



PÁZMÁNY

Pázmány Péter Katolikus Egyetem
Információs Technológiai és Bionikai Kar

JELÁTVITELI MECHANIZMUSOK A KÖZÉPISKOLAI BIOLÓGIA TANANYAGOKBAN, VERSENYEKBEN

2025.03.26.

Nagy Árpád

Középiskolai tanár

AZ ELŐADÁS ÁTTEKINTÉSE

- Érettségi követelményrendszer
- Kommunikáció és a biológia
- Szignáltranszdukció
- Receptorfehérjék
- Kémiai jelátvitel
- G-protein
- cAMP; cGMP
- Inozitol-foszfolipid út

Érettségi követelményrendszer

2.3.6. A sejtműködések szabályozása és a sejtek közötti kommunikáció	Kulcsfogalmak irányítás, vezérlés, szabályozás, „kell” érték, „van” érték, hibajel, jeladó (sejt), jel (elektromos jel, kémiai anyagok), csatorna (testfolyadék, szinapszis), receptor (jelfogó)	Kulcsfogalmak sejtfelszíni receptor, sejten belüli receptor, sejten belüli (másodlagos) hírvivők (cAMP, Ca ²⁺), kinázok, G-fehérje, foszforiláció, jelerősítés.
	Gondolkodási művelet Értelmezze leírt példa alapján a sejten belüli és a sejtek közötti jelforgalmi hálózatok biológiai jelentőségét a sejt működésének szabályozásában, a sejtek közötti kommunikációban. Ismertesse, hogy a sejt hogyan válaszolhat külső és belső ingerekre (sejten belüli anyag koncentráció változása, működésének megváltozása: alak-, anyagcsere- vagy elektromos változás, elválasztás, génátírás).	Gondolkodási művelet Elemezze leírt példa alapján a sejten belüli és a sejtek közötti jelforgalmi hálózatok biológiai jelentőségét a sejt működésének szabályozásában, a sejtek közötti kommunikációban. <i>Magyarázzon rajzolt ábra segítségével jelátviteli mechanizmust az adrenalin (glikogénbontó enzimre) és a glukokortikoidok (transzkripcióra) gyakorolt hatásának példáján.</i>

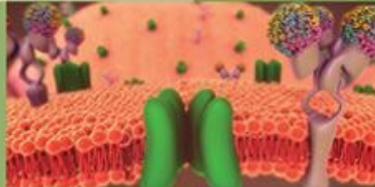
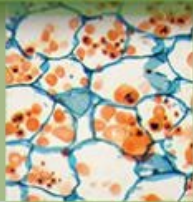
4.8.1.9. Látás	Kulcsfogalmak szemgödör, szemöldök, szempilla, szemhéj, kötőhártya, könnymirigy, könnycsatorna, szemgolyó, ínhártya, szaruhártya, szemcsarnok, csarnokvíz, szemlencse, lencsefüggesztő rostok, sugártest, sugárizom, érhártya, ideghártya, üvegtest, látóideg, szemmozgató izmok, pupilla-reflex, akkomodációs reakció, szemhéjzáró-reflex	Kulcsfogalmak rodopszin, retinal, jelátviteli folyamat, csapok, pálcikák, bipoláris neuronok, dúcsejtek, látóideg, látóidegkereszteződés, látópálya, talamusz, látókéreg, dioptria, leképezési törvény, redukált szemmodell
	Gondolkodási művelet Ismertesse és ábrán ismerje föl a szem alapvető és járulékos részeit, magyarázza ezek működését, a	Gondolkodási művelet Magyarázza a csapok, pálcikák szerepét a látás folyamatában.

6.3.5. Bioinformatika		Kulcsfogalmak bioinformatika
		Gondolkodási művelet Mutassa be a bioinformatika céljait, hozzon példákat alkalmazási területeire. Értelmezzén megadott adatok vagy ábra alapján evolúciós leszármazási kapcsolatokat, jelátviteli hálózati modellt, készítsen törzsfát, keressen összefüggést a betegségek és gének között.



OKTATÁSI
HIVATAL

NAT
2020



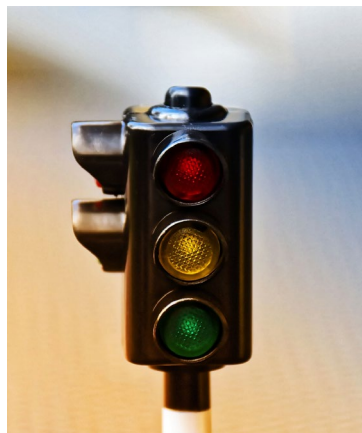
Gyűjtemény a
Biológia
emelt szintű oktatásához



KOMMUNIKÁCIÓ



KOMMUNIKÁCIÓ



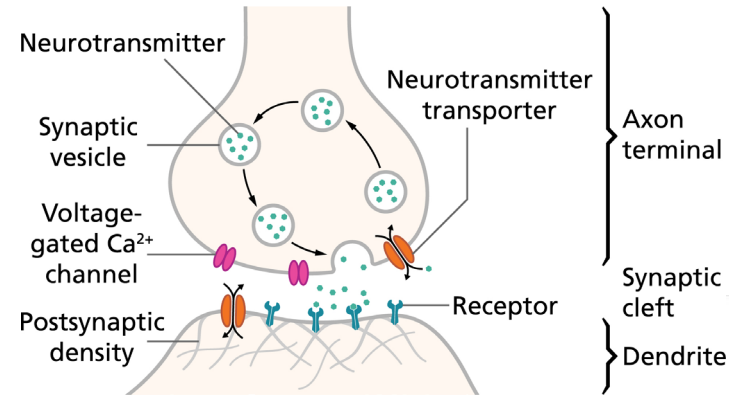
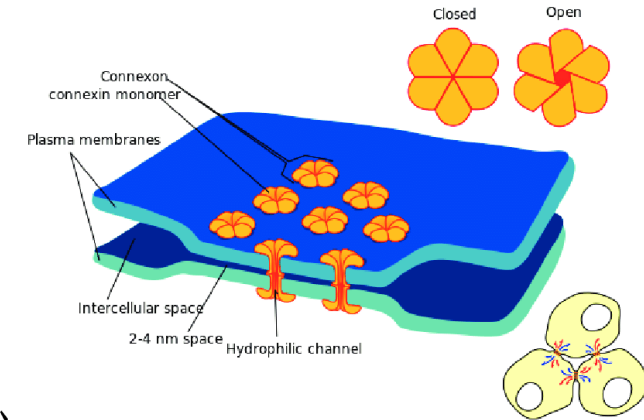
csicskalájk

leoffol

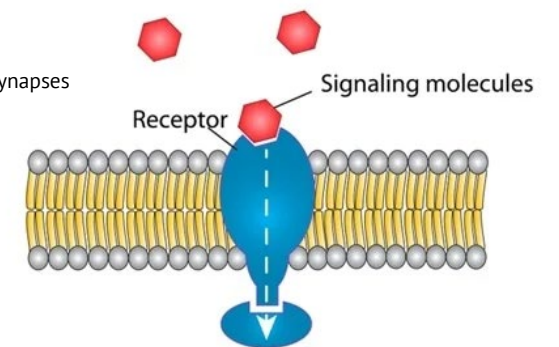
GG

MIÉRT FONTOS A JELÁTVITEL?

- A **cél** megértetni, hogy a sejtek közötti kommunikáció elengedhetetlen az életfolyamatok szabályozásához.



<https://qbi.uq.edu.au/brain-basics/brain/brain-physiology/action-potentials-and-synapses>



Signal transduction

<https://www.news-medical.net/life-sciences/Signal-Transduction-An-Overview.aspx>

