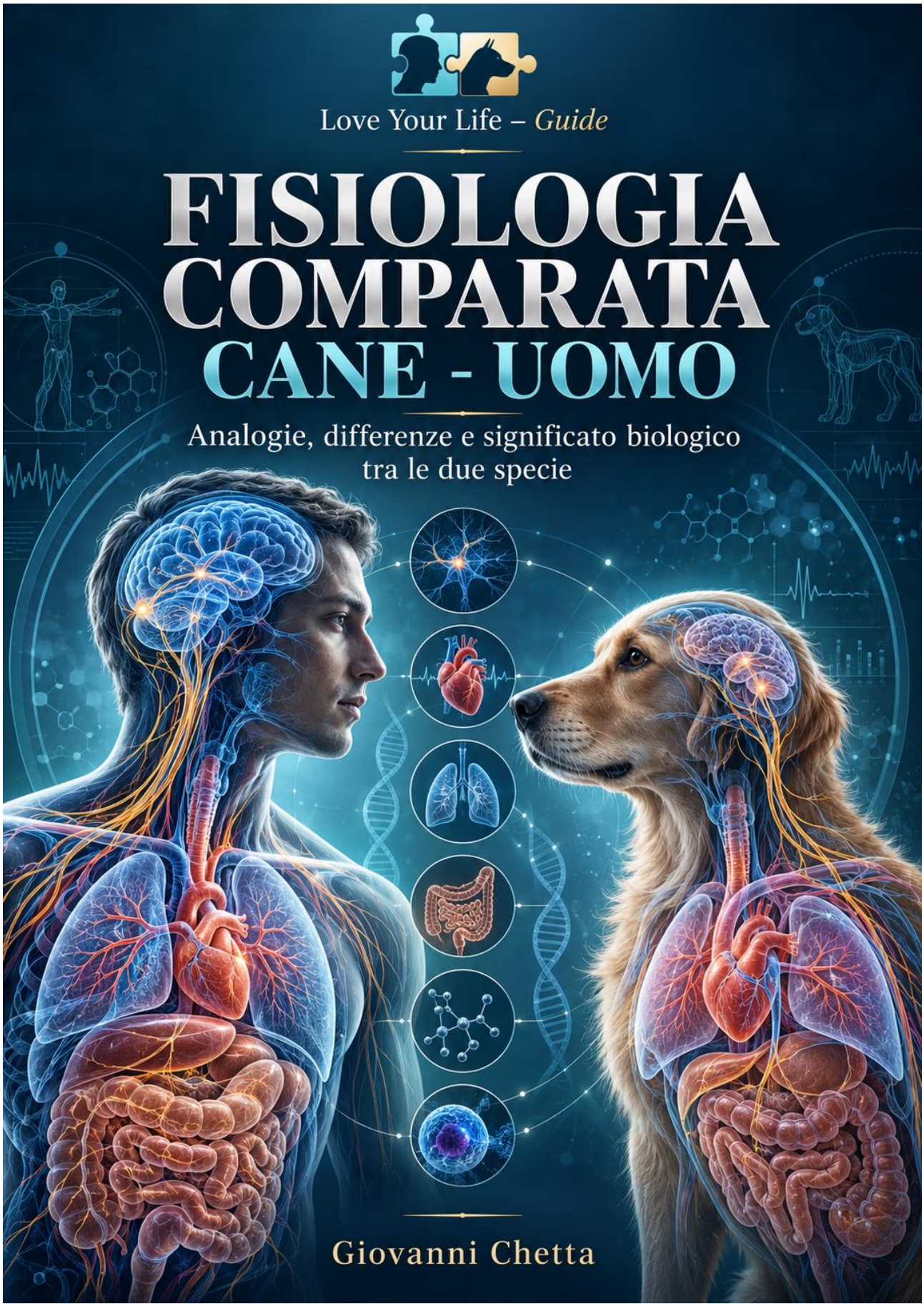

Love Your Life – Guide
FISIOLOGIA COMPARATA
CANE - UOMO
Analogie, differenze e significato biologico tra le due specie
Giovanni Chetta

FISIOLOGIA COMPARATA CANE–UOMO

Analogie, differenze e significato biologico tra le due specie

Giovanni Chetta

Le Guide Love Your Life edizione 2026

Sommario

Guida alla lettura....9
Introduzione – Due mammiferi, una base comune e molte specializzazioni....10
PARTE I – FONDAMENTI DELLA FISIOLOGIA COMPARATA....12
Capitolo 1 – Cellula, compartimenti e omeostasi....12
Compartimenti cellulari e gradienti....12
Omeostasi come processo dinamico....12
Dalla cellula al fenotipo fisiologico....12
Capitolo 2 – Membrane, trasporto e potenziale elettrico....13
Diffusione, trasporto facilitato e trasporto attivo....13
Potenziale di membrana ed eccitabilità....13
Membrana come piattaforma di segnalazione....13
Capitolo 3 – Bioenergetica e metabolismo mitocondriale....13
Dalla glicolisi alla fosforilazione ossidativa....14
Flessibilità metabolica....14
Mitocondri, ROS e adattamento....14
Capitolo 4 – Termoregolazione....14
Produzione e trasferimento del calore....14
Ansimazione e controllo respiratorio nel cane....15
Termoregolazione durante esercizio e recupero....15
Capitolo 5 – Ritmi circadiani e sonno....16
Orologio circadiano e sincronizzatori....17
Architettura del sonno....17
Sonno, metabolismo e funzione nervosa....17
Capitolo 6 – Acqua corporea, osmolarità ed elettroliti....17
Distribuzione dell’acqua corporea....17

Sete, vasopressina e rene 17
Acido-base ed elettroliti 18
Capitolo 7 – Sangue, emostasi e trasporto 18
Eritrociti e trasporto dei gas 18
Leucociti e sorveglianza 18
Emostasi e fibrinolisi 18
Milza, filtrazione ematica e riserva eritrocitaria 19
Contrazione splenica durante esercizio e ipossia 19
Capitolo 8 – Tessuto connettivo, matrice extracellulare e riparazione 19
Matrice extracellulare come rete funzionale 19
Riparazione dei tessuti 19
Cute, fascia e carico meccanico 20
Cute come barriera fisiologica e immunologica 20
Follicoli, mantello e isolamento termico 20
Ghiandole cutanee, sebo e sudorazione 20
PARTE II – DIGESTIONE, METABOLISMO E NUTRIZIONE 21
Capitolo 9 – Bocca, masticazione e saliva 21
Dentatura e funzione meccanica 21
Saliva e fase orale della digestione 21
Gusto, comportamento e ritmo di ingestione 21
Capitolo 10 – Stomaco e digestione gastrica 21
Secrezione acida e proteolisi 21
Motilità e svuotamento 22
Barriera mucosa e comunicazione con l'intestino 22
Capitolo 11 – Intestino tenue, pancreas e assorbimento 22
Pancreas esocrino e bile 22
Villi, microvilli e trasporto 22
Barriera intestinale e sistema immune 22
Sistema nervoso enterico e riflessi gastrointestinali 23
Ormoni gastrointestinali e integrazione metabolica 23
Capitolo 12 – Colon, fermentazione e acidi grassi a corta catena 23
Fermentazione microbica 23
Acqua, elettroliti e consistenza fecale 24

SCFA e segnalazione 24
Capitolo 13 – Microbiota intestinale e barriera 24
Ecologia microbica specie-specifica 24
Barriera mucosale e immunità 24
Asse intestino-cervello e comportamento 24
Capitolo 14 – Metabolismo dei carboidrati e controllo glicemico 25
Digestione e ingresso del glucosio 25
Adattamento canino ai carboidrati 25
Glicemia, attività e riserva metabolica 25
Capitolo 15 – Metabolismo lipidico e lipoproteine 25
Digestione e trasporto dei lipidi 26
Lipoproteine e rischio cardiovascolare 26
Acidi grassi come combustibili e segnali 26
Capitolo 16 – Proteine, aminoacidi e azoto 26
Turnover proteico 26
Ciclo dell'urea e gestione dell'azoto 26
Proteine, muscolo e recupero 27
Capitolo 17 – Vitamine: sintesi, fabbisogni e differenze 27
Vitamina C e perdita della via nell'uomo 27
Vitamina D: una differenza opposta 27
Conversioni e biodisponibilità 27
Capitolo 18 – Minerali e metabolismo osseo 28
Calcio e fosforo 28
Rimodellamento osseo 28
Magnesio e altri minerali 28
Approfondimento di sintesi – Alimentazione nelle diverse fasi della vita: Cane–Uomo a confronto 29
Principio comparativo 29
Neonato e lattante 29
Crescita e svezzamento 29
Adulto e mantenimento 29
Attività sportiva e lavoro 30
Gravidanza e allattamento 30

Anziano....30
Tabella pratica del cane: criteri di utilizzo....31
Concetto fondamentale....32
PARTE III – APPARATI DI REGOLAZIONE, OMEOSTASI E IMMUNITÀ....33
Capitolo 19 – Cuore e ciclo cardiaco....33
Eccitazione e ciclo cardiaco....33
Frequenza, gittata sistolica e portata....33
Controllo autonomico e adattamento....33
Capitolo 20 – Pressione arteriosa e controllo vascolare....33
Pressione e resistenze periferiche....33
Endotelio e microcircolo....34
Distribuzione del flusso....34
Liquido interstiziale e formazione della linfa....34
Pompa linfatica, valvole e movimento....34
Linfatici intestinali, lipidi e immunità....34
Capitolo 21 – Polmone, ventilazione e scambi gassosi....35
Ventilazione e meccanica....35
Scambio alveolo-capillare....35
Respirazione e termoregolazione....35
Capitolo 22 – Fisiologia renale....35
Filtrazione glomerulare....35
Riassorbimento e secrezione....36
Concentrazione urinaria e contesto....36
Capitolo 23 – Equilibrio acido-base....36
Sistemi tampone e relazione bicarbonato-anidride carbonica....36
Compenso respiratorio....36
Compenso renale e ammoniagenesi....37
Acidosi, alcalosi e disturbi misti....37
Esercizio, lattato e recupero....37
Capitolo 24 – Sistema immunitario, infiammazione e tolleranza....37
Barriere e immunità innata....37
Immunità adattativa e memoria....38
Immunità mucosale e microbiota....38

Infiammazione, risoluzione e riparazione 38
Immunosenescenza e risposta nel corso della vita 38
Capitolo 25 – Fegato, metabolismo e biotrasformazione degli xenobiotici 38
Architettura epatica e circolazione portale 38
Metabolismo di glucosio, glicogeno e lipidi 39
Aminoacidi, ciclo dell'urea e proteine plasmatiche 39
Bile, bilirubina e asse intestino-fegato 39
Biotrasformazione degli xenobiotici: fasi I e II 39
Capitolo 26 – Sistema endocrino integrato 39
Ipotalamo, ipofisi e organizzazione degli assi endocrini 40
Feedback, pulsatilità e ritmi 40
Asse GH–IGF-1, crescita e taglia corporea 40
Pancreas endocrino, incretine e controllo dei nutrienti 41
Tessuto adiposo come organo endocrino 42
Capitolo 27 – Tiroide e metabolismo basale 42
Sintesi, iodio e tireoglobulina 42
Trasporto, deiodinasi e disponibilità tissutale 42
Effetti su metabolismo, termogenesi e apparati 42
Asse ipotalamo–ipofisi–tiroide e feedback 43
Ipotiroidismo: confronto fisiopatologico senza sovrapposizioni 43
Capitolo 28 – Surrene e risposta allo stress 43
Asse ipotalamo-ipofisi-surrene 43
Catecolamine e risposta rapida 43
Stress, recupero e adattamento 43
Aldosterone, sodio e volume extracellulare 44
Capitolo 29 – Riproduzione e ciclo sessuale 44
Ciclo ovarico e differenze di specie 44
LH, FSH e steroidi sessuali 44
Gestazione e maturazione neonatale 44
Placentazione e scambi materno-fetali 44
Parto, ossitocina e adattamento materno 45
Lattazione, colostro e trasferimento immunitario 45
Pseudogravidanza e particolarità endocrina della cagna 45

Neonato e cucciolo: termoregolazione e riserve 45
PARTE IV – SISTEMA NERVOSO E FISIOLOGIA SENSORIALE 47
Capitolo 30 – Sistema nervoso centrale e periferico 47
Organizzazione del sistema nervoso 47
Corteccia e integrazione 47
Plasticità e apprendimento 47
Capitolo 31 – Sistema autonomo e regolazione viscerale 47
Simpatico e parasimpatico 47
Riflessi viscerali 48
Variabilità della frequenza cardiaca e stato funzionale 48
Capitolo 32 – Tatto e sistema somatosensoriale 48
Recettori e vie somatosensoriali 48
Propriocezione e controllo del movimento 48
Sviluppo precoce del tatto 48
Nocicezione, dolore e sensibilizzazione 49
Capitolo 33 – Olfatto e organo vomeronasale 49
Architettura nasale e flusso dell'aria 49
Trasduzione e bulbo olfattivo 49
Organo vomeronasale e comunicazione chimica 49
Olfatto come sistema cognitivo 50
Capitolo 34 – Vista e retina 50
Fotorecettori e visione cromatica 50
Sensibilità in bassa illuminazione 50
Campo visivo e movimento 50
Capitolo 35 – Udito, sistema vestibolare e orientamento spaziale 51
Dal suono al segnale nervoso 51
Intervallo di frequenze 51
Localizzazione e mobilità auricolare 51
Labirinto vestibolare: canali semicircolari, utricolo e sacculo 51
Riflesso vestibolo-oculare e stabilizzazione dello sguardo 52
Equilibrio, cervelletto e controllo posturale 52
Capitolo 36 – Compenso sensoriale e neuroplasticità 52
Compenso non significa sostituzione perfetta 52

Plasticità delle reti 53
Ambiente e riabilitazione 53
Capitolo 37 – Sviluppo embrionale e maturazione dei sensi 53
Tempi embrionali e maturazione postnatale 53
Sequenza funzionale dei sensi 53
Esperienza e periodi sensibili 53
PARTE V – MOVIMENTO, INVECCHIAMENTO E INTEGRAZIONE 55
Capitolo 38 – Muscolo scheletrico, fibre e contrazione 55
Sarcomero e accoppiamento eccitazione-contrazione 55
Tipi di fibra e specializzazione 55
Adattamento al carico 55
Capitolo 39 – Esercizio, adattamento cardiorespiratorio e recupero 55
Risposta cardiovascolare allo sforzo 55
Ventilazione e consumo di ossigeno 56
Prestazione, razza e recupero 56
Capitolo 40 – Invecchiamento, senescenza e longevità 56
Meccanismi cellulari dell'invecchiamento 56
Taglia e longevità nel cane 57
Ambiente condiviso e valore comparativo 57
Asse somatotropico, taglia e longevità 57
Immunometabolismo e perdita di riserva funzionale 57
Capitolo 41 – Medicina del terreno, One Health e limiti della traslazione 57
Terreno biologico come rete 58
One Health 58
Limiti della traslazione 58
Dalla comparazione alla medicina integrata 58
Tabella generale di confronto Cane–Uomo 59
Glossario 62
Bibliografia 64
L'Autore 66

Guida alla lettura

Il volume mette a confronto la fisiologia del cane e quella dell'uomo partendo dalla base comune dei mammiferi. Su questa base si innestano specializzazioni legate alla storia evolutiva, all'anatomia, alle dimensioni corporee, all'ambiente, al comportamento e alla selezione. Il confronto non presuppone equivalenza: un meccanismo può essere conservato e differire comunque per intensità, tempi, riserva funzionale e modalità di risposta agli stimoli.

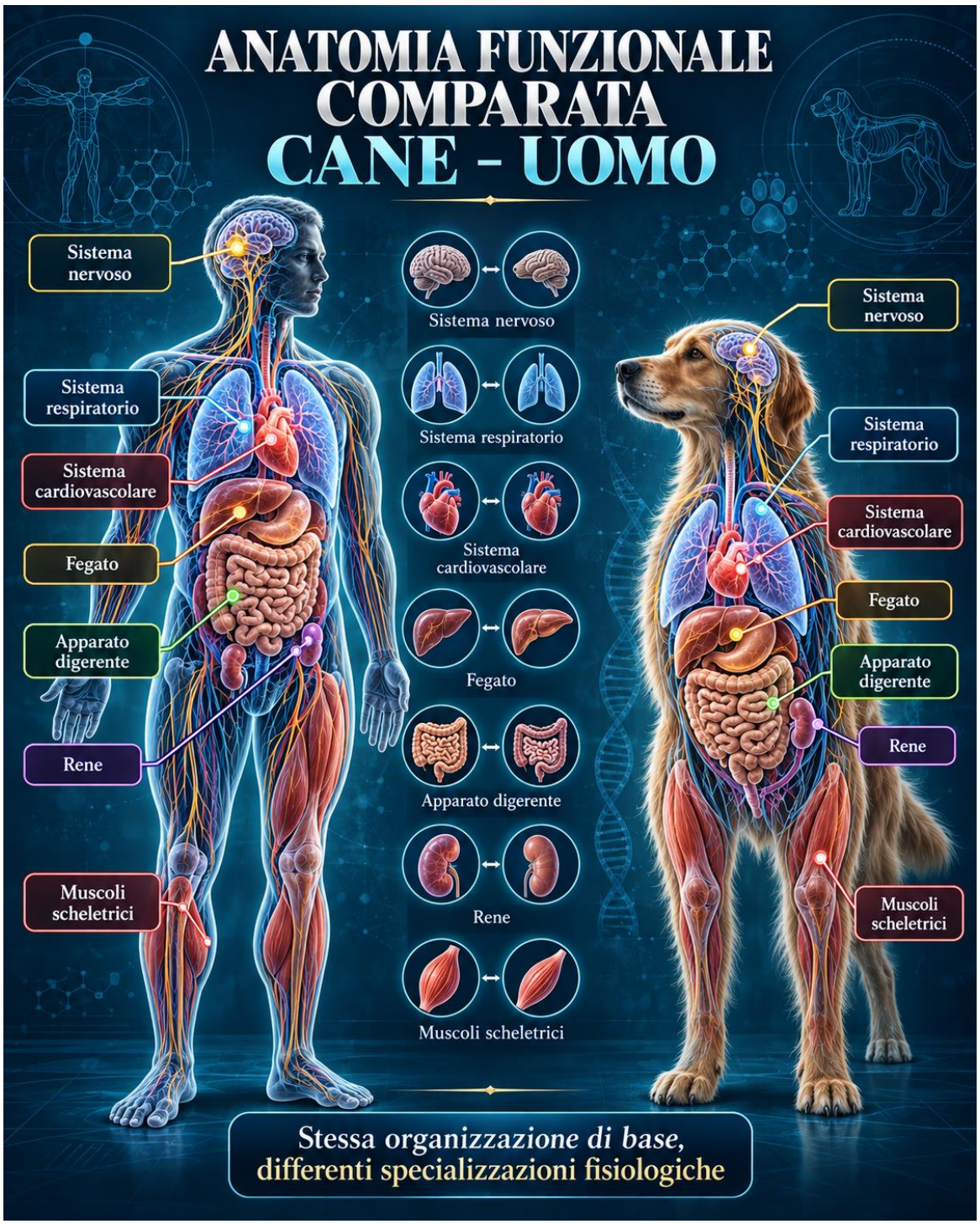
Sigle e acronimi vengono definiti alla prima occorrenza in ogni capitolo. Il Glossario, collocato al termine del volume, raccoglie inoltre i principali termini tecnici, le abbreviazioni e le molecole richiamate nel testo. Le tabelle comparative seguono un criterio costante: descrivono il dato nell'uomo, lo affiancano a quello del cane e ne chiariscono il significato fisiologico.

