

Les protéines membranaires, des acteurs clés du fonctionnement cellulaire

Définir protéines et membrane

Modèle avec les 3 types de protéines

Idée d'acteurs du fonctionnement = idée d'assurer des rôles importants

axes =

- La membrane est souple mais déformée par des protéines
 - endocytose et bourgeonnement, fusion et exocytose
 - cytosquelette et forme des cellules (microvillosités, pseudopodes, hématies, anneau de division...)
- La membrane est un lieu d'échange de matière et d'énergie avec l'environnement
 - transporteurs passifs et actifs => approvisionnement : exemple = perméase (protéine qui se déforme lors de la fixation de son ligand)
 - canal de fuite à K^+ => potentiel de repos
 - pompe $Na^+/K^+/ATPase$ => régulation du volume cellulaire + idée d'un changement de conformation induit par la phosphorylation
 - enzymes membranaires
- La membrane délimite des espaces spécialisés chez les Eucaryotes : les protéines les spécialisent
 - pH du lysosome contrôlé par la pompe à protons
 - ATP synthase des thylakoïdes
- La membrane est un lien avec le milieu extérieur
 - adhérence entre cellules
 - synthèse de MEC (végétaux)
 - polarisation de cellules épithéliales et exocrines
- La spécialisation des cellules est liée à l'expression de protéines membranaires spécifiques
 - récepteurs à hormones => cellule cible répondant à l'hormone
 - canaux voltage-dépendants des cellules excitables
 - symport SGLT des entérocytes

La cellule vivante assure :

- des échanges de matière et d'énergie avec l'extérieur
- des flux internes et une compartimentation avec des espaces spécialisés
- une division cellulaire
- une stabilité et un lien avec son environnement : synthèse de MEC, accrochage et soutien

Idées importantes à aborder

Des protéines qui stabilisent

- jonctions permettant de lier les cellules entre elles ou avec la matrice ; ce n'est pas une simple liaison (polarisation par contact avec la lame basale) ;
- jonctions rendant stable la localisation des constituants membranaires (jonction étanche séparant les pôles, aux contenus protéiques différents) ;
- reconnaissance entre cellules par liaison avec des glycoprotéines ;
- pompe régulant la pression osmotique : pompe $Na^+/K^+/ATPase$

Des protéines dynamiques

- qui changent de conformation
 - perméase : changement de conformation induit par la liaison du ligand
 - pompe : changement de conformation induit par la phosphorylation
 - récepteur : changement de conformation qui recrute la protéine AP
 - protéines SNARE et exocytose
- qui se déplacent latéralement (fluidité membranaire et protéine G ou fluidité membranaire et endocytose)
- qui se déplacent au sein du cytosol
 - flux de vésicules : bourgeonnement et exocytose
 - cas du mannose 6P et adressage : les déplacements sont régulés

Des enzymes membranaires

- adénylate cyclase
- rosette de cellulose synthase...
- ATP synthase
- pompes

Des protéines spécialisées donnant leur rôle aux cellules, organites...

Des protéines spécifiques :

- du règne
 - animal (pompe $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{ATPase}$)
 - végétal (pompe à H^+ , rosette...)
 - bactérien (flagelle bactérien)
- du type cellulaire
 - récepteur à adrénaline seulement pour les cellules cibles ;
 - canaux voltage-dépendants seulement pour les cellules excitables...
- de la région fonctionnelle de la cellule
 - entérocyte et différence des pôles pour le transport du glucose ;
 - synapse et regroupement de protéines qui coopèrent...
- de l'organite
 - glycosyltransférase de l'appareil de Golgi ;
 - pompe à protons du lysosome ;
 - protéine dock sur le REG pour lier les ribosomes...

Exemple de corrigé

Introduction

Définir protéines et membrane

Modèle avec les 3 types de protéines

Idee d'acteurs du fonctionnement = idee d'assurer des rôles importants

La cellule vivante assure :

- des échanges de matière et d'énergie avec l'extérieur
- des flux internes et une compartimentation avec des espaces spécialisés (eucaryotes)
- une division cellulaire
- une stabilité et un lien avec son environnement : synthèse de MEC, accrochage et soutien
- des rôles divers, dans les organismes pluricellulaires, pour les cellules spécialisées.

1. Protéines membranaires et échanges de matière

Seuls les composés hydrophobes, petits et apolaires diffusent librement à travers la phase lipidique des membranes. Les autres substances empruntent des transporteurs protéiques.

1.1. La conformation spatiale de certaines protéines ménage des canaux transmembranaires

idée = régions hydrophobes au contact des autres constituants membranaires / régions hydrophiles regroupées délimitant un canal = passage hydrophile pour certaines substances

Exemple des canaux ioniques comme les canaux de fuite à K^+ des mb plasmiques, spécificité => importance pour la cellule = potentiel de repos

Exemple des aquaporines => importance dans l'entrée d'eau dans la cellule

Exemple des connexines des jonctions gap (mécanisme de fermeture si $[Ca^{2+}]$ augmente)

Exemple des translocons des bactéries, exportant les enzymes digestives dans le milieu extérieur dont les polymères sont alors hydrolysés (exemple de la cellulase libérée par les bactéries du rumen).

