



Accademia Italiana Medici Specializzandi

NF

Manuale di

NEFROLOGIA



10^a EDIZIONE

SSM 2024

www.accademiamedici.it

Manuale di Nefrologia
Decima edizione - Concorso Nazionale SSM 2024

ISBN

9788833412221

DEPOSITO LEGALE

Come per Legge

ACADEMIA DE ESTUDIOS MIR, S.L.

www.academiamir.com

info@academiamir.com

ACCADEMIA ITALIANA MEDICI SPECIALIZZANDI S.R.L.

Via Ettore Carafa, 57

70124 - Bari (Ba) - Italia

P.IVA: 07625410720

www.accademiamedici.it

GRAFICA, IMPAGINAZIONE ED ILLUSTRAZIONI

Iceberg Visual Diseño, S.L.N.E., Marika Perazzetti

STAMPA

Finito di stampare ad Ottobre 2023 da Imedisa

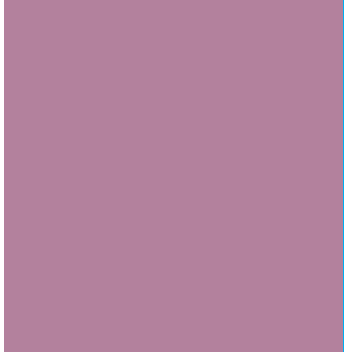
È vietata qualsiasi riproduzione, anche parziale, di quest'opera.
Qualsiasi copia o riproduzione effettuata con qualsiasi procedimento (fotografia, microfilm, nastro magnetico, disco o altro) costituisce una contraffazione passibile delle pene previste dalla legge sulla tutela dei diritti d'autore.

La protezione dei diritti d'autore si estende sia ai contenuti redazionali della pubblicazione sia alla grafica, alle illustrazioni ed alle fotografie della stessa: ne è, pertanto, vietata la riproduzione totale o parziale senza il consenso del titolare dei diritti d'autore.

La traduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm, i film, le fotocopie, etc.), nonché la memorizzazione elettronica, sono riservati per tutti i paesi.



Questo manuale è stato stampato con carta ecologica, sostenibile e senza cloro, ed è stato certificato secondo gli standard di FSC (Forest Stewardship Council).



NEFROLOGIA





NF

NEFROLOGIA

AUTORI

Direzione editoriale

MANCINI ANTONIO (87)
MAGGIORE MARIA ELENA (87)
MELE ALFONSO (25)
MASTROLEO FEDERICO (21)

Autori

LEONARDI GIUSEPPE (39)
ARCIDIACONO MARIA GRAZIA (64)
MASTROLEO FEDERICO (21)
GUIDA ILARIA (64)