La Parte II comprende inoltre una sintesi comparativa dell'alimentazione nelle diverse fasi della vita e una tabella pratica canina. La tabella va letta come schema orientativo e non come formulazione dietetica completa, perché fabbisogni energetici e micronutrienti devono essere verificati sul singolo soggetto.

Le figure sono costruite con finalità didattica e privilegiano la comprensione dei rapporti anatomici e dei flussi fisiologici. Le frecce rappresentano la direzione prevalente di un flusso o di una regolazione; quelle bidirezionali compaiono soltanto quando la relazione è realmente reciproca. I valori quantitativi vengono affidati soprattutto al testo e alle tabelle, perché nel cane taglia, razza, età, allenamento e temperatura ambientale possono produrre variazioni molto ampie. Quando una figura semplifica un processo complesso, il testo del capitolo costituisce il riferimento interpretativo principale.

Introduzione – Due mammiferi, una base comune e molte specializzazioni

L’impianto fisiologico di base è quello comune ai mammiferi, nel cane come nell’uomo: cellule e tessuti organizzati in apparati, omeostasi interna, metabolismo aerobico, integrazione endocrina e nervosa, immunità innata e adattativa, circolazione doppia e completa, ventilazione polmonare e produzione endogena di calore. Il valore della fisiologia comparata emerge quando una differenza anatomica viene collegata alla conseguenza funzionale che ne deriva invece di limitarsi a una semplice lista di somiglianze e divergenze.



Anatomia funzionale comparata: organizzazione comune dei principali apparati e differenze di specializzazione.

PARTE I – FONDAMENTI DELLA FISIOLOGIA COMPARATA

Capitolo 1 – Cellula, compartimenti e omeostasi

La cellula è l'unità funzionale di base sia nel cane sia nell'uomo. Membrana plasmatica, citoplasma, nucleo, mitocondri e sistemi di trasporto rispondono alla stessa logica biochimica. L'omeostasi richiede che gradienti ionici, pH, osmolarità, disponibilità energetica e integrità delle membrane restino entro intervalli compatibili con la funzione.

L'ATP (adenosina trifosfato, principale molecola di trasferimento energetico) alimenta pompe ioniche, biosintesi, contrazione e segnalazione. Fra cane e uomo cambiano soprattutto le richieste quantitative, influenzate da massa corporea, composizione tissutale e metabolismo specifico.

Compartimenti cellulari e gradienti

La fisiologia cellulare dipende dalla separazione controllata fra compartimenti. La membrana plasmatica distingue il liquido intracellulare da quello extracellulare, mentre le membrane degli organelli creano microambienti con composizione, pH e potenziale elettrico differenti. Questa organizzazione permette alla cellula di svolgere contemporaneamente processi che richiedono condizioni chimiche diverse ed è condivisa da cane e uomo perché appartiene all'architettura generale delle cellule dei mammiferi. Le differenze diventano più evidenti quando il metabolismo cellulare viene inserito nell'intero organismo, dove massa corporea, temperatura, attività fisica, alimentazione e specializzazione dei tessuti modificano richiesta energetica e velocità dei flussi.

Omeostasi come processo dinamico

L'omeostasi non rappresenta un valore immobile, bensì una regolazione continua attorno a intervalli compatibili con la funzione. Temperatura, pH, glicemia, pressione, osmolarità e concentrazioni ioniche oscillano entro margini che dipendono anche dal momento della giornata, dall'attività fisica e dallo stato nutrizionale. I sistemi di controllo comprendono un sensore, un centro integratore e uno o più effettori. Il feedback negativo riduce la deviazione dalla condizione compatibile con la funzione, mentre il feedback positivo viene utilizzato in processi circoscritti come la coagulazione o alcune fasi riproduttive. Questa architettura regolatoria è comune alle due specie; valori di riferimento e velocità delle risposte restano però specie-specifici.

Dalla cellula al fenotipo fisiologico

Una via biochimica conservata può produrre conseguenze differenti quando cambia il contesto anatomico o funzionale. A esempio, una fibra muscolare canina e una umana utilizzano ATP, calcio, actina e miosina secondo la medesima logica; distribuzione dei tipi di fibra, perfusione e capacità di dissipare calore possono però rendere molto diversa la prestazione dell'organismo. La fisiologia comparata deve separare i meccanismi cellulari condivisi dalle proprietà che emergono a livello di sistema. In questo modo si evitano due errori opposti: considerare cane e uomo fisiologicamente equivalenti oppure accentuare differenze di specie dove esiste una base mammifera comune.

Capitolo 2 – Membrane, trasporto e potenziale elettrico

Il potenziale di membrana nasce dalla distribuzione asimmetrica di sodio, potassio, cloro e proteine cariche. La Na+/K+-ATPasi (pompa sodio-potassio dipendente da ATP) mantiene il gradiente fondamentale per neuroni, muscoli e trasporto epiteliale.

Canali voltaggio-dipendenti e ligando-dipendenti convertono segnali chimici in risposte elettriche secondo principi condivisi dalle due specie. Le differenze acquistano rilievo clinico soprattutto nella sensibilità a farmaci e tossine e in alcune mutazioni specifiche di razza.

Diffusione, trasporto facilitato e trasporto attivo

Le membrane regolano il passaggio delle sostanze in funzione di dimensione, carica, liposolubilità e presenza di proteine di trasporto. L'ossigeno e l'anidride carbonica attraversano facilmente il doppio strato lipidico, mentre glucosio, aminoacidi e ioni richiedono trasportatori o canali. Il trasporto passivo segue il gradiente elettrochimico e non consuma direttamente energia. Il trasporto attivo utilizza invece energia metabolica per mantenere concentrazioni differenti tra i compartimenti. In entrambe le specie la pompa sodio-potassio crea le condizioni necessarie per eccitabilità, trasporto secondario e controllo del volume cellulare.

Potenziale di membrana ed eccitabilità

Il potenziale di riposo deriva soprattutto dalla permeabilità selettiva al potassio e dalla distribuzione asimmetrica degli ioni. Neuroni, cardiomiociti e fibre muscolari modificano rapidamente questa differenza di potenziale attraverso l'apertura coordinata di canali ionici. Il potenziale d'azione permette la conduzione lungo la membrana e rappresenta una soluzione fisiologica comune a cane e uomo. Le differenze quantitative riguardano la frequenza di scarica, la durata dei potenziali e l'espressione dei canali nei diversi tessuti. Queste differenze acquistano importanza quando si interpretano elettrocardiogrammi, disturbi della conduzione o risposte farmacologiche specie-specifiche.

Membrana come piattaforma di segnalazione

La membrana non funziona soltanto come barriera. Recettori, proteine G, enzimi e complessi di adesione trasformano i segnali extracellulari in risposte metaboliche, elettriche e trascrizionali. Ormoni, neurotrasmettitori, citochine e mediatori locali utilizzano vie di segnalazione ampiamente conservate nei mammiferi; quantità dei recettori, distribuzione tissutale e sensibilità del sistema possono però differire tra cane e uomo. La presenza della stessa molecola segnale non implica quindi la stessa intensità di risposta e non consente di trasferire automaticamente dosi o soglie da una specie all'altra.

Capitolo 3 – Bioenergetica e metabolismo mitocondriale

Mitocondri, ciclo di Krebs e fosforilazione ossidativa seguono gli stessi principi. L'ossigeno è l'accettore finale di elettroni e la produzione di ATP aumenta quando cresce la richiesta energetica.

ROS (specie reattive dell'ossigeno) e difese antiossidanti partecipano a un equilibrio dinamico che accompagna la produzione energetica. Nel cane la variabilità metabolica può essere molto

marcata fra razze e taglie; nell'uomo la variabilità interindividuale è meno estrema sul piano dimensionale.

Dalla glicolisi alla fosforilazione ossidativa

La produzione di energia inizia nel citoplasma con la glicolisi e prosegue nei mitocondri attraverso ossidazione del piruvato, ciclo degli acidi tricarbossilici e catena respiratoria. La fosforilazione ossidativa utilizza il gradiente protonico della membrana mitocondriale interna per sintetizzare ATP. Cane e uomo condividono questa architettura bioenergetica, mentre cambiano i substrati prevalenti in rapporto a dieta, digiuno, intensità dello sforzo e specializzazione dei tessuti. Il muscolo attivo aumenta rapidamente il consumo di glucosio e acidi grassi; fegato e tessuto adiposo contribuiscono a mantenere disponibili i combustibili.

Flessibilità metabolica

La flessibilità metabolica permette di passare da un maggiore utilizzo dei carboidrati a un maggiore utilizzo dei lipidi secondo disponibilità dei substrati e richiesta energetica. Insulina, glucagone, catecolamine e cortisolo coordinano questi passaggi. La storia evolutiva e la selezione hanno lasciato nel cane una notevole capacità di utilizzare lipidi e proteine senza impedire l'impiego dei carboidrati digeribili; nell'uomo il quadro risente maggiormente dell'ampia variabilità alimentare e culturale. Per interpretare questa differenza occorre considerare insieme specie e stile di vita reale dell'individuo.

Mitocondri, ROS e adattamento

La catena respiratoria genera fisiologicamente specie reattive dell'ossigeno. Una quota moderata di questi segnali partecipa alla regolazione dell'adattamento, mentre un eccesso rispetto alle difese antiossidanti favorisce danno a lipidi, proteine e DNA. Enzimi come superossido dismutasi, catalasi e glutatione perossidasi fanno parte della risposta conservata nei mammiferi. Esercizio regolare, disponibilità nutrizionale e stato infiammatorio modulano la biogenesi e l'efficienza mitocondriale sia nel cane sia nell'uomo. L'effetto finale dipende dal rapporto fra stimolo, capacità di recupero e riserva funzionale.

Capitolo 4 – Termoregolazione

La dispersione del calore segue strategie diverse nelle due specie. Nell'uomo prevalgono sudorazione eccrina diffusa, vasodilatazione cutanea e comportamento; nel cane la sudorazione svolge un ruolo limitato, soprattutto a livello dei cuscinetti plantari, mentre l'evaporazione dipende in larga misura dall'ansimazione.

Da questa differenza derivano conseguenze concrete sulla tolleranza al caldo, sull'esercizio e sui tempi di recupero. L'ansimazione perde efficacia quando aumentano l'umidità ambientale o le resistenze delle vie aeree e può diventare meno vantaggiosa in presenza di conformazione brachicefalica o disidratazione.

Produzione e trasferimento del calore

Il calore corporeo deriva soprattutto dal metabolismo basale, dall'attività muscolare e dall'effetto termico dei nutrienti. L'organismo lo scambia con l'ambiente attraverso irraggiamento, convezione, conduzione ed evaporazione. Le leggi fisiche sono le stesse ma cambia il peso dei

singoli meccanismi: nell'uomo la vasta superficie sudorante consente un'elevata evaporazione cutanea, mentre nel cane il raffreddamento dipende soprattutto dall'evaporazione respiratoria attraverso l'ansimazione.

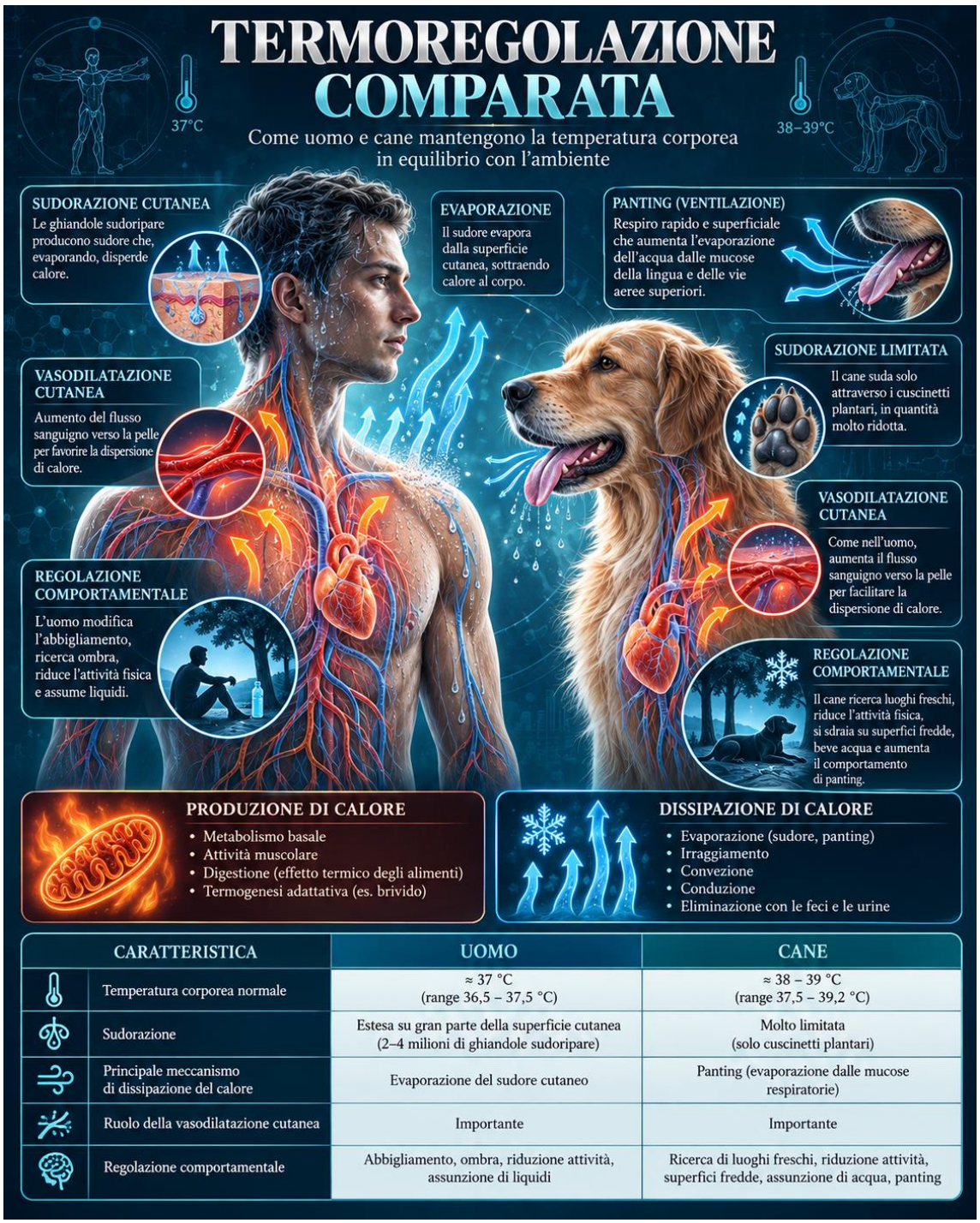
Ansimazione e controllo respiratorio nel cane

L'ansimazione aumenta la ventilazione delle superfici umide di lingua, cavità orale e vie aeree superiori. Il cane può modulare il percorso dell'aria e la frequenza respiratoria in modo da aumentare la perdita di calore limitando, entro certi limiti, le alterazioni degli scambi gassosi. Quando temperatura e umidità ambientale aumentano, il gradiente evaporativo si riduce e il sistema perde efficienza. Brachicefalia, obesità, malattie respiratorie e scarso allenamento possono restringere ulteriormente il margine termico. Nell'uomo il limite principale durante esercizio in ambiente caldo deriva più spesso dal bilancio fra produzione di calore, sudorazione, perfusione cutanea e disponibilità idrica.

Termoregolazione durante esercizio e recupero

L'esercizio obbliga la circolazione a sostenere contemporaneamente muscolo e dissipazione termica. Nell'uomo vasodilatazione cutanea e sudorazione possono sottrarre una quota importante della portata disponibile, soprattutto in presenza di disidratazione; nel cane la ventilazione sostiene sia gli scambi respiratori sia la dispersione del calore. Temperatura ambientale, umidità, conformazione cranica e mantello incidono quindi in modo diretto su prestazione e recupero. A parità di carico meccanico, il costo termico può risultare molto diverso nelle due specie.

