## 1/ تنظيم نسبة السكر في الدم

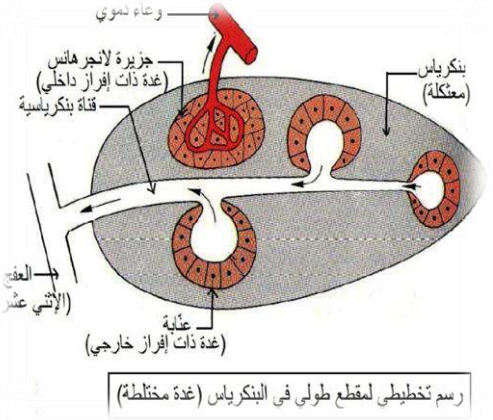
ان نسبة السكر في الدم تبقى ثابتة في حدود قيم مرجعية تقدر بحوالي 1 غ/ل أي ضمن المجال 0.65غ/ل – 1.2غ/ل رغم التناول المستمر للغذاء أو الصيام المطول.

**المشكلة العلمية**: كيف يتم الحفاظ على ثبات نسبة السكر في الدم

- يمثل التحلون تركيز السكر في بلازما الدم
- تتم المحافضة على ثبات نسبة السكر في الدم بتدخل آلية تنظيم من طبيعة خلطية (عن طريق هرمونات تنقل عبر الدم "الوسط الداخلي").
- تتمثل الهرمونات البنكرياسية في:

هرمون الانسولين الذي يعمل على تعديل الافراط السكري (هرمون القصور السكري)
هرمون الغلوكاغون الذي يعمل على تعديل القصور السكري (هرمون الافراط السكري)

## 2/ مقر انتاج الهرمونات البنكرياسية (الخلايا المفرزة)



رسم تخطيطي لمقطع طولي في البنكرياس (غدة مختلطة)

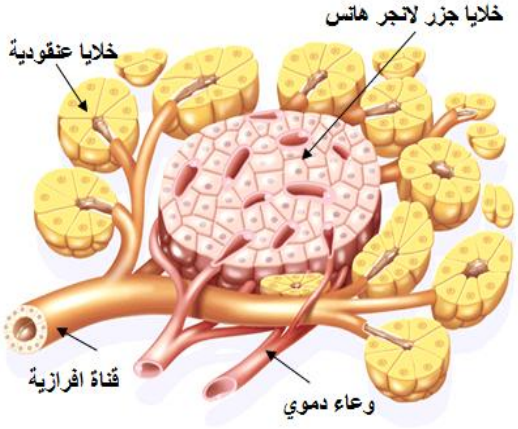
لغرض تحديد مقر إنتاج الهرمونات البنكرياسية يتوجب معرفة البنية التشريحية للبنكرياس

بين الفحص المجهري لمقطع نسيجي ملون و مثبت في البنكرياس وجود نسيج ضام غني بالأوعية الدموية و نمطين من المجاميع الخلوية:

أ- غدد عنقودية (عنابات Acini): تتكون من خلايا كبيرة. لهذه الغدد قنوات مفرزة تصب في القناة البنكرياسية، التي تصب بدورها في العفج (القسم الأول من المعي الدقيق.)

ب- جزر لانجرهانس Ilots de Langerhans: تشكل فقط 2 %من كتلة البنكرياس. تتكون هذه الجزر أساسا من نوعين من الخلايا:

- الخلايا α (ألفا) بنسبة 20% موجودة على المحيط.
- الخلايا β (بيتا) بنسبة 70% موجودة في المركز.




ليس لجزر لانجرهانس قنوات، لكن تتصل بشعيرات دموية، حيث تطرح فيها إفرازاتها.

**تنبيه:** تحتوي جزر لانجرهانس أيضا على خلايا (دلتا) نسبتها 5، % منتشرة بين الخلايا α و الخلايا β تفرز هرمون Somatostatine الذي من أدواره تثبيط إفراز الأنسولين و الغلوكاغون

لغرض تحديد مقر انتاج هرمونات تعديل التحلون يكفي تتبع نتائج تخريب احد المجاميع الخلوية

- حقن مادة الالوكسان Alloxane التي ينتج عنها تخرب الخلايا β المتبع بظهور اعراض الافراط السكري
- حقن مادة دي ايثيل ثيوكاربامات Diethyl-Thiocarbamate التي ينتج عنها تخرب الخلايا α المتبع بظهور اعراض القصور السكري.
- الفلورة المناعية و التي تعتمد على وسم الأنسولين أو الغلوكاغون و بالتالي تحديد مقر انتاج كل من الهرمونين
- ربط القناة البنكرياسية و التي ينتج عنها اضطربات هضمية دون التاثير على تنظيم التحلون.