Relazione generale degli autori

Abbenante Diego (53)	Coltorti Andrea (45)	Germano Francesco (74)	Marino Annalisa (42)	Rindone Andrea (47)
Aguzzi Alberto (89)	Condello Francesco (9)	Giotta Massimo (69)	Martinelli Canio (34)	Romano Claudia (57)
Airola Carlo (70)	Conte Ennio (49)	Girardi Antonia (22)	Mastroleo Federico (21)	Romozzi Marina (56)
Andresciani Flavio (83)	Crapisi Angelo (8)	Giurazza Roberto (2)	Meccia Donato Vito (58)	Rotundo Fioramante Lello (44)
Angellotti Giustina (64)	De Francesco Luca (12)	Grosso Antonio (86)	Mele Alfonso (25)	Santalucia Roberto (23)
Anzivino Roberta (77)	Del Bono Chiara (31)	Guida Ilaria (59)	Meschi Claudia (79)	Sarli Walter Maria (78)
Arcidiacono Maria Grazia (64)	Di Domenico Pasquale (41)	Iacono Elisa (35)	Nasillo Vincenzo (65)	Scalia Giovanni (44)
Baratto Luigi (72)	Diana Alfredo (3)	Iannone Claudia (47)	Nocilla Federica (67)	Scalia Lorenzo (61)
Barchi Alberto (40)	Egididi Silvia (17)	Intonti Chiara (13)	Novarese Cristina (51)	Scalvini Davide (88)
Barillà Giovanni (81)	Facco Matteo (5)	Lavorgna Mariarosaria (66)	Orlandi Riccardo (48)	Sciancalepore Pasqua Irene (38)
Bertolotti Lorenzo (84)	Faggian Guido (85)	Leonardi Giuseppe (39)	Paccione Andrea (60)	Scrima Ottavio (18)
Bertuglia Giuseppe (28)	Favretti Martina (55)	Libretti Alessandro (7)	Paturelli Marta (20)	Stella Leonardo (70)
Binello Nicolò (90)	Ferrante Bannera Anna (44)	Loi Federico (29)	Pecoraro Alessio (86)	Tramontana Filippo (32)
Bonizzoni Matteo Aldo (10)	Filippello Giulia (52)	Lovisolo Stefano (26)	Pelaia Corrado (44)	Tropea Francesco Giuseppe (44)
Cascella Raffaella (80)	Filippi Nicola (27)	Macellaro Monica (46)	Petrella Giacomo (73)	Trovato Federica (54)
Causio Francesco Andrea (36)	Filomia Simone (12)	Maggiore Maria Elena (87)	Petrone Paolo (15)	Vagelli Filippo (6)
Cavalli Silvia (47)	Fimiano Federica (19)	Magnaterra Elisabetta (14)	Pigoni Alessandro (82)	Venuti Francesco (91)
Celsa Ciro (68)	Fioccola Antonio (4)	Malvaso Antonio (11)	Pilla Laura (78)	Vergara Andrea (62)
Ceraso Alessia (92)	Fischetti Giuseppe (63)	Mancini Antonio (87)	Pinelli Matteo (50)	Vitale Carolina (71)
Cerchione Claudio (24)	Forlani Davide (1)	Mancini Giuseppino (30)	Porro Giuseppe (76)	Vodola Emanuele (16)
Coco Salvatore (43)	Garbaro Francesco Manlio (75)	Mariani Alessandro (33)	Priano Andrea (37)	