Parametro	Uomo	Cane
Meccanismo evaporativo principale	Sudorazione cutanea	Ansimazione dalle vie aeree
Sudorazione	Diffusa e importante	Limitata, soprattutto cuscinetti plantari
Rischio con caldo/umidità	Aumenta con disidratazione e sforzo	Particolarmente rilevante, specie nei brachicefali
Comportamento	Ombra, idratazione, riduzione attività	Ombra, superfici fresche, idratazione, riduzione attività



CARATTERISTICA	UOMO	CANE
Temperatura corporea normale	≈ 37 °C (range 36,5 – 37,5 °C)	≈ 38 – 39 °C (range 37,5 – 39,2 °C)
Sudorazione	Estesa su gran parte della superficie cutanea (2–4 milioni di ghiandole sudoripare)	Molto limitata (solo cuscinetti plantari)
Principale meccanismo di dissipazione del calore	Evaporazione del sudore cutaneo	Panting (evaporazione dalle mucose respiratorie)
Ruolo della vasodilatazione cutanea	Importante	Importante
Regolazione comportamentale	Abbigliamento, ombra, riduzione attività, assunzione di liquidi	Ricerca di luoghi freschi, riduzione attività, superfici fredde, assunzione di acqua, panting

Schema comparativo dei principali meccanismi di termoregolazione nell'uomo e nel cane.

Capitolo 5 – Ritmi circadiani e sonno

Il nucleo soprachiasmatico coordina i ritmi circadiani nelle due specie integrando luce, melatonina, temperatura e segnali comportamentali. La melatonina, ormone caratteristico della fase oscura, svolge sia una funzione cronobiologica sia attività antiossidanti.

La vita domestica porta il cane a sincronizzare una parte dei propri ritmi con quelli della famiglia umana. Rimangono però una maggiore frammentazione del sonno e una distribuzione delle fasi diversa nell'arco delle 24 ore.

Orologio circadiano e sincronizzatori

Il nucleo soprachiasmatico dell'ipotalamo funziona come principale sincronizzatore circadiano dei mammiferi. La luce che raggiunge la retina regola il segnale temporale centrale e modula la secrezione di melatonina, mentre temperatura, attività, orari dei pasti e interazioni sociali agiscono come segnali secondari. Nel cane domestico la routine familiare può spostare orari di attività, alimentazione e riposo; nell'uomo incidono in modo particolare l'esposizione serale alla luce e la variabilità degli orari legata alle abitudini lavorative e sociali.

Architettura del sonno

Sia il cane sia l'uomo alternano sonno non-REM e sonno REM ma la distribuzione temporale differisce. L'uomo adulto concentra normalmente gran parte del sonno in un episodio principale notturno. Il cane presenta più frequentemente un sonno polifasico, con episodi distribuiti nel corso della giornata e una maggiore dipendenza dall'ambiente domestico. La quantità e la qualità del sonno cambiano con età, attività, malattia e livello di sicurezza percepita. La semplice somma delle ore non descrive quindi da sola l'efficienza del recupero.

Sonno, metabolismo e funzione nervosa

Il sonno sostiene plasticità sinaptica, regolazione endocrina, immunità e metabolismo energetico. Una frammentazione cronica modifica l'attività simpatica e l'asse dello stress nelle due specie. Nell'uomo la restrizione di sonno si associa a un peggior controllo metabolico e a modificazioni dell'appetito; nel cane dolore, prurito, disturbi respiratori, ansia o un ambiente poco favorevole possono frammentare il riposo e alterare comportamento e recupero. Il sonno costituisce dunque una componente attiva del terreno biologico, non un semplice intervallo tra due periodi di attività.

Capitolo 6 – Acqua corporea, osmolarità ed elettroliti

Acqua, sodio e potassio definiscono volume extracellulare, eccitabilità e funzione cellulare. ADH (ormone antidiuretico o vasopressina) e aldosterone modulano il riassorbimento renale e la concentrazione urinaria.

Nel confronto tra specie è poco utile fissare un singolo valore come riferimento universale. Capacità di concentrazione, introito idrico e composizione urinaria risentono infatti di dieta, ambiente, stato endocrino e funzione renale.

Distribuzione dell'acqua corporea

L'acqua costituisce il principale solvente dell'organismo e si distribuisce fra compartimento intracellulare e compartimento extracellulare. Sodio e anioni associati dominano il compartimento extracellulare, mentre potassio e fosfati prevalgono all'interno delle cellule. L'osmolarità deve rimanere entro limiti ristretti perché variazioni eccessive modificano il volume cellulare. I principi di distribuzione e controllo dell'acqua sono gli stessi; il fabbisogno giornaliero cambia invece con dieta, temperatura, attività, taglia, età e perdite respiratorie o gastrointestinali.

Sete, vasopressina e rene

Osmocettori ipotalamici e segnali di volume regolano la sete e la secrezione dell'ormone antidiuretico, chiamato anche vasopressina. La vasopressina aumenta la permeabilità all'acqua del dotto collettore renale attraverso le acquaporine e permette di concentrare l'urina quando

l'organismo deve conservare acqua. L'aldosterone agisce soprattutto sul riassorbimento di sodio e sulla secrezione di potassio. L'architettura della regolazione è omologa, mentre intervalli urinari e risposta alla disidratazione richiedono valori di riferimento specifici.

Acido-base ed elettroliti

Sodio, potassio, cloro e bicarbonato partecipano al controllo dell'equilibrio acido-base e dell'eccitabilità neuromuscolare. Il polmone regola rapidamente l'anidride carbonica, mentre il rene modifica più lentamente escrezione degli idrogenioni e recupero del bicarbonato. Vomito, diarrea, esercizio intenso, malattie renali ed endocrine possono alterare questi rapporti. Nel cane l'ansimazione intensa può modificare temporaneamente la pressione di anidride carbonica; nell'uomo un effetto analogo compare con l'iperventilazione da esercizio o da stress, inserita però in un diverso contesto respiratorio.

Capitolo 7 – Sangue, emostasi e trasporto

Eritrociti, leucociti e piastrine svolgono funzioni analoghe. L'emoglobina trasporta ossigeno, mentre plasma e proteine veicolano nutrienti, ormoni, metaboliti e fattori della coagulazione.

Gli intervalli ematologici di riferimento non coincidono tra uomo e cane e non possono essere trasferiti da una specie all'altra. Anche morfologia eritrocitaria, conte cellulari e cinetica di alcune proteine plasmatiche presentano caratteristiche proprie.

Eritrociti e trasporto dei gas

Gli eritrociti trasportano ossigeno grazie all'emoglobina e contribuiscono al trasporto dell'anidride carbonica e al tampone acido-base. La forma biconcava e l'elevata deformabilità consentono il passaggio attraverso capillari molto piccoli. Durata della vita eritrocitaria e indici ematologici non coincidono nel cane e nell'uomo quindi un valore numerico richiede intervalli propri della specie. La capacità di trasporto dipende comunque dagli stessi fattori fondamentali: massa eritrocitaria, affinità dell'emoglobina per l'ossigeno e perfusione dei tessuti.

Leucociti e sorveglianza

Neutrofili, linfociti, monociti, eosinofili e basofili partecipano alla difesa e alla regolazione immunitaria. Le proporzioni relative variano fra specie e cambiano con stress, infiammazione, infezione e terapia farmacologica. I pattern leucocitari del cane richiedono criteri veterinari specifici, mentre nell'uomo valgono intervalli e criteri propri. Le funzioni cellulari possono essere confrontate; le soglie diagnostiche non possono essere trasferite da una specie all'altra.

Emostasi e fibrinolisi

L'emostasi comprende vasocostrizione locale, adesione piastrinica, cascata coagulativa e stabilizzazione della fibrina. La fibrinolisi limita successivamente il coagulo e favorisce il ripristino del flusso. Proteine della coagulazione e meccanismi piastrinici sono fortemente conservati fra cane e uomo ma differenze quantitative e farmacologiche acquistano rilievo quando si valutano emorragia, trombosi o risposta ai farmaci. L'omologia del sistema non rende quindi intercambiabili test, intervalli e dosi.

Milza, filtrazione ematica e riserva eritrocitaria

La milza filtra il sangue, rimuove eritrociti senescenti, partecipa alla risposta immunitaria e può funzionare come riserva cellulare. Il peso della funzione di deposito è però diverso: nel cane la capsula e la componente muscolare consentono una contrazione particolarmente efficace, capace di trasferire rapidamente eritrociti nel circolo quando aumenta l'attivazione simpatica; nell'uomo la milza può contrarsi durante esercizio intenso, ipossia o apnea ma il contributo alla massa eritrocitaria circolante è in genere più modesto. Questa peculiarità canina va considerata quando si interpretano ematocrito, trasporto dell'ossigeno e risposta allo sforzo.

Contrazione splenica durante esercizio e ipossia

La stimolazione adrenergica contrae la milza canina e aumenta temporaneamente ematocrito e contenuto arterioso di ossigeno, sostenendo il trasporto convettivo e la capacità aerobica soprattutto nei soggetti selezionati per endurance. Anche nell'uomo esercizio e ipossia possono determinare contrazione splenica ma la variazione dell'emoglobina circolante rimane più contenuta. Uno stesso meccanismo neurovascolare assume quindi un peso quantitativo differente; dopo lo sforzo, l'aumento dell'ematocrito non va attribuito automaticamente alla sola perdita di plasma o alla disidratazione.

Capitolo 8 – Tessuto connettivo, matrice extracellulare e riparazione

La MEC (matrice extracellulare) comprende collagene, elastina, proteoglicani, glicoproteine e acqua. Essa non è un semplice supporto: regola meccanotrasduzione, migrazione cellulare, infiammazione e cicatrizzazione.

Le fasi fondamentali della guarigione - emostasi, infiammazione, proliferazione e rimodellamento - sono condivise da cane e uomo. Velocità e qualità della riparazione cambiano però con sede, perfusione, tensione meccanica e stato metabolico.

Matrice extracellulare come rete funzionale

Collagene, elastina, glicoproteine adesive, proteoglicani e acqua costruiscono la matrice extracellulare. Questa rete determina resistenza meccanica, elasticità, diffusione dei soluti e comportamento cellulare. Integrine e altre molecole di adesione trasmettono alle cellule informazioni sulla tensione e sulla composizione dell'ambiente. La logica della meccanotrasduzione è comune, mentre distribuzione dei carichi, postura e locomozione espongono tendini, fasce, cartilagini e cute a sollecitazioni differenti.

Riparazione dei tessuti

La riparazione attraversa fasi sovrapposte di emostasi, infiammazione, proliferazione e rimodellamento. Fibroblasti, cellule immunitarie, endotelio e cheratinociti cooperano nella ricostruzione del tessuto. Un eccesso di infiammazione può rallentare il processo, mentre una risposta insufficiente aumenta il rischio di infezione o mancata chiusura. Nutrizione, perfusione, glicemia, carico meccanico e stato ormonale modificano la qualità della guarigione in entrambe le specie.

Cute, fascia e carico meccanico

Cute e tessuti connettivi ricevono sollecitazioni differenti nelle due specie. La locomozione quadrupede distribuisce le forze in modo diverso rispetto alla stazione eretta e modifica la funzione delle catene miofasciali; mantello e diversa densità delle strutture cutanee cambiano inoltre ambiente termico e protezione superficiale. La fisiologia del connettivo va quindi letta insieme a biomeccanica, attività quotidiana e capacità di recupero, non come semplice confronto anatomico.

Cute come barriera fisiologica e immunologica

La cute separa l'ambiente interno da quello esterno e integra barriera fisica, immunità, sensibilità e termoregolazione. Cheratinociti, lipidi dello strato corneo, giunzioni cellulari e microbiota cutaneo limitano la perdita di acqua e l'ingresso di sostanze irritanti o microrganismi. Il derma ospita vasi, terminazioni nervose, fibroblasti e cellule immunitarie. L'organizzazione di base è analoga ma spessore, densità follicolare, distribuzione delle ghiandole e presenza del mantello modificano in modo rilevante la funzione complessiva.

Follicoli, mantello e isolamento termico

Nel cane i follicoli piliferi sono spesso composti: da una stessa unità emergono un pelo primario e più peli secondari. Il mantello intrappola aria, riduce lo scambio convettivo e contribuisce alla protezione dal freddo e alla modulazione dell'esposizione solare; fotoperiodo, temperatura, ormoni, nutrizione ed età ne influenzano il ciclo. Nell'uomo il pelo corporeo ha perso gran parte della funzione isolante e la termoregolazione dipende molto di più da perfusione cutanea e sudorazione eccrina. Questa differenza aiuta a comprendere perché tosatura, umidità del mantello e condizioni ambientali possano modificare il bilancio termico del cane in modo non intuitivo.

Ghiandole cutanee, sebo e sudorazione

Le ghiandole sebacee producono lipidi che contribuiscono a elasticità, impermeabilizzazione e difesa della superficie cutanea. Nel cane le ghiandole sudoripare atrichiali, assimilabili alle eccrine, sono localizzate soprattutto nei cuscinetti plantari e hanno un ruolo termoregolatorio limitato. Le ghiandole epitrichiali associate ai follicoli sono diffuse nella cute ma non sostituiscono il sistema eccrino esteso dell'uomo. Nell'essere umano, al contrario, milioni di ghiandole eccrine consentono una notevole dispersione evaporativa. La diversa anatomia cutanea spiega quindi una parte essenziale della diversa tolleranza allo sforzo in ambiente caldo.

PARTE II – DIGESTIONE, METABOLISMO E NUTRIZIONE

Capitolo 9 – Bocca, masticazione e saliva

La masticazione umana prepara una dieta estremamente variabile attraverso una triturazione accurata. Nel cane invece dentatura, mandibola e comportamento alimentare conservano una specializzazione più evidente per afferrare, lacerare e ingerire il cibo.

La saliva lubrifica e protegge in entrambe le specie. L'attività enzimatica salivare e il contributo iniziale alla digestione dei carboidrati sono più rilevanti nell'uomo.

Dentatura e funzione meccanica

La bocca costituisce il primo tratto del sistema digerente ma svolge anche funzioni sensoriali e comportamentali. Nell'uomo molari e movimenti mandibolari consentono una triturazione prolungata adatta a una dieta molto varia; nel cane incisivi, canini e denti carnassiali mantengono una specializzazione più marcata per afferrare, lacerare e tagliare. La domesticazione ha ampliato la capacità del cane di utilizzare alimenti diversi senza cancellare questa organizzazione funzionale.

Saliva e fase orale della digestione

La saliva lubrifica il bolo, protegge le mucose, contribuisce alla difesa e facilita deglutizione e percezione gustativa. Nell'uomo l'amilasi salivare partecipa in modo significativo all'idrolisi iniziale dell'amido; nel cane questo contributo è molto più limitato e la digestione dei carboidrati si concentra soprattutto nell'intestino grazie agli enzimi pancreatici. La capacità di utilizzare lo stesso nutriente può dunque dipendere da una diversa distribuzione del lavoro lungo il tubo digerente.

Gusto, comportamento e ritmo di ingestione

Il comportamento alimentare influenza la fisiologia digestiva. L'uomo dedica normalmente più tempo alla masticazione e integra stimoli gustativi, culturali e cognitivi. Il cane può ingerire il pasto con maggiore rapidità e utilizza l'olfatto come componente dominante nella valutazione dell'alimento. Velocità di ingestione, volume del pasto e consistenza modificano distensione gastrica, secrezioni e segnali di sazietà. La fisiologia orale deve pertanto essere collegata al comportamento e non ridotta alla sola anatomia dei denti.

Capitolo 10 – Stomaco e digestione gastrica

Lo stomaco conserva la stessa organizzazione generale: serbatoio, rimescolamento, secrezione acida e proteolisi. Acido cloridrico, pepsina e barriera mucosa cooperano nel controllo dei microrganismi e nella digestione delle proteine.

Nel cane la fisiologia gastrica è compatibile con la gestione di pasti relativamente voluminosi e ricchi di proteine. Il pH cambia molto fra digiuno e fase post-prandiale; per questo un confronto fondato su un unico valore descrive male la reale dinamica gastrica.

Secrezione acida e proteolisi

Le cellule parietali producono acido cloridrico, mentre le cellule principali rilasciano pepsinogeno che viene attivato in ambiente acido. Il pH gastrico facilita la denaturazione delle proteine, contribuisce al controllo microbico e prepara il contenuto per la digestione intestinale. Questo

schema è comune a cane e uomo. Il pH effettivo varia però con digiuno, composizione del pasto, tempo trascorso dall'ingestione e terapia farmacologica, per cui non esiste un singolo valore rappresentativo di tutte le condizioni.

Motilità e svuotamento

Il fondo gastrico accoglie il pasto, mentre corpo e antro partecipano al rimescolamento e alla frammentazione. Lo svuotamento verso il duodeno dipende dalla dimensione delle particelle, dalla densità energetica e dalla presenza di grassi e osmoli. La capacità canina di gestire pasti relativamente voluminosi è coerente con la storia alimentare della specie; nell'uomo frequenza dei pasti e composizione della dieta risultano in genere più variabili e risentono fortemente delle abitudini culturali.

Barriera mucosa e comunicazione con l'intestino

Muco, bicarbonato, perfusione della mucosa e rinnovamento epiteliale proteggono lo stomaco dall'acido e dalla pepsina. Il duodeno riceve il contenuto gastrico e invia segnali che rallentano lo svuotamento quando il carico acido o lipidico è elevato. Gastrina, colecistochinina, secretina e circuiti nervosi coordinano questa transizione. I meccanismi sono ampiamente conservati; sensibilità, dieta abituale e condizioni cliniche ne modificano però l'espressione.

