

Silvia Nicoleta Mirica

Silvia Nicoleta Mirica

**NUTRIȚIA
– NOȚIUNI DE BAZĂ ȘI DIETE**



**Editura UNIVERSITARIA
Craiova, 2023**

Referenți științifici:

Conf.univ.dr. Oana Maria Aburel

Conf.univ.dr. Adrian Sturdza

Copyright © 2023 Editura Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

MIRICA, SILVIA NICOLETA

Nutriția - noțiuni de bază și diete / Silvia Nicoleta Mirica. - Craiova :
Universitaria, 2023

Conține bibliografie

ISBN 978-606-14-1941-8

61

© 2023 by Editura Universitaria

Această carte este protejată prin copyright. Reproducerea integrală sau parțială, multiplicarea prin orice mijloace și sub orice formă, cum ar fi xeroxarea, scanarea, transpunerea în format electronic sau audio, punerea la dispoziția publică, inclusiv prin internet sau prin rețelele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informațiilor, cu scop comercial sau gratuit, precum și alte fapte similare săvârșite fără permisiunea scrisă a deținătorului copyrightului reprezintă o încălcare a legislației cu privire la protecția proprietății intelectuale și se pedepsesc penal și/sau civil în conformitate cu legile în vigoare.

CAPITOLUL I

NOȚIUNI DE FIZIOLOGIE A DIGESTIEI

Nutrienții, pentru a putea asigura aportul de hrană esențială pentru îndeplinirea tuturor funcțiilor legate de creștere, reparare și menținerea vieții, trebuie să sufere transformări care să le permită utilizarea cât mai eficientă în raport cu necesitățile momentane și pe termen lung ale organismului. O nutriție bună depășește etapa procurării și consumului unei cantități optime de hrană și apă deoarece fără o digestie bună și o absorbție adecvată precum și fără o activitate metabolică susținută la nivel celular, macro- și micronutrienții nu își vor putea exercita funcția biologică. De aceea, sistemul digestiv este mai mult decât un portal pentru aceștia și prin hormonii și enzimele produse va fi responsabil de prelucrarea lor în vederea obținerii de unități absorbabile care, ulterior, vor ajunge în circulație pentru a putea fi utilizate sau stocate în depozite.

Astfel, nu doar alegerile privind alimentele ingerate ci și întregul proces de digestie, absorbție și metabolism celular funcționează ca un sistem integrat care influențează statusul nutrițional și starea de sănătate a individului.

Noțiuni de fiziologie a digestiei

Digestia este procesul prin care alimentele se transformă, la nivelul tubului digestiv, de la forma complexă insolubilă într-una solubilă, devenind astfel accesibile corpului într-o formă ușor asimilabilă. Digestia este o sumă de procese (mecanic, chimic și metabolic) care se desfășoară simultan.

Procesul mecanic este responsabil de triturarea alimentelor și generarea unor fragmente de dimensiuni mici care prin amestecare cu saliva și mai apoi cu sucurile gastrice, să poată fi propulsate, grație peristaltismului, prin tubul digestiv.

Procesul chimic este responsabil de transformarea nutrienților alimentari complecși în forme solubile, simplificate care pot fi absorbite. Astfel, prin procesul de hidroliza enzimatică (proces de adăugare a apei într-o moleculă) carbohidrații complecși se transformă în zaharuri simple, proteinele în aminoacizi, iar lipidele în acizi grași și glicerol, substanțe care

au atins un grad de simplificare suficient pentru a nu mai necesita alte intervenții chimice suplimentare pentru a fi digerate. Spre deosebire de macronutrienții complecși, apa, vitaminele și sărurile minerale, nu au nevoie de nici o transformare pentru a putea fi absorbite la nivel intestinal.

Pentru etapa chimică a digestiei un rol foarte important le revine enzimelor digestive care acționează la diferite nivele și asupra diferitelor substraturi după cum urmează:

- Enzimele secretate la nivelul glandelor salivare acționează asupra carbohidraților;
- Enzimele de la nivel gastric acționează asupra proteinelor și lipidelor;
- Enzimele secretate de pancreasul exocrin acționează asupra tuturor macronutrienților, dar și asupra acizilor dezoxiribonucleic (ADN) și ribonucleic (ARN);
- Enzimele de la nivelul intestinului subțire sunt responsabile de definitivarea procesului de digestie a lipidelor.