- (1) Alma Mater Studiorum - Università di Bologna CSM Borgo-Reno, Bologna. IT
- (2) AO dei Colli - Ospedale Monaldi-Catugno, Napoli AOU "Luigi Vanvitelli", Napoli, Napoli. IT
- (3) AOU Federico II, Napoli. IT
- (4) AOUC Careggi, Università degli Studi di Firenze, Firenze. IT
- (5) Azienda Ospedale-Università degli Studi di Padova, Padova. IT
- (6) Azienda Ospedaliera Universitaria Pisana, Pisa. IT
- (7) Azienda Ospedaliera Universitaria Maggiore della Carità, Novara. IT
- (8) Azienda USL di Piacenza, Piacenza. IT
- (9) Cardio Center, IRCCS Humanitas Research Hospital, Rozzano, Milano. IT
- (10) Department of Anesthesia and Intensive Care, IRCCS San Raffaele Scientific Institute, Milano. IT
- (11) Department of Brain and Behavioral Sciences, IRCCS Fondazione "C. Mondino" - Istituto Neurologico Nazionale, Pavia. IT
- (12) Department of Cardiovascular and Pulmonary Sciences, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma. IT
- (13) Department of Clinical, Internal Medicine, Anesthesiology and Cardiovascular Sciences, Università La Sapienza di Roma, Roma. IT
- (14) Dipartimento di Scienze della Salute, Sezione di Dermatologia, Università di Firenze, Firenze. IT
- (15) Direzione Generale, ASL BA, Bari. IT
- (16) Endocrinologia e malattie del metabolismo, Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS, Roma. IT
- (17) Endocrinologia e Malattie del Metabolismo, Università Campus Bio-Medico di Roma, Roma. IT
- (18) Fondazione Policlinico Universitario "A. Gemelli" IRCCS - UCSC, Roma. IT
- (19) Gastroenterologia ed Endoscopia Digestiva - AOU Città della Salute e della Scienza di Torino, Università di Torino, Torino. IT
- (20) Gastroenterologo
- (21) IEO - Istituto Europeo di Oncologia, Milano. IT
- (22) Istituto Europeo di Oncologia, IEO, IRCCS, Milano. IT
- (23) Istituto Europeo di Oncologia, Milano. IT
- (24) Istituto Ramagnolo per lo Studio dei Tumori "Dino Amadori" - IRST IRCCS, Meldola. IT
- (25) OMCeO Cosenza, Cosenza. IT
- (26) Ospedale Civile SS Antonio e Margherita, Tortona. IT
- (27) Ospedale di Belcolle, Viterbo. IT
- (28) Ospedale Malinette Torino, Torino. IT
- (29) Ospedale Policlinico Sant'Orsola-Malpighi, Bologna. IT
- (30) Pediatra ASL Barletta-Andria-Trani. IT
- (31) Policlinico "S. Orsola", Bologna. IT
- (32) Policlinico Paolo Giaccone, Palermo. IT
- (33) Policlinico Umberto I di Roma, Roma. IT
- (34) Policlinico Universitario G. Martino, Messina. IT
- (35) Policlinico Universitario, Catania. IT
- (36) Sezione di Igiene Generale e Applicata, Dipartimento Universitario Scienze della Vita e Sanità Pubblica, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma. IT
- (37) U.O. Clinica Dermatologica, Università di Genova, Genova. IT
- (38) U.O. Foniatria e Riabilitazione dei disturbi della Comunicazione, ASL Lecce, Lecce. IT
- (39) U.O.C. Nefrologia e Dialisi ASL Brindisi, Brindisi. IT
- (40) Unità di Gastroenterologia ed Endoscopia Digestiva-IRCCS Ospedale San Raffaele, Milano - Università Vita e Salute San Raffaele, Milano. IT
- (41) Unità di Gastroenterologia, Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Odontoiatria "Scuola Medica Salernitana", Università degli Studi di Salerno, Salerno. IT
- (42) Università Campus Biomedico di Roma, Roma. IT
- (43) Università degli Studi di Catania, Catania. IT
- (44) Università degli Studi di Catanzaro "Magna Graecia", Catanzaro. IT
- (45) Università degli Studi di Messina - Policlinico Gaetano Martino, Messina. IT
- (46) Università degli Studi di Milano - Ospedale Luigi Sacco, Milano. IT
- (47) Università degli Studi di Milano, Medicina e Chirurgia -ASST Gaetano Pini-CTO, UOC di Reumatologia, Milano. IT
- (48) Università degli Studi di Milano, Milano. IT
- (49) Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli. IT
- (50) Università degli Studi di Siena, Siena. IT
- (51) Università degli Studi di Torino - AOU Città della Salute e della Scienza di Torino, Torino. IT
- (52) Università di Catania, Catania. IT
- (53) UOC Dermatologia Ravenna-Lugo-Faenza, AUSL della Romagna, Rimini. IT
- (54) UOC Dermatologia, Università La Sapienza di Roma, Roma. IT
- (55) UOC di Reumatologia, Dipartimento di Scienze Cliniche Internistiche, Anestesiologiche e Cardiovascolari, Sapienza Università di Roma, Roma. IT
