



Qu'est-ce qu'un syncytium « électrique » ?

Question

Bonjour,

Pouvez-vous m'indiquer la signification de « syncytium électrique ». Merci

Réponse

L'expression « syncytium électrique » est peu utilisée, dans la littérature française comme dans l'anglo-saxonne. Classiquement, on distingue les syncytiums « histologiques » ou *true syncytium*, au niveau desquels les cellules sont multinucléées, avec pour exemple le myocyte squelettique), et les syncytiums fonctionnels (*functional syncytium*) dont les cellules sont uninucléées mais communiquant entre elles par des jonctions « à trous » ou jonctions communicantes (*gap junction*). Un exemple classique est celui des myocytes cardiaques, mais on en retrouve également chez les plantes où la communication cellule à cellule peut s'effectuer par plasmodesmes.

Exemples de syncytiums fonctionnels chez les mammifères

- cas des cellules myocardiques (*ce qui suit à propos de ces cellules est une reprise de réponse apportée il y a 3 ans à une question concernant le myocarde*)

Dans ce cas, les cardiomyocytes communiquent entre eux par des jonctions *gap* situées sur le petit côté des cellules, jonctions participant à la propagation du signal de contraction d'un cardiomyocyte à l'autre et ainsi à la mise sous pression du sang dans une chambre cardiaque.

Pour comprendre le mécanisme de propagation : un cardiomyocyte n'est pas doué d'automatisme (laissez cela aux cellules nodales et principalement aux cellules du nœud I ou nœud sinusal = *pace-maker*) et il ne sort pas d'un chapeau le train de potentiels d'action qui parcourt sa membrane plasmique ! Il doit être excité... soit par une cellule nodale voisine (en général, une cellule cardionectrice)..., soit par un cardiomyocyte situé « en amont », au sens d'un cardiomyocyte situé entre lui et le nœud sinusal ou du moins une cellule nodale ou cardionectrice !

La transmission de l'excitation s'opère ainsi entre des cellules excitables (les cellules du tissu nodal et les cardiomyocytes en sont) : donc par des synapses. Pour rappel, les cellules excitables (ici les cardiomyocytes) comme les cellules auto-excitables (celles du tissu nodal) sont des cellules capables de générer des potentiels d'action propageables le long de leur membrane plasmique. Les synapses sont, à ce niveau, des synapses électriques, constituées ici par les jonctions *gap*.

On peut alors entrevoir, à l'échelle du myocarde auriculaire ou ventriculaire, le scénario suivant, décomposé en une séquence de quelques étapes :

- au repos, la polarité électrique transmembranaire d'un cardiomyocyte est d'environ -90 mV ;
- arrive une excitation par une cellule excitable adjacente (cellule « amont » = cellule nodale auto-excitée ou cardiomyocyte excité), accolée au cardiomyocyte ;
- la membrane de la cellule « amont » est le support d'un potentiel d'action (dépolariation propageable...) et cette variation du potentiel de membrane a créé des courants locaux de part et d'autre du point « d'apparition » du potentiel d'action. D'où la propagation... le long de la membrane ;
- des courants locaux (boucles de courant, au sens électrique et donc électronique du terme) s'établissent entre la cellule « amont » (membrane dépolariée) et le cardiomyocyte (membrane polarisée), au niveau des jonctions *gap* les réunissant. Le « support » physique de ces boucles, correspondant à un flux d'électrons (= courant électrique), associe le cytosol des cellules et des « ponts » que sont les connexons, cytosol conducteur

d'un « vrai » courant électrique, par excitation de proche en proche des électrons, du + sous-membranaire de la cellule « amont » au - sous-membranaire du cardiomyocyte ; des boucles de courant sont ainsi mises en place au niveau des jonctions.

[ne pas oublier qu'une membrane polarisée est un circuit RC avec son générateur (l'ATPase Na/K), ses résistances (protéines intégrées, extrinsèques), un condensateur (la bicouche de phospholipides)]

La transmission du signal est donc extrêmement rapide (courant électrique) et le couplage entre cellule « amont » et cardiomyocyte est établi si la ddp électrique (on dit, dans le jargon des électrophysiologistes « le *potentiel électrique PE* » ou encore « le *potentiel électrotonique PE* ») qui arrive aux canaux voltage-dépendant du cardiomyocyte est supérieure au seuil de leur excitabilité... (= seuil d'ouverture des canaux sodiques) d'où l'excitation-contraction du cardiomyocyte par le biais du PA cardiomyocytaire établi : la jonction *gap* fonctionne bien, au sens strict et originel, comme une *synapse électrique* (définition de Sherrington des synapses).

