى الحمض البيروفي ضمن البلاسما الشفيفة للخلية، ويتخمر في وسط لاهوائي بفعل إنزيم لاكتيك ديهيدروجيناز ليتحول إلى حمض لبن.

وهذا يحصل عند ممارسة الفرد لعمل مجهد وسريع يتراكم خلاله حمض اللبن في الخلايا العضلية كنتيجة لزيادة سرعة استقلاب الغليكوز بغية تغطية متطلبات الجسم من الطاقة لإنجاز هذا العمل.