A legfontosabb jelátviteli mechanizmusok

JELÁTVITEL ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI

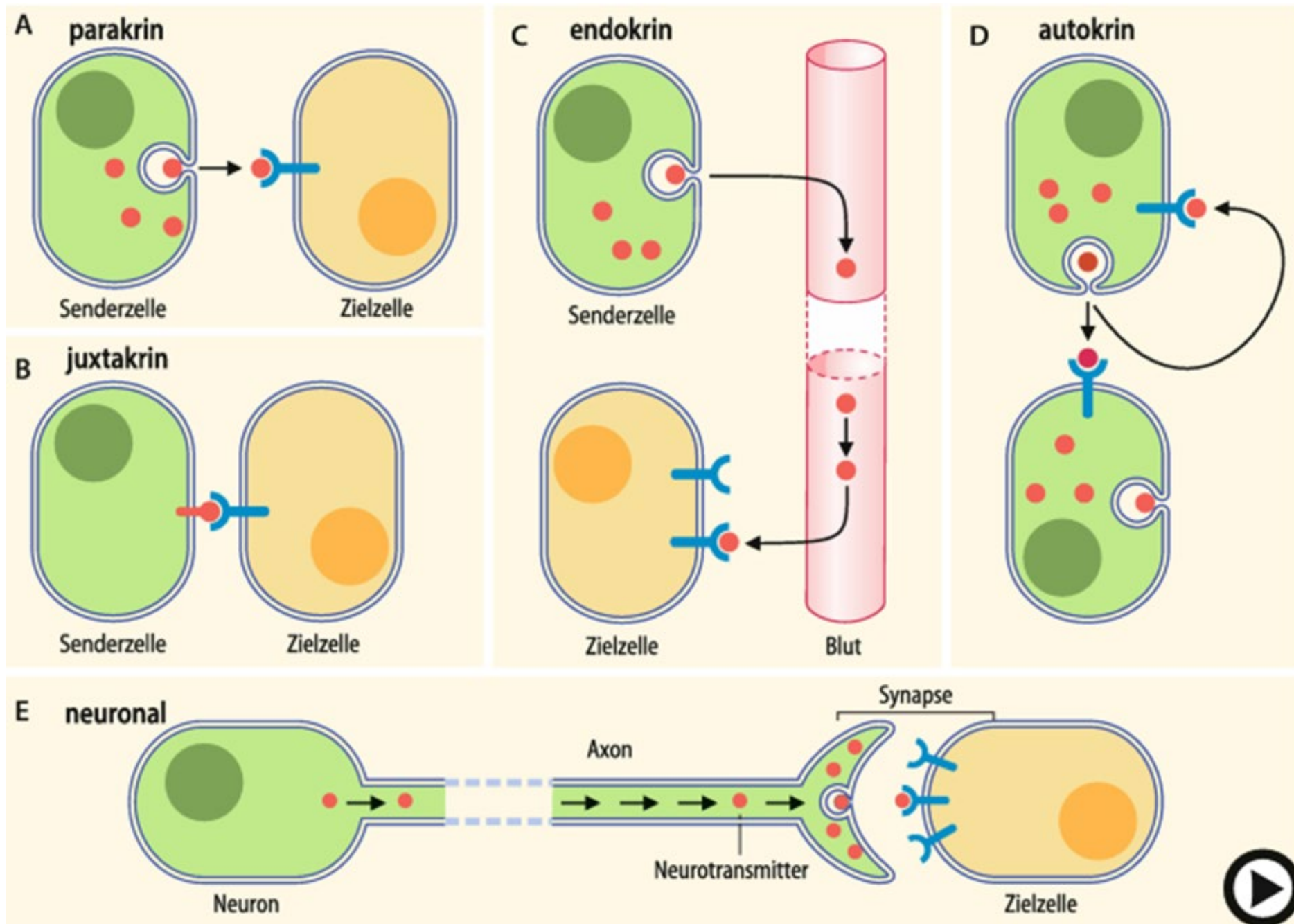
- Redundancia
- Pleiotrópia
- Amplifikáció
- Jeltermináció