- (56) UOC Neurologia, Fondazione Policlinico Universitario A. Gemelli IRCCS, Roma - Dipartimento Universitario di Neuroscienze, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma. IT
- (57) UOC Pneumologia clinica e interventistica, AOU Sassari, Sassari. IT
- (58) UOSD Radiologia vascolare ed interventistica, AOU San Giovanni di Dio e Ruggi d'Aragona, Salerno. IT
- (59) Azienda Ospedaliera Universitaria Consorziale Policlinico di Bari, Bari. IT
- (60) Division of Cardiology, Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori "Fondazione Giovanni Pascale" IRCCS, Napoli. IT
- (61) Centro Alte Specialità e Trapianti (CAST), Divisione di Cardiologia, Policlinico Universitario G. Rodolico - S. Marco, Catania. IT
- (62) Cardiologia Clinica Universitaria, AORN Sant'Anna e San Sebastiano, Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli", Caserta. IT
- (63) Department of Emergency and Organ Transplants Cardiac Surgery Unit, University of Bari Medical School, Bari. IT
- (64) Azienda Ospedaliera Universitaria Consorziale Policlinico di Bari, Bari. IT
- (65) Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena, Modena. IT
- (66) Unità di Endocrinologia, Diabetologia e Andrologia, Dipartimento di Medicina Clinica e Chirurgia, Università Federico II di Napoli, Napoli. IT
- (67) Divisione di Endocrinologia, Diabetologia e Malattie del Metabolismo Dipartimento Medico Generale Azienda Ospedaliera Universitaria Integrata di Verona, Verona. IT
- (68) Sezione di Gastroenterologia ed Epatoepatologia, Dipartimento di Promozione della Salute, Materno-Infantile, Medicina Interna e Specialistica di Eccellenza (PROMISE),
- Dipartimento di Discipline Chirurgiche, Oncologiche e Stomatologiche (DICHIRONI) Università di Palermo, Palermo. IT
- (69) Dipartimento Interdisciplinare di Medicina, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari. IT
- (70) Medicina Interna e Gastroenterologia, Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS Roma, Roma. IT
- (71) Medicina Interna Dipartimento di Scienze Mediche Policlinico Tor Vergata Roma, Roma. IT
- (72) UOC Neurologia e Stroke Unit Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli. IT
- (73) UOC Neurochirurgia - ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda - Università degli Studi di Milano, Milano. IT
- (74) Department of Neurology IRCCS Policlinico San Martino, Genova. IT
- (75) Department of Biomedical Sciences, Humanitas University, Pieve Emanuele, Milano. IT
- (76) U.O.C. Otorinolaringoiatria, Ospedale V. Fazzi, Lecce. IT
- (77) U.O.C. Otorinolaringoiatria, Ospedale Di Venere, ASL BA, Bari. IT
- (78) Azienda Ospedaliera Universitaria Anna Meyer, Firenze. IT
- (79) Azienda Ospedaliera Universitaria Pisana - UO Pneumologia, Pisa. IT
- (80) Dipartimento di Scienze Biomediche, Università Cattolica Nostra Signora del Buon Consiglio, Tirana. AL
- (81) Azienda Ospedaliera-Universitaria Senese di Santa Maria alle Scotte, Siena. IT
- (82) Department of neurosciences and mental health, Fondazione IRCCS Ca' Granda, Ospedale Maggiore Policlinico, Milano. IT
- (83) UOC Radiologia diagnostica e interventistica Ospedale S.M. Goretti, Latina. IT
- (84) UOC Radiologia, Dipartimento Diagnostico AOU di Parma, Parma. IT
- (85) UOC Diagnostica per immagini e Radioterapia AOU "Federico II", Napoli. IT
- (86) Ospedale Careggi, Università degli Studi di Firenze, Firenze. IT
- (87) Department of Interdisciplinary Medicine (D.I.M.), Università di Bari Aldo Moro, Bari. IT
- (88) S.C. Gastroenterologia - Endoscopia Digestiva, Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo, Pavia - Università degli Studi di Pavia, Pavia. IT
- (89) IRCCS Azienda Ospedaliera Universitaria di Bologna, Bologna. IT
- (90) High Impact Epidemics Unit Health Emergencies Programme World Health Organization, Geneva, CH. *Institutional affiliation is provided for identification purpose only and does not constitute institutional endorsement. Any views and opinions expressed are personal and belong solely to the individual and do not represent any people, institutions or organizations that the individual may be associated with in a personal or professional capacity unless explicitly stated.
- (91) Unità di Malattie Infettive Dipartimento di Scienze Mediche Ospedale Amedeo Savoia Università di Torino, Torino. IT
- (92) Struttura ó ASP, Palermo. IT