În urma finalizării etapei chimice a digestiei, majoritatea substanțelor rezultate vor trece din lumenul intestinal în enterocit și de aici în lichidul interstițial de unde vor fi ulterior conduse spre celule pentru a intra în procesul metabolic.

Procesul metabolic are loc la nivel celular, unde nutrienții își vor exercita funcțiile în raport cu nevoile vitale ale celulei. Procesul metabolic se desfășoară la nivel global în toate celulele și organele corpului, dar ficatul este unul dintre cele mai importante sedii ale metabolismului uman datorită capacității sale de sinteză de novo a unor molecule și substanțe complexe, pornind de la nutrienții digerați pe care îi stochează, precum și prin capacitatea de degradare a metaboliților toxici realizând astfel detoxifierea organismului.

La fel ca și în cazul procesului chimic, pentru realizarea unei activități metabolice optime, este nevoie de intervenția unor enzime metabolice dar și de prezența altor cofactori cum sunt unele vitamine, minerale sau hormoni.

Mecanismul digestiei presupune o secvență foarte clară a etapelor derulate la diferitele nivele ale tubului digestiv, începând cu cavitatea bucală și terminând cu intestinul gros.

Orice proces digestiv începe cu ingestia alimentelor, un act voluntar care se află în legătură directă atât cu capacitatea de alegere conștientă a acestora în funcție de opțiunile la care individul este expus la un moment dat, cât și cu capacitatea de-a prelucra prin masticăție alimentele ingerate și de-a le înghiți, în funcție de statusul fiziologic al cavității bucale și faringiene. Lipsa parțială sau totală a dentiției precum și dificultățile întâmpinate la deglutiție, determinate de prezența eventualelor comorbidități, vor dicta alegerile alimentare ale individului, orientându-l spre alimente mai ușor de procesat. Toate acestea însă vor avea un răsunet asupra statusului nutrițional și a stării de sănătate.

Masticăția ajută digestia prin faptul că determină creșterea suprafeței de contact dintre alimente și enzimele salivare. De aceea, tulburările de masticăție, pot determina deficiențe nutriționale majore cum ar fi malnutriția protein-calorică dacă, de exemplu, la nivel bucal există dificultăți de prelucrare mecanică a produselor din carne.

Reducerea aportului de alimente bogate în fibre va determina tulburări ale tranzitului intestinal, deficiențe vitaminice sau de minerale. Lipsa dentiției sau existența unor patologii însoțite de dureri dentare, cum sunt cariile dentare, vor determina o reducere a aportului alimentar. La aceasta se adaugă imposibilitatea exercitării funcției salive de-a umidifica alimentele și de-a le pregăti pentru deglutiție, precum și incapacitatea exercitării aportului acesteia la procesul chimic al digestiei prin imposibilitatea de-a acționa asupra carbohidraților complecși în vederea transformării lor în zaharuri mai simple sub acțiunea amilazei salivare. Toate acestea duc la apariția atât a tulburărilor de deglutiție cât și la îngreunarea procesului de digestie chimică realizat la nivelele următoare ale tubului digestiv.

Tulburările de deglutiție, cunoscute sub denumirea de disfagie pot avea ca rezultat aspirația alimentelor la nivel pulmonar cu apariția pneumoniei de aspirație. La persoanele cu disfagie, lichidele sunt cel mai dificil de înghițit deoarece controlul la nivel ligoal poate fi afectat, ceea ce determină practic incapacitatea de-a direcționa alimentul spre faringe. De aceea, utilizarea unor alimente mai puțin texturate, cum sunt budincile sau piureurile reprezintă o opțiune mai bună în cazul în care individul poate să se

hrănească pe cale orală. După terminarea etapei de deglutiție, prin finalizarea tuturor celor trei stadii:

- stadiul mecanic – proces voluntar de inițiere a procesului de deglutiție, constând în împingerea bolului alimentar dinspre cavitatea bucală spre faringe
- etapa faringiană - involuntară, prin care bolul alimentar este transportat la nivel faringian spre esofag. În acest moment va debuta a treia etapa, tot involuntară, a deglutiției
- etapa esofagiană - prin care bolul alimentar este transportat de-a lungul esofagului până la orificiul cardia prin care bolul alimentar va ajunge în stomac și va începe digestia propriu-zisă a alimentelor.