JELÁTVITEL EREDMÉNYE

- Anyagcsereváltozás
- Strukturális változás
- Génexpresszió

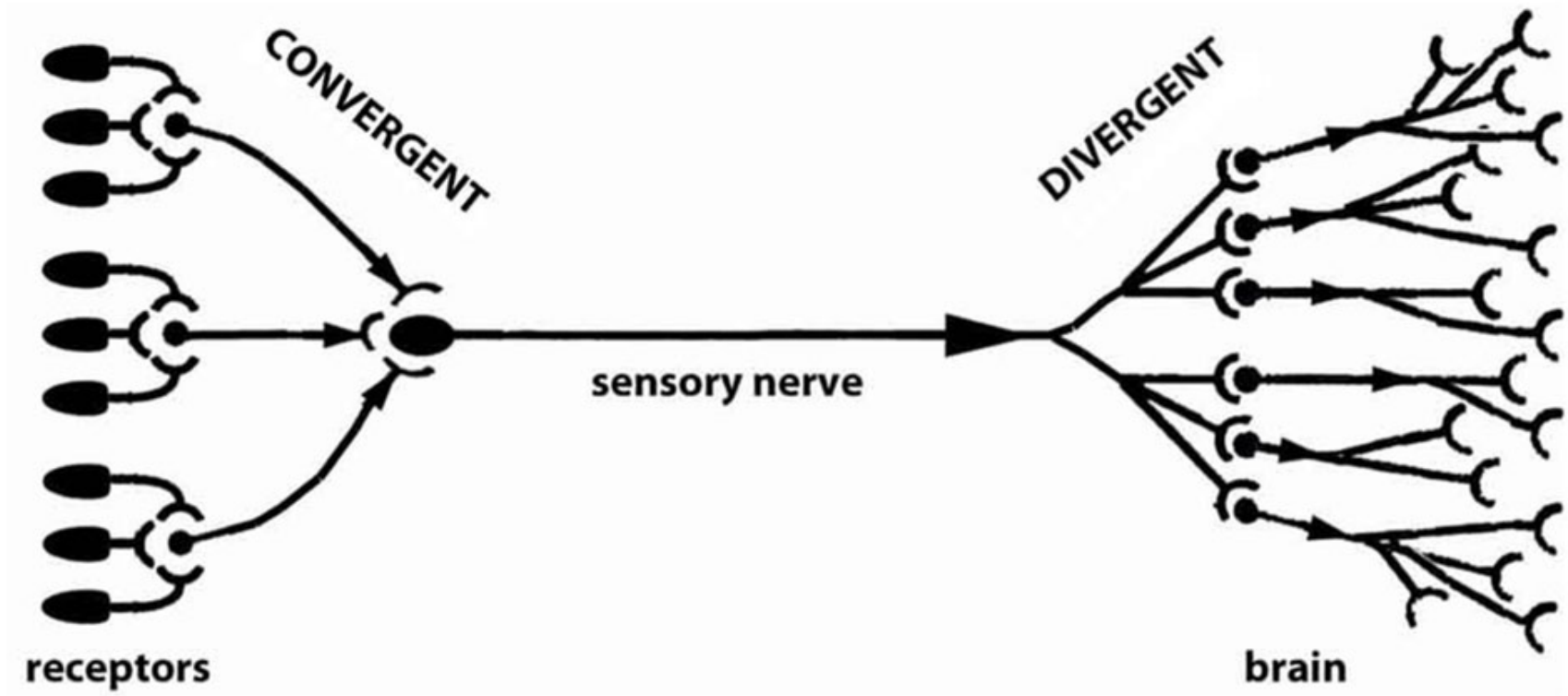
ÁLTALÁNOS JELÁTVITELI UTAK

- Endokrin
- Parakrin
- Autokrin
- Juxtakrin
- Interkin



JELÁTVITELI HÁLÓZATOK

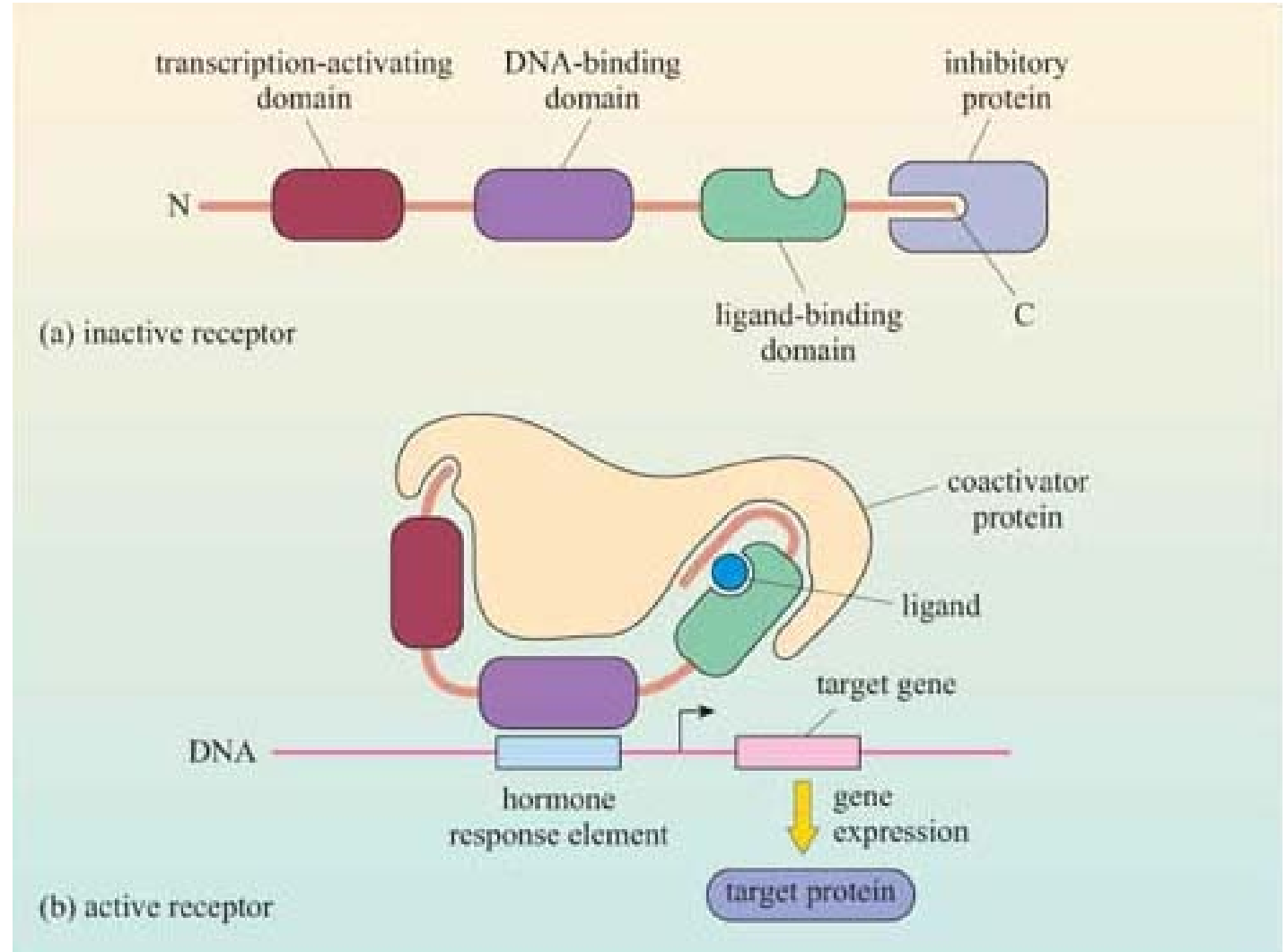
Divergens, konvergens



RECEPTORFEHÉRJÉK

Intracelluláris receptorok

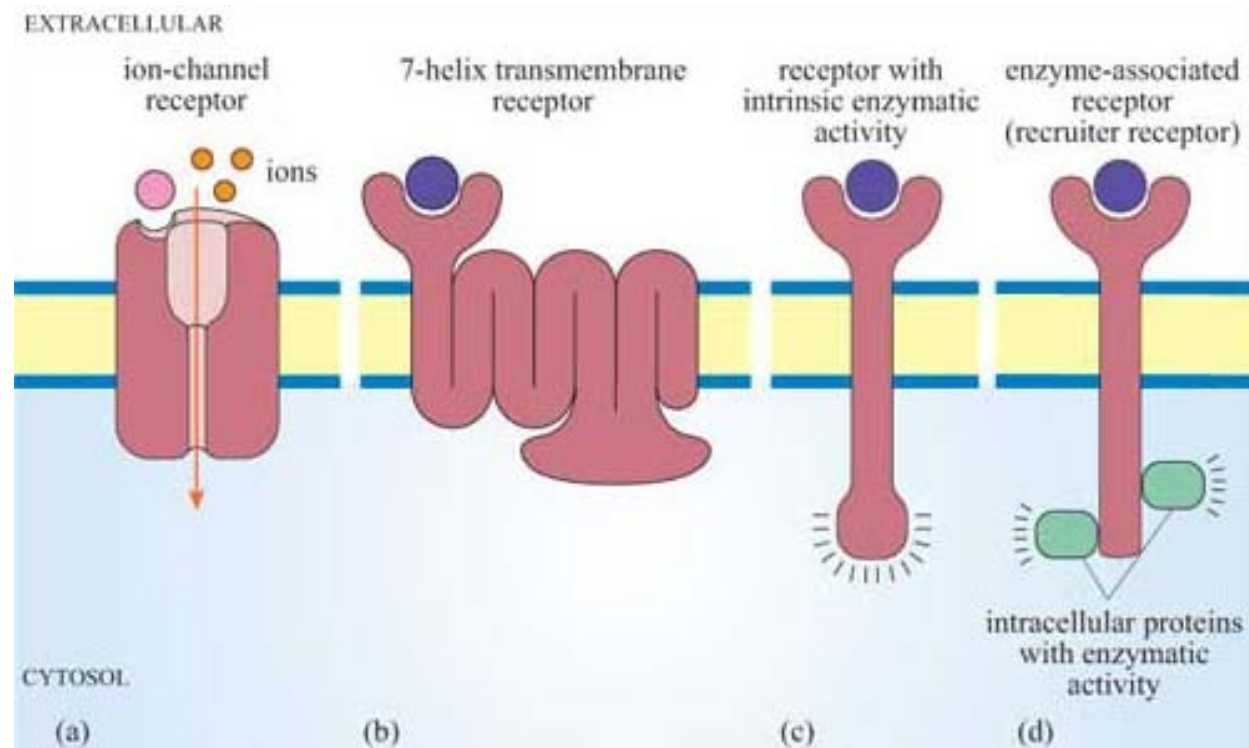
- Hidrofóbok
- Citosolban, sejtmagban
- Ligand-receptor komplex



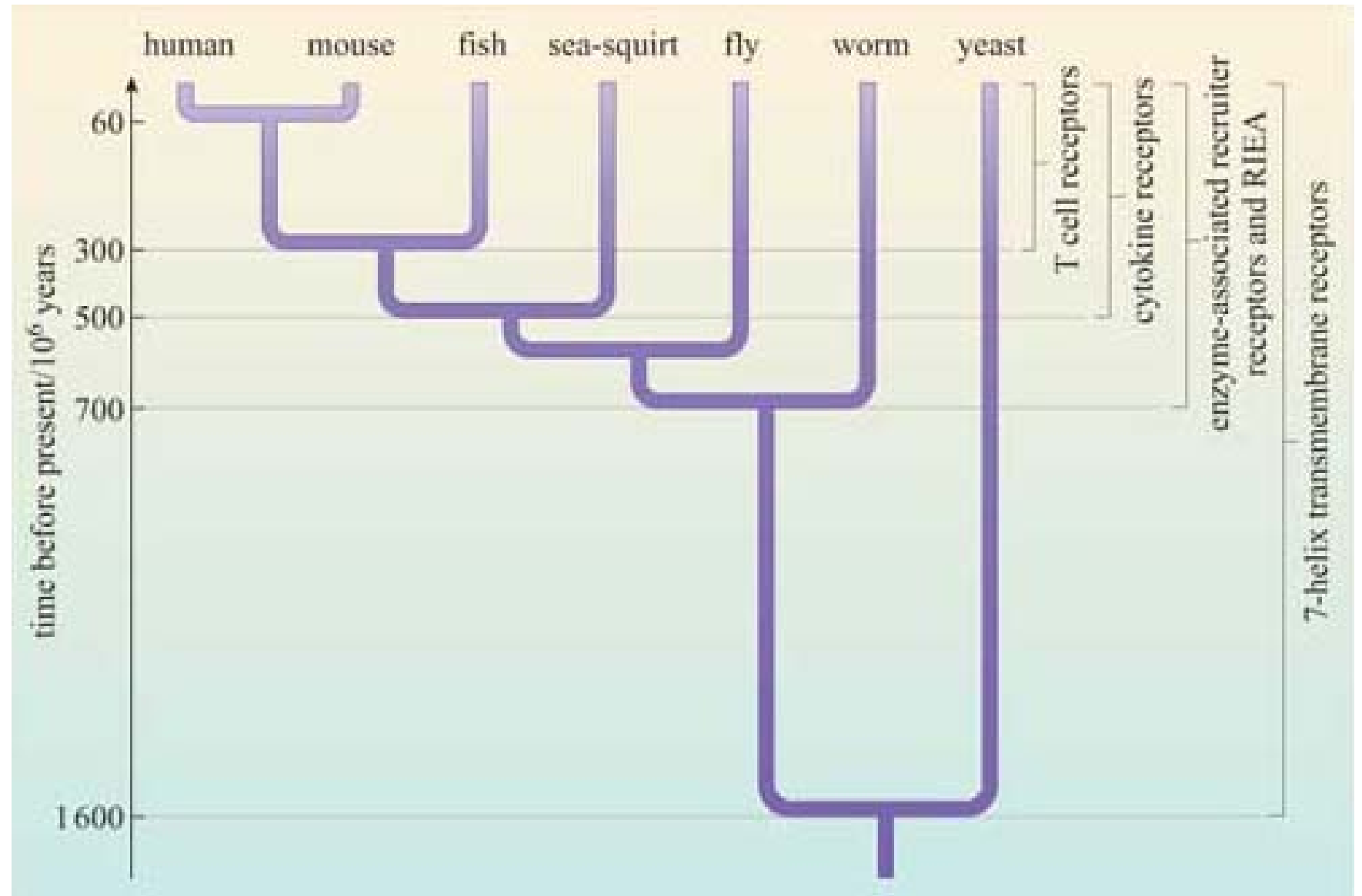
RECEPTORFEHÉRJÉK

Sejtfelszíni receptorok

- Hidrofil
- Sejthártyában
- Általában nagyméretű peptidek
- Csoportjai:
 - Ioncsatorna receptorok
 - G – protein
 - Katalitikus receptorok
 - Tirozin proteinkináz

