

Unterrichtsgang Hormone der Bauchspeicheldrüse - „Molekulare Mechanismen der intrazellulären Hormonwirkung“

Vorbemerkungen

Der Unterrichtsgang greift die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler aus der Mittelstufe (Bildungsstandards der Klasse 7-8, siehe Material der ZPG 7-8: https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2016/fb8/4_info/2_hormone/) auf und erweitert sie um die molekulare Wirkungsweise der Hormone Insulin und Glucagon in den für diese Hormone sensitiven Zellen unseres Körpers. Die Wirkungsvermittlung von Hormonen über im Zellplasma vorliegende Rezeptoren sowie die Regelung über die Hypothalamus-Hypophysen-Achse kann über den Unterrichtsgang Schilddrüsenhormone abgedeckt werden.

Sachanalyse und didaktische Reduktion

Sowohl Insulin als auch Glucagon wirken durch Bindung an membrangebundene Rezeptoren und lösen intrazellulär Signalkaskaden aus, welche Wirkungen auf die Anzahl der membrangebundenen Glukosekanäle, auf verschiedene Stoffwechselprozesse und auf die differentielle Expression verschiedener Gene ausüben.

Der exakte Verlauf der jeweiligen Signalkaskaden wird in der Literatur nicht immer auf die gleiche Weise beschrieben. Zudem werden identische Enzyme zuweilen mit verschiedenen Bezeichnungen versehen. Das hier verwendete Material bezieht sich auf die größten Übereinstimmungen zwischen den verwendeten Quellen. Einige Sachverhalte scheinen noch gar nicht vollständig geklärt zu sein. Beispielsweise findet sich kein Hinweis auf die exakte Wirkungsweise der intrazellulären Kaskade, die nach Insulin-Bindung am Rezeptor letztlich die Verschmelzung des Vorratsvesikels mit Glut-4-Glukosekanälen mit der Zellmembran (Glut-4-Translokation) auslöst. Einige der an diesem Mechanismus beteiligten Moleküle scheinen jedoch bekannt zu sein, so zum Beispiel die Proteinkinase B.

Über die fachlichen Unklarheiten hinaus wurden zur **didaktischen Reduktion** im Material einige Vereinfachungen vorgenommen, die vor allem den Zustand der Glukose im Cytoplasma und die Prozesse nach Bindung des Insulins am Rezeptor betreffen.

Zustand der Glukose im Cytoplasma

Die aus dem extrazellulären Medium aufgenommene Glukosemoleküle werden direkt in Glukose-6-Phosphat umgewandelt. Glukose-6-Phosphat wird durch die *Phosphoglucumutase* in Glukose-1-Phosphat umgebaut. Dieses wird durch *UDP-Glukose-Phosphorylase* zu UDP-Glukose umgewandelt, welches das Substrat der *UDP-Glykogensynthase* ist. Erst diese „aktivierte Form“ der Glukose kann an eine schon bestehende Glykogenkette angebaut werden.

Beim Abbau des Glykogens wird ein endständiges Glukosemolekül durch die *Glykogenphosphorylase* zunächst phosphoryliert und dann als Glukose-1-Phosphat abgespalten. Glukose-1-Phosphat wird in Glukose-6-Phosphat umgewandelt und dann unter Freisetzung von Phosphat in freie Glukose überführt. Diesen Schritt katalysiert das Enzym *Gluko-6-Phosphatase*. Freie Glukose liegt also eigentlich nur kurz nach der Aufnahme aus dem extrazellulären Raum oder als finales Abbauprodukt des Glykogens vor.

Im Material wird Glukose jedoch vereinfachend immer als freie, unveränderte Glukose dargestellt. Dementsprechend wird die *UDP-Glykogensynthase* nur als *Glykogensynthase* bezeichnet.

Prozesse am Insulinrezeptor nach Aktivierung der Signalkaskade

Die im Material dargestellten Prozesse nach Aktivierung der Signalkaskade sind fachlich stark vereinfacht, da sie suggerieren, dass sich Insulin einfach wieder vom Rezeptor löst. In insulinsensitiven Zellen wird der Bereich um den Hormon-Rezeptor-Komplex jedoch sofort nach Bindung weiträumig

endocytisiert. Das gebundene Insulin löst intrazellulär solange Signalakaskaden aus, bis es im Vesikel enzymatisch abgebaut und der in der Vesikelmembran verankerte Rezeptor wieder in die Zellmembran überführt wurde. Da hier aber (bildungsplangemäß) die WIRKUNGEN des Insulins im Vordergrund stehen, wurde auf diesen Aspekt nicht eingegangen.

Effekte von Insulin auf die differentielle Genexpression

Die in Folge der Insulinbindung am Rezeptor und der darauffolgenden Signalkaskade aktivierten Transkriptionsfaktoren beeinflussen vor allem die Expression von Genen für Enzyme des Glukose-, Protein- und Lipidstoffwechsels sowie Gene der Regulation von Zellwachstum und Zellvermehrung. Für die Schülerinnen und Schüler ist vor allem die erhöhte Expression von Genen für Schlüsselenzyme der Glykolyse (Phosphofruktokinase) und die damit einhergehende Steigerung des Glukoseabbaus nachvollziehbar. Allerdings ist die eukaryotische Genregulation über die Bildungsstandards nicht abgedeckt. Diese fordern lediglich die Behandlung prokaryotischer Genregulation. Daher ist kein Material zu diesem Aspekt erstellt worden.

