

Ausscheidungsorgane

1. Mechanismen der Homöostase schützen das innere Milieu eines Tieres vor schädlichen Schwankungen

- 1.1 Homöostase ermöglicht Tieren, starke Schwankungen ihres externen Milieus zu verkraften, indem diese im internen Milieu abgedämpft werden.
- 1.2 Physiologische Anpassungen, die in der Regel auf Rückkopplungsmechanismen beruhen, regulieren die Verhältnisse in der Blutflüssigkeit beziehungsweise in der interstitiellen Flüssigkeit, die alle Körperzellen umgibt.

2. Zellen benötigen einen ausgeglichenen Wasserhaushalt

- 2.1. Die Wasseraufnahme eines Tieres muss sich mit seinem Wasserverlust decken, was in verschiedenen Lebensräumen unterschiedliche Mechanismen der Osmoregulation erfordert. Osmokonformer sind isotonisch mit ihrer aquatischen Umgebung und regulieren die Osmolarität ihrer Körperflüssigkeiten nicht. Osmoregulierer kontrollieren in hypertonscher oder hypotonischer Umgebung den Verlust beziehungsweise die Aufnahme von Wasser.
- 2.2 Marine Knochenfische verlieren Wasser an ihre hypertonsche Umgebung und müssen dies durch Trinken grosser Mengen an Meerwasser kompensieren.
- 2.3 Süswasserorganismen nehmen ständig Wasser aus ihrer hypotonischen Umgebung auf. Protozoen (z.B. Pantoffeltierchen) pumpen Wasserüberschüsse durch kontraktile Vakuolen aus der Zelle, und vielzellige Süswassertiere scheiden entsprechende Mengen eines stark verdünnten Harns aus. Die Salzverluste werden über die Nahrung oder durch aktiven Ionentransport über das Kiemenepithel ausgeglichen.
- 2.4 An Land lebende Tiere verhindern ein Austrocknen durch Trinken und wasserreiche Nahrung sowie durch nervöse und hormonelle Durstkontrolle, Verhaltensanpassungen und wasserkonservierende Exkretionsorgane.

3. Die Nieren der meisten Wirbeltiere sind kompakte Organe

- 3.1 Die Ausscheidungsorgane der Wirbeltiere befinden sich in kompakten Organen, den Nieren, die zusammen mit ihren versorgenden Blutgefässen, Ausscheidungsgängen und der Harnblase das Exkretionssystem bilden.
- 3.2 Die exkretorischen Tubuli gliedern sich in Nephrone und Sammelrohre. Zusammen mit eng verbundenen Blutgefässen füllen sie die Niere. Jedes Nephron besteht aus einer Bowman-Kapsel, die ein Knäuel aus Blutkapillaren umgibt, den sogenannten Glomerulus ; es folgen proximaler Tubulus, Henle-Schleife und distaler Tubulus. Jedes Sammelrohr steht mit mehreren Nephronen in Verbindung und leitet aus diesen den Urin in den zentralen Sammelraum der Niere, das Nierenbecken. Ein Harnleiter führt den Urin aus dem Nierenbecken in die Harnblase.

4. Die Transportepithelien der Niere regulieren die Zusammensetzung des Blutes

- 4.1 Nephrone regulieren die Zusammensetzung des Blutes durch Ultrafiltration, Sekretion und Resorption.
- 4.2 Bei der Ultrafiltration filtrierte der Blutdruck unselektiv Wasser und kleine Solute (das Ultrafiltrat) aus dem Glomerulus in das Lumen des Nephrons.
- 4.3 Zusätzliche für die Exkretion bestimmte Substanzen werden durch Sekretion direkt durch aktiven und passiven Transport aus der interstitiellen Flüssigkeit in das Tubuluslumen befördert.
- 4.4 Ultrafiltrierte Substanzen, die in den Körper zurückgelangen sollen, wie Nährstoffe und Wasser, werden in verschiedenen Bereichen des Nephrons resorbiert.
- 4.5 Die meisten der aus dem Blut ultrafiltrierten Salzionen werden im proximalen Tubulus reabsorbiert. Ausserdem werden dort Ammoniak, bestimmte Arzneistoffe und Protonen (zur Regulation des pH-Wertes) selektiv in das Filtrat sezerniert (Sekretion); Glucose und Aminosäuren werden dem Filtrat aktiv entzogen, und auch Kalium und HCO_3 werden resorbiert.