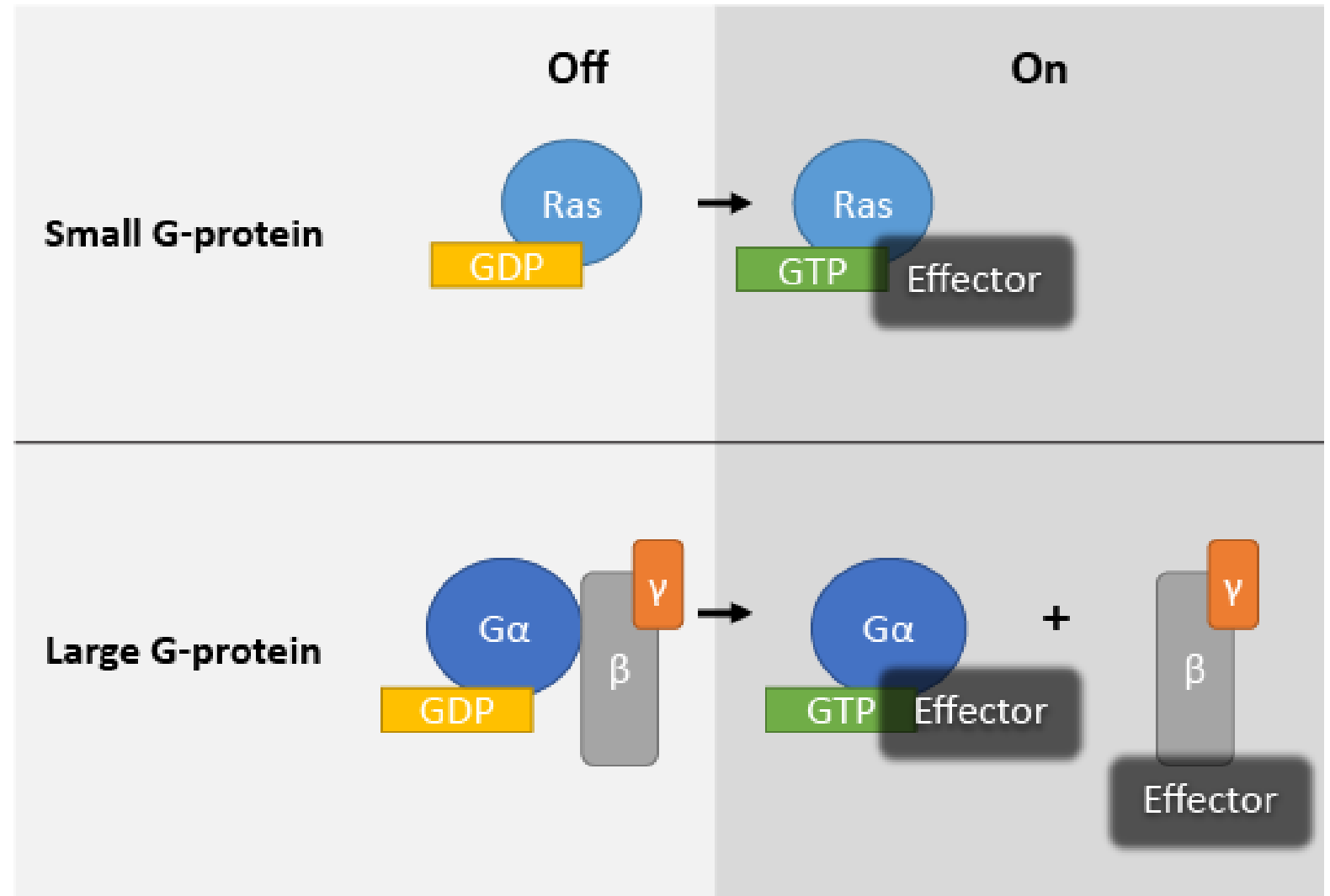


RECEPTORFEHÉRJÉK EVOLÚCIÓJA



G - PROTEIN

Monomer, heteromer



MI AZ A G-PROTEIN?

- Olyan jelátviteli fehérje, amely a sejtmembrán belső oldalán található.
- Nevüket a GTP (guanozin-trifoszfát) nevű molekuláról kapták, amelyhez kötődve aktiválódnak.
- G-fehérjéhez kapcsolt receptorokhoz (GPCR) kapcsolódnak, amelyek a sejtmembránon helyezkednek el.

G - PROTEIN

Működésük általános lépései

- Ligand kötődik a GPCR-hez (pl. hormon, neurotranszmitter).
- A GPCR aktiválja a G-fehérjét, amely GDP-t cserél GTP-re.
- Az aktív G-fehérje szétesik alegységekre (általában α és $\beta\gamma$), amelyek továbbítják a jelet más molekulák felé (pl. enzimek, ioncsatornák).
- A GTP hidrolizálódik GDP-re, ezzel a G-fehérje visszatér az inaktív állapotba.

G - PROTEIN

Szerepük a sejten belüli folyamatokban

- Szabályozzák:
 - Adenilát-cikláz $\rightarrow$ cAMP termelés
 - Foszfolipáz C $\rightarrow$ IP₃ és DAG képződés
 - Ioncsatornák nyitása/zárása

G - PROTEIN

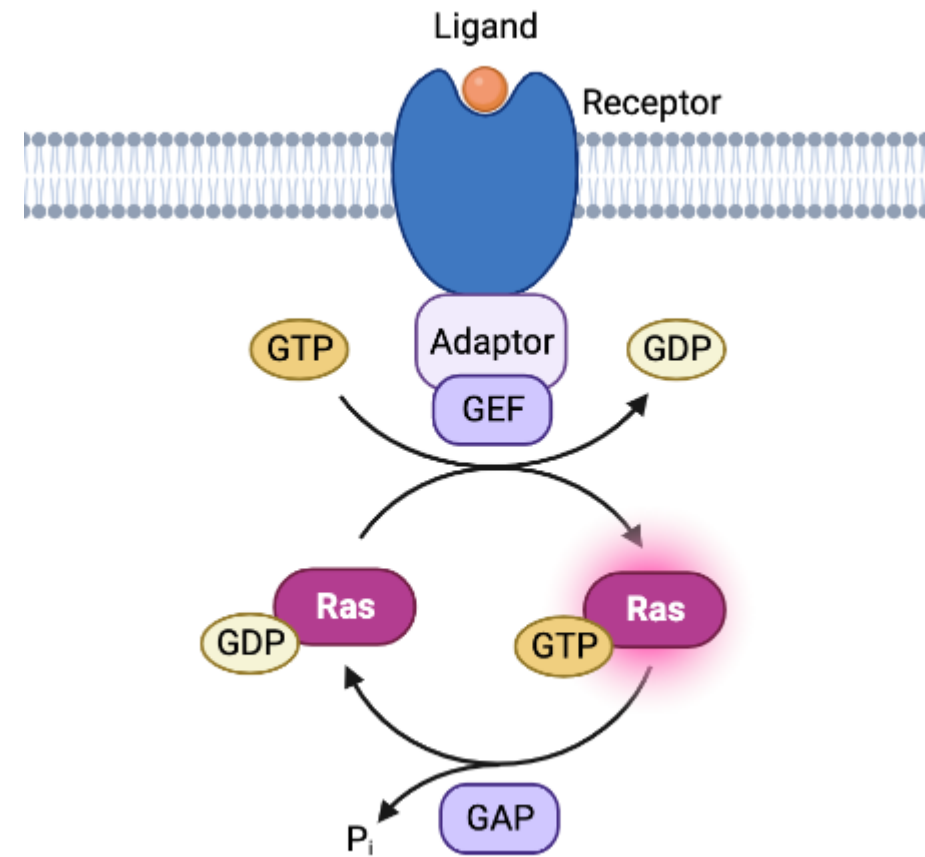
Klinikai jelentőség

- Számos gyógyszer a GPCR-eken keresztül fejti ki hatását.
- G-fehérje hibák betegségekhez vezethetnek (pl. daganatok, anyagcserezavarok)
-

	Gyógyszernév	Célreceptor (GPCR)	Hatás	Alkalmazás
1	Cetirizin	H1-hisztamin receptor	Allergiás reakciók csökkentése	Allergia, szénanátha
2	Haloperidol	D2-dopamin receptor	Dopamin gátlás → pszichózis tünetek enyhítése	Skizofrénia, pszichózis
3	Morfin	μ -opioid receptor	Fájdalomcsillapítás	Erős fájdalom
4	Metoprolol	β 1-adrenerg receptor	Szívfrekvencia és vérnyomás csökkentése	Magas vérnyomás, szívbetegség
5	Adrenalin	α 1, β 1, β 2-adrenerg receptorok	Életmentő hatás anafilaxiában, szívstimuláció	Anafilaxia, szívmegállás