Capitolo 11 – Intestino tenue, pancreas e assorbimento

Duodeno, digiuno e ileo assorbono carboidrati, aminoacidi, lipidi, vitamine, minerali e acqua. Pancreas esocrino e bile forniscono enzimi e tensioattivi necessari alla digestione.

Pliche, villi e microvilli ampliano la superficie assorbente sia nel cane sia nell'uomo. A cambiare sono soprattutto le proporzioni dei segmenti intestinali, la dieta abituale e l'entità della risposta adattativa agli alimenti.

Pancreas esocrino e bile

Il pancreas esocrino fornisce proteasi, lipasi, amilasi e bicarbonato. La bile emulsiona i lipidi e facilita la formazione di micelle necessarie all'assorbimento di acidi grassi e vitamine liposolubili. L'organizzazione pancreatico-biliare segue lo stesso schema di fondo. Il peso relativo dei diversi enzimi risente però della composizione abituale della dieta. Nel cane la capacità pancreatica consente l'utilizzo efficiente dei carboidrati digeribili anche in assenza di una rilevante digestione salivare dell'amido.

Villi, microvilli e trasporto

L'intestino tenue amplifica la superficie attraverso pliche, villi e microvilli. Glucosio e galattosio utilizzano trasporti accoppiati al sodio, gli aminoacidi sfruttano sistemi specifici e i lipidi vengono riassemblati negli enterociti prima del trasporto. Sul piano di base il meccanismo non cambia tra uomo e cane. Le differenze anatomiche di lunghezza relativa e transito modificano però il tempo disponibile per la digestione e l'interazione con i nutrienti.

Barriera intestinale e sistema immune

L'epitelio intestinale deve assorbire nutrienti e nello stesso tempo separare il compartimento interno da un contenuto ricco di antigeni e microrganismi. Giunzioni serrate, muco,

immunoglobuline, cellule dendritiche e microbiota cooperano in questa funzione. La permeabilità può aumentare fisiologicamente in alcuni contesti e patologicamente in altri. Cane e uomo condividono l'ambiente domestico ma non possiedono microbioti e diete sovrapponibili, aspetto che rende particolarmente interessante il confronto della barriera intestinale.

Sistema nervoso enterico e riflessi gastrointestinali

Il tratto gastrointestinale possiede una rete nervosa intrinseca formata soprattutto dai plessi mioenterico e sottomucoso. Il sistema nervoso enterico coordina motilità, secrezioni, perfusione locale e interazione con la mucosa anche in assenza di un controllo cosciente. Simpatico e parasimpatico modulano questa attività e collegano intestino, tronco encefalico e stato comportamentale. Nel cane e nell'uomo l'organizzazione di base è omologa, mentre tempi di transito, dimensioni dei segmenti e abitudini alimentari modificano il pattern dei riflessi. La digestione deve quindi essere interpretata come funzione neuroendocrina oltre che meccanica ed enzimatica.

Ormoni gastrointestinali e integrazione metabolica

Gastrina, colecistochinina, secretina e peptidi incretinici coordinano secrezione acida, bile, funzione pancreatica, sazietà e risposta insulinica. GLP-1 (peptide glucagone-simile 1) e GIP (polipeptide insulinotropico glucosio-dipendente) collegano l'arrivo dei nutrienti alla secrezione di insulina. Ghrelina e motilina partecipano alla regolazione della fame e della motilità interdigestiva; il complesso motorio migrante assume particolare interesse comparativo perché cane e uomo sono fra le specie nelle quali il sistema motilina-recettore mantiene una funzione fisiologica riconoscibile. Le differenze quantitative e temporali impediscono comunque di utilizzare una specie come semplice copia dell'altra.

Capitolo 12 – Colon, fermentazione e acidi grassi a corta catena

Il colon recupera acqua ed elettroliti e ospita una comunità microbica metabolicamente attiva. Gli SCFA (acidi grassi a corta catena), soprattutto acetato, propionato e butirrato, derivano dalla fermentazione di substrati non assorbiti.

La fermentazione delle fibre contribuisce in modo importante al metabolismo del colon umano. Nel cane rimane fisiologicamente rilevante, con un peso che dipende molto dalla composizione della dieta e dalle caratteristiche della fibra disponibile.

Fermentazione microbica

Nel colon i microrganismi metabolizzano substrati sfuggiti all'assorbimento nell'intestino tenue. Fibre fermentabili e alcuni carboidrati resistenti vengono convertiti in acidi grassi a corta catena, gas e altri metaboliti; acetato, propionato e butirrato possono essere utilizzati dalle cellule intestinali oppure entrare nel metabolismo sistemico. Nell'uomo questo contributo fermentativo può essere notevole; nel cane la sua entità varia ampiamente con dieta, quantità di fibra e composizione del microbiota.

Acqua, elettroliti e consistenza fecale

Il colon recupera acqua e sali e trasforma progressivamente il contenuto intestinale in feci. Motilità e assorbimento devono rimanere coordinati: un transito troppo rapido riduce il recupero di acqua, mentre un transito molto lento favorisce feci secche. Il microbiota modifica inoltre la disponibilità di osmoli e gas. Nel cane variazioni alimentari rapide possono modificare in modo marcato la consistenza fecale, mentre nell'uomo la risposta dipende anche dall'apporto abituale di fibre e dalla storia dietetica.

SCFA e segnalazione

Gli acidi grassi a corta catena, indicati anche con la sigla SCFA, non rappresentano soltanto combustibili locali. Essi interagiscono con recettori cellulari e possono influenzare barriera, immunità e metabolismo. Il butirrato sostiene in particolare il metabolismo dei colonociti nell'uomo e svolge ruoli analoghi nei mammiferi. La quantità prodotta e il rapporto fra i diversi acidi dipendono però dal substrato fermentabile e dalla comunità microbica, per cui il confronto tra specie deve concentrarsi sulla funzione e non sulla presenza di singoli taxa.

Capitolo 13 – Microbiota intestinale e barriera

Microbiota, muco, giunzioni cellulari e immunità mucosale funzionano come parti di uno stesso sistema. La composizione microbica è specie-specifica: taxa o intervalli ritenuti favorevoli nell'uomo non possono essere trasferiti automaticamente al cane.

Resta comune il principio funzionale: diversità, stabilità dell'ecosistema, produzione di metaboliti e dialogo con il sistema immunitario contribuiscono alla resilienza intestinale.

Ecologia microbica specie-specifica

Il microbiota intestinale comprende batteri, archei, virus e microrganismi eucariotici. La sua composizione riflette anatomia, dieta, età, ambiente, farmaci e storia individuale. Le due specie condividono numerose funzioni microbiche, non la stessa comunità. Un microrganismo abbondante in una specie non deve quindi essere considerato automaticamente desiderabile o indesiderabile nell'altra. Nel confronto è quindi più informativo valutare stabilità, resilienza e produzione di metaboliti che limitarsi a una lista di generi batterici.

Barriera mucosale e immunità

Il microbiota interagisce con muco, cellule epiteliali e tessuto linfoide associato all'intestino. I segnali microbici contribuiscono alla maturazione immunitaria e alla tolleranza verso antigeni alimentari e commensali. Quando dieta, farmaci o malattia alterano profondamente l'ecosistema, la produzione di metaboliti e la funzione di barriera possono modificarsi. Nell'uomo e nel cane questo rapporto è bidirezionale: lo stato dell'ospite seleziona l'ambiente intestinale e il microbiota modifica a sua volta segnali metabolici e immunitari.

Asse intestino-cervello e comportamento

Metaboliti microbici, segnali vagali, citochine e ormoni gastrointestinali collegano l'intestino al sistema nervoso. Il termine asse intestino-cervello descrive questa rete, non un singolo percorso causale. Alimentazione, stress, ambiente e comportamento rendono il tema particolarmente rilevante nel cane domestico; nell'uomo si aggiungono fattori sociali e culturali complessi. In

entrambi i casi è fuorviante attribuire a un solo microrganismo effetti psicologici o neurologici che emergono invece da reti multifattoriali.

Capitolo 14 – Metabolismo dei carboidrati e controllo glicemico

Insulina e glucagone coordinano entrata, deposito e mobilizzazione del glucosio. Fegato, muscolo e tessuto adiposo costituiscono i principali organi effettori.

Il cane digerisce e utilizza efficacemente i carboidrati disponibili pur conservando adattamenti metabolici coerenti con la propria origine carnivora. Nell'uomo l'esposizione cronica a elevate quantità di carboidrati raffinati rappresenta invece uno dei fattori che possono favorire il rischio metabolico.

Digestione e ingresso del glucosio

I carboidrati digeribili vengono ridotti a monosaccaridi e assorbiti principalmente nell'intestino tenue. Il glucosio entra nel circolo portale e raggiunge il fegato, che decide se ossidarlo, immagazzinarlo come glicogeno o restituirlo al sangue. L'insulina facilita l'utilizzo e il deposito nei tessuti sensibili, mentre il glucagone sostiene la produzione epatica durante digiuno. La logica è comune a cane e uomo.

Adattamento canino ai carboidrati

Il cane domestico conserva caratteristiche di un carnivoro facoltativo ma ha acquisito nel corso della domesticazione una capacità rilevante di utilizzare amidi digeribili. L'adattamento coinvolge digestione pancreatica e metabolismo sistemico. Questa capacità non trasforma il cane in un onnivoro identico all'uomo e non implica che tutte le fonti di carboidrati abbiano lo stesso effetto. Qualità dell'amido, cottura, fibra e densità energetica modificano la risposta post-prandiale.

Glicemia, attività e riserva metabolica

Il controllo glicemico dipende dall'equilibrio fra ingresso del glucosio, produzione epatica e captazione periferica. Esercizio, massa muscolare, adiposità e ormoni dello stress modulano la sensibilità insulinica in entrambe le specie. Sedentarietà ed eccesso energetico possono favorire insulino-resistenza nell'uomo; nel cane obesità e alcune endocrinopatie alterano in modo analogo il controllo metabolico, pur con epidemiologia e fisiopatologia del diabete non sovrapponibili a quelle umane.

Capitolo 15 – Metabolismo lipidico e lipoproteine

Trigliceridi, fosfolipidi e colesterolo sono trasportati da lipoproteine plasmatiche. Le classi generali sono conservate ma distribuzione e significato clinico di LDL (lipoproteine a bassa densità) e HDL (lipoproteine ad alta densità) differiscono tra specie.

Il profilo lipoproteico fisiologico del cane non coincide con quello umano. Di conseguenza il significato cardiovascolare delle diverse frazioni non può essere trasferito automaticamente da una specie all'altra.

Digestione e trasporto dei lipidi

I trigliceridi alimentari vengono emulsionati dalla bile e idrolizzati dalla lipasi pancreatica. Gli enterociti riassemblano gli acidi grassi e li inseriscono in particelle lipoproteiche che raggiungono la circolazione. Il fegato coordina sintesi, ossidazione e redistribuzione dei lipidi. Questi passaggi sono condivisi da cane e uomo, mentre le proporzioni delle diverse lipoproteine e il loro significato clinico differiscono.

Lipoproteine e rischio cardiovascolare

Le lipoproteine a bassa densità, indicate con la sigla LDL, hanno nell'uomo un ruolo stretto nella fisiopatologia dell'aterosclerosi. Il cane sano presenta un profilo lipoproteico differente e una diversa frequenza della malattia aterosclerotica spontanea. Di conseguenza la stessa concentrazione di colesterolo totale non ha lo stesso significato clinico. Endocrinopatie canine come ipotiroidismo e iperadrenocorticismo possono modificare profondamente il profilo lipidico senza riprodurre automaticamente la condizione cardiovascolare umana.

Acidi grassi come combustibili e segnali

Gli acidi grassi vengono ossidati nei mitocondri attraverso la beta-ossidazione e rappresentano una fonte energetica importante durante riposo e attività prolungata. Alcuni acidi grassi partecipano inoltre alla struttura delle membrane e alla produzione di mediatori lipidici. Quantità, grado di insaturazione e rapporto fra famiglie lipidiche influenzano la fisiologia in entrambe le specie. I fabbisogni essenziali e le capacità di conversione devono però essere valutati separatamente perché non coincidono in modo perfetto fra cane e uomo.

Capitolo 16 – Proteine, aminoacidi e azoto

Gli aminoacidi alimentano sintesi proteica, enzimi, neurotrasmettitori e metabolismo energetico. Il fegato converte l'ammoniaca in urea attraverso il ciclo dell'urea.

L'elevata capacità del cane di utilizzare proteine e aminoacidi riflette la storia alimentare della specie. Questo dato non implica però che un apporto proteico molto elevato sia adatto a ogni soggetto o a ogni condizione clinica.

Turnover proteico

Le proteine corporee vengono continuamente sintetizzate e degradate. Gli aminoacidi derivano dalla dieta, dal turnover tissutale e dalla sintesi endogena quando la via è disponibile. Essi forniscono azoto e carbonio per proteine strutturali, enzimi, trasportatori, mediatori e neurotrasmettitori. Transaminazione e deaminazione seguono gli stessi principi biochimici; quantità e proporzioni degli aminoacidi essenziali richiedono invece riferimenti propri della specie.

Ciclo dell'urea e gestione dell'azoto

La rimozione del gruppo amminico produce ammoniaca, molecola potenzialmente tossica che il fegato converte soprattutto in urea. Il ciclo dell'urea permette poi di eliminare l'azoto attraverso il rene. Nel cane l'elevata capacità di utilizzare proteine alimentari si accompagna, in condizioni fisiologiche, a un'efficiente gestione dell'azoto; nell'uomo la quota proteica della dieta è più variabile e risente di cultura alimentare, attività fisica e stato clinico.

Proteine, muscolo e recupero

Disponibilità di aminoacidi, esercizio, ormoni e carico meccanico convergono sul controllo della sintesi proteica muscolare. Il recupero dipende dalla quantità e dalla distribuzione delle proteine, dall'energia disponibile e dalla qualità del sonno. Nel cane il fabbisogno cambia con crescita, gestazione, attività da lavoro e malattia; nell'uomo età e allenamento modificano analogamente la risposta anabolica. Una semplice proporzione basata sul peso corporeo non basta quindi per confrontare le due specie.

Capitolo 17 – Vitamine: sintesi, fabbisogni e differenze

Una differenza classica riguarda la vitamina C: l'uomo ha perso la capacità di sintetizzarla e dipende dall'alimentazione; il cane, in condizioni fisiologiche, la sintetizza principalmente nel fegato grazie alla via che comprende GULO (L-gulonolattone ossidasi, enzima terminale della sintesi dell'acido ascorbico).

Fabbisogno, metabolismo e capacità di conversione differiscono anche per altre vitamine. Le dosi non possono quindi essere convertite tra specie con una semplice proporzione basata sul peso corporeo.

Vitamina C e perdita della via nell'uomo

L'uomo non possiede una via funzionale completa per la sintesi dell'acido ascorbico e deve ricavare vitamina C dalla dieta. Il cane conserva invece la capacità di sintetizzarla principalmente nel fegato a partire da precursori glucidici. Questa differenza deriva dalla presenza funzionale dell'enzima L-gulonolattone ossidasi nel cane e dalla perdita della funzione corrispondente nella linea evolutiva umana. La vitamina C partecipa alla sintesi del collagene, alla funzione antiossidante e a numerose reazioni enzimatiche in entrambe le specie.

Vitamina D: una differenza opposta

La vitamina D mostra una situazione quasi inversa rispetto alla vitamina C. La cute umana può produrre vitamina D3 in presenza di un'adeguata radiazione ultravioletta B, mentre nel cane la sintesi cutanea è insufficiente e l'apporto alimentare assume un ruolo essenziale. Esposizione solare, sufficienza e supplementazione non possono perciò essere trasferite direttamente da una specie all'altra. Fegato e rene trasformano poi la vitamina D nelle forme idrossilate coinvolte nella regolazione di calcio e fosforo.

Conversioni e biodisponibilità

Anche quando una vitamina è necessaria in entrambe le specie, assorbimento, conversione e deposito possono differire. Il fabbisogno dipende inoltre da età, dieta complessiva, stato fisiologico e malassorbimento. Le vitamine liposolubili possono accumularsi e richiedono particolare cautela, mentre quelle idrosolubili presentano dinamiche diverse di deposito ed eliminazione. Il confronto aiuta a comprendere le vie metaboliche; la formulazione nutrizionale deve però basarsi su riferimenti specifici per uomo o cane.

Aspetto	Uomo	Cane	Significato
Vitamina C	Dipendenza alimentare	Sintesi endogena in condizioni fisiologiche	Differenza metabolica specie-specifica
Vitamina D	Sintesi cutanea UVB + dieta	Dipendenza dietetica più marcata	Non trasferire automaticamente fabbisogni e dosi
Conversioni vitaminiche	Specifiche per via metabolica	Specifiche per specie e dieta	Valutare forma e biodisponibilità

Capitolo 18 – Minerali e metabolismo osseo

Calcio, fosforo, magnesio e vitamina D cooperano nel mantenimento dello scheletro e della funzione neuromuscolare. PTH (ormone paratiroideo), calcitriolo e rene regolano l'omeostasi minerale.

Il cane presenta differenze nella regolazione della vitamina D e dipende maggiormente dall'apporto dietetico rispetto all'uomo, che può produrre vitamina D3 nella cute sotto radiazione UVB (ultravioletto B).

Calcio e fosforo

Calcio e fosforo costruiscono la fase minerale dello scheletro e partecipano a contrazione, segnalazione e metabolismo energetico. La concentrazione extracellulare del calcio viene regolata con grande precisione perché anche variazioni modeste influenzano eccitabilità neuromuscolare e funzione cardiaca. Ormone paratiroideo, vitamina D attiva e rene coordinano assorbimento intestinale, mobilizzazione ossea ed escrezione. Questo asse regolatorio è conservato nelle due specie.