Odată cu ajungerea bolului alimentar la nivelul stomacului se va stimula întregul proces de digestie. În afară de prelucrarea chimică a bolului alimentar stomacul mai are rolul de:

- a stoca temporar la nivelul fundusului gastric cantități mari de alimente până când acestea vor putea fi prelucrate la nivelul tubului digestiv;
- a amesteca alimentele cu secrețiile gastrice, cu formarea unui amestec semifluid - chimul gastric;
- a evacua lent chimul gastric spre duoden cu o rată optimă pentru derularea ulterioară a digestiei propriu-zise, produse la nivel intestinal.

La nivel gastric, digestia chimică a principiilor nutritive se realizează sub acțiunea acidului clorhidric și a enzimelor. Stimularea secreției acide gastrice este determinată hormonal prin acțiunea acetilcolinei, gastrinei și histaminei.

Acetilcolina. Este eliberată în urma stimulării parasimpatice și are rol în stimularea secreției:

- **pepsinogenului** de către celulele peptice. Pepsinogenul secretat în faza inițială e inert din punct de vedere al acțiunii digestive. Însă, ca urmare a interacțiunii sale cu acidul clorhidric se transformă în **pepsină** - forma activă, cu rol proteolitic, a cărei acțiune este

dependentă de valorile pH-ului gastric. Pepsina este activă la pH de 1,8-3,5 și se inactivează când pH-ul gastric depășește valoarea de 5;

- **a acidului clorhidric** de către celulele parietale ;
- **a mucusului** de către celulele mucoase.

Gastrina și histamina. Secreția gastrinei de către celulele G aflate în zona distală a stomacului, la nivelul glandelor pilorice, este stimulată de alimente cu conținut proteic (în special produse din carne) care, odată ajunse în porțiunea antrală, au efect stimulator asupra acestor celule. Astfel, se produce eliberarea sanguină a gastrinei care va fi transportată la celulele ECL gastrice (celule enterocromafine de tip neuroendocrin localizate sub epiteliul gastric, la nivelul glandelor gastrice) unde își va exercita funcția.

Histamina. Sub influența gastrinei, celulele ECL vor elibera histamina direct în glandele oxintice. Odată eliberată, aceasta va avea un efect stimulator asupra secreției de acid clorhidric.

Pentru a se evita distrugerea peretelui gastric sub acțiunea enzimelor existente la acest nivel, stomacul prin celulele mucoase, secretă o cantitate mare de mucus care contribuie la rândul său la efectuarea optimă a tranzitului prin acțiunea sa lubrifiantă.

Mai mult, la nivelul stomacului există și celule mucoase superficiale care se regăsesc pe toată suprafața peretelui gastric și care au rolul de-a secreta un mucus cu consistență gelatinoasă care acoperă peretele gastric, creând un strat protector de aproximativ 1 mm grosime și care prin alcalinitatea sa caracteristică nu va permite expunerea peretelui gastric la acțiunea sucurilor gastrice acide.

Secreția gastrică este un proces continuu derulat în 3 faze: faza cefalică, faza gastrică și faza intestinală. Cea mai importantă creștere a ratei secreției gastrice (chiar de câteva ori față de valoarea bazală) se produce în perioada imediat următoare ingestiei alimentare în timp ce în perioadele interprandiale secreția acidă este relativ scăzută. De asemenea, există și un ritm circadian al secreției acide fiind mai redusă dimineața la trezire și mai accentuată seara. Mai mult, există și diferențe de gen privind rata secreției acide bazale, bărbații având rată de secreție mai mare decât femeile.