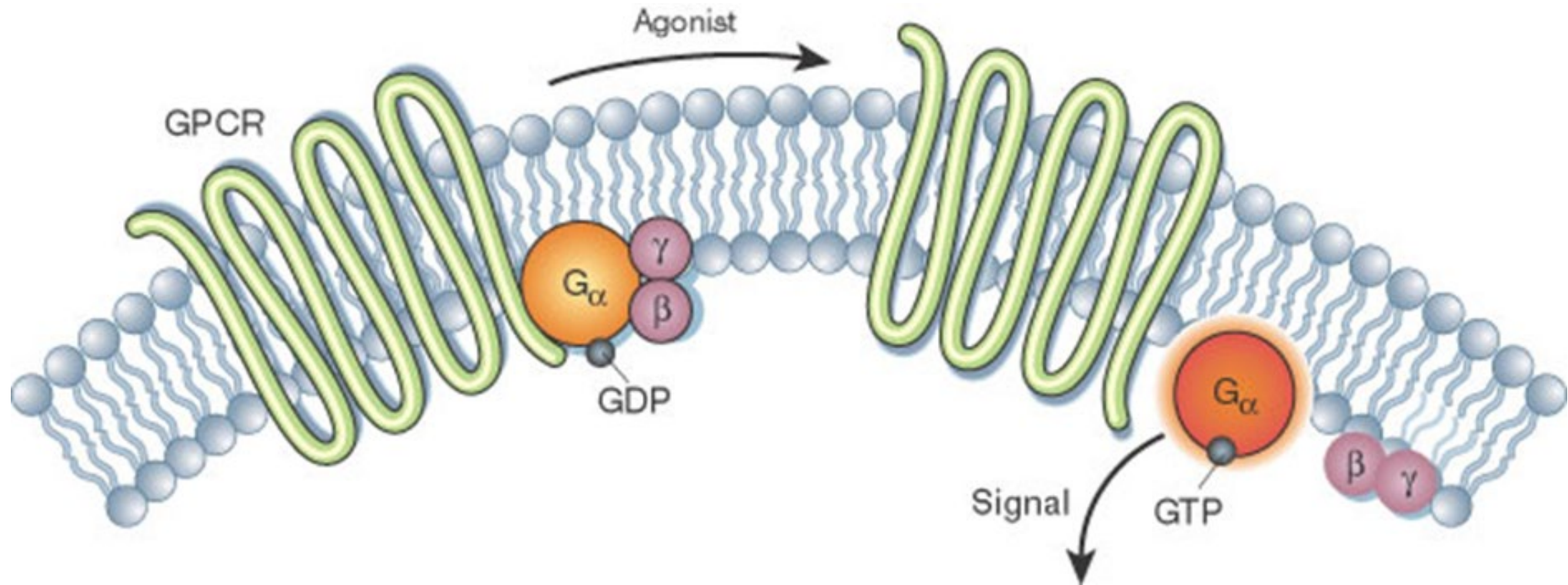
G – PROTEIN - RAS

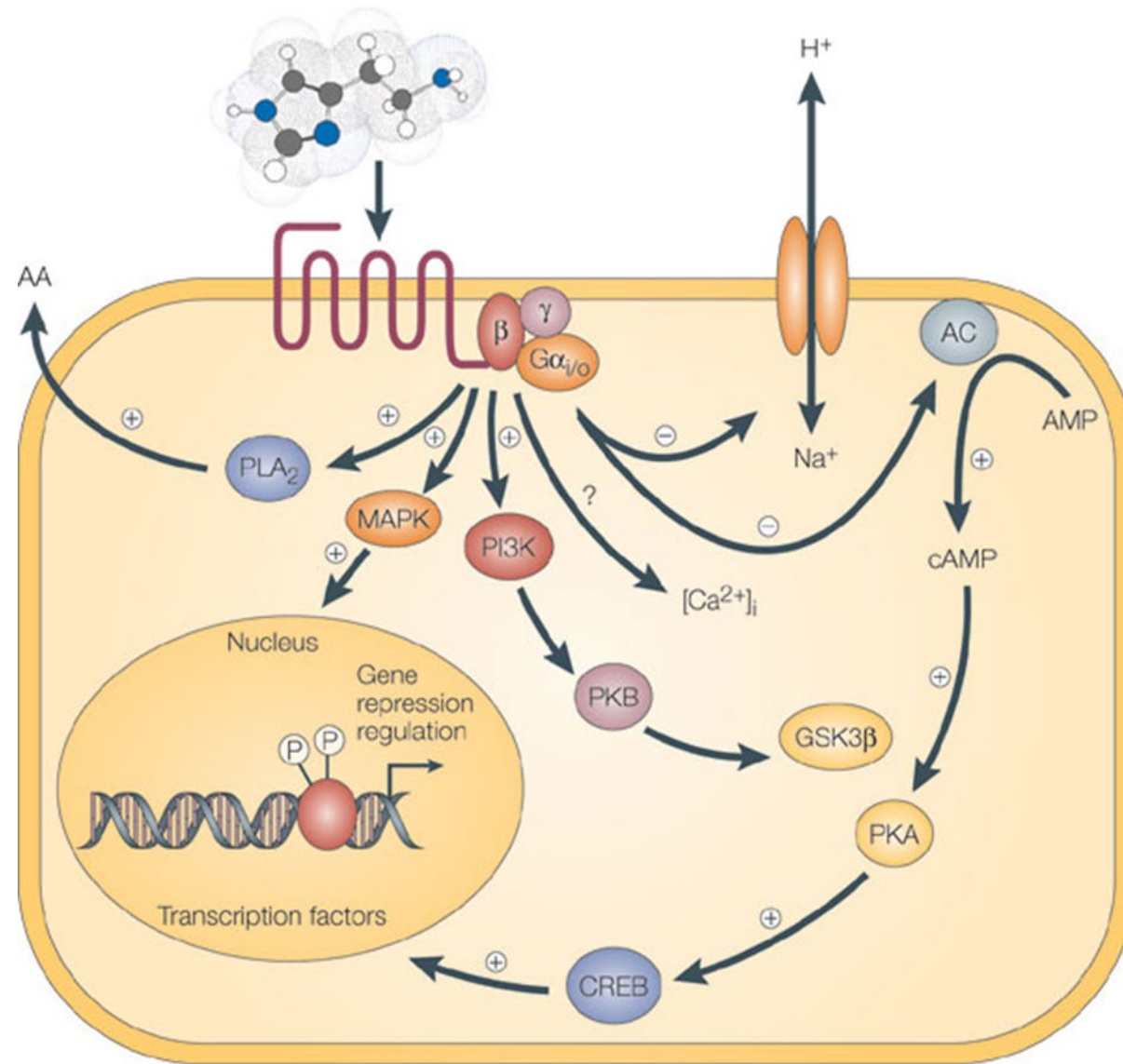
monomer



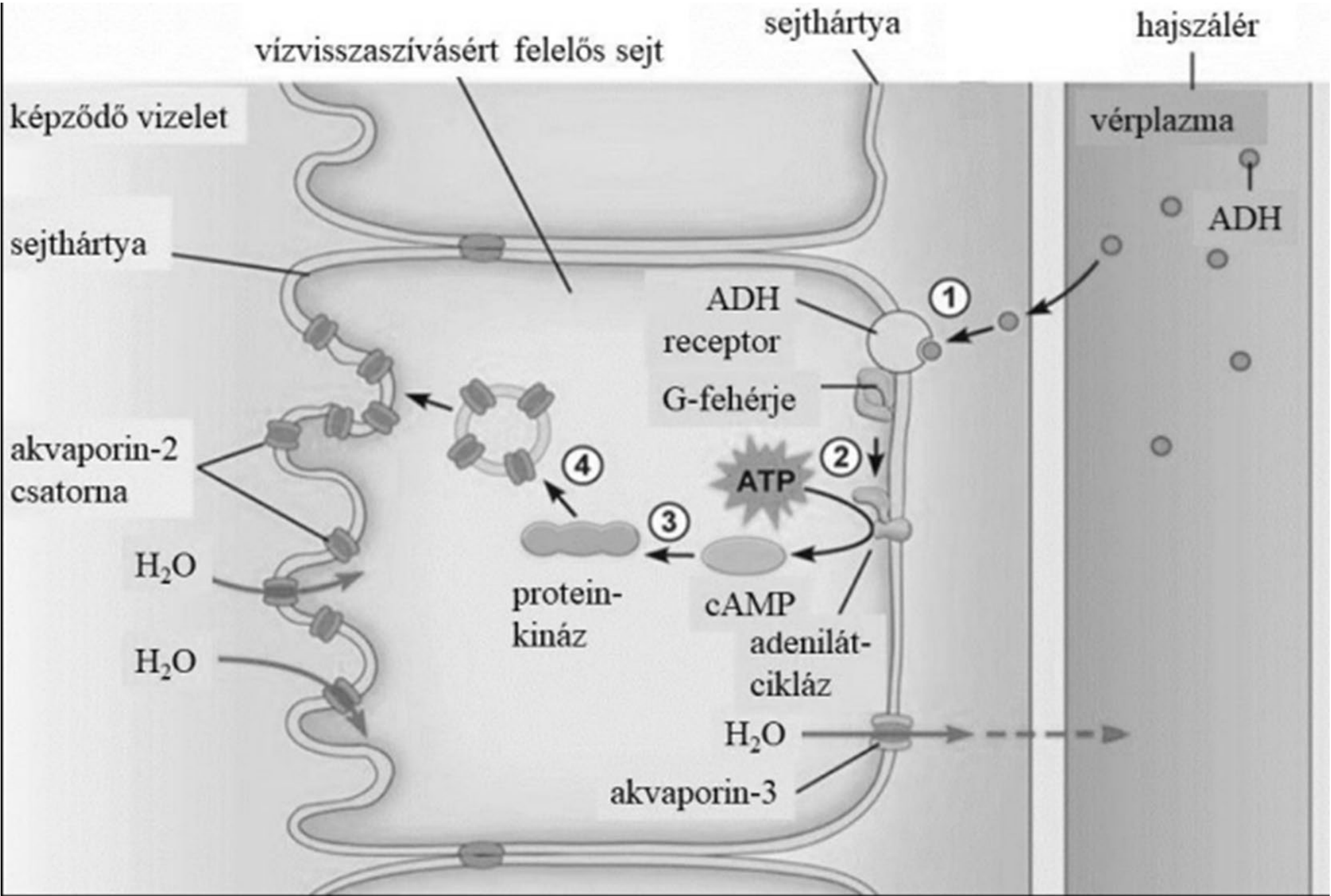
G – PROTEIN

heteromer





OKTV
2. Kategória,
2022/2023



AQUAPORINOK

Lenyűgöző Canalis aquae

- Az aquaporinok speciális membránfehérjék.
- Feladatuk: vízmolekulák gyors és szelektív áteresztése a sejtmembránon keresztül.
- 1992-ben fedezték fel (Peter Agre Nobel-díjat kapott érte 2003-ban).
- Szinte minden élőlényben megtalálhatók: emberek, állatok, növények, baktériumok.
- Emberekben: vese, agy, szem, vörösvértestek, növényi gyökerek.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

VIII. Az akvaporin

10 pont

A kutatók régóta keresték azokat a „pórusokat”, amelyek a sejtmembránok fokozott vízáteresztéséért felelősek. Peter Agre vörösvértestek membránfehérjéinek vizsgálata közben talált rá egy addig le nem írt fehérjére, és arra a következtetésre jutott, hogy ez lehet a keresett vízcsatorna.

2023. május 16.