IT=Italia / CH= Svizzera / AL=Albania

CAPITOLO 1	INTRODUZIONE. RIPASSO DI ANATOMIA E FISILOGIA.....	9
1.1.	Struttura del rene.....	9
1.2.	Circolazione renale.....	13
1.3.	Funzioni del rene.....	13
1.4.	Altri concetti generali.....	13
CAPITOLO 2	ALTERAZIONI DELL'EQUILIBRIO ACIDO-BASE.....	15
CAPITOLO 3	EQUILIBRIO IDROSALINO.....	17
CAPITOLO 4	GLOMERULONEFRITI.....	23
4.1.	Quadri clinici glomerulonefriti.....	23
4.1.1.	Sindrome nefrosica.....	23
4.1.2.	Sindrome nefritica.....	25
4.2.	Indicazioni alla biopsia renale.....	25
4.3.	Quadri istologici glomerulonefriti.....	26
4.4.	Classificazione delle glomerulonefriti.....	26
4.5.	Glomerulonefrite rapidamente progressiva (GMNRP), extracapillare o a semilune.....	26
4.6.	GMN acuta post-infettiva, proliferativa endocapillare o essudativa.....	28
4.6.1.	GMN endocapillare diffusa da endocardite batterica.....	28
4.7.	Glomerulonefrite a lesioni minime (minimal change disease).....	29
4.8.	GMN membranosa.....	30
4.9.	Glomerulosclerosi focale e segmentale (GSFS).....	31
4.10.	GMN membranoproliferativa (GMNMP) o mesangiocapillare.....	32
4.11.	GMN a depositi mesangiali di IgA o IgA-nephropaty (IgAN) o malattia di Berger.....	33
CAPITOLO 5	GLOMERULOPATIE SECONDARIE.....	37
5.1.	Vasculiti con coinvolgimento renale.....	37
5.2.	Crioglobulinemia mista essenziale.....	37
5.3.	Artrite reumatoide.....	37
5.4.	Nefropatia lupica.....	37
5.5.	Nefropatia diabetica.....	38
5.6.	Mieloma multiplo e altre gammopatie monoclonali.....	39
5.7.	Sindrome di Alport.....	39
5.8.	Nefropatia amiloidea.....	40
CAPITOLO 6	INSUFFICIENZA RENALE ACUTA.....	41
6.1.	Insufficienza renale acuta pre-renale.....	41
6.2.	Insufficienza renale acuta parenchimale.....	42
6.3.	Insufficienza renale acuta ostruttiva o post-renale.....	42
6.4.	Iter diagnostico.....	43
6.5.	Trattamento.....	44
CAPITOLO 7	MALATTIA RENALE CRONICA ED INSUFFICIENZA RENALE CRONICA.....	46
7.1.	Apparati e sistemi interessati.....	47
7.2.	Terapia medica.....	49
7.3.	Trattamento emodialitico.....	50
CAPITOLO 8	TUBULOPATIE EREDITARIE.....	52
8.1.	Nefropatie cistiche.....	52
8.2.	Acidosi tubulari renali.....	53
8.3.	Sindrome di Bartter.....	55
8.4.	Sindrome di Gitelman.....	57
8.5.	Sindrome di Liddle (pseudoiperaldosteronismo).....	57
8.6.	Diabete insipido nefrogenico.....	58
8.7.	Sindrome di Fanconi.....	58
8.8.	Glicosuria renale.....	58
CAPITOLO 9	MICROANGIOPATIA TROMBOTICA: SINDROME EMOLITICO-UREMICA E PORPORA TROMBOTICA TROMBOCITOPENICA.....	59
CAPITOLO 10	NEFROPATIE TUBULOINTERSTIZIALI.....	62
10.1.	Necrosi tubulare acuta.....	62
10.2.	Nefropatie tubulointerstiziali acute.....	62
10.3.	Nefropatia tubulointerstiziale cronica.....	63
10.4.	Diagnosi differenziale tra nefropatia glomerulare e nefropatia tubulointerstiziale.....	65

CAPITOLO 11	MALATTIE VASCOLARI RENALI	66
11.1.	Stenosi dell'arteria renale.....	66
11.2.	Tromboembolia dell'arteria renale	66
11.3.	Malattia aterosclerotica o embolia da colesterolo	66
11.4.	Nefroangiosclerosi	66
11.5.	Trombosi venosa renale.....	67
CAPITOLO 12	IPERTENSIONE ARTERIOSA (IA) SECONDARIA A NEFROPATIA.....	68
CAPITOLO 13	TRAPIANTO RENALE.....	69
	VALORI NORMALI IN NEFROLOGIA	73
	BIBLIOGRAFIA	74
	INDICE DEGLI ACRONIMI	75