Faza cefalică se declanșează cu mult timp înainte ca alimentele să ajungă în cavitatea gastrică fiind declanșată de stimuli senzoriali (văz, miros, auz) dar și cognitivi (memoria gustului, imaginea mentală a unei situații ce presupune prezența hranei, procesul gândirii orientate spre alimente, etc.) și devine mai importantă când alimentele sunt deja supuse masticăției sau când apetitul este mai mare.

Originea impulsurilor responsabile de stimularea secreției gastrice în această fază este la nivelul cortexului cerebral, în centrul foamei din amigdală și hipotalamus iar transmiterea impulsurilor prin nucleii dorsali și prin nervul vag va determina stimularea secreției reprezentând aproximativ o treime din secreția gastrică asociată ingestiei alimentare în cursul unui prânz.

Faza gastrică a secreției se produce în momentul în care alimentele ajung în cavitatea gastrică, fiind un proces determinat multifactorial după cum urmează:

- reflexele vago-vagale gastrice care fac legătura stomac-creier-stomac - fiind declanșate ca urmare a distensiei gastrice;
- reflexele enterice locale care prin eliberarea de acetilcolină determină activarea celulelor parietale, deci a secreției de acid clorhidric dar și mecanismul secreției de gastrină - declanșat de prezența, în chimul gastric, a fragmentelor de proteine digerate (peptonele).

Prin intervenția coroborată a acestora este posibilă menținerea unei secreții gastrice pentru o perioadă mai îndelungată (câteva ore), absolut necesară pentru toată perioada cât alimentele sunt remanente în cavitatea gastrică. În această fază se produce majoritatea secreției gastrice, adică 60% din secreția gastrică totală produsă în raport cu ingestia unui prânz.

Secreția acidă și procesul de activare al pepsinogenului la pepsină se găsesc într-o relație de tip feedback pozitiv și anume, cu cât pH-ul este mai scăzut, cu atât mai mult pepsinogen va fi transformat în forma sa activă - pepsina, care la rândul său va acționa asupra proteinelor alimentare pe care le va digera până la stadiul de peptone. Prezența în cavitatea gastrică a unui număr mare de fragmente proteice va stimula mai departe eliberarea gastrinei care va stimula la rândul său secreția acidă, închizând astfel curba de feedback.

Proteinele sunt singurele dintre cele 3 categorii de macronutrienți (proteine, lipide, carbohidrați) care participă ca factori reglatori ai secreției gastrice. În afară de acestea, există anumite componente din cafea cum este cafeina - un inhibitor de fosfodiesterază, care pot avea un efect stimulator asupra secreției gastrice de acid, dar aceasta se realizează prin stimularea secreției de gastrină care va determina creșterea concentrației de AMPc în celulele parietale cu efect stimulator asupra activității pompei de protoni.

Insulina este un alt factor stimulator al secreției gastrice de acid prin acțiunea directă pe care o exercită asupra celulelor parietale cu stimularea secreției de HCL.

În final, stresul, deși mecanismul nu este pe deplin elucidat, poate determina la unii indivizi o creștere a secreției de acid și poate fi un cofactor alături de *Helicobacter pylori* în patogeniza ulcerului peptic.

Ca orice mecanism reglator, pe lângă componenta stimuloare prezintă și o componenta inhibitoare. În cazul fazei gastrice a secreției acide componenta inhibitoare se realizează printr-un mecanism de feedback negativ clasic. Astfel, inhibarea eliberării de gastrină se realizează de către somatostatina, secretată de celulele adiacente D.

Prin urmare, reducerea substanțială a pH-ului va determina stimularea celulelor D care secretă somatostatina. Sub acțiunea somatostatinei, celulele G sunt inhibate și încetează să elibereze gastrina, ceea ce are ca rezultat reducerea secreției de acid clorhidric.