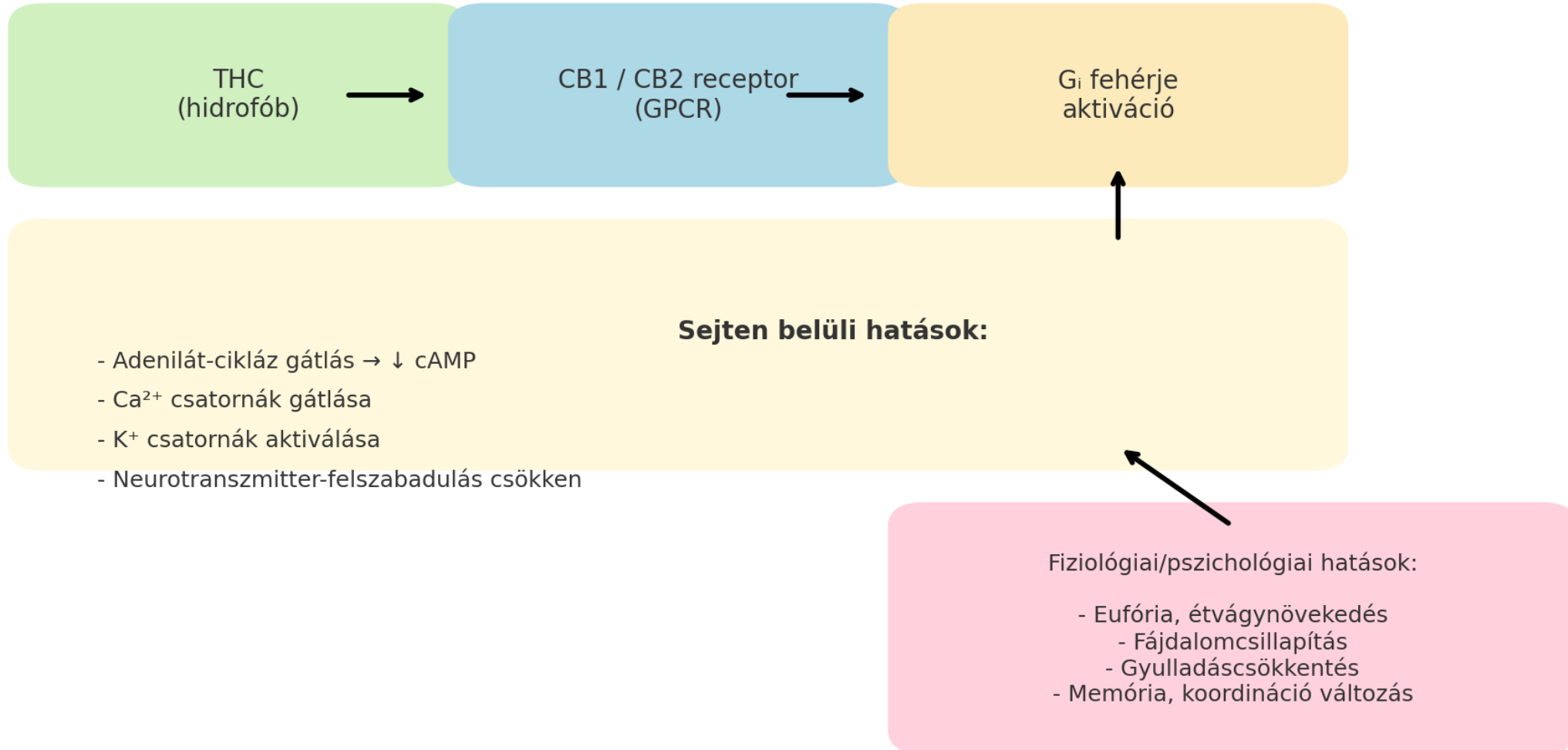
Akvaporinoknak nevezte el ezeket a fehérjéket. Ezek sokkal nagyobb mértékben engedik át a vizet a membránon, mint a foszfolipid réteg, ugyanakkor az ionokat nem engedik át. A víztranszport hajtóereje a membrán két oldala közti koncentrációkülönbség.

1. Milyen módon vesz részt a víz transzportjában az akvaporin? A helyes válaszok betűjelét írja a négyzetekbe! (2 pont)

- A) Aktív transzportot tesz lehetővé.
- B) Diffúziót tesz lehetővé.
- C) Passzív transzportot tesz lehetővé.
- D) ATP-igényes transzportot tesz lehetővé.
- E) Endo- és exocitózist tesz lehetővé.

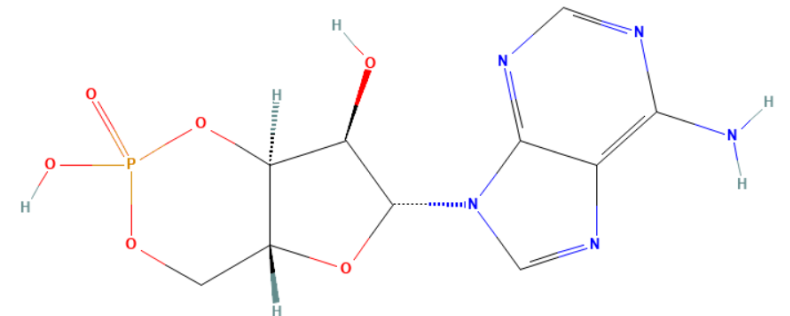
--	--

THC HATÁSMECHANIZMUSA A G-FEHÉRJÉKEN KERESZTÜL



MI AZ A cAMP?

- Másodlagos hírvivő molekula (second messenger)
- Teljes neve: ciklikus adenzin-monofoszfát
- ATP-ből képződik az adenilát-cikláz nevű enzim segítségével



cAMP PATHWAY

Jelátvitel lépései (aktivációs útvonal)

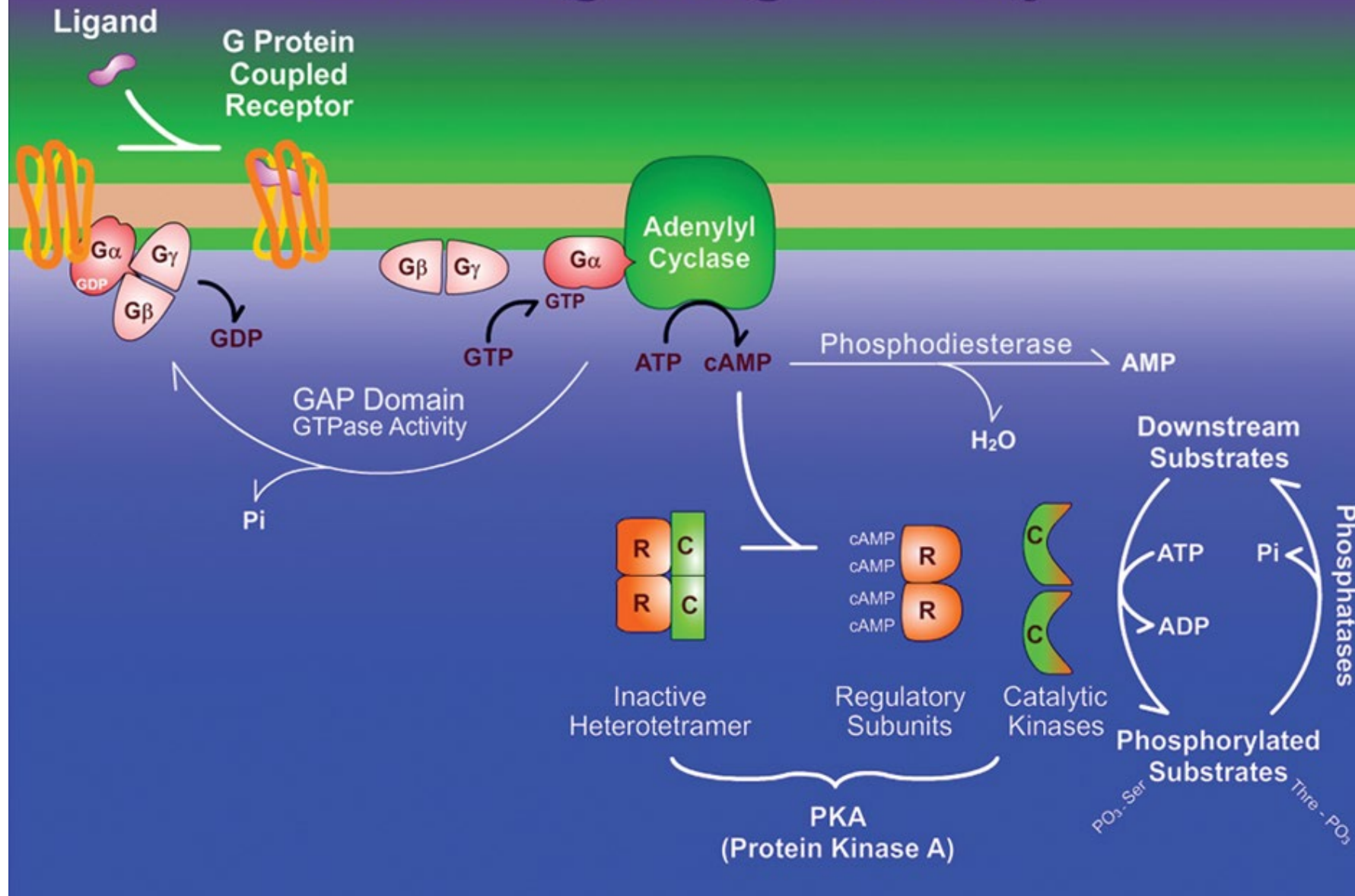
- Ligand (pl. hormon) kötődik egy G-fehérjéhez kapcsolt receptorhoz (GPCR) a sejtmembránon.
- A receptor aktiválja a $G_{\alpha s}$ fehérjét ($G_{\alpha s}$ alegység).
- A $G_{\alpha s}$ fehérje aktiválja az adenilát-cikláz enzimet.
- Adenilát-cikláz ATP-ből cAMP-t termel.
- A cAMP aktiválja a PKA-t (protein kináz A).
- A PKA foszforilál célfehérjéket → változások a sejt működésében.

cAMP PATHWAY

cAMP hatásai a sejten belül

- Metabolikus szabályozás (pl. glikogénlebontás a májban)
- Gének szabályozása (PKA a sejtmagba jutva aktiválhat transzkripciós faktorokat)
- Ioncsatornák működésének módosítása
- Izomösszehúzódás, szívritmus szabályozása

cAMP Signaling Pathway



6. Melyik sor írja le helyesen a megvilágított fotoreceptorban végbemenő folyamatokat?
Válassza ki a helyes válasz betűjelét!