NF

NEFROLOGIA

Curiosità

L'urinoterapia è la "pseudoscienza" circa l'uso di urina per il trattamento di malattie o con scopi cosmetici. Nell'antichità era utilizzata da molte culture. In India, i Sanscriti scrissero 5.000 anni fa la Damar Tantra, contenente 107 versi in cui si esaltano le virtù mediche dell'urina. In Cina, l'urina dei bambini era considerata un medicinale. Anche in Francia e Spagna durante l'Impero Romano è stata utilizzata come dentifricio e sbiancante dei denti, diventando oggetto di derisione da parte dei governanti romani, tanto che il poeta Gaio Valerio Catullo criticò con i seguenti versi il gallico Gello Egnazio: "In terra Celibera quello che uno piscia, la mattina dopo lo utilizza per strofinare a sangue denti e gengive, così quanto più questi vostri denti son puliti, tanto più si palesa il piscio che ti sei bevuto".

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE. RIPASSO DI ANATOMIA E FISIOLOGIA

1.1. Struttura del rene

I reni sono due organi retroperitoneali ognuno dei quali misura tra i 10 e i 12 cm e pesa all'incirca 150 gr. Il nefrone è l'unità funzionale del rene. In ogni rene è presente circa un milione di nefroni. Ogni nefrone si compone di cinque parti: glomerulo, tubulo prossimale, ansa di Henle, tubulo distale e dotto collettore.

(Vedere la figura 1.1)

Glomerulo

I glomeruli, localizzati nella corticale renale, non sono altro che un groviglio di capillari, rivestiti da cellule endoteliali cui si interpongono cellule dette mesangiali (meso = "in mezzo" + angio = "vasi" -> "in mezzo ai vasi"). Questi capillari originano dalle divisioni dell'arteriola afferente e convergono poi a formare l'arteriola efferente. Questo spiega perché il rene è sensibile a molti mediatori vascolari, come le molecole effettrici del sistema renina-angiotensina-aldosterone (SRAA). Le cellule mesangiali hanno molteplici funzioni, tra le quali quella di produrre la matrice mesangiale, quella di regolare il tono vascolare dei capillari glomerulari e la funzione di macrofagi.

La matassa glomerulare è contenuta all'interno della capsula di Bowman. Tale capsula è costituita da due foglietti di epitelio, uno viscerale e uno parietale. Le cellule epiteliali viscerali sono chiamate podociti. Ad eccezione del polo vascolare del glomerulo, è presente uno spazio (urinario) di separazione tra i due foglietti epiteliali, nel quale passa il filtrato glomerulare. In determinate condizioni patologiche, questo spazio può essere occupato dalla formazione di semilune determinate dalla proliferazione delle cellule epiteliali e mononucleate, indice istologico di danno glomerulare grave.

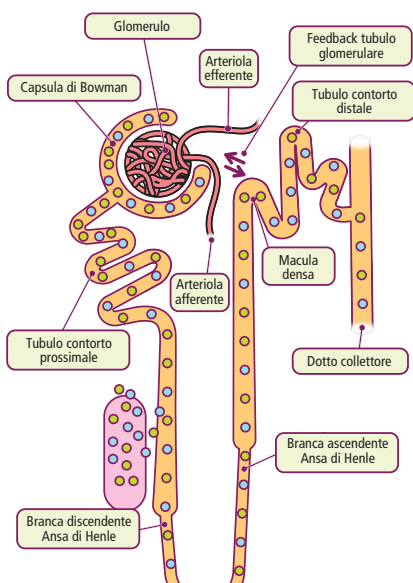


Figura 1.1: Componenti del nefrone.

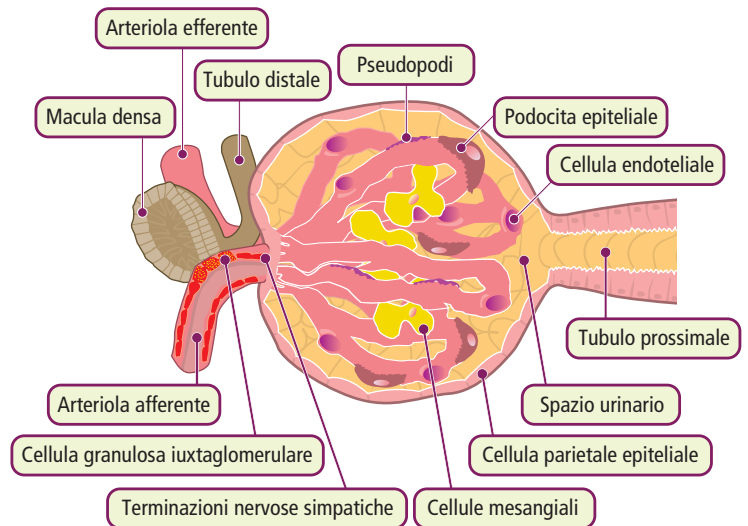


Figura 1.2: Glomerulo.