Eficacitatea efectului inhibitor al reducerii substanțiale a pH-ului asupra eliberării de gastrină este subliniată și de următoarea observație: deși peptonele sunt un puternic stimulator al eliberării de gastrină în condițiile în care pH-ul intraluminal al antrului gastric este menținut la valoarea de 1.0, acestea eșuează în acțiunea lor stimuloare când se eliberează somatostatina.

În afară de somatostatina un efect inhibitor asupra secreției gastrice îl mai exercită și:

- peptidul inhibitor gastric (GIP) - eliberat de duoden și jejun care acționează direct asupra celulelor parietale;
- secretina - eliberat de duoden și jejun acționează celulele G pentru a suprima secreția de gastrină;

- peptidul YY - eliberat în diferite arii ale tractului digestiv ca răspuns la aportul lipidic și care inhibă/oprește atât secreția gastrică de acid cât și secreția pancreatică atunci când chimul gastric trece de porțiunea proximală a intestinului subțire.

Referindu-ne la secreția gastrică de acid, mecanismul de inhibare al acesteia se produce ca urmare a suprimării/eliberării de acetilcolină de la nivelul fibrelor nervoase colinergice și/sau prin stimularea paracrină a somatostatinei.

În afară de factorii chimici prezentați mai sus un efect inhibitor asupra secreției gastrice îl are prezența chimului gastric la nivel intestinal. Astfel, se declanșează un reflex enterogastric invers care pe cale nervoasă (prin nervii vagi și simpatici extrinseci) are rolul de a inhiba secreția gastrică ca urmare a apariției:

- distensiei gastrice,
- prezenței acidului în porțiunea proximală a tractului intestinal, neprotejată la fel ca și mucoasa gastrică prin mucus,
- prezenței produșilor de degradare proteică care au suferit deja fenomene digestive la nivelul stomacului.

Toți acești factori intestinali au rolul de-a reduce peristaltismul gastric ceea ce va determina o reducere a secreției acide.

Faza intestinală începe când chimul gastric ajunge în duoden. Porțiunea proximală a intestinului subțire (duoden) stimulează secreția gastrică de acid prin următorul mecanism: la nivel duodenal există o secreție redusă de gastrină din celulele G duodenale stimulate de prezența peptonelor și a aminoacizilor printr-un proces similar cu cel produs la nivelul celulelor G din stomac, dar mai redus cantitativ. Secreția acidă din faza intestinală este responsabilă pentru 5-10% din secreția gastrică totală.

În perioadele interdigestive secreția gastrică este de tip non-oxintic și este redusă la câțiva mililitri/oră, datorită intensității reduse sau chiar absenței proceselor digestive. Din acest motiv, cantitatea de acid gastric secretat este foarte mică în favoarea secreției de mucus și a unei cantități foarte mici de pepsină. Prezența stimulilor emoționali însă, va determina o creștere

substanțială a acesteia încă de la începutul prânzului, fiind un răspuns de tip feedback la acțiunea acestora.

Secreția pancreatică. Odată cu trecerea chimului gastric la nivel intestinal vor exista secreții suplimentare ale anexelor tubului digestiv (pancreasul și ficatul) care vor ajuta la digestia macronutrienților la nivel intestinal, sediul propriu-zis al digestiei și absorbției. Astfel, prezența chimului gastric în porțiunea superioară a intestinului va stimula pancreasul să producă și să elibereze în lumen sucul pancreatic bogat în enzime care au rol definitoriu pentru digestia celor trei categorii de macronutrienți: carbohidrați, lipide și proteine. În afară de enzime, sucul pancreatic mai conține și o cantitate importantă de bicarbonat de sodiu, responsabilă de neutralizarea acidității cu care chimul gastric pătrunde în intestin.

Pentru digestia carbohidraților amilaza pancreatică este enzima care acționează asupra amidonului și glicogenului în vederea obținerii moleculelor de dimensiuni mai mici tri- respectiv dizaharide.