Rimodellamento osseo

L'osso è un tessuto dinamico nel quale osteoclasti e osteoblasti rimuovono e ricostruiscono matrice in risposta a carico meccanico, ormoni e disponibilità di nutrienti. Nell'uomo la stazione eretta e la lunga aspettativa di vita favoriscono specifici problemi di perdita ossea con l'età; nel cane il carico dipende da quadrupedia, taglia, razza e attività e lo scheletro in sviluppo può risentire in modo particolare di crescita rapida e selezione morfologica.

Magnesio e altri minerali

Il magnesio partecipa a centinaia di reazioni enzimatiche e stabilizza processi che coinvolgono ATP. Sodio, potassio, ferro, rame, zinco, selenio e iodio svolgono ruoli altrettanto essenziali. Il principio di essenzialità non significa che i fabbisogni siano uguali tra specie. Assorbimento, perdita, forma chimica e interazioni con la dieta modificano la disponibilità. Un confronto corretto deve quindi separare la funzione biochimica comune dalla quantità necessaria e dai limiti di sicurezza specifici.

Approfondimento di sintesi – Alimentazione nelle diverse fasi della vita: Cane–Uomo a confronto

Età e stato fisiologico modificano in modo sostanziale il confronto nutrizionale tra cane e uomo. Nel corso della vita cambiano fabbisogno energetico, densità nutrizionale, gestione dei macronutrienti e priorità funzionali: crescita, mantenimento, attività intensa, riproduzione e invecchiamento non richiedono la stessa strategia. La massa corporea rimane importante ma va sempre interpretata insieme alla fase biologica.

Principio comparativo

Nell'uomo il percorso alimentare passa dal latte materno o dalla formula alla dieta complementare e poi a un modello adulto fortemente influenzato da cultura, disponibilità degli alimenti e stile di vita. Nel cane il passaggio dal latte materno allo svezzamento è molto più rapido e la velocità di crescita varia profondamente tra razze piccole, grandi e giganti. In entrambe le specie la dieta va quindi valutata rispetto a fase biologica, composizione corporea, attività e stato clinico.

Neonato e lattante

Il neonato umano riceve normalmente latte materno oppure una formula specifica e mantiene a lungo una dipendenza nutrizionale dall'adulto. Il cucciolo dipende dal colostro nelle prime ore anche per l'immunità passiva e prosegue poi con il latte materno fino a uno svezzamento molto più ravvicinato. Le due situazioni non possono essere convertite attraverso semplici proporzioni, perché cambiano composizione del latte, velocità di crescita, maturazione digestiva e modalità di trasferimento immunitario.

Crescita e svezzamento

Durante la crescita l'obiettivo non è ottenere il massimo aumento di peso possibile, bensì sostenere uno sviluppo armonico di scheletro, muscolo e sistema nervoso. Nel bambino l'introduzione progressiva degli alimenti accompagna la maturazione orale, intestinale e metabolica. Nel cucciolo la dieta deve fornire densità energetica e nutrizionale adeguate mantenendo un corretto equilibrio minerale; nelle razze grandi e giganti il controllo dell'energia e del calcio assume particolare importanza perché una crescita troppo rapida aumenta il carico su uno scheletro ancora immaturo. Quando la dieta è completa e formulata per la crescita, aggiunte empiriche di calcio, fosforo o vitamina D non sono normalmente necessarie.

Adulto e mantenimento

Nell'adulto la priorità consiste nel mantenere una buona composizione corporea, preservare la massa muscolare e garantire adeguata disponibilità di micronutrienti. L'uomo può raggiungere questi obiettivi attraverso modelli alimentari differenti; nel cane la quantità di alimento dipende anche da densità energetica della dieta, taglia, sterilizzazione, attività e condizione corporea. Il peso, considerato da solo, è poco informativo perché due soggetti con la stessa massa possono avere proporzioni molto diverse di tessuto adiposo e massa magra.

Attività sportiva e lavoro

L'esercizio aumenta la richiesta di energia, acqua, substrati ossidabili e nutrienti necessari al recupero. Nell'uomo la strategia alimentare cambia con durata e intensità e nelle attività ad alta intensità oppure prolungate può aumentare il ruolo dei carboidrati. Nel cane il riferimento deve essere il lavoro realmente svolto: sprint, ricerca e soccorso ed endurance richiedono profili differenti. I cani da endurance possono ricevere diete con una quota lipidica elevata, mentre durante il lavoro il muscolo continua a utilizzare in modo importante anche glucosio e glicogeno. Temperatura ambientale e capacità di dissipare calore vanno considerate insieme alla disponibilità energetica.

Gravidanza e allattamento

Gravidanza e lattazione aumentano la richiesta energetica e la densità di numerosi nutrienti nelle due specie. Nella donna la dieta deve sostenere crescita fetale, adattamenti materni e produzione di latte; nella cagna l'incremento diventa particolarmente rilevante nella parte finale della gestazione e durante la lattazione, soprattutto con cucciolate numerose. Una dieta completa destinata a crescita e riproduzione offre una base più controllabile, mentre supplementazioni minerali non necessarie possono alterare l'equilibrio della razione.

Anziano

L'invecchiamento non comporta una riduzione uniforme di tutti i nutrienti. Nell'uomo l'alimentazione deve sostenere massa muscolare, osso, funzione metabolica, idratazione e salute intestinale. Nel cane anziano il fabbisogno energetico può diminuire insieme all'attività, mentre la conservazione della massa magra può richiedere proteine di elevata qualità e buona digeribilità. Una restrizione proteica generalizzata non è giustificata nel cane anziano sano e va riservata alle condizioni cliniche in cui esiste una specifica indicazione. Fibra, quota lipidica e densità energetica devono infine essere adattate a condizione corporea e tolleranza individuale.

Fase della vita	Uomo	Cane	Significato comparativo
Neonato/lattante	Latte materno o formula; introduzione alimentare progressiva.	Colostro critico per immunità passiva, poi latte materno; svezzamento rapido.	La dipendenza dal latte è comune ma tempi e ruolo immunitario differiscono.
Crescita	Crescita lenta e prolungata; dieta complementare progressivamente variata.	Crescita rapida e molto variabile con la taglia; attenzione a energia e minerali.	Nel cane la velocità di crescita e la razza modificano fortemente il piano nutrizionale.
Adulto	Mantenimento della composizione corporea con modelli dietetici differenti.	Razione adattata a densità energetica, taglia, attività e condizione corporea.	Il mantenimento è individuale in entrambe le specie.
Sport/lavoro	Strategia dipendente da durata, intensità, recupero e disponibilità di carboidrati/lipidi.	Strategia dipendente dal tipo di lavoro, dalla razza e dal carico termico.	Lo stesso termine "sportivo" comprende metabolismi molto differenti.
Gravidanza/allattamento	Aumento progressivo dei fabbisogni materni e della densità nutrizionale.	Aumento marcato soprattutto nella tarda gestazione e nella lattazione; dieta per crescita/riproduzione.	La riproduzione richiede maggiore densità nutrizionale, non integrazioni empiriche.
Anziano	Preservare muscolo, osso, funzione metabolica e adeguata idratazione.	Energia adattata all'attività; preservare massa magra e digeribilità; dieta modulata sullo stato clinico.	L'età richiede personalizzazione e non una semplice riduzione quantitativa.

Tabella pratica del cane: criteri di utilizzo

La tabella della Guida Professionale all'Alimentazione del Cane trova spazio nel volume come schema pratico orientativo. I valori espressi in grammi per chilogrammo indicano quantità di alimenti, non fabbisogni nutrizionali completi; da soli non garantiscono energia adeguata, corretto rapporto calcio-fosforo, aminoacidi essenziali, vitamine, oligoelementi e acidi grassi essenziali. Per questo motivo la tabella non va utilizzata come ricetta completa per una dieta casalinga cronica, soprattutto nel cucciolo, durante gravidanza e allattamento oppure in presenza di patologie. In queste situazioni la razione richiede una formulazione e una verifica specifiche.

Olio extravergine di oliva ed EPA+DHA contribuiscono all'apporto energetico e lipidico complessivo e vanno conteggiati in questo contesto. Gli intervalli di EPA+DHA presenti nella guida allegata non costituiscono un fabbisogno universale: occorre considerare la quota già fornita dalla dieta, l'obiettivo dell'intervento e lo stato clinico. Anche vitamine e minerali non dovrebbero essere aggiunti in modo empirico a una dieta già completa e bilanciata.

Per limitare il rischio microbiologico, una dieta casalinga destinata all'uso abituale richiede procedure adeguate di conservazione e cottura. Carne e pesce poco cotti non possono essere proposti come raccomandazione generale perché aumentano l'esposizione a patogeni sia per l'animale sia per le persone che condividono l'ambiente.

Categoria	Carboidrati ben cotti	Proteine animali	Verdure	Olio extravergine di oliva (EVO)
Cucciolo	8–18 g/kg	15–25 g/kg	3–8 g/kg	0,1–0,2 cucchiaini/kg
SAR / sportivo	10–20 g/kg (fino a 25)	14–22 g/kg	3–6 g/kg	0,1–0,25 cucchiaini/kg
Adulto a riposo	5–12 g/kg	10–18 g/kg	3–8 g/kg	0,05–0,15 cucchiaini/kg
Anziano	5–10 g/kg	10–18 g/kg	4–8 g/kg	0,05–0,15 cucchiaini/kg

I range riportati riprendono la tabella pratica allegata e vanno adattati alla densità energetica degli alimenti, al peso ideale, alla condizione corporea e all'attività. La sigla SAR significa Search and Rescue, cioè ricerca e soccorso.

Categoria	EPA + DHA	Integrazioni riportate nella guida	Criterio di sicurezza per il volume
Cucciolo	40–70 mg/kg	Vitamine/minerali, vitamina E	Utilizzare supplementi solo per bilanciare una razione formulata; evitare aggiunte empiriche di calcio, fosforo e vitamina D.
SAR / sportivo	80–120 mg/kg	Vitamine B, vitamina E	Valutare apporto dietetico, intensità del lavoro, recupero e indicazione specifica; non utilizzare automaticamente dosi elevate.
Adulto a riposo	50–80 mg/kg	Multivitaminico se necessario	Un alimento completo non richiede normalmente un multivitaminico aggiuntivo.
Anziano	70–120 mg/kg	Vitamine B, vitamina E, PHGG/acacia	Adattare a dieta, funzione gastrointestinale, composizione corporea e condizioni cliniche; la PHGG è gomma di guar parzialmente idrolizzata.

Concetto fondamentale

L’età modifica la nutrizione sia nel cane sia nell’uomo ma le due specie non attraversano le stesse fasi con la stessa velocità. Il cucciolo concentra crescita e maturazione in pochi mesi, mentre l’essere umano distribuisce lo sviluppo su molti anni. La dieta deve quindi essere adattata alla fase biologica e non semplicemente ridimensionata in funzione del peso. Le tabelle pratiche possono orientare la scelta degli alimenti ma una razione completa richiede il controllo dell’energia e di tutti i nutrienti essenziali.

PARTE III – APPARATI DI REGOLAZIONE, OMEOSTASI E IMMUNITÀ

Capitolo 19 – Cuore e ciclo cardiaco

Il cuore a quattro camere genera due circuiti in serie. Sistole e diastole dipendono da automatismo nodale, conduzione e accoppiamento eccitazione-contrazione.

Nel cane la frequenza cardiaca risente in modo marcato di taglia, età, stato emotivo e livello di allenamento. A parità di altre condizioni, nei soggetti piccoli tende a essere più elevata rispetto ai cani di grande taglia.

Eccitazione e ciclo cardiaco

Il cuore alterna riempimento e eiezione grazie alla coordinazione fra attività elettrica e contrazione. Il nodo senoatriale genera il ritmo, il nodo atrioventricolare ritarda la conduzione e il sistema di His-Purkinje distribuisce rapidamente l'impulso ai ventricoli. Il calcio collega il potenziale d'azione all'interazione actina-miosina. Questa sequenza è condivisa da cane e uomo e spiega la forte omologia del cuore dei mammiferi.

Frequenza, gittata sistolica e portata

La portata cardiaca deriva dal prodotto tra frequenza cardiaca e gittata sistolica e può aumentare modificando uno o entrambi i fattori. Nel cane la frequenza varia molto con taglia, eccitazione e attività; nell'uomo incidono soprattutto età, allenamento e stato autonomico. I valori assoluti acquistano significato soltanto nel contesto, mentre i meccanismi di regolazione rimangono ampiamente comparabili.

Controllo autonomico e adattamento

Il simpatico aumenta frequenza, conduzione e contrattilità, mentre il parasimpatico esercita soprattutto un controllo frenante sul nodo senoatriale. Barocettori e segnali metabolici modificano rapidamente questo equilibrio. Durante l'esercizio la portata cresce per sostenere muscoli attivi e termoregolazione. Nel cane la risposta deve coordinarsi con l'ansimazione e con la conformazione individuale; nell'uomo sudorazione e vasodilatazione cutanea impongono un carico circolatorio differente.

Capitolo 20 – Pressione arteriosa e controllo vascolare

Baroriflesso, sistema nervoso autonomo, rene e ormoni regolano pressione e perfusione. NO (ossido nitrico, mediatore vasodilatatore) partecipa alla regolazione endoteliale.

L'architettura dei controlli pressori è sostanzialmente conservata. Cambiano però gli intervalli di riferimento, l'ampiezza della risposta allo stress e il significato clinico dei valori, che devono essere letti secondo specie e metodo di misurazione.

Pressione e resistenze periferiche

La pressione arteriosa dipende dalla portata cardiaca e dalla resistenza offerta dal sistema vascolare. Arteriole e piccole arterie regolano la distribuzione del flusso attraverso il tono della muscolatura liscia. Il simpatico, l'angiotensina II, l'ossido nitrico e numerosi mediatori locali

modulano questa resistenza. La logica del controllo pressorio è comune, mentre valori e risposta allo stress richiedono protocolli specie-specifici.

Endotelio e microcircolo

L'endotelio regola permeabilità, tono vascolare, adesione cellulare e coagulazione. Nel microcircolo gli scambi dipendono da pressione idrostatica, pressione oncotica e proprietà della barriera capillare. L'aumento della filtrazione deve essere bilanciato dal drenaggio linfatico. Edema, infiammazione e insufficienza cardiaca modificano questo equilibrio in entrambe le specie. Le cause e la frequenza delle diverse patologie non sono però identiche.

Distribuzione del flusso

Il sangue non viene distribuito in modo uniforme. Cervello e cuore mantengono un'elevata priorità, mentre muscolo, cute e apparato digerente modificano il flusso in funzione dello stato fisiologico. Dopo un pasto aumenta la perfusione splancnica; durante esercizio cresce quella muscolare. Nel cane il flusso cutaneo e respiratorio partecipa alla gestione del calore con modalità diverse dall'uomo. Questa redistribuzione rappresenta una delle espressioni più chiare dell'integrazione fra sistemi.

Liquido interstiziale e formazione della linfa

Una quota del liquido filtrato dai capillari non rientra direttamente nel versante venoso e viene recuperata dai capillari linfatici. Questi vasi iniziali hanno pareti sottili e giunzioni che si aprono quando aumenta la pressione interstiziale. Il sistema linfatico restituisce al sangue acqua, elettroliti, proteine e cellule e impedisce che l'interstizio accumuli progressivamente volume. La funzione omeostatica è la stessa; postura, movimento e distribuzione dei tessuti modificano però le pressioni idrostatiche e il contributo relativo dei diversi meccanismi di trasporto.

Pompa linfatica, valvole e movimento

La linfa non procede soltanto per drenaggio passivo. I vasi collettori possiedono segmenti contrattili separati da valvole e il flusso viene sostenuto anche da movimento muscolare, pulsazioni arteriose e variazioni pressorie legate alla respirazione. La stazione eretta impone nell'uomo un importante gradiente idrostatico negli arti inferiori; nel cane la quadrupedia distribuisce diversamente questi gradienti e corsa e movimento del tronco possono favorire il ritorno linfatico. Il sistema linfatico collega quindi circolazione, attività fisica, matrice extracellulare e controllo dell'edema.

Linfatici intestinali, lipidi e immunità

I vasi chiliferi dei villi intestinali assorbono chilomicroni e trasportano lipidi alimentari verso il circolo sistemico. Nello stesso tempo la linfa convoglia antigeni e cellule immunitarie ai linfonodi, dove avviene una parte importante della sorveglianza immunologica. Questa doppia funzione è presente sia nell'uomo sia nel cane. Le patologie dei linfatici intestinali, particolarmente rilevanti in alcune popolazioni canine, mostrano quanto l'alterazione del trasporto linfatico possa ripercuotersi contemporaneamente su nutrizione, proteine plasmatiche, immunità e bilancio dei liquidi.

Capitolo 21 – Polmone, ventilazione e scambi gassosi

Ventilazione, diffusione alveolare e perfusione permettono lo scambio di O2 e CO2. Emoglobina, pH e temperatura modulano il trasporto dei gas.

Nel cane la ventilazione svolge anche una funzione termoregolatoria di primo piano. Durante l'ansimazione la frequenza respiratoria può aumentare molto senza produrre necessariamente una ventilazione alveolare sproporzionata, così da preservare per quanto possibile l'equilibrio acido-base.

Ventilazione e meccanica

La ventilazione rinnova l'aria alveolare attraverso i movimenti della gabbia toracica e le conseguenti variazioni di pressione. Il diaframma svolge il ruolo inspiratorio principale sia nell'uomo sia nel cane ma il contesto meccanico cambia: nell'uomo la gabbia toracica opera nella postura bipede, mentre nel cane la geometria del torace varia notevolmente tra razze. Conformazione e stato delle vie aeree possono perciò modificare resistenza e lavoro respiratorio in misura molto diversa.