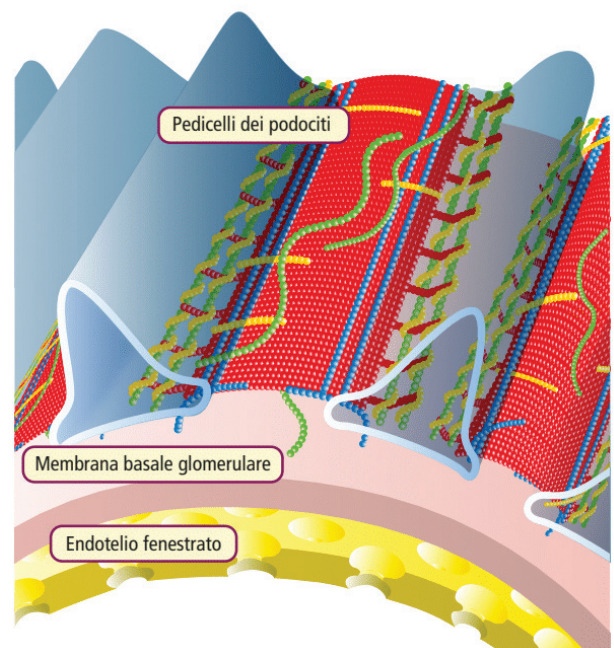


Figura 1.3: Barriera di filtrazione glomerulare.

- endotelio fenestrato
- membrana glomerulare
- podociti.

La membrana basale glomerulare separa due spazi importanti per definire la localizzazione degli immunocomplessi che si depositano nel contesto di alcune glomerulopatie: lo spazio subendoteliale o endocapillare (tra la cellula endoteliale e la membrana basale) e lo spazio subepiteliale (tra la membrana basale e il podocita).

Questa separazione aiuta a capire le strette relazioni tra meccanismi di patogenesi, reperti patologici e manifestazioni cliniche della glomerulopatia.

- **Spazio endocapillare**
Situato tra l'endotelio e la membrana basale glomerulare.
- **Compartmento mesangiale**
Situato all'interno dell'endocapillare, costituito da cellule mesangiali.
- **Spazio extracapillare o subepiteliale**
Situato tra la membrana basale e l'epitelio viscerale della capsula di Bowman.

La **velocità di filtrazione glomerulare (VFG)** o **glomerular filtration rate (GFR)** dipende dalla differenza delle pressioni idrostatiche e oncotiche presenti ai due lati della barriera di filtrazione.

$VFG = (PG - PB) - (\pi G - \pi B)$

VFG: velocità di filtrazione glomerulare
P: pressione idrostatica
 π : pressione oncotica
G: capillare glomerulare
B: capsula di Bowman

Avremo quindi un aumento della velocità di filtrazione glomerulare quando:

- aumenta la pressione intracapillare (es: contrazione dell'arteriola efferente)
- diminuisce la concentrazione di proteine nel plasma.

I principali fattori che determinano il passaggio delle molecole attraverso la barriera di filtrazione sono il peso molecolare (le molecole più grandi passano con maggiore difficoltà) e la carica ionica (visto che la membrana basale glomerulare ha carica negativa, le molecole cariche negativamente passano con maggiore difficoltà). Una proteina come l'albumina, che possiede peso pari a 69kDa e carica negativa, viene solo minimamente filtrata.

A livello del polo vascolare, tra l'arteriola afferente ed efferente, passa il tubulo distale. Le cellule a contatto sono la macula densa, che fa parte dell'apparato iuxtaglomerulare (costituito da cellule secernenti renina) la cui funzione è regolare la GFR sulla base della concentrazione di sodio che arriva al tubulo distale (feedback tubulo glomerulare).