- 4.6 Der absteigende Ast der Henle-Schleife ist durchlässig für Wasser, aber nicht für Kochsalz (NaCl); Wasser tritt durch Osmose in die interstitielle Flüssigkeit über. Kochsalz diffundiert aus dem nun konzentrierten Filtrat, wenn sich dieses durch den salzdurchlässigen aufsteigenden Ast der Henle-Schleife bewegt.
- 4.7 Der distale Tubulus ist auf selektive Sekretion und Resorption spezialisiert und spielt eine Schlüsselrolle bei der Regulation der Kaliumkonzentration und des Blut-pH.
- 4.8 Das Sammelrohr ist durchlässig für Wasser, aber nicht für Salz; es leitet das Filtrat durch den osmotischen Gradienten der Markschicht, und es verliert dabei ständig Wasser durch Osmose.
- 4.9 Auch Harnstoff diffundiert aus dem Sammelrohr in die interstitielle Flüssigkeit und baut dort gemeinsam mit dem NaCl den osmotischen Gradienten auf, der es der Niere ermöglicht, einen im Vergleich zum Blut hypertonen Urin zu bilden.
- 4.10 Die Osmolarität des Filtrats verändert sich, während es durch das Nephron fließt. Die unterschiedlichen Permeabilitäten für Wasser, Kochsalz und Harnstoff in den verschiedenen Regionen des Tubulussystems, kombiniert mit einem aktiven Transport von NaCl, baut einen osmotischen Gradienten aus zwei Soluten auf (NaCl und Harnstoff), der zur Produktion eines hypertonen Urins führt.

5. Regulation der Nierenfunktion durch Regelkreise und negative Rückkopplung zur Aufrechterhaltung der Homöostase

- 5.1 Die Osmolarität des Urins kann stark schwanken, und zwar in Abhängigkeit von den aktuellen Bedürfnissen des Körpers in Bezug auf seinen Wasserhaushalt. Die Reabsorption von Wasser und Salz durch die Niere wird über nervöse und hormonelle Mechanismen kontrolliert. Wenn Osmorezeptoren im Hypothalamus eine Erhöhung der Osmolarität im Blut feststellen, wird antidiuretisches Hormon (ADH) freigesetzt; dieses führt zu einer vermehrten Reabsorption von Wasser durch die Tubuli.
- 5.2 Der juxtaglomeruläre Apparat (JGA) antwortet auf ein Sinken des Blutdrucks oder des Blutvolumens durch Freisetzen von Renin, welches die Bildung von Angiotensin II bewirkt. Dieses Blutprotein führt zur Verengung von Arteriolen und veranlasst

die Nebenniere zum Ausschütten von Aldosteron, einem Hormon, welches die Reabsorption von Natrium und das passive osmotische Nachfolgen von Wasser aus dem Filtrat bewirkt. Sowohl ADH als auch das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS) führen zur Reabsorption von Wasser und zu einem konzentrierteren Urin.

6. Die Wirbeltiere sind an den Lebensraum ihres Besitzers angepasst

- 6.1 Ursprünglich diente die Wirbeltiere nur der Osmoregulation. Form und Funktion der Nephronen bei den verschiedenen Wirbeltierklassen stehen in Beziehung zur osmotischen Situation im Lebensraum des jeweiligen Tieres. Die Exkretion von Stickstoffverbindungen wurde im Verlauf der Wirbeltierevolution zur zweiten Aufgabe der Niere.

7. Die Art der stickstoffhaltigen Ausscheidungsprodukte eines Tieres hängt von seiner Stammesgeschichte und seinem Lebensraum ab

- 7.1 Im Aminosäure- und Nucleotidstoffwechsel wird Ammoniak gebildet, ein giftiges Abfallprodukt, das in drei unterschiedlichen Formen ausgeschieden werden kann.
- 7.2 Die meisten im Wasser lebenden Tiere scheiden Ammoniak aus, eine hochgiftige aber sehr gut wasserlösliche Verbindung, die leicht über die Haut oder die Kiemen in das umgebende Wasser abgegeben werden kann.
- 7.3 Die Leber der Säuger und der meisten erwachsenen Amphibien wandelt Ammoniak in den weniger giftigen Harnstoff um, der vom Kreislaufsystem zur Niere transportiert und von dieser in einer konzentrierten Form ausgeschieden wird, wobei wenig Wasser verlorengeht.
- 7.4 Harnsäure ist in Wasser schwer löslich und fällt als Präzipitat aus. Bei Vögeln und vielen Reptilien wird Harnsäure in Form einer cremigen Paste mit dem Kot ausgeschieden.