Didaktisch-methodische Schwerpunkte

Formatives Assessment

Diagnose des Kenntnisstands der Inhalte aus den Bildungsstandards 7-8 mithilfe einer **Concept-Map**.

Binnendifferenzierung

Das Material zur Wirkungsweise von Insulin und Glucagon liegt in **zwei Niveaustufen** (A und B) vor. Differenziert wird hier über das fachliche Zielniveau. Während Material A nur auf die direkten Wirkungen von Insulin und Glucagon eingeht, wird die Aufgabenstellung in Material B durch den molekularen Gegenspielermechanismus der beiden Hormone an den Zielzellen erweitert. Die Abbildungen 2 und 3 sind daher im Niveau B etwas komplexer. Das Material ist entsprechend um eine Frage zum Gegenspielerprinzip auf molekularer Ebene erweitert (Frage 4, Material B). Alle anderen Fragestellungen entsprechen sich bei den beiden Niveaustufen.

Materialien

Material	Anmerkungen
Materialordner: 30100_hormone_der_bauchspeicheldruese	
<i>30100_dok_unterrichtsgang_hormone_bauchspeicheldruese</i>	Vorbemerkungen zu den Materialien „Hormone der Bauchspeicheldrüse“
<i>30101_dok_concept-map-hormone_7_8</i>	28 Begriffskärtchen zur Erstellung einer Concept-Map
<i>30102_p_loesungsvorschlag_concept-map-hormone_7_8</i>	Das Material enthält zwei verschiedene Lösungsvorschläge
<i>30103_dok_material_molekulare_mechanismen_der_intrazellulaeren_hormonwirkung_niveau_a</i>	Material zur intrazellulären Hormonwirkung ohne Gegenspielerprinzip (Grundniveau) mit Lösungsvorschlag
<i>30104_dok_material_molekulare_mechanismen_der_intrazellulaeren_hormonwirkung_niveau_b</i>	Material zur intrazellulären Hormonwirkung mit Gegenspielerprinzip (erhöhtes Niveau) mit Lösungsvorschlag

Unterrichtsgang - Hormone der Bauchspeicheldrüse

Phase	Inhalte	Sozialform, Medien
1. Stunde - Eingangsdiagnose		
Einstieg 10´	<ul style="list-style-type: none"> Aktivierung von Vorwissen zu Hormonen aus der Klasse 8 (Brainstorming) 	UG, TA
Erarbeitungsphase 30´	<ul style="list-style-type: none"> Erstellung einer Concept-Map mit ausgeschnittenen und laminierten Begriffskärtchen auf einem leeren DinA3-Blatt 	PA MAT
Sicherungsphase 15´	<ul style="list-style-type: none"> SuS stellen Ergebnisse im Plenum vor. Präsentation kann z.B. über Tablet (Foto) und Beamer erfolgen Zusätzliche Sicherung über Beispiellösung möglich 	UG,P
Phase	Inhalte	Sozialform, Medien
2. Stunde – Erarbeitung der molekularen Prozesse, Teil 1		
Problemstellung 5´	<ul style="list-style-type: none"> Einstieg über Concept-Map der letzten Stunde Was liegt dem Absinken des Blutzuckerspiegels durch Insulin und dem Anstieg des Blutzuckerspiegels durch Glukagon molekular zugrunde? 	UG
Erarbeitungsphase 25´	<ul style="list-style-type: none"> Binnendifferenziertes Arbeitsmaterial zu den Wirkmechanismen von Insulin und Glukagon Aufgaben zu Material 1 	PA, GA MAT,AB
Sicherungsphase 15´	<ul style="list-style-type: none"> Gemeinsame Besprechung der Ergebnisse der PA/GA 	P, UG
3. und 4 . Stunde – Erarbeitung der molekularen Prozesse, Teil 2		
Problemstellung 5´	<ul style="list-style-type: none"> WH: Was liegt dem Absinken des Blutzuckerspiegels durch Insulin und dem Anstieg des Blutzuckerspiegels durch Glukagon molekular zugrunde? 	UG
Erarbeitungsphase 55´	<ul style="list-style-type: none"> Binnendifferenziertes Arbeitsmaterial zu den Wirkmechanismen von Insulin und Glucagon 	EA, PA, GA MAT, AB
Sicherungsphase 1 20´	<ul style="list-style-type: none"> Gemeinsame Besprechung der Ergebnisse zu den in Niveau A und B identischen Aufgabenstellungen 	P, UG
Sicherungsphase 2 10´	<ul style="list-style-type: none"> Präsentation des molekularen molekularen Gegenspieler-Mechanismus durch SuS die Niveau B bearbeitet haben. 	P, UG

Lernvoraussetzungen

Die SuS benötigen als Lernvoraussetzung folgende Inhalte anderer inhaltsbezogener Kompetenzen der Kursstufe (Leistungsfach):

- Biomembran
- Transportmechanismen
- Osmose
- Proteine
- Enzyme
- Genregulation

Verwendete Abkürzungen

- AB: Arbeitsblatt
- EA: Einzelarbeit
- GA: Gruppenarbeit
- P: Präsentation
- PA: Partnerarbeit
- SuS: Schülerinnen und Schüler
- TA: Tafelanschrieb
- UG: Unterrichtsgespräch