Pentru digestia proteinelor cele mai importante enzime din sucul pancreatic sunt **tripsina** și **chimotripsina**, care acționează asupra proteinelor aflate în diferitele stadii de digestie și respectiv, **carboxipeptidaza** care are rolul de-a distruge unele proteine până la stadiul final de aminoacizi absorbabili. Aceste enzime sunt secretate în forma inactivă de tripsinogen, chemotripsinogen și procarboxioeptidază care se activează la formele de mai sus doar când ajung în intestin.

În cazul lipidelor, enzimele care acționează asupra acestora sunt reprezentate de **lipaza pancreatică** ce acționează pe lipidele neutre determinând producția de acizi grași și monogliceride, **colesterolesteraza** care acționează asupra esterilor de colesterol și **fosfolipaza** care determină producerea acizilor grași din fosfolipide.

La fel ca și în cazul secreției gastrice există o serie de stimuli care au rol important în reglarea secreției pancreatice. Astfel, acetilcolina, eliberată din terminațiile nervoase parasimpatice ale nervului vag, respectiv din cele ale nervilor enterici, alături de colecistokinina, secretată de mucoasa duodenală și a jejunului proximal, au rol stimulator asupra acinilor pancreatici, ceea ce are ca rezultat producerea unui număr mare de enzime

alături de cantități reduse de apă și electroliți. Apa este necesară pentru transportul enzimelor de la nivel pancreatic în duoden. În absența acestora enzimele secretate rămân stocate la nivel acinar, iar procesul digestiv nu se produce la parametri fiziologici. De aceea, pentru stimularea unei secreții mari de soluții apoase, este necesară intervenția unui al treilea factor - secretina, eliberată tot la nivel duodenal și în jejunul proximal care va determina celulele ductale pancreatice să secrete cantități mari de soluție apoasă care conține bicarbonat de sodiu. Secreția pancreatică, la fel ca și cea gastrică urmează un model în 3 faze.

Secreția biliară. Secreția biliară este un proces complex care implică producerea, modificarea și secreția de bilă de către celulele hepatice (hepatocite) în sistemul biliar. Bila joacă un rol crucial în digestia și absorbția grăsimilor alimentare. Iată o prezentare generală a fiziologiei secreției biliare:

1. **Hepatocitele și formarea bilei.** Ficatul este responsabil de producerea bilei. Hepatocitele sintetizează și secretă componente biliare, inclusiv acizi biliari, fosfolipide, colesterol, bilirubină și electroliți. Acizii biliari sunt componentele primare ale bilei și sunt derivați din colesterol. Aceștia joacă un rol vital în digestia și absorbția grăsimilor. Sinteza acizilor biliari are loc în hepatocite prin diverse reacții enzimatică, în principal în peroxizomii și reticulul endoplasmatic al ficatului.

2. **Modificarea bilei.** După sinteză, componentele bilei suferă modificări în cadrul hepatocitelor înainte de-a fi secretate. Aceste modificări includ conjugarea acizilor biliari cu glicina sau taurina pentru a forma săruri biliare, precum și adăugarea de fosfolipide și colesterol. Sărurile biliare sunt esențiale pentru emulsionarea și solubilizarea grăsimilor alimentare, ajutând la digestia și absorbția acestora în intestinul subțire.

3. **Secreția biliară propriu-zisă.** Odată modificate, componentele biliare sunt secretate în canaliculele biliare, canale mici situate între hepatocitele adiacente. Canaliculele biliare fuzionează pentru a forma ducte biliare mai mari, care în cele din urmă se unesc pentru a forma canalul hepatic comun. Secreția de bilă implică transportul coordonat al componentelor biliare prin membrana hepatocitelor. Sărurile biliare și fosfolipidele sunt transportate în mod activ din citoplasma hepatocitelor în canaliculul biliar de

către transportatori specifici. Pe lângă acizii biliari, ficatul secretă și bilirubina, un produs secundar al metabolismului hematiilor.

4. **Canalele biliare și excreția biliară.** Bila formată în ficat este transportată prin arborele biliar, care include canalul hepatic comun, canalul biliar comun și canalul cistic. Canalul cistic face legătura cu vezicula biliară, unde bila poate fi depozitată și concentrată. Sfincterul lui Oddi, o supapă musculară situată la joncțiunea dintre canalul biliar comun și duoden, reglează fluxul de bilă în intestinul subțire. La ingestia alimentelor, sfincterul Oddi se relaxează, permițând eliberarea bilei în duoden, unde ajută la digestia și absorbția grăsimilor alimentare.