Scambio alveolo-capillare

Ossigeno e anidride carbonica diffondono secondo gradienti di pressione parziale attraverso una barriera molto sottile. La capacità di scambio dipende da superficie, spessore della membrana e corrispondenza fra ventilazione e perfusione. Emoglobina e circolo trasportano poi i gas fra polmone e tessuti. I principi dello scambio gassoso sono gli stessi, mentre frequenza respiratoria e volumi assoluti dipendono da taglia e richiesta metabolica.

Respirazione e termoregolazione

Nel cane la respirazione partecipa alla termoregolazione in misura molto maggiore rispetto all'uomo. L'ansimazione aumenta l'evaporazione dalle vie aeree superiori e dalla lingua e può portare la frequenza respiratoria a valori molto elevati. Durante l'esercizio umano la ventilazione segue soprattutto produzione di anidride carbonica e richiesta metabolica. Il respiro del cane va quindi interpretato anche alla luce di temperatura ambientale e stress termico.

Capitolo 22 – Fisiologia renale

Filtrazione glomerulare, riassorbimento tubulare, secrezione e concentrazione dell'urina costituiscono le quattro operazioni fondamentali del rene. RAAS (sistema renina-angiotensina-aldosterone) e ADH coordinano volume e osmolarità.

Un confronto corretto deve tenere conto di dieta, dimensioni corporee e risposta ormonale. Non è quindi appropriato attribuire a una specie una capacità di concentrazione urinaria assoluta e invariabile.

Filtrazione glomerulare

Il glomerulo filtra una quota del plasma attraverso una barriera selettiva che trattiene cellule e gran parte delle proteine. La velocità di filtrazione dipende da pressione, superficie disponibile e tono delle arteriole renali. La filtrazione segue la stessa logica e, in entrambe le specie, autoregolazione e segnali ormonali contribuiscono a mantenere relativamente stabile la

perfusione. La valutazione clinica della funzione renale utilizza però marcatori e intervalli specifici per ciascuna specie.

Riassorbimento e secrezione

Il tubulo prossimale recupera gran parte di acqua, sodio, bicarbonato, glucosio e aminoacidi. L'ansa di Henle contribuisce alla formazione del gradiente osmotico midollare, mentre tubulo distale e dotto collettore eseguono la regolazione finale. La vasopressina aumenta il riassorbimento di acqua e l'aldosterone modifica il bilancio di sodio e potassio. Questi meccanismi sono altamente conservati e mostrano come la fisiologia renale dei mammiferi utilizzi la stessa architettura per adattarsi a richieste differenti.

Concentrazione urinaria e contesto

La capacità di concentrare l'urina non deve essere ridotta a un unico valore numerico. Nel cane la densità urinaria fisiologica può variare ampiamente in funzione dell'idratazione e della necessità di conservare acqua. Anche nell'uomo l'osmolalità urinaria cambia molto durante la giornata. Dieta, carico proteico, funzione renale e attività dell'ormone antidiuretico influenzano il risultato. È quindi più corretto confrontare i meccanismi di concentrazione e diluizione anziché stabilire una gerarchia semplice fra le due specie.

Capitolo 23 – Equilibrio acido-base

Polmone e rene mantengono il pH mediante eliminazione di CO_2, riassorbimento di bicarbonato e secrezione di acidi. I sistemi tampone limitano le variazioni rapide.

La lettura comparativa dell'equilibrio acido-base richiede intervalli propri di ciascuna specie e deve considerare ventilazione, dieta, attività muscolare, temperatura e stato di idratazione.

Sistemi tampone e relazione bicarbonato-anidride carbonica

Il pH dei liquidi corporei dipende dall'equilibrio fra produzione di acidi, sistemi tampone e capacità di eliminazione. Il sistema bicarbonato-anidride carbonica costituisce il principale tampone extracellulare e collega direttamente metabolismo e ventilazione. Proteine, emoglobina e fosfati contribuiscono alla capacità tampone in compartimenti differenti. Cane e uomo utilizzano gli stessi principi chimico-fisici. La differenza comparativa emerge soprattutto quando la ventilazione viene modificata per finalità termoregolatorie, come accade nel cane durante l'ansimazione.

Compenso respiratorio

Il polmone modifica rapidamente la pressione dell'anidride carbonica e quindi la componente volatile dell'equilibrio acido-base. Un aumento della ventilazione riduce la CO_2, mentre una riduzione la trattiene. Nell'uomo l'iperventilazione può comparire durante esercizio, quota, dolore o attivazione emotiva; nel cane la frequenza respiratoria aumenta anche per dissipare calore. Durante un'ansimazione efficace gran parte del ricambio interessa vie aeree superiori e spazio morto ma un aumento marcato della ventilazione alveolare può comunque modificare temporaneamente CO_2 e pH. Il respiro canino va quindi letto anche nel contesto termico.

Compenso renale e ammoniagenesi

Il rene recupera il bicarbonato filtrato, secerne ioni idrogeno e genera nuovo bicarbonato attraverso l'escrezione di acidi titolabili e ammonio. Questi meccanismi sono più lenti della risposta respiratoria ma risultano essenziali quando la perturbazione persiste. Il metabolismo della glutammina contribuisce alla produzione renale di ammonio e aumenta quando l'organismo deve eliminare un carico acido maggiore. Dieta, funzione renale e stato di idratazione influenzano la risposta in entrambe le specie. L'interpretazione richiede valori emogasanalitici e urinari specifici per specie.

Acidosi, alcalosi e disturbi misti

Una perturbazione primaria del bicarbonato definisce convenzionalmente un disturbo metabolico, mentre una perturbazione primaria della CO2 definisce un disturbo respiratorio. Il compenso tende a limitare la variazione del pH ma non elimina la causa primaria. Vomito, diarrea, insufficienza renale, alterazioni ventilatorie e variazioni importanti del metabolismo possono produrre quadri differenti. La logica del compenso non cambia ma cause prevalenti, intervalli di riferimento e velocità delle risposte vanno letti nel contesto clinico della specie.

Esercizio, lattato e recupero

Durante esercizio intenso la produzione di lattato e protoni aumenta quando il flusso energetico supera la capacità ossidativa locale. Il bicarbonato tampona una parte del carico e la ventilazione aumenta per facilitare l'eliminazione della CO2. Il ritorno all'equilibrio dipende da perfusione, metabolismo del lattato, funzione respiratoria e renale. Nel cane la componente termoregolatoria della ventilazione si sovrappone a quella metabolica e rende meno utile il confronto basato soltanto sulla frequenza respiratoria. Per interpretare correttamente la risposta occorre quindi distinguere ventilazione, ansimazione e reale scambio alveolare.

Capitolo 24 – Sistema immunitario, infiammazione e tolleranza

Il sistema immunitario protegge l'integrità dell'organismo attraverso barriere, riconoscimento del pericolo, risposta cellulare e memoria. L'architettura fondamentale dell'immunità innata e adattativa è comune; epidemiologia, genetica immunitaria, microbiota e frequenza delle singole patologie non lo sono.

Il valore della fisiologia comparata emerge quando i meccanismi conservati vengono distinti dalle differenze di specie. La presenza della stessa classe cellulare o della stessa citochina non implica infatti identiche soglie di attivazione, distribuzione tissutale o risposta a un antigene.

Barriere e immunità innata

Cute, mucose, secrezioni, microbiota e molecole antimicrobiche costituiscono la prima linea di difesa. Neutrofili, macrofagi, cellule dendritiche, sistema del complemento e cellule natural killer riconoscono rapidamente segnali microbici o danno tissutale. I recettori di riconoscimento dell'immunità innata sono ampiamente conservati nei mammiferi. La quantità dei recettori, la composizione delle popolazioni leucocitarie e l'esposizione a patogeni differiscono però tra cane e uomo e modificano l'esito della risposta.

Immunità adattativa e memoria

I linfociti B producono anticorpi, mentre i linfociti T coordinano la risposta o eliminano cellule bersaglio. La selezione clonale e la memoria immunologica consentono una risposta più rapida a esposizioni successive. Le molecole del complesso maggiore di istocompatibilità presentano antigeni ai linfociti e sono altamente polimorfiche in entrambe le specie. Nel cane la genetica di razza può accentuare la frequenza di determinati assetti immunitari e di alcune malattie immunomediate, mentre nell'uomo la variabilità è distribuita in popolazioni geneticamente meno estreme sul piano morfologico.

Immunità mucosale e microbiota

L'intestino deve tollerare nutrienti e microrganismi commensali senza perdere la capacità di reagire ai patogeni. Muco, immunoglobuline secretorie, cellule epiteliali, cellule dendritiche e linfociti costruiscono una barriera immunologica dinamica. Il microbiota produce metaboliti che influenzano epitelio e cellule immunitarie e partecipa alla maturazione della tolleranza. La rete funzionale è comparabile ma composizione microbica, dieta e anatomia intestinale non coincidono; il confronto va quindi centrato sulle funzioni e non sull'identità dei singoli taxa.

Infiammazione, risoluzione e riparazione

L'infiammazione aumenta perfusione, permeabilità e reclutamento leucocitario per contenere il danno e avviare la riparazione. Citochine, eicosanoidi e mediatori pro-risolutivi ne regolano intensità e durata. La risoluzione è un processo attivo: richiede rimozione dei detriti, cambiamento del fenotipo cellulare e ricostruzione della barriera. Se lo stimolo persiste, l'infiammazione può cronicizzarsi e contribuire a disfunzione metabolica, articolare, cutanea o intestinale. Questa dinamica appartiene sia al cane sia all'uomo.

Immunosenescenza e risposta nel corso della vita

Con l'età cambiano produzione e funzione delle cellule immunitarie, repertorio linfocitario, risposta agli antigeni e controllo dell'infiammazione. Cane e uomo mostrano segni di immunosenescenza e di aumento dell'infiammazione cronica di basso grado ma la diversa durata della vita comprime i tempi biologici nel cane. La grande variabilità di longevità fra razze permette inoltre di osservare come crescita, genetica, ambiente e immunità interagiscano con l'invecchiamento.

Capitolo 25 – Fegato, metabolismo e biotrasformazione degli xenobiotici

Il fegato integra metabolismo di carboidrati, lipidi e aminoacidi, produce bile, sintetizza proteine plasmatiche e trasforma xenobiotici. I sistemi citocromiali CYP (famiglia di enzimi citocromo P450) presentano differenze tra specie.

La conseguenza è particolarmente evidente in farmacologia veterinaria: la stessa molecola può presentare emivita, metaboliti ed effetti differenti nel cane e nell'uomo.

Architettura epatica e circolazione portale

Il fegato riceve sangue dalla vena porta e dall'arteria epatica e integra nutrienti assorbiti, segnali endocrini e composti provenienti dall'intestino. I sinusoidi mettono in contatto il sangue con gli

epatociti, mentre cellule endoteliali, cellule di Kupffer e cellule stellate partecipano a scambio, immunità e rimodellamento della matrice. La struttura lobulare e la zonazione metabolica consentono che regioni diverse del lobulo eseguano funzioni differenti. L'organizzazione generale del fegato è sovrapponibile nei suoi principi ma capacità enzimatiche e farmacocinetica possono divergere.

Metabolismo di glucosio, glicogeno e lipidi

Dopo il pasto il fegato immagazzina glucosio sotto forma di glicogeno e può trasformare l'eccesso energetico in lipidi. Durante digiuno e attività prolungata libera glucosio attraverso glicogenolisi e gluconeogenesi. Gli acidi grassi vengono ossidati, esterificati o utilizzati per produrre corpi chetonici secondo stato nutrizionale e ormoni. Insulina, glucagone e catecolamine coordinano i passaggi in entrambe le specie. La quota relativa dei substrati risente però della composizione della dieta e della storia evolutiva.

Aminoacidi, ciclo dell'urea e proteine plasmatiche

Il fegato rimuove gruppi amminici dagli aminoacidi, incorpora l'azoto nel ciclo dell'urea e limita l'accumulo di ammoniaca. Sintetizza inoltre albumina, numerosi fattori della coagulazione, proteine di trasporto e componenti del complemento. Queste funzioni collegano fegato, nutrizione, pressione oncotica, emostasi e immunità. Il cane utilizza efficacemente proteine alimentari ma questo non rende illimitata la capacità di gestire azoto o ammoniaca. I fabbisogni e le risposte patologiche devono rimanere specifici per specie.

Bile, bilirubina e asse intestino-fegato

Gli acidi biliari emulsificano i lipidi, facilitano l'assorbimento delle vitamine liposolubili e agiscono anche come molecole di segnalazione. Il fegato coniuga ed elimina bilirubina e numerosi metaboliti attraverso la bile. Una parte degli acidi biliari viene riassorbita nell'ileo e ritorna al fegato con la circolazione enteroepatica. Microbiota, barriera intestinale e flusso portale influenzano quindi la fisiologia epatica. Questa relazione è presente in cane e uomo e rappresenta un esempio concreto di integrazione fra apparati.

Biotrasformazione degli xenobiotici: fasi I e II

Farmaci, contaminanti e numerosi composti endogeni vengono trasformati da sistemi enzimatici epatici. Le reazioni di fase I comprendono ossidazioni, riduzioni e idrolisi e coinvolgono spesso i citocromi P450. Le reazioni di fase II coniugano le molecole con gruppi che ne facilitano eliminazione renale o biliare. Il termine biotrasformazione è più preciso di una generica detossificazione, perché una reazione può inattivare una molecola, renderla eliminabile oppure generare un metabolita ancora attivo. Isoforme enzimatiche, velocità di reazione e suscettibilità a inibitori differiscono fra cane e uomo e impediscono di trasferire automaticamente dosi farmacologiche.

Capitolo 26 – Sistema endocrino integrato

Gli assi ipotalamo-ipofisi-tiroide e ipotalamo-ipofisi-surrene condividono il principio del feedback negativo. TRH (ormone di rilascio della tireotropina), TSH (ormone tireostimolante), CRH (ormone di rilascio della corticotropina) e ACTH (ormone adrenocorticotropo) sono elementi centrali.

Il disegno regolatorio rimane simile, mentre concentrazioni ormonali, emivite, sensibilità recettoriale e pattern patologici possono divergere in misura rilevante.

Ipotalamo, ipofisi e organizzazione degli assi endocrini

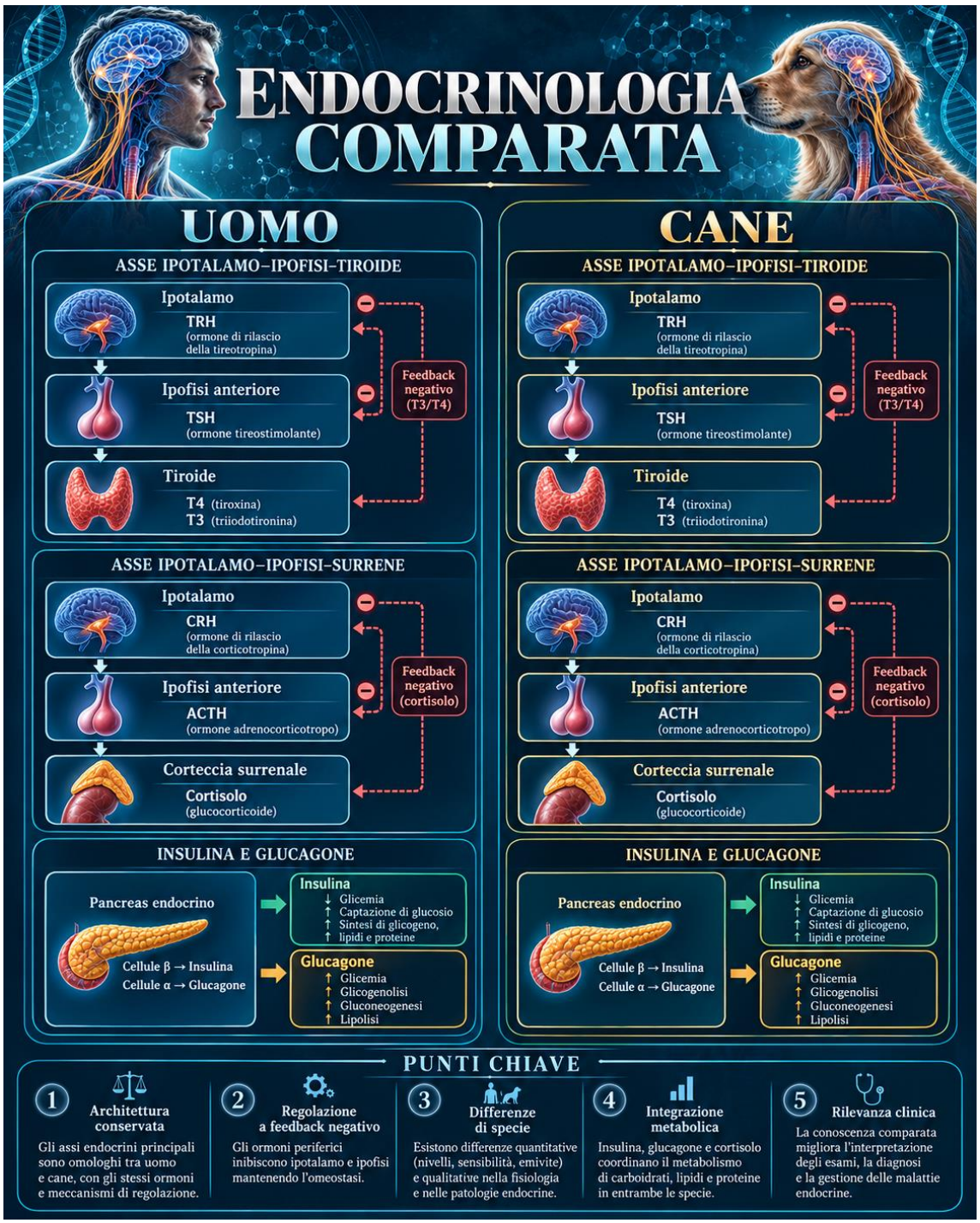
L'ipotalamo integra informazioni nervose, circadiane, metaboliche e viscerali e regola l'ipofisi attraverso ormoni di rilascio e neuroni neurosecretori. L'ipofisi anteriore controlla tiroide, surrene, gonadi, crescita e lattazione, mentre la neuroipofisi rilascia vasopressina e ossitocina. Questa architettura appartiene al disegno endocrino dei mammiferi ed è quindi riconoscibile in entrambe le specie. Le differenze emergono soprattutto nei ritmi secretori, negli intervalli di riferimento e nella sensibilità dei tessuti bersaglio.

