Les antigènes

Les antigènes sont des substances capables d'être reconnues par le système immunitaire, soit par les anticorps, soit par les récepteurs des lymphocytes. Cette reconnaissance peut se limiter à une simple interaction, ce que l'on appelle l'antigénicité, ou bien déclencher une réponse immunitaire complète, ce que l'on définit comme l'immunogénicité. Ainsi, tous les immunogènes sont des antigènes, mais tous les antigènes ne sont pas nécessairement capables d'induire une réponse immunitaire. Par exemple, certaines molécules simples peuvent être reconnues sans provoquer d'activation immunitaire significative, tandis que des protéines complexes bactériennes ou virales sont généralement fortement immunogènes.

Les haptènes constituent un cas particulier d'antigènes. Il s'agit de petites molécules incapables, à elles seules, de déclencher une réponse immunitaire. Cependant, lorsqu'elles sont liées à une molécule porteuse de grande taille, généralement une protéine, elles acquièrent la capacité de stimuler le système immunitaire. Dans ce cas, le complexe haptène-protéine devient immunogène et peut induire la production d'anticorps spécifiques dirigés contre l'haptène. Ce mécanisme est particulièrement important dans les phénomènes allergiques, notamment ceux induits par certains médicaments comme la pénicilline.

L'immunogénicité d'une molécule dépend de plusieurs propriétés fondamentales. La taille moléculaire joue un rôle essentiel, car les molécules de grande taille sont généralement plus immunogènes que les petites. La complexité chimique est également déterminante, les structures complexes comme les protéines étant plus efficaces que les lipides ou les glucides simples. Le degré d'étrangeté vis-à-vis de l'organisme est un autre facteur important, car plus une molécule est différente des constituants du soi, plus elle est susceptible de déclencher une réponse immunitaire. Enfin, l'accessibilité des épitopes conditionne la reconnaissance

immunitaire, car seules les régions exposées de l'antigène peuvent être détectées efficacement.

Les épitopes correspondent aux régions spécifiques d'un antigène reconnues par les anticorps ou les récepteurs des lymphocytes. Un antigène peut contenir plusieurs épitopes différents, ce qui explique la diversité de la réponse immunitaire. Les lymphocytes B reconnaissent généralement les antigènes sous leur forme native, tandis que les lymphocytes T reconnaissent des fragments peptidiques présentés par le complexe majeur d'histocompatibilité.

Les molécules du système immunitaire

Les anticorps, ou immunoglobulines, sont des glycoprotéines produites par les plasmocytes en réponse à la présence d'un antigène. Leur structure est constituée de deux chaînes lourdes et de deux chaînes légères, formant une région variable responsable de la reconnaissance spécifique de l'antigène et une région constante assurant les fonctions effectrices. Les anticorps jouent un rôle essentiel dans la neutralisation des agents pathogènes, l'activation du complément et l'agglutination des particules antigéniques. Ils se répartissent en plusieurs classes, dont les IgG impliquées dans la mémoire immunitaire, les IgA présentes au niveau des muqueuses, les IgM responsables de la réponse primaire, les IgE impliquées dans les réactions allergiques et antiparasitaires.

Le système du complément est constitué d'un ensemble de protéines plasmatiques circulantes qui s'activent en cascade selon différentes voies. La voie classique est déclenchée par les complexes antigène-anticorps, la voie alternative est activée directement par les surfaces microbiennes. L'activation du complément aboutit à plusieurs effets biologiques majeurs, notamment la lyse des agents pathogènes par le complexe d'attaque membranaire, l'amplification de l'inflammation par la production de médiateurs comme C3a et C5a.

Les cytokines constituent un ensemble de molécules de signalisation produites par les cellules immunitaires et servant à la communication intercellulaire. Elles jouent un rôle central dans la régulation de la réponse immunitaire en contrôlant l'activation, la différenciation et la migration des cellules immunitaires. Parmi elles, les interleukines régulent les interactions entre leucocytes, les interférons participent à la défense antivirale, et les chimiokines dirigent la migration cellulaire vers les sites infectieux ou inflammatoires.

Le complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) est un ensemble de molécules membranaires essentielles à la présentation des antigènes aux lymphocytes T. Le CMH de classe I est exprimé par toutes les cellules nucléées et présente des peptides d'origine endogène aux lymphocytes T CD8+, tandis que le CMH de classe II est exprimé principalement par les cellules présentatrices d'antigènes et présente des peptides d'origine exogène aux lymphocytes T CD4+. Le CMH joue ainsi un rôle fondamental dans la discrimination entre le soi et le non-soi et dans l'activation de la réponse immunitaire spécifique.

La réponse immunitaire spécifique

La réponse immunitaire spécifique, ou adaptative, correspond à un ensemble de mécanismes hautement spécialisés qui se mettent en place après la reconnaissance d'un antigène précis. Elle se distingue de l'immunité innée par sa spécificité, sa mémoire et sa capacité d'amplification lors des expositions répétées au même antigène. Elle repose principalement sur l'action coordonnée des lymphocytes B et T, ainsi que sur les molécules qu'ils produisent ou qu'ils reconnaissent.

Lorsqu'un antigène pénètre dans l'organisme, il est d'abord capté et présenté par des cellules présentatrices d'antigènes, principalement les cellules dendritiques, après avoir été fragmenté en peptides. Ces fragments antigéniques sont ensuite associés aux molécules du complexe majeur d'histocompatibilité. Le CMH de classe II présente les antigènes exogènes aux

lymphocytes T CD4+, tandis que le CMH de classe I présente les antigènes endogènes aux lymphocytes T CD8+. Cette présentation constitue une étape essentielle d'activation de la réponse spécifique.

Une fois activés, les lymphocytes T CD4+ jouent un rôle central de régulation en sécrétant des cytokines qui orientent la réponse immunitaire. Ils stimulent notamment l'activation et la différenciation des lymphocytes B en plasmocytes producteurs d'anticorps, ainsi que l'activation des macrophages. Les lymphocytes T CD8+, quant à eux, assurent une fonction cytotoxique en détruisant les cellules infectées ou tumorales.

La réponse humorale, assurée par les lymphocytes B, se traduit par la production d'anticorps spécifiques dirigés contre l'antigène. Ces anticorps neutralisent les agents pathogènes, favorisent leur élimination par neutralisation et activent le système du complément. La réponse cellulaire, assurée principalement par les lymphocytes T, est essentielle pour la destruction des cellules infectées et la régulation globale de la réponse immunitaire.

Une caractéristique fondamentale de la réponse immunitaire spécifique est la mise en place d'une mémoire immunologique. Après une première exposition à l'antigène, des lymphocytes mémoire B et T persistent dans l'organisme, permettant une réponse plus rapide, plus intense et plus efficace lors d'un second contact. Ce principe est à la base de la vaccination.

Ainsi, la réponse immunitaire spécifique constitue un système intégré, précis et évolutif, assurant la protection durable de l'organisme contre les agents pathogènes tout en maintenant un équilibre immunologique essentiel.