Tubulo contorto prossimale

In questa zona viene riassorbita gran parte dei piccoli soluti filtrati: circa il 60% di sodio, potassio, calcio ed acqua, più del 90% di bicarbonato e la quasi totalità di glucosio ed amminoacidi. Il riassorbimento di sodio avviene in **COTRASPORTO**, ovvero il sodio viene riassorbito assieme ad altre sostanze:

- Bicarbonato (HCO3-)
- Glucosio (cotrasportatore SGLT2 bersaglio delle glifozine)
- Aminoacidi
- Fosfati.

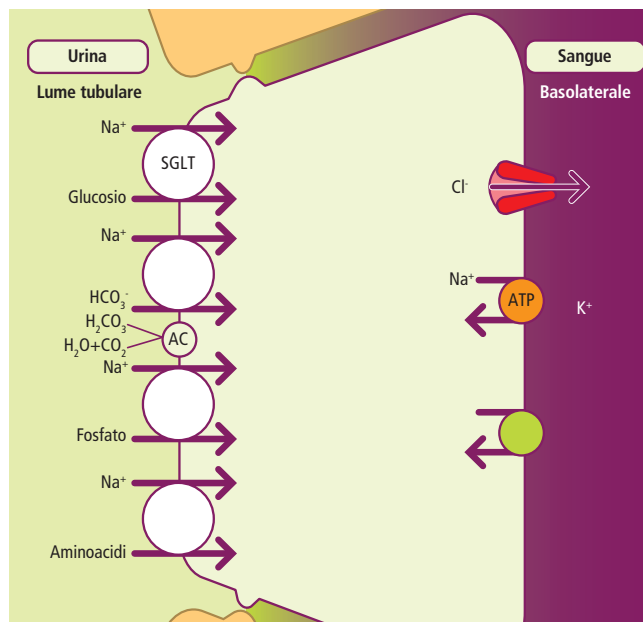


Figura 1.4: Tubulo contorto prossimale.

- Percentuale di riassorbimento sodio filtrato: 60%
- Cotrasportatori: sodio/glucosio (SGLT2), sodio bicarbonato, sodio fosforo, sodio aminoacidi
- Malattia del tubulo: sindrome di Fanconi
- Diuretici: inibitori dell'anidraasi carbonica
- Altri farmaci: inibitori SGLT2i

Ansa di Henle

L'ansa di Henle è una porzione del tubulo a forma di "U" che dalla corticale si spinge fino alla midollare renale. È costituita da due segmenti: uno discendente **sottile** e uno ascendente spesso, impermeabile all'acqua, dove si trova il trasportatore

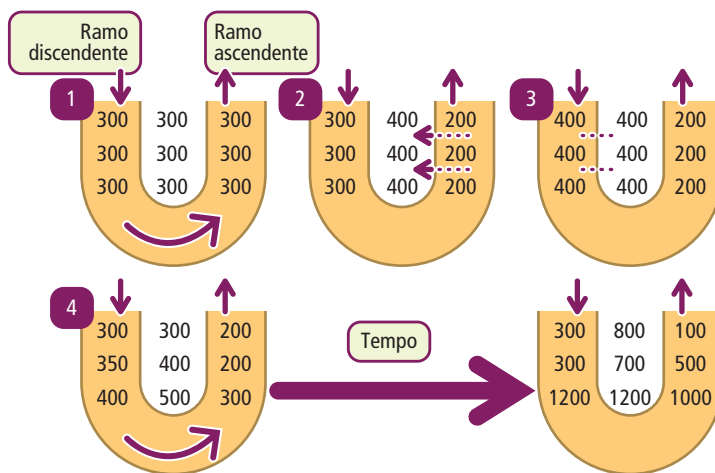


Figura 1.5: Meccanismo di moltiplicazione controcorrente: in un primo momento il ramo discendente ed ascendente e l'interstizio sono isosmotici rispetto al plasma (1). Successivamente, il NaCl viene riassorbito dal ramo ascendente (2) e, grazie al richiamo osmotico di acqua, l'interstizio si equilibra con il segmento discendente (3). Da qui in poi si innesca un meccanismo per cui si genera e si mantiene un gradiente osmotico cortico-midollare.