Feedback, pulsatileità e ritmi

Gli ormoni non vengono secreti come un flusso costante. Pulsatilità, ritmo circadiano, sonno, alimentazione, stress e stato riproduttivo ne modificano la concentrazione nel tempo, mentre il feedback negativo stabilizza gli assi senza renderli statici. Un singolo prelievo fotografa soltanto un momento della dinamica endocrina. Nel confronto cane-uomo questo aspetto è decisivo, perché valori numericamente simili possono assumere significati differenti quando cambiano emivita, proteine di trasporto, ritmo o sensibilità recettoriale.

Asse GH–IGF-1, crescita e taglia corporea

GH (ormone della crescita) stimola direttamente alcuni tessuti e promuove la produzione di IGF-1 (fattore di crescita insulino-simile 1), soprattutto nel fegato. L'asse somatotropico regola crescita, sintesi proteica, metabolismo e mantenimento dei tessuti. L'eccezionale variabilità di taglia fra razze canine rende questo asse particolarmente interessante: nell'adulto le concentrazioni di IGF-1 sono correlate alla massa corporea e il segnale della crescita viene studiato anche in rapporto alla diversa longevità. Nell'uomo GH e IGF-1 cambiano con età, nutrizione e composizione corporea ma la variabilità morfologica interna alla specie è molto meno estrema.



Principali assi endocrini condivisi e regolazione a feedback negativo.

Pancreas endocrino, incretine e controllo dei nutrienti

Le cellule beta pancreatiche secernono insulina quando aumenta la disponibilità di nutrienti, mentre le cellule alfa producono glucagone soprattutto durante digiuno e controregolazione. GLP-1 (peptide glucagone-simile 1) e GIP (polipeptide insulinotropico glucosio-dipendente), ormoni intestinali definiti incretine, amplificano la risposta insulinica dopo l'assunzione di nutrienti. Somatostatina e sistema nervoso autonomo modulano ulteriormente le isole pancreatiche. Il

disegno di base è comune alle due specie ma fenotipi diabetici, sensibilità insulinica e risposta alla dieta non sono automaticamente sovrapponibili.

Tessuto adiposo come organo endocrino

Il tessuto adiposo immagazzina energia ma secerne anche adipokine e segnali infiammatori. Leptina, adiponectina e altri mediatori informano cervello, fegato, muscolo e sistema immunitario sullo stato delle riserve. L'aumento della massa adiposa modifica quindi il terreno endocrino e metabolico in cane e uomo. Obesità, sedentarietà, sonno e composizione della dieta influenzano questa rete. La presenza delle stesse molecole non implica però identico rischio di malattia, perché distribuzione del grasso e fisiopatologia metabolica presentano differenze specie-specifiche.

Capitolo 27 – Tiroide e metabolismo basale

T3 (triiodotironina) e T4 (tiroxina) modulano metabolismo, termogenesi, crescita e funzione di numerosi tessuti. La conversione periferica dipende dalle deiodinasi, enzimi che attivano o inattivano gli ormoni tiroidei.

L'ipotiroidismo spontaneo è una condizione clinicamente rilevante nel cane. Nell'uomo la fisiopatologia tiroidea comprende inoltre un ventaglio più ampio di quadri autoimmuni e nodulari. Fisiologia ed epidemiologia vanno quindi confrontate senza sovrapporle.

Sintesi, iodio e tireoglobulina

La tiroide concentra ioduro attraverso trasportatori specifici e lo incorpora nella tireoglobulina per formare T4 (tiroxina) e T3 (triiodotironina). Il processo richiede un'organizzazione follicolare conservata nei mammiferi e viene stimolato dal TSH (ormone tireostimolante). L'apporto di iodio deve essere sufficiente ma non eccessivo. La biochimica essenziale della sintesi è conservata; intervalli di riferimento, frequenza delle patologie e risposta a farmaci o malattie sistemiche possono invece divergere.

Trasporto, deiodinasi e disponibilità tissutale

La maggior parte degli ormoni tiroidei circola legata a proteine plasmatiche. Nei tessuti le deiodinasi convertono T4 in T3 biologicamente attiva oppure in metaboliti inattivi e consentono un controllo locale dell'esposizione ormonale. Malattia, digiuno, infiammazione e alcuni farmaci possono modificare queste conversioni. Nel cane il fenomeno è particolarmente importante quando si interpretano basse concentrazioni di T4 associate a malattie non tiroidee; nell'uomo esistono dinamiche analoghe, inserite però in contesti diagnostici e prevalenze differenti.

Effetti su metabolismo, termogenesi e apparati

Gli ormoni tiroidei aumentano il turnover energetico e modulano funzione mitocondriale, metabolismo lipidico e glucidico, frequenza cardiaca, crescita e attività del sistema nervoso. L'effetto dipende dal tessuto, dall'età e dalla disponibilità di substrati. Nell'uomo la produzione di calore si integra con una sudorazione cutanea molto efficiente; nel cane l'eccesso termico viene gestito soprattutto attraverso vie respiratorie e comportamento. Uno stesso cambiamento endocrino può quindi avere ricadute sistemiche differenti.

Asse ipotalamo–ipofisi–tiroide e feedback

TRH (ormone di rilascio della tireotropina) stimola l'ipofisi, che secerne TSH. T3 e T4 esercitano feedback negativo su ipofisi e ipotalamo e stabilizzano l'asse. Ritmi, farmaci e condizioni sistemiche possono modificare la concentrazione degli ormoni senza indicare necessariamente una malattia primaria della ghiandola. L'asse segue una fisiologia comparabile; l'interpretazione clinica richiede però metodi e intervalli specifici.

Ipotiroidismo: confronto fisiopatologico senza sovrapposizioni

L'ipotiroidismo riduce metabolismo e funzione di numerosi tessuti in entrambe le specie ma eziologia e distribuzione dei quadri clinici non coincidono. Nel cane l'ipotiroidismo primario acquisito è una diagnosi veterinaria rilevante e va distinto dalle modificazioni ormonali secondarie ad altre malattie; nell'uomo pesano maggiormente alcune forme autoimmuni e nodulari. Il ruolo sistemico degli ormoni tiroidei è comparabile, mentre criteri diagnostici e dosaggi terapeutici rimangono specifici della specie.

Capitolo 28 – Surrene e risposta allo stress

Cortisolo e catecolamine coordinano disponibilità energetica, pressione, risposta immunitaria e comportamento. L'asse HPA (ipotalamo-ipofisi-surrene) trasforma lo stressor in una risposta sistemica.

La risposta allo stress dipende molto dal contesto in entrambe le specie. Nel cane incidono in modo particolare relazione con il proprietario, ambiente e prevedibilità degli eventi; nell'uomo assumono ulteriore peso l'interpretazione cognitiva e la complessità dei fattori sociali.

Asse ipotalamo-ipofisi-surrene

Uno stressor attiva l'ipotalamo, che rilascia ormone di rilascio della corticotropina. L'ipofisi risponde con ormone adrenocorticotropo e la corteccia surrenale produce cortisolo. Il cortisolo mobilizza energia, modifica immunità e sostiene la risposta cardiovascolare. Il feedback negativo limita l'attivazione quando lo stimolo si riduce. L'asse segue la stessa architettura nel cane e nell'uomo.

Catecolamine e risposta rapida

Adrenalina e noradrenalina agiscono più rapidamente del cortisolo: aumentano frequenza cardiaca, disponibilità di substrati e redistribuzione del flusso. Questa risposta prepara l'organismo a una richiesta acuta e può diventare disfunzionale quando l'attivazione è eccessiva o persistente. Nell'uomo la componente cognitiva può prolungarla anche senza un pericolo fisico immediato; nel cane imprevedibilità, paura, dolore e contesto sociale possono produrre un effetto analogo.

Stress, recupero e adattamento

Lo stress non coincide sempre con danno. Uno stimolo adeguato seguito da recupero promuove adattamento, mentre carichi ripetuti senza recupero aumentano il costo allostatico. Sonno, attività fisica, disponibilità energetica e sicurezza ambientale modificano la risposta nelle due specie. Questa prospettiva permette di leggere la fisiologia dello stress come equilibrio fra capacità di risposta e capacità di ritorno a una condizione stabile.

Aldosterone, sodio e volume extracellulare

La zona glomerulosa della corteccia surrenale produce aldosterone in risposta soprattutto al sistema renina-angiotensina e alla concentrazione di potassio. L'ormone aumenta il riassorbimento di sodio e la secrezione di potassio nel nefrone distale e contribuisce al controllo del volume extracellulare. L'asse è comune ma dieta, funzione renale e patologie endocrine ne modulano la risposta e impongono intervalli specifici. Il surrene integra quindi risposta allo stress e omeostasi idro-elettrolitica attraverso zone corticali funzionalmente distinte.

Capitolo 29 – Riproduzione e ciclo sessuale

La fisiologia riproduttiva evidenzia una delle distanze più nette fra le due specie. Nell'uomo la ciclicità ovarica è mediamente mensile; nella cagna gli intervalli sono molto più lunghi e il ciclo comprende proestro, estro, diestro e anestro.

LH (ormone luteinizzante) e FSH (ormone follicolo-stimolante) regolano la funzione gonadica sia nel cane sia nell'uomo ma tempi e pattern secretori sono specie-specifici. Differiscono in modo sostanziale anche gestazione, placentazione, numerosità della prole e maturazione neonatale.

Ciclo ovarico e differenze di specie

Nella donna il ciclo ovarico si ripete normalmente con periodicità di alcune settimane e comprende fase follicolare, ovulazione e fase luteale. Nella cagna il ciclo estrale presenta intervalli molto più lunghi e include proestro, estro, diestro e anestro. Ne cambiano tempi ormonali, fertilità e interpretazione dei segni riproduttivi, mentre l'architettura endocrina di base rimane centrata su ipotalamo, ipofisi e gonadi.

LH, FSH e steroidi sessuali

L'ormone luteinizzante, indicato come LH, e l'ormone follicolo-stimolante, indicato come FSH, regolano maturazione follicolare, ovulazione e funzione gonadica. Estrogeni e progesterone esercitano feedback e preparano l'apparato riproduttivo. Nel maschio testosterone e gonadotropine sostengono spermatogenesi e caratteri sessuali. I meccanismi cellulari sono comparabili, mentre periodicità e durata delle fasi differiscono profondamente.

Gestazione e maturazione neonatale

La gestazione umana dura circa quaranta settimane e porta alla nascita di un neonato neurologicamente immaturo ma con vista, udito e numerosi sistemi fisiologici già funzionali. La gestazione canina dura circa nove settimane e produce cuccioli più altriciali, con occhi chiusi e udito ancora in maturazione. Nel cane allattamento e fase postnatale precoce assumono perciò un peso fisiologico maggiore, dato essenziale quando si confrontano sviluppo cerebrale e maturazione sensoriale.

Placentazione e scambi materno-fetali

La placenta trasferisce gas, nutrienti, acqua e segnali endocrini tra madre e feto senza mescolare liberamente i due circoli. Nell'uomo è discoidale ed emocoriale; nel cane è zonaria ed endoteliocoriale. La diversa struttura modifica il numero di strati che separano sangue materno e fetale e contribuisce al diverso trasferimento delle immunoglobuline. In entrambe le specie il feto

dipende dalla perfusione uteroplacentare ma strategia riproduttiva e numerosità della prole cambiano la distribuzione delle risorse.

Parto, ossitocina e adattamento materno

Il parto richiede maturazione fetale, rimodellamento cervicale, contrazioni uterine e feedback neuroendocrini nei quali ossitocina e prostaglandine hanno un ruolo centrale. La cagna partorisce normalmente più cuccioli e alterna fasi espulsive e intervalli, mentre la donna partorisce in genere un singolo neonato; costo metabolico, dinamica uterina e gestione della temperatura assumono quindi caratteristiche differenti. Il feedback positivo delle contrazioni rimane comunque un meccanismo regolatorio condiviso.

Lattazione, colostro e trasferimento immunitario

Prolattina e ossitocina sostengono produzione ed eiezione del latte. Il colostro fornisce energia, fattori bioattivi e immunoglobuline. Poiché nel cane il trasferimento placentare di anticorpi è limitato, l'assunzione precoce di colostro ha un peso particolarmente elevato per l'immunità passiva del cucciolo. Nell'uomo il passaggio transplacentare di immunoglobuline è molto più importante e il latte materno contribuisce soprattutto alla protezione mucosale e alla maturazione immunometabolica. È una delle differenze centrali della fisiologia neonatale comparata.

Pseudogravidanza e particolarità endocrina della cagna

Nella cagna la fase luteale del ciclo presenta una durata simile dopo ovulazione indipendentemente dalla presenza di gravidanza e può essere seguita da manifestazioni di pseudogravidanza. Prolattina e variazioni del progesterone partecipano al fenomeno. Nell'uomo non esiste un equivalente fisiologico con la stessa regolarità. La pseudogravidanza mostra come una stessa famiglia di ormoni riproduttivi possa essere organizzata in sequenze temporali profondamente diverse tra specie.

Neonato e cucciolo: termoregolazione e riserve

Il cucciolo nasce altriciale, con vista e udito immaturi e capacità termoregolatoria limitata. Superficie corporea elevata rispetto alla massa, ridotte riserve energetiche e dipendenza dalla madre aumentano il rischio di perdita di calore. Il neonato umano nasce più maturo sul piano sensoriale e possiede tessuto adiposo bruno funzionalmente importante ma rimane anch'esso dipendente dall'ambiente per mantenere la temperatura. Alimentazione precoce, contatto e condizioni ambientali modulano quindi la transizione alla vita extrauterina in entrambe le specie.

Parametro	Uomo	Cane
Ciclicità ovarica	Ciclo mediamente mensile	Estro più distanziato con anestro
Gestazione	Circa 40 settimane	Circa 9 settimane
Prole	Generalmente singola	Generalmente multipla
Maturazione neonatale	Elevata dipendenza ma sensi già operativi	Cuccioli altriciali, vista e udito maturano dopo la nascita

PARTE IV – SISTEMA NERVOSO E FISIOLOGIA SENSORIALE

Capitolo 30 – Sistema nervoso centrale e periferico

Neuroni e cellule gliali utilizzano gli stessi principi di eccitabilità, sinapsi, plasticità e integrazione. SNC (sistema nervoso centrale) e SNP (sistema nervoso periferico) coordinano percezione, movimento, omeostasi e comportamento.

Le principali divergenze riguardano le proporzioni relative delle aree cerebrali e le specializzazioni sensoriali. Nell'uomo assumono particolare sviluppo le reti associative e linguistiche; nel cane acquistano un peso eccezionale l'elaborazione olfattiva e l'integrazione multisensoriale.

Organizzazione del sistema nervoso

Cervello, midollo spinale e nervi periferici utilizzano neuroni e cellule gliali con principi fisiologici comuni. Potenziali d'azione, rilascio di neurotrasmettitori e plasticità sinaptica sono meccanismi condivisi. Astrociti, oligodendrociti e microglia sostengono metabolismo, mielina e sorveglianza immunitaria nel sistema nervoso centrale. Le differenze più importanti fra cane e uomo riguardano proporzioni delle aree e specializzazione delle reti.

Corteccia e integrazione

La corteccia associativa e le reti linguistiche occupano nell'uomo una quota funzionale molto rilevante; nel cane le reti olfattive, limbiche e sensomotorie riflettono priorità ecologiche differenti. Non si tratta di una scala lineare di complessità, perché ciascuna specie organizza l'elaborazione secondo bisogni evolutivi e comportamentali propri. Vanno quindi distinti capacità generale, specializzazione e strategia sensoriale.

Plasticità e apprendimento

Le sinapsi cambiano forza in risposta all'esperienza e costruiscono memoria e apprendimento. Ripetizione, ricompensa, emozione e contesto influenzano la stabilizzazione delle reti. Il cane mostra una notevole plasticità comportamentale che ha favorito convivenza e cooperazione con l'uomo. Nell'uomo la plasticità prosegue per tutta la vita ed è fortemente influenzata da linguaggio e cultura. I meccanismi cellulari restano però riconoscibili in entrambe le specie.

Capitolo 31 – Sistema autonomo e regolazione viscerale

Simpatico e parasimpatico modulano cuore, vasi, apparato gastrointestinale, pupilla, ghiandole e metabolismo. Il bilanciamento autonomico cambia rapidamente con sonno, esercizio, alimentazione e stress.

Cane e uomo condividono l'organizzazione fondamentale del sistema autonomo. Frequenze basali e ampiezza delle risposte cambiano però con specie, taglia e contesto.

Simpatico e parasimpatico

Il sistema nervoso autonomo regola funzioni che non richiedono controllo cosciente continuo. Il simpatico prepara a richiesta energetica, aumenta frequenza cardiaca e modula il tono vascolare. Il parasimpatico favorisce digestione, recupero e controllo cardiaco. Gli organi ricevono

combinazioni diverse dei due sistemi e la risposta finale dipende anche da ormoni e mediatori locali.