1.2. Certains échanges mettent en jeu un changement de conformation des protéines

idée = des domaines hydrophiles exposés au milieu aqueux peuvent interagir avec une substance hydrophile et assurer son transport de l'autre côté de la membrane grâce à un changement de conformation

Exemple de la perméase au glucose et modèle de fonctionnement

- spécificité du transporteur en lien avec la nature protéique (importance de la structure spatiale) ;
- changement de conformation = propriété de nb protéines ; aptitude à se lier à un ligand = autre propriété de nb protéines

1.3. Certaines protéines exploitent des énergies lors des transports contre le gradient électrochimique

idée = pompe exploitant des énergies variées

Exemple de la pompe Na^+/K^+ /ATPase (énergie chimique de l'ATP utilisée) => rôle fondamental dans les cellules animales (maintien du volume cellulaire) ; aspect conformationnel : phosphorylation

ou du symport Na^+ /glucose de l'entérocyte (énergie osmotique utilisée)

1.4. Les protéines déforment les membranes et assurent des flux de matière

Exemple de l'entrée de matière par endocytose : rôle des protéines périphériques recrutées par le changement de conformation des récepteurs et déformation des membranes

Exemple de sortie de matière par exocytose : rôle des protéines SNARE qui forcent la fusion entre 2 membranes

Transition

Interactions de la cellule avec son environnement ne se résume pas aux échanges de matière

2. Protéines de la membrane plasmique et relations entre la cellule et son environnement

2.1. Des liaisons entre protéines impliquées dans la cohésion mécanique entre cellules animales

(Cas de cellules épithéliales ou acineuses)

Idee = protéines en tant que point d'ancrage entre cellules, liant cellule voisine et cytosquelette interne

Exemples de cadhérines (glycoprotéines transmembranaires Ca^{2+} dépendantes) des jonctions adhérentes, ou de desmosomes

Lien au cytosquelette (microfilaments d'actine pour les jonctions adhérentes, filaments intermédiaires de kératine pour les desmosomes) : solidarisation des cellules et de leur cytosquelette => résistance mécanique

Remarque : ce lien au cytosquelette et la capacité des réseaux protéiques à déformer la bicouche de phospholipides est aussi visible lors de la division cellulaire (anneau contractile) ou dans l'acquisition de la forme de la cellule (microvillosités, forme de l'hématie).

2.2. Des protéines membranaires assurant la liaison avec la MEC ou la synthèse de paroi

Exemple des hémi-desmosomes (liaison à la fibronectine de la MEC animale et jonction avec le cytosquelette ; rôle dans la transduction de signaux entre MEC et cellule pour la polarisation cellulaire)

Exemple des complexes enzymatiques membranaires en rosette des cellules végétales qui synthétisent la cellulose (et sont liés aux microfibrilles en cours de mise en place)

2.3. Spécificité et aptitude à se lier à un ligand interviennent dans des processus de reconnaissance et de communication

Exemple des récepteurs qui interviennent dans la liaison aux hormones et neurotransmetteurs

Exemple de l'assymétrie membranaire présentant les résidus glucidiques des glycoprotéines sur la face extracellulaire (glycocalix) : rôle dans la protection et la reconnaissance cellulaire (mais ici c'est la fraction glucidique qui assure la spécificité ; la fraction protéique assure l'ancrage dans la membrane plasmique)

3. Protéines membranaires et spécialisation des cellules et des organites

La présence des protéines, liée à l'expression génétique et à l'adressage, donne des potentialités aux cellules ou organites qui les contiennent.

3.1. La spécialisation des cellules selon leurs protéines membranaires

Idée = La présence de la protéine donne une capacité

Exemples :

- récepteur à une hormone ou un neurotransmetteur => réponse à un stimulus (transduction de l'adrénaline ou synapse) : importance de la fluidité membranaire avec la protéine G mobile.
- canaux voltage-dépendants => cellule excitable

3.2. Des protéines membranaires assurent la spécificité des organites

Idée = la présence peut donner une capacité ou la présence peut modifier les conditions du milieu de l'organite

Exemple de l'ATP synthase qui assure l'exploitation du gradient de protons dans les mitochondries ou chloplastés

Exemple de pompes à protons des lysosomes => contenu acide favorable à l'action des hydrolases qu'ils contiennent

Exemple des protéines SNARE qui assurent la fusion des membranes lors de l'exocytose des vésicules de sécrétion...

Conclusion

- diversité des rôles assurés par les protéines membranaires
- diversité fonctionnelle étroitement liée aux propriétés structurales des protéines (spécificité de la conformation spatiale liée à la structure primaire et aux propriétés des acides aminés qui les constituent, aptitude parfois à la reconnaissance et à se lier avec un ligand, et/ou à changer de conformation, à bouger en raison de la fluidité membranaire)
- ces constituants interviennent dans la vie de la cellule, le partage du travail au sein de la cellule, mais aussi dans son intégration mécanique et fonctionnelle à un tissu et à l'organisme avec la transduction de signaux et le transfert de messages
- exemple d'ouverture : cible des médicaments