(↑ nő, ↓ csökken, = állandó)

	GC aktivitás	PDE aktivitás	cGMP koncentráció	Glutaminsav koncentrációja a szinaptikus résben
A.	=	↑	↑	↑
B.	=	↑	↓	↓
C.	↓	↑	↓	↑
D.	↓	↑	↓	↓
E.	=	↓	↑	↓

A retina sejtjeiből elvezetett elektromos ingerületek tanulmányozása során kiderült, hogy ellentétben a fotoreceptorsejtekkel és a bipoláris sejtekkel, a dúcsejtek akciós potenciál generálására képesek. Aktiválásukat az akciós potenciál frekvencia növekedése, gátlásukat csökkenése kíséri. A bipoláris sejtek és a dúcsejtek között levő szinapszisban szintén glutaminsav az ingerületátvivő anyag. A következőkben a csapokból kiinduló jeltovábbítás ún. vertikális útját ismerjük meg.

cAMP PATHWAY

cAMP szignáltranszdukció klinikai jelentősége

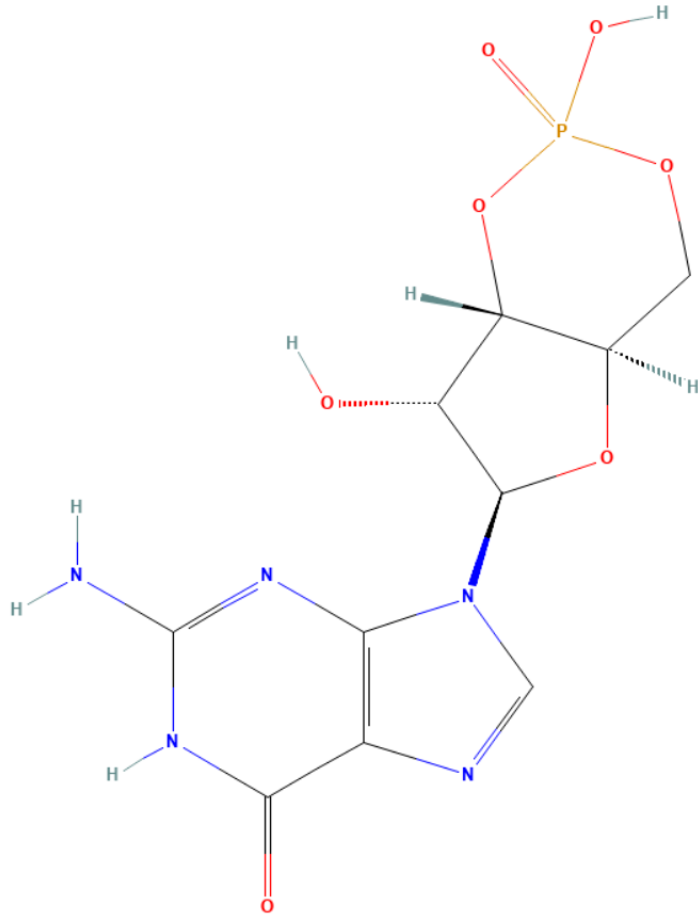
- Béta-agonisták (pl. salbutamol, asztmára):
- Béta-blokkolók (pl. propranolol, vérnyomáscsökkentés):
- Foszfodiészteráz-gátlók (pl. koffein, teofillin):

24. A laktóz operon kutatása során kiderült, hogy a struktúrgének transzkripciójához az is szükséges, hogy nagyon alacsony legyen a sejtben a glükóz koncentráció. Ismert, hogy a baktériumsejt glükóz- és egy cAMP nevű nukleotid típusú molekula koncentrációja fordítottan arányos. Ez alapján mely állítások lehetnek igazak?

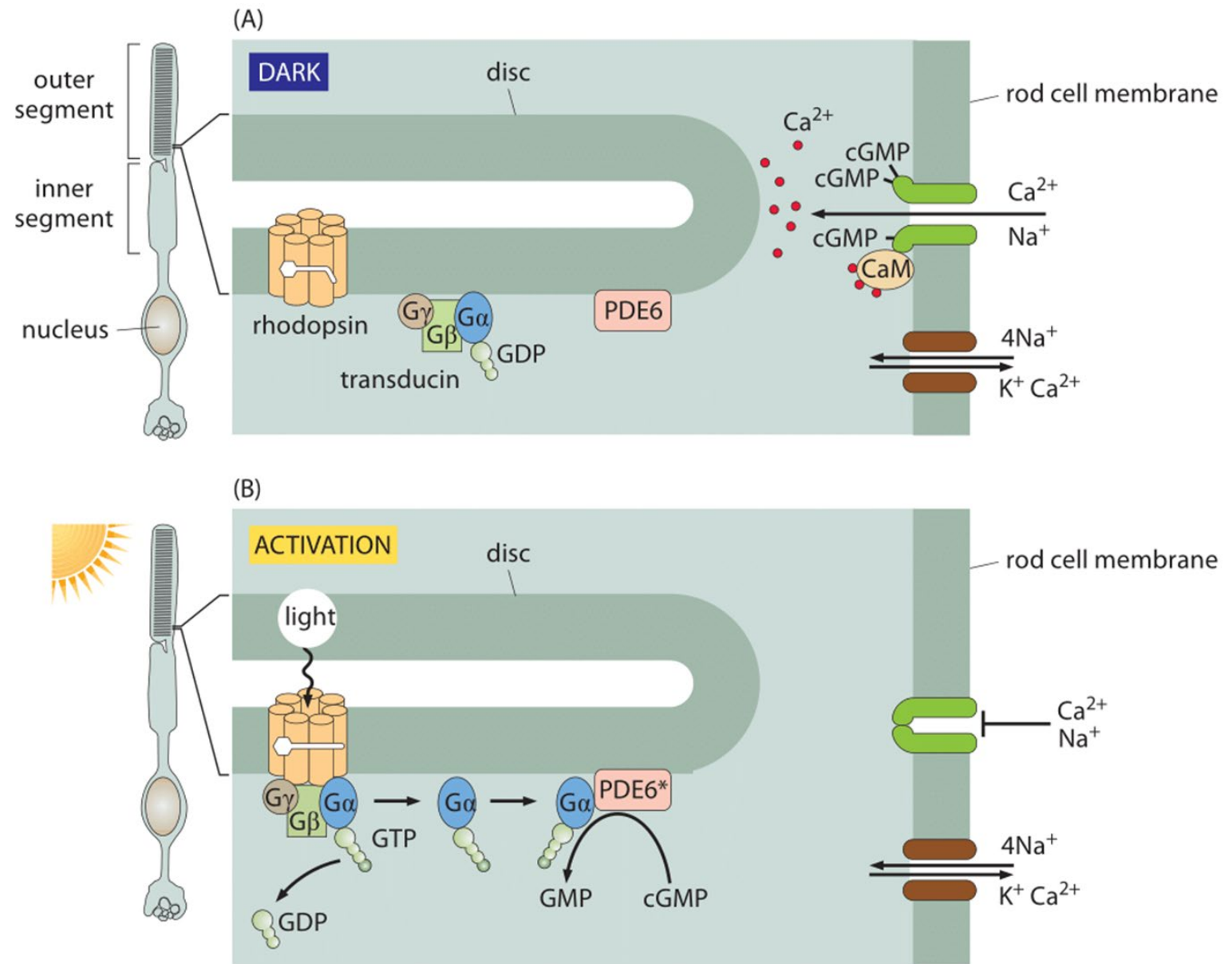
Válassza ki a helyes válaszok (2) betűjeleit!

- A. Egy fehérjéhez cAMP kötődik, ennek hatására a fehérje segíti az RNS polimeráz megkötődését a struktúrgének promóterén.
- B. Egy fehérjéhez cAMP kötődik, amely segíti a gátló fehérje kapcsolódását a szabályozó régióhoz.
- C. Alacsony cAMP szint szükséges ahhoz, hogy az RNS polimeráz felvegye a működőképes térszerkezetét.
- D. A glükóz közvetlenül is tud kapcsolódni a gátló fehérjéhez, és megakadályozza, hogy az a szabályozó szakaszhoz kapcsolódhasson.
- E. Akkor sem feltétlenül történik meg a struktúrgének átírása, ha cAMP-t juttatnak mesterségesen a baktérium sejtbe.