⇒ C'est pour cela que certains associent à l'expression « syncytium fonctionnel » celle de syncytium « électrique ».

On peut lire parfois que cette transmission du signal se fait par passage d'ions, notamment des cations : Na^+ , Ca^{2+} ..., au niveau des jonctions *gap*. Pourquoi pas, mais est-ce nécessaire, et surtout est-ce compatible avec la vitesse de cette transmission du signal de cellule en cellule ? Si c'est le cas, on fait intervenir un processus de diffusion (diffusion des ions) donc un processus qui prend du temps, n'expliquant pas vraiment la vitesse qu'on enregistre dans la propagation du signal entre les deux cellules (ici : délai imperceptible, réponse quasi instantanée, cf la quasi-synchronisation que vous évoquez).

⇒ *La transmission de l'excitation entre cellules nodales et myocardiques entraîne donc la contraction progressive du syncytium fonctionnel, du nœud sinusal... à l'ensemble du myocarde, avec pour actrices majeures les jonctions gap présentes au niveau des disques intercalaires. Et, en un temps extrêmement rapide (le dixième de seconde au mieux).*

L'intensité du signal propagé dépend cependant des résistances des deux milieux conducteurs => signal rapidement amorti au sein des cardiomyocytes => une relance d'excitation par les cellules cardionectrices apparaît donc comme essentielle à une bonne contraction du myocarde ventriculaire. La propagation de l'onde d'excitation/contraction au sein du myocarde ventriculaire par l'intermédiaire du tissu cardionecteur du réseau de Purkinje sera donc le facteur déterminant de la contraction progressive du myocarde ventriculaire (de la pointe des ventricules vers les valves aortiques et pulmonaires).

Par-contre, au sein du myocarde auriculaire à tissu cardionecteur non développé, l'excitation initiée par les éléments nodaux, se propage par les seuls éléments myocardiques...

⇒ *au total, la transmission du signal de cellule à cellule, au sein du cœur, repose pour partie sur une propagation de potentiels d'action le long des membranes plasmiques des cellules auto-excitables (nodales) et excitables (myocardiques) et pour partie sur la propagation de courants électriques locaux (support = milieux liquidiens, intra- et extracellulaires) entre cellules adjacentes.*

- cas des muscles lisses unitaires

Leurs cellules fonctionnent comme une seule et même unité. Les cellules musculaires constituant ces muscles sont fonctionnellement reliées entre elles par des *jonctions communicantes* permettant de propager le signal électrique de cellule à cellule.

Une des conséquences de cette unité fonctionnelle est que la force produite par le muscle lisse unitaire ne peut pas dépendre du nombre de cellules activées puisqu'elles le sont automatiquement toutes (cette force dépendra notamment de la quantité de calcium entrant dans les cellules et donc de leur niveau d'activation).

Au total

Cette explication de la propagation entre deux cardiomyocytes ne vaut pas, évidemment, pour toutes les cellules liées entre elles par jonction *gap* ! Elle n'est valable que lorsque des dépolarisations *efficaces* parcourent les

membranes plasmiques, donc pour les *cellules excitables* (cas des cellules du myocarde, des cellules nodales, des cellules musculaires lisses...). On légitimise bien la notion de synapses électriques qui ne sont, au final, qu'un cas particulier de jonctions *gap*.

Dans les autres cas (cellules du jeune embryon, cellules du pancréas...), la transmission au niveau des jonctions *gap* concerne des ions et des petites molécules... parmi lesquels on peut tout de même retrouver des signaux (Ca^{2+} et AMPc, voire ATP...) !

Le mode de communication entre cellules excitables décrit ici est efficace : excellente vitesse de communication, puisqu'il s'agit d'un signal électrique ! La communication par jonctions *gap* « banales » se faisant par diffusion est évidemment moins rapide... N'oubliez pas qu'entre le nœud I (sinusal) et l'extrémité du myocarde de l'oreillette gauche, le temps de transmission du signal est d'environ 0,08 s... ce que ne pourrait offrir une diffusion, notamment par des ions Ca^{2+} , comme certains le laissent penser !