يفرز الانسولين من طرف الخلايا β التي تتواجد بالمنطقة المركزية لجزر لانجرهانس، بينما تفرز الخلايا α المحيطية هرمون الغلوكاغون.

**علاقة إفراز هرمونات تعديل التحلون و تركيز الجلوكوز في الوسط**

تم معايرة إفراز الأنسولين و الغلوكاغون من طرف جزر لانجرهانس معزولة لفأر، بوجود تراكيز متزايدة للغلوكوز

- يتأثر إفراز الأنسولين بتغيرات تركيز الغلوكوز، حيث أن الإفراط السكري ينبه الخلايا βفي جزر لانجرهانس و يحفزها على إفراز الأنسولين
- يتأثر إفراز الغلوكاغون بتغيرات تركيز الغلوكوز، حيث أن القصور السكري ينبه الخلايا α في جزر لانجرهانس و يحفزها على إفراز الغلوكاغون.

تعتبر الخلايا β و الخلايا α في الوقت نفسه مستقبل حسي (لواقط حساسة) لتغيرات الثابت الكيميائي (الغلوكوز) بالنسبة للقيمة المرجعية و مولدة لاستجابة مكيفة تعمل على تعديل اضطراب قيمته.

## 3/ آلية عمل الهرمونات البنكرياسية

### أ/ عمل الاسولين

- يؤدي إرتفاع نسبة السكر في الدم بعد تناول وجبة غذائية مثلا إلى تنبيه الخلايا β في جزر لانجرهانس، فتستجيب بإفراز الأنسولين بكمية مناسبة لدرجة الإفراط السكري. فالرسالة الهرمونية مشفرة بتركيز الهرمون المفرز في الدم.
- ينقل هرمون الأنسولين عن طريق الدم (نقل خلطي) حتى يصل إلى المنفذات المتمثلة في الخلايا المستهدفة من طرفه (الخلايا التي تحمل مستقبلات غشائية نوعية للأنسولين) ألا و هي الخلايا الكبدية، الخلايا العضلية و الخلايا الدهنية، فيؤثر عليها و يغيّر من نشاطها، حيث:

- ينشط دخول الغلوكوز إلى الخلايا الكبدية، كما ينشط بلمرته تكثيفه على شكل غليكوجين ليخزّن فيها
- ينشط دخول الغلوكوز إلى الخلايا العضلية، و ينشط: إما استهلاكه أي أكسدته في حالة التقلص العضلي، و إما تخزينه على شكل غليكوجين في حالة الراحة.
- ينشط دخول الغلوكوز إلى الخلايا الدهنية، و تحويله إلى دسم ثلاثيات الغليسريد TG تخزّن في هذه الخلايا.