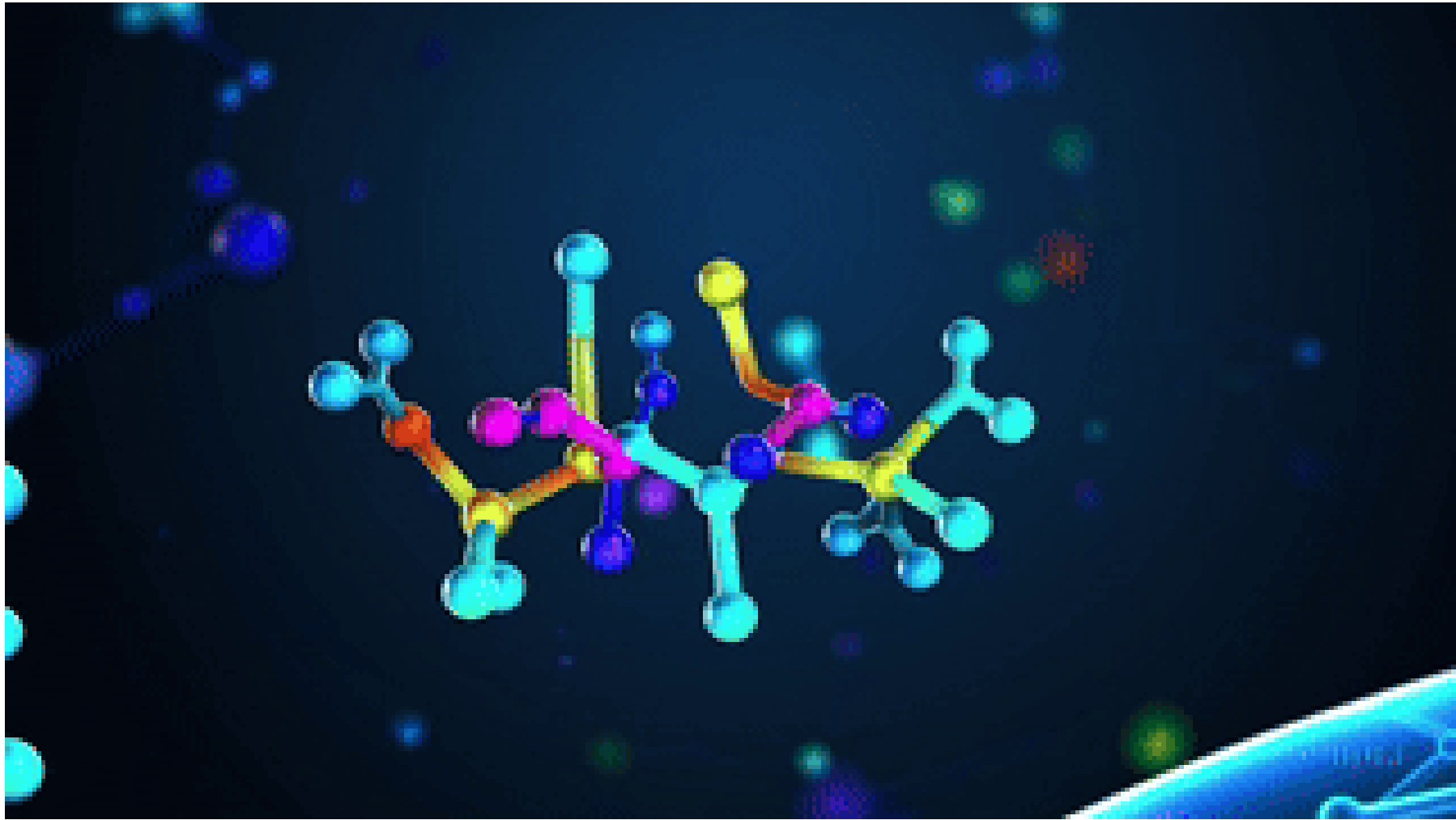
cGMP PATHWAY



<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/135398570#section=2D-Structure>



<https://book.bionumbers.org/wp-content/uploads/2014/08/295-f1-RodCellSignaling-11.png>



INOZITOL-FOSZFOLIPID SZIGNÁLTRANSZDUKCIÓ

Mi ez az útvonal?

- Egy alternatív másodlagos hírvivő rendszer, amely G-fehérjék közvetítésével aktiválódik.
- Két kulcsfontosságú molekulát termel:
 - IP_3 (inozitol-trifoszfát)
 - DAG (diacil-glicerol)

INOZITOL-FOSZFOLIPID ÚTVONAL

Aktivációs lépések

- Ligand (pl. hormon) kötődik egy Gq-típusú G-fehérjéhez kapcsolt receptorhoz (GPCR).
- A receptor aktiválja a Gq-fehérjét.
- A Gq aktiválja a foszfolipáz C- β (PLC- β) enzimet.
- A PLC- β lebontja a membránban lévő PIP₂-t (foszfatidil-inozitol 4,5-biszfoszfát)
- Eredmény: IP₃ + DAG

INOZITOL-FOSZFOLIPID ÚTVONAL

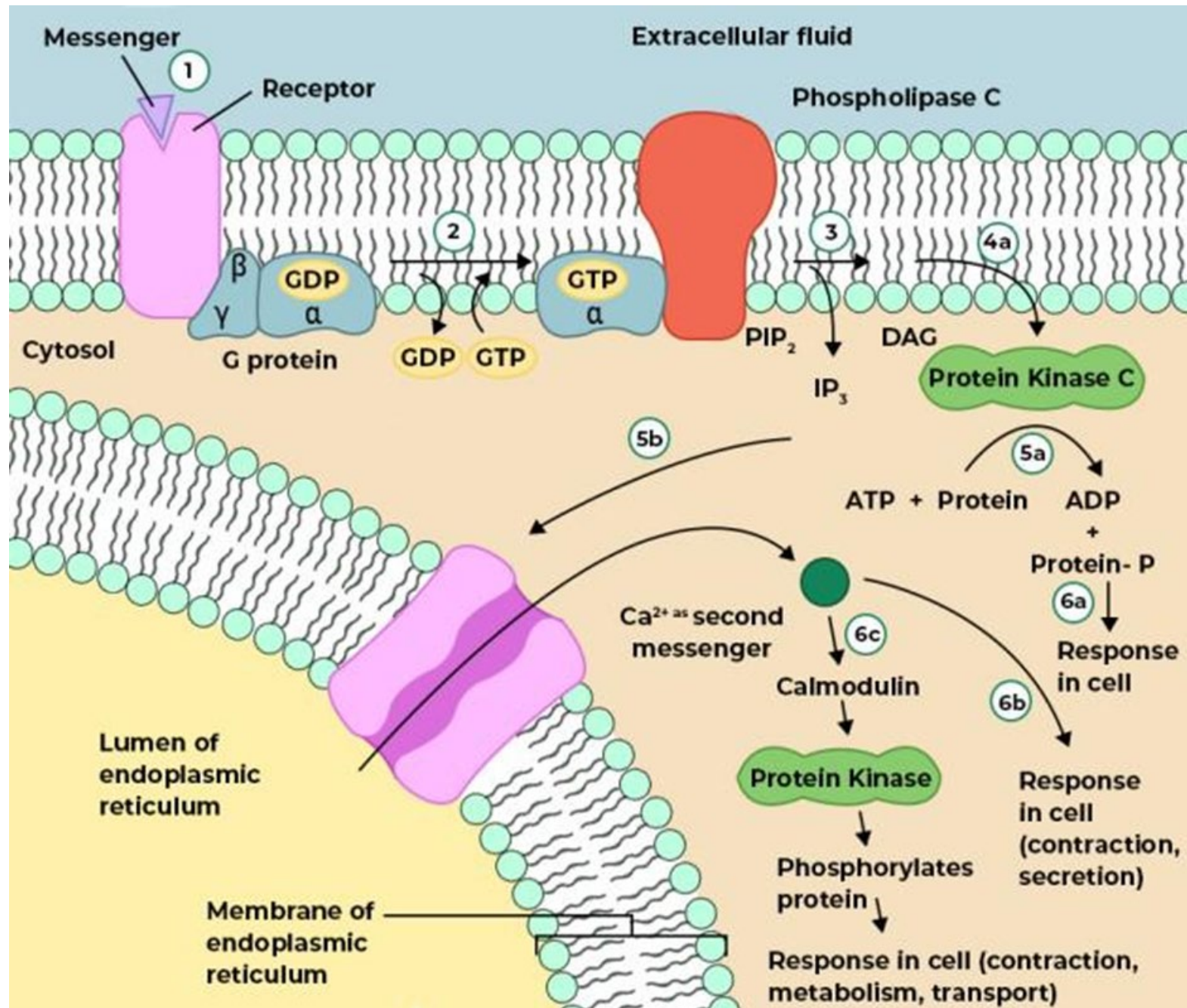
IP₃ és DAG hatásai

- IP₃:
 - A citoplazmában a szarkoplazmatikus vagy endoplazmatikus retikulumban lévő Ca²⁺-csatornákat nyitja.
 - Ca²⁺ felszabadul → aktiválás sokféle enzimnek, pl. kalmodulinon keresztül
- DAG:
 - A membránban marad, aktiválja a protein kináz C-t (PKC).
 - PKC foszforilál célfehérjéket → sejtválasz

INOZITOL-FOSZFOLIPID ÚTVONAL

Eredmények a sejten belül

- Enzimek aktiválása
- Gének szabályozása
- Izomösszehúzódnás
- Hormon- vagy neurotranszmitter-kibocsátás



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

2025.03.26.

narpad@sztorsolya.hu