Procesul de secreție biliară poate fi împărțit în mai multe faze - faza canaliculară, faza ductulară și faza postductulară. Aceste faze implică mecanisme și procese de transport distincte.

1. **Faza canaliculară.** Faza canaliculară se referă la secreția inițială de bilă în canaliculi, care sunt mici canale situate între hepatocitele adiacente.

Această fază implică sinteza și secreția inițială a componentelor biliare de către hepatocite. Acizii biliari, sărurile biliare, fosfolipidele, colesterolul, bilirubina, electroliții și alți soluți organici sunt sintetizați în cadrul hepatocitelor și transportați în canaliculele biliare. Componentele bilei, sărurile biliare, fosfolipidele, anionii organici și unii cationi, sunt transportate în mod activ din hepatocite în canaliculi prin intermediul unor transportatori specifici cum sunt:

- Pompa de export a sărurilor biliare (BSEP) este principalul transportor responsabil pentru secreția activă de săruri biliare din hepatocite în canaliculi;
- Proteina asociată rezistenței la medicamente multiple (MRP2), care transportă fosfolipide și anioni organici;
- Glicoproteina P (P-glycoproteina) (P-gp), care transportă o gamă largă de substrate.

2. **Faza ductală:** În faza ductală, bila curge din canaliculi în ducturile și canalele biliare mai mari din interiorul ficatului. Pe măsură ce bila progresaază prin ductele și canaliculele hepatice, ea suferă alte procese de modificare și transport. Modificarea compoziția bilei are loc prin absorbția de

electroliți și apă, în timp ce, din celulele epiteliale uctulare se secretă ioni de bicarbonat, care neutralizează pH-ul acid al bilei ducând astfel la alcalinizarea acesteia. Ionii de clorură sunt transportați în mod activ în lumenul ductelor biliare, urmați de mișcarea pasivă a sodiului și a apei. Acest proces generează un gradient osmotic care facilitează fluxul biliar.

În această fază, componentele bilei suferă modificări și o concentrare suplimentară pe măsură ce trec prin canalele biliare.

3. **Faza postductală:** Faza postductală implică transportul și modificarea bilei în cadrul canalelor biliare extrahepatice și în vezica biliară. Bila curge din ficat prin canalul hepatic comun și prin canalul biliar comun în vezica biliară, unde poate fi depozitată și concentrată prin absorbția de apă și electroliți, crescându-se astfel concentrația de acid biliar și osmolaritatea acesteia. La stimulare, cum ar fi o masă care conține alimente grase, vezica biliară se contractă, iar bila este eliberată în duoden prin canalul biliar comun. Fluxul bilei este reglat de sfîcterul lui Oddi, o supapă musculară la joncțiunea dintre canalul biliar comun și duoden.

Mecanismul foamei la om

În general, fiziologia mecanismului foamei este un proces complex și cu mai multe fațete, care implică interacțiunea factorilor hormonal, neuronal și psihologici.

Reglarea foamei este mediată de hormoni, căi neuronale și factori externi care acționează în comun pentru a menține echilibrul energetic. Componenta periferică implică reglarea foamei de către hormoni, care sunt secretați de tractul gastrointestinal și țesutul adipos ca răspuns la hrănire și post.

Unul dintre hormonii principali implicați în reglarea foamei este **grelina** - un puternic stimulator al foamei. Grelina este produsă de celulele din stomac și intestinul subțire și este eliberată în fluxul sanguin atunci când stomacul este gol. Când nivelurile de grelină sunt ridicate, hipotalamusul este stimulat să producă neuropeptida Y, care stimulează foamea determinând aportul de alimente.

În schimb, hormonii precum **leptina** și **insulina** acționează pentru a reduce pofta de mâncare și a crește consumul de energie.