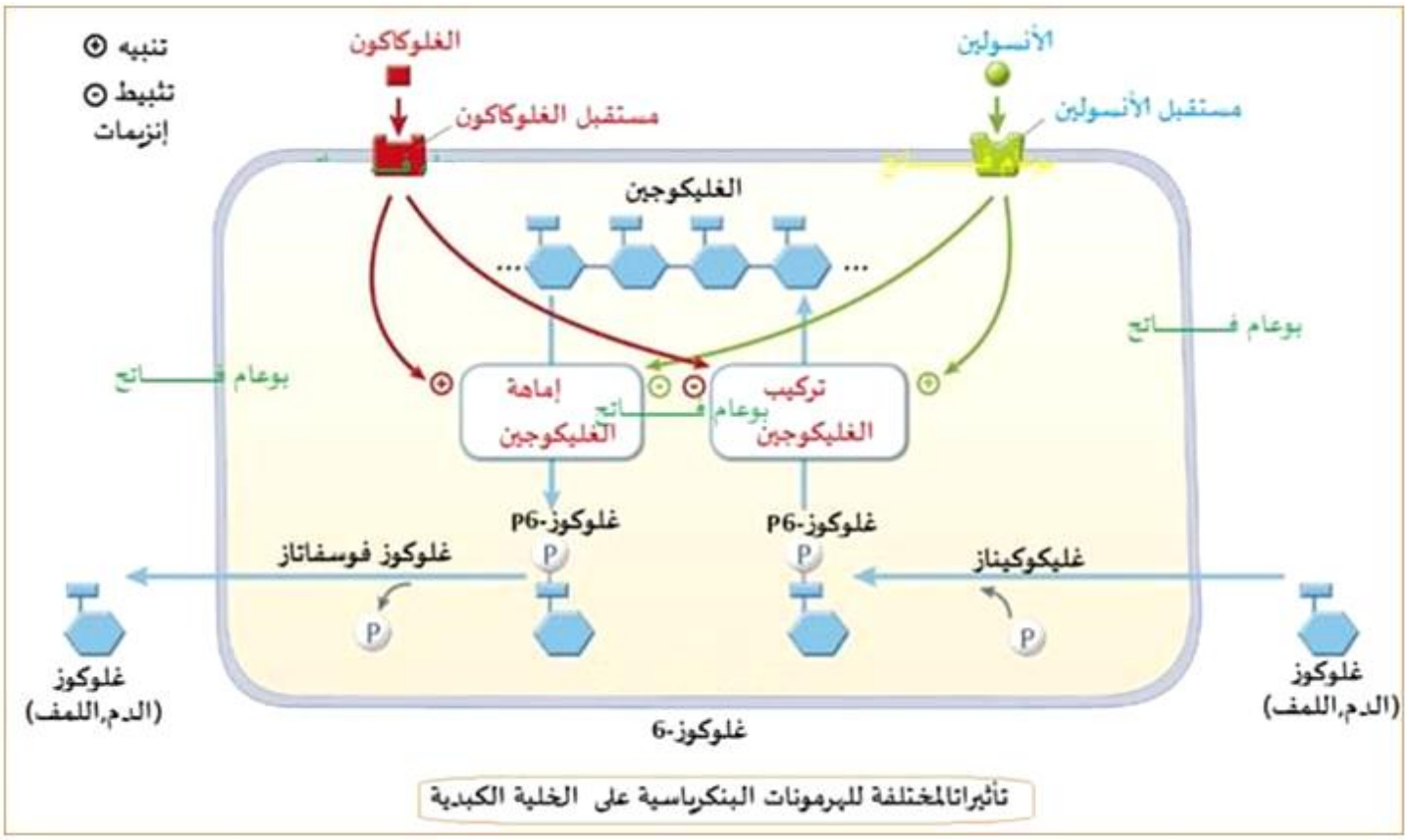
- تعمل هذه الآليات على التصدي للإفراط السكري، حيث تخفض نسبة السكر في الدم حتى تصبح عادية، و هكذا، يؤثر الجهاز المنظم على الجهاز المنظَم بالتصدي للإضطراب، و ذلك بتخزين الغلوكوز الفائض في الخلايا المنفذة، و تدعى هذه العملية **بـالمراقبة الرجعية السالبة**

### ب/ عمل الغلوكاغون

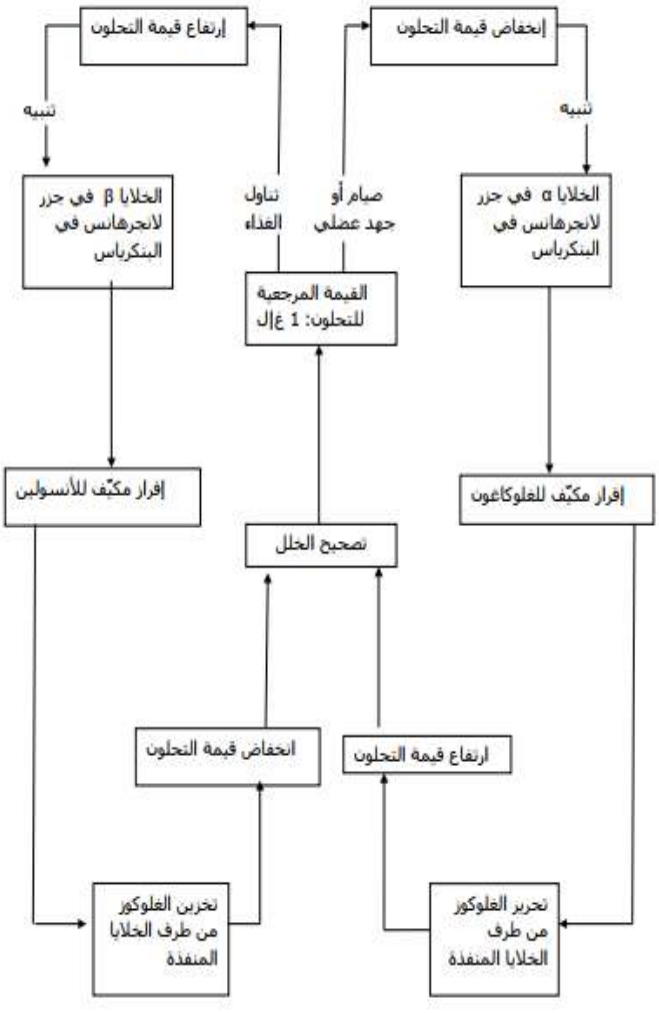
- يؤدي إنخفاض نسبة السكر في الدم نتيجة الصيام أو بذل مجهود عضلي قوي و متواصل إلى تنبيه الخلايا α في جزر لانجرهانس، فتستجيب بإفراز الغلوكاغون بكمية مناسبة لدرجة القصور السكري، فالرسالة الهرمونية مشفرة بتركيز الهرمون المفرز في الدم.
- ينقل هرمون الغلوكاغون عن طريق الدم (نقل خلطي) حتى يصل إلى المنفذات المتمثلة في الخلايا المستهدفة من طرفه (الخلايا التي تحمل مستقبلات غشائية نوعية للغلوكاغون) ألا و هي الخلايا الكبدية و الخلايا الدهنية، فيؤثر عليها و يغيّر من نشاطها، حيث:

- ينشط إماهة الغليكوجين إلى غلوكوز، في الخلايا الكبدية، فيطرح هذا الغلوكوز في الدم مما يؤدي إلى رفع نسبة السكر في الدم، حتى تصبح عادية.
- نشط إماهة الدسم، في الخلايا الدهنية، إلى كحول عضوي (غليسرول) و أحماض دسمة تطرح في الدم، فتنتقل إلى الكبد حيث تحوّل إلى غلوكوز الذي يطرح بعد ذلك في الدم ليرفع قيمة التحلون حتى تصبح عادية.

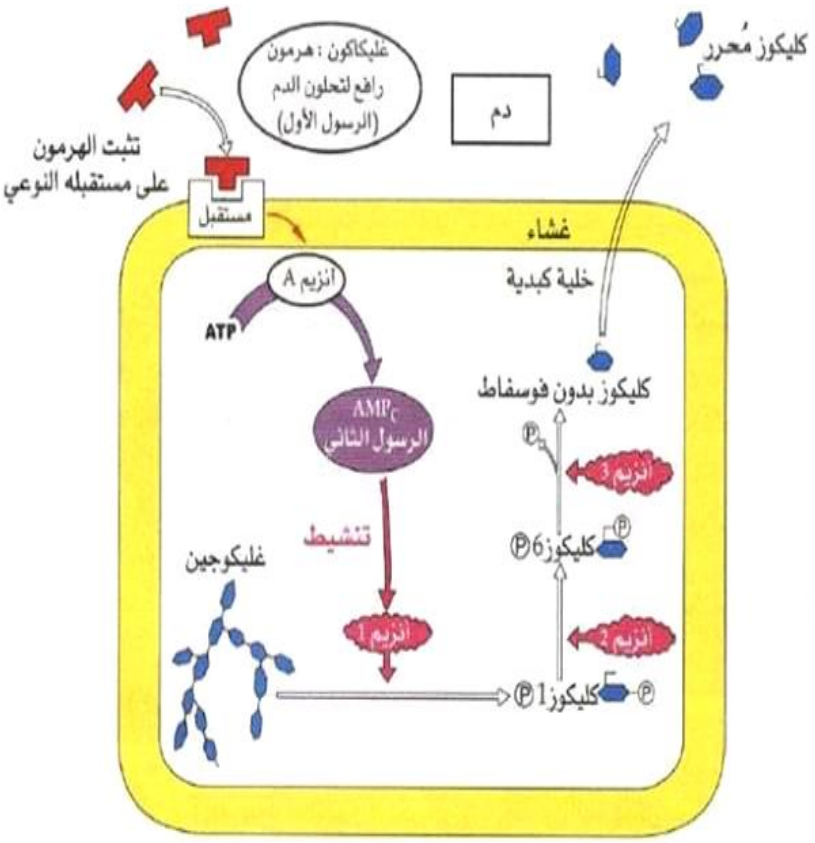
- تعمل هذه الآليات على التصدي للقصور السكري، حيث ترفع نسبة السكر في الدم حتى تصبح عادية و هكذا، يؤثر الجهاز المنظم على الجهاز المنظَم بالتصدي للإضطراب، و ذلك بتحرير الخلايا الكبدية الخلايا المنفذة للغلوكوز في الدم ، و تدعى هذه العملية **بـالمراقبة الرجعية السالبة**




تأثيراتالمختلفة للهرمونات البنكرياسية على الخلية الكبدية




{مخطط يبيّن حلقتي تنظيم التحلون}




- لا يوجد الأنزيم 3 إلا عند الخلايا الكبدية، فهي الخلايا الوحيدة التي تُحرر الكليكوز في الدم.
- يحول الأنزيم A جُزيئة ATP إلى AMPc.

Ⓟ : فوسفاط.