Riflessi viscerali

Barocettori, chemiocettori e recettori gastrointestinali inviano informazioni ai centri del tronco encefalico e dell'ipotalamo. Questi circuiti correggono rapidamente pressione, respirazione e attività digestiva. La struttura generale dei riflessi è analoga. Frequenze basali, tono vagale e risposta allo stress variano invece con taglia, allenamento e comportamento.

Variabilità della frequenza cardiaca e stato funzionale

La variabilità degli intervalli cardiaci riflette l'interazione dinamica fra componenti autonomiche e non coincide con una misura diretta e univoca di benessere. Nell'uomo viene utilizzata spesso nello sport e nella ricerca sul recupero; nel cane è studiata in relazione a stress, attività e comportamento. L'interpretazione richiede condizioni di misura standardizzate e non può ridurre la regolazione autonomica a un singolo numero.

Capitolo 32 – Tatto e sistema somatosensoriale

Recettori cutanei, propriocettori e nocicettori trasformano stimoli meccanici, termici e potenzialmente lesivi in segnali nervosi. La somatotopia organizza le informazioni lungo midollo, talamo e corteccia.

Durante lo sviluppo prenatale il sistema somatosensoriale è tra i primi a diventare funzionale. La sua precocità non stabilisce una gerarchia assoluta fra i sensi; indica piuttosto quanto il contatto partecipi precocemente allo sviluppo e alla regolazione dell'organismo.

Recettori e vie somatosensoriali

Meccanocettori cutanei, termocettori, nocicettori e propriocettori trasformano stimoli fisici in attività elettrica. Le informazioni raggiungono midollo, tronco encefalico, talamo e corteccia attraverso vie organizzate. Le vie fondamentali sono comparabili. Densità recettoriale e importanza comportamentale delle diverse aree corporee cambiano però in relazione alla funzione della specie.

Propriocezione e controllo del movimento

La propriocezione informa il sistema nervoso sulla posizione delle articolazioni, sulla tensione muscolare e sul movimento. Fusi neuromuscolari e organi tendinei partecipano ai riflessi e alla regolazione fine della postura. L'uomo deve stabilizzare la stazione eretta bipede; il cane deve coordinare quattro arti, colonna e rapidi movimenti del tronco. La base neurofisiologica resta comune, mentre la strategia motoria risponde a geometrie molto diverse.

Sviluppo precoce del tatto

La funzione somatosensoriale compare precocemente durante lo sviluppo nelle due specie e contribuisce alla maturazione dei circuiti e alla relazione con l'ambiente. Questa precocità non stabilisce una gerarchia assoluta fra i sensi: nel cane adulto l'olfatto assume una priorità comportamentale molto maggiore, mentre nell'uomo la visione diventa dominante in numerose attività.

Nocicezione, dolore e sensibilizzazione

La nocicezione descrive la trasduzione e la conduzione di stimoli potenzialmente lesivi, mentre il dolore comprende anche elaborazione centrale, memoria, contesto ed esperienza. Nocicettori periferici rispondono a stimoli meccanici, termici e chimici e inviano segnali al midollo e ai centri superiori. Infiammazione persistente può ridurre la soglia periferica e amplificare la risposta delle reti spinali e cerebrali, producendo sensibilizzazione. I meccanismi di base sono comuni. Nel cane tuttavia il dolore deve essere inferito da comportamento, postura, funzione e parametri fisiologici perché manca una descrizione verbale diretta.

Capitolo 33 – Olfatto e organo vomeronasale

L'olfatto rappresenta una delle specializzazioni più marcate del cane. Cavità nasale ampia, turbinati complessi, grande estensione dell'epitelio olfattivo ed elaborazione centrale consentono una discriminazione chimica nettamente superiore a quella umana.

Il VNO (organo vomeronasale) è funzionale nel cane e partecipa alla rilevazione di segnali chimici sociali. Nell'uomo adulto strutture vomeronasali possono essere descritte anatomicamente ma non esiste consenso su una funzione sensoriale comparabile a quella dei mammiferi con sistema vomeronasale attivo.

Architettura nasale e flusso dell'aria

Il cane possiede cavità nasali con turbinati molto complessi e una regione olfattiva estesa. Durante lo sniffing una quota del flusso viene indirizzata verso il recesso olfattivo, dove le molecole odorose raggiungono l'epitelio sensoriale. Nell'uomo la regione olfattiva è più piccola e la respirazione non è organizzata attorno a una specializzazione macrosmatica comparabile. La differenza dipende quindi sia dal numero di recettori sia dalla fluidodinamica della cavità nasale.

Trasduzione e bulbo olfattivo

Le molecole odorose si legano a recettori espressi sulle ciglia dei neuroni olfattivi e attivano una cascata di segnalazione che produce un potenziale recettoriale. Gli assoni convergono nei glomeruli del bulbo olfattivo, dove il segnale viene riorganizzato prima di raggiungere aree limbiche e corticali. Il cane dedica una quota anatomica e funzionale molto più importante all'elaborazione olfattiva. Questa specializzazione sostiene discriminazione, memoria degli odori e ricerca attiva.

Organo vomeronasale e comunicazione chimica

L'organo vomeronasale, indicato anche come VNO, appartiene al sistema che rileva particolari segnali chimici sociali in molte specie. Nel cane la struttura è presente e funzionale e si collega a circuiti coinvolti nel comportamento riproduttivo e sociale. Nell'uomo adulto possono persistere residui anatomici ma non esiste un sistema vomeronasale funzionale comparabile a quello canino. L'olfatto principale umano va quindi distinto da questo meccanismo accessorio, che nel cane conserva un ruolo biologico più definito.

Olfatto come sistema cognitivo

Nel cane l'olfatto contribuisce a orientamento, riconoscimento individuale, valutazione dell'ambiente, memoria e motivazione; lo sniffing rappresenta una strategia attiva che modifica il campionamento dell'aria. Nell'uomo l'olfatto partecipa a gusto, memoria ed emozione ma raramente costituisce il canale informativo dominante. Questa divergenza rende particolarmente evidente la diversa specializzazione sensoriale delle due specie.

Struttura/funzione	Uomo	Cane
Epitelio olfattivo	Relativamente meno esteso	Molto esteso e specializzato
Turbinati nasali	Meno complessi	Molto complessi
Sniffing	Presente	Componente centrale dell'esplorazione olfattiva
Organo vomeronasale	Funzione adulta controversa/non comparabile	Funzionale per segnali chimici sociali

Capitolo 34 – Vista e retina

L'uomo è tricromate e dispone di elevata acuità centrale; il cane è dicromate e mostra adattamenti che favoriscono sensibilità in bassa illuminazione e rilevazione del movimento. Il tapetum lucidum, presente nel cane e assente nell'uomo, riflette la luce attraverso la retina aumentando la probabilità di assorbimento fotonico.

Coni e bastoncelli sono presenti nelle due specie ma la loro distribuzione e il loro rapporto riflettono strategie visive differenti e coerenti con la rispettiva ecologia.

Fotorecettori e visione cromatica

La retina trasforma la luce attraverso coni e bastoncelli. Nell'uomo tre classi principali di coni consentono la visione tricromatica e la fovea sostiene un'elevata acuità centrale; il cane possiede invece una visione dicromatica, basata soprattutto su due classi di coni. La discriminazione cromatica canina è quindi più limitata, senza che ciò renda la sua visione semplicemente inferiore: altre caratteristiche favoriscono sensibilità e rilevazione del movimento.

Sensibilità in bassa illuminazione

Il cane possiede una maggiore specializzazione per la visione in condizioni di luce ridotta. Un'elevata componente di bastoncelli e la presenza del tapetum lucidum aumentano la probabilità che la luce disponibile venga utilizzata dai fotorecettori. L'effetto migliora la sensibilità ma può ridurre la precisione spaziale. Nell'uomo l'assenza del tapetum e la forte specializzazione foveale favoriscono invece dettaglio e lettura fine in condizioni adeguatamente illuminate.

Campo visivo e movimento

Posizione degli occhi e conformazione cranica influenzano il campo visivo. Nel cane la notevole variabilità fra razze modifica sovrapposizione binoculare e visione periferica e rende particolarmente importante la rilevazione del movimento; nell'uomo visione centrale e stereopsi

sostengono manipolazione fine e attività ad alta precisione. Le due strategie rispondono a esigenze ecologiche e motorie differenti.

Caratteristica	Uomo	Cane
Visione cromatica	Tricromatica	Dicromatica
Tapetum lucidum	Assente	Presente
Acuità centrale	Molto elevata	Inferiore rispetto all'uomo
Luce debole	Buona adattabilità	Specializzazione maggiore

Capitolo 35 – Udito, sistema vestibolare e orientamento spaziale

Orecchio esterno, medio e interno condividono la stessa architettura generale. La coclea trasforma vibrazioni in attività elettrica attraverso le cellule ciliate.

Il cane percepisce frequenze più elevate rispetto all'uomo e può orientare il padiglione auricolare in modo più marcato. Forma del cranio, mobilità del padiglione e geometria del condotto esterno partecipano alla localizzazione e al filtraggio del suono.

Dal suono al segnale nervoso

Le onde sonore vengono raccolte dal padiglione, percorrono il condotto uditivo e fanno vibrare la membrana timpanica. Gli ossicini trasferiscono l'energia alla coclea, dove le cellule ciliate trasformano lo stimolo meccanico in segnale elettrico. Il nervo vestibolococleare trasmette poi l'informazione ai nuclei del tronco encefalico e alle aree corticali. Questa sequenza è condivisa dalle due specie.

Intervallo di frequenze

Il cane percepisce frequenze più elevate rispetto all'uomo, una specializzazione utile sia nella comunicazione sia nell'analisi dell'ambiente. L'intervallo effettivo varia con età, individuo e metodo di misura. La sensibilità alle frequenze più alte diminuisce progressivamente con l'età nell'uomo e può ridursi anche nel cane, con possibili conseguenze su comportamento e risposta ai comandi.

Localizzazione e mobilità auricolare

Il cervello localizza la sorgente sonora confrontando differenze di tempo e intensità tra le due orecchie. Nel cane la mobilità del padiglione aggiunge una componente meccanica che orienta la raccolta del suono e varia con razza e forma dell'orecchio; nell'uomo il padiglione è molto meno mobile e la localizzazione dipende soprattutto dall'elaborazione binaurale e dalle caratteristiche acustiche dell'orecchio esterno.

Labirinto vestibolare: canali semicircolari, utricolo e sacculo

Il sistema vestibolare occupa l'orecchio interno accanto alla coclea. Tre canali semicircolari rilevano soprattutto accelerazioni angolari della testa, mentre utricolo e sacculo rispondono ad accelerazioni lineari e orientamento rispetto alla gravità. Le cellule ciliate trasformano lo

spostamento dei fluidi e delle membrane sensoriali in attività nervosa. Questa architettura è condivisa da cane e uomo e fornisce al sistema nervoso una misura continua del movimento della testa.

Riflesso vestibolo-oculare e stabilizzazione dello sguardo

Il VOR (riflesso vestibolo-oculare) muove gli occhi in direzione opposta al movimento della testa e stabilizza l'immagine sulla retina durante locomozione e cambi di posizione. I nuclei vestibolari integrano le informazioni dell'orecchio interno con quelle visive e propriocettive e inviano segnali ai nuclei oculomotori. Cane e uomo utilizzano lo stesso principio ma la quadrupedia, la maggiore mobilità del capo e le diverse strategie visive modificano il contesto funzionale nel quale il riflesso opera.

Equilibrio, cervelletto e controllo posturale

Proiezioni vestibolospinali regolano tono muscolare e reazioni posturali, mentre il cervelletto confronta segnali vestibolari, propriocettivi e visivi. L'uomo deve stabilizzare un corpo bipede con centro di massa relativamente alto; il cane distribuisce il carico su quattro arti e coordina accelerazioni del tronco e del capo durante corsa e salti. La fisiologia di base è omologa ma la soluzione biomeccanica al problema dell'equilibrio cambia profondamente.

Caratteristica	Uomo	Cane
Frequenze acute	Limite inferiore rispetto al cane	Estensione a frequenze più elevate
Padiglione auricolare	Mobilità limitata	Mobilità marcata
Localizzazione	Binaurale	Binaurale + orientamento del padiglione

Capitolo 36 – Compenso sensoriale e neuroplasticità

Quando un canale sensoriale si riduce, altri segnali possono acquisire un peso funzionale maggiore attraverso attenzione, apprendimento e riorganizzazione delle reti. La neuroplasticità non coincide con un generico potenziamento automatico: implica una diversa distribuzione delle risorse di elaborazione.

Un cane cieco o ipovedente può mantenere un'elevata autonomia facendo maggiore affidamento su olfatto, udito, memoria spaziale e informazioni tattili. Nell'uomo si osservano processi comparabili, sostenuti da plasticità corticale e strategie cognitive.

Compenso non significa sostituzione perfetta

Quando una modalità sensoriale si riduce, il sistema nervoso può aumentare il peso relativo delle informazioni provenienti da altri canali. Questo processo migliora l'adattamento ma non ricrea necessariamente l'esperienza del senso perduto. Un cane cieco può utilizzare olfatto, udito e memoria spaziale per orientarsi in modo efficace, mentre un essere umano con deficit visivo può sviluppare strategie tattili e uditive molto raffinate.

Plasticità delle reti

L'uso ripetuto modifica efficacia sinaptica, mappe corticali e strategie attentive. L'esperienza può quindi riorganizzare la distribuzione delle risorse neurali. I principi cellulari della plasticità sono comuni, mentre il repertorio sensoriale di partenza è profondamente diverso. Nel cane l'elevato peso dell'olfatto permette compensi che non hanno un equivalente diretto nell'uomo.

Ambiente e riabilitazione

La capacità di compenso dipende anche dall'ambiente. Percorsi prevedibili, segnali tattili o olfattivi, riduzione degli ostacoli e routine stabili possono aumentare l'autonomia di un cane con deficit sensoriale. Nell'uomo ausili, addestramento e modifiche ambientali svolgono una funzione analoga attraverso altri canali. La fisiologia del compenso mostra quindi come plasticità e contesto siano inseparabili.

Capitolo 37 – Sviluppo embrionale e maturazione dei sensi

Embriogenesi e maturazione postnatale seguono tempi molto diversi nel cane e nell'uomo. La gestazione umana dura circa quaranta settimane, quella canina circa nove. I cuccioli nascono con vista e udito ancora immaturi e completano tappe sensoriali decisive nelle prime fasi della vita extrauterina.

La funzione somatosensoriale compare precocemente sia nell'uomo sia nel cane. Olfatto, udito e vista seguono tempi di maturazione differenti; nel cucciolo la componente postnatale dello sviluppo visivo e uditivo risulta particolarmente evidente.

Tempi embrionali e maturazione postnatale

Le tappe dello sviluppo non possono essere sovrapposte sulla stessa scala temporale. La gestazione umana dura circa quaranta settimane, mentre quella canina dura circa nove settimane. Molti sistemi del cucciolo completano una parte importante della maturazione dopo la nascita. Gli occhi restano inizialmente chiusi e l'udito diventa funzionale progressivamente. Il neonato umano nasce più maturo sul piano sensoriale ma dipende a lungo dall'adulto per organizzazione motoria e comportamentale.

Sequenza funzionale dei sensi

Il sistema somatosensoriale diventa operativo precocemente e permette risposte a stimoli meccanici già durante la vita prenatale. Olfatto, udito e vista maturano con tempi differenti. Nel cane olfatto e sensibilità chimica acquistano presto un peso elevato, mentre una parte importante della maturazione visiva avviene dopo la nascita; nell'uomo la vista assume progressivamente un ruolo dominante durante lo sviluppo postnatale.

Esperienza e periodi sensibili

Lo sviluppo sensoriale non dipende soltanto dalla maturazione anatomica. Durante i periodi sensibili l'esperienza modifica circuiti, capacità percettive e comportamento. Nel cucciolo l'esposizione graduale a stimoli ambientali, sociali e motori contribuisce alla competenza adattativa; nell'uomo la plasticità prolungata interagisce con linguaggio, apprendimento e cultura. Fenotipo adulto e ambiente si costruiscono quindi attraverso un'interazione continua con la biologia dello sviluppo.

Fase	Uomo	Cane
Durata gestazione	~40 settimane	~9 settimane
Somatosensibilità	Comparsa prenatale precoce	Comparsa prenatale precoce
Vista	Funzionale prima della nascita, poi maturazione	Occhi chiusi alla nascita; maturazione postnatale
Udito	Attivo in epoca fetale	Apertura del condotto e maturazione postnatale

PARTE V – MOVIMENTO, INVECCHIAMENTO E INTEGRAZIONE

Capitolo 38 – Muscolo scheletrico, fibre e contrazione

Actina, miosina, calcio e ATP generano la contrazione secondo lo stesso meccanismo del sarcomero. Le fibre possono differire per metabolismo ossidativo, velocità e resistenza alla fatica.

Nel cane razza e funzione selettiva incidono profondamente sul profilo muscolare: un levriero, un cane da slitta e un molosso rappresentano fenotipi fisiologici molto diversi. Anche nell'uomo genetica e allenamento modulano la composizione muscolare ma entro una variabilità morfologica meno estrema.

Sarcomero e accoppiamento eccitazione-contrazione

Il sarcomero accorcia quando i filamenti di actina e miosina scorrono l'uno rispetto all'altro. Il calcio liberato dal reticolo sarcoplasmatico si lega alla troponina e rende disponibili i siti di interazione. L'ATP consente il ciclo dei ponti trasversali e il successivo rilassamento. Il meccanismo del sarcomero è sostanzialmente identico nelle due specie.

Tipi di fibra e specializzazione

Le fibre muscolari differiscono per velocità contrattile, metabolismo ossidativo e resistenza alla fatica. La loro distribuzione dipende da genetica, allenamento e funzione del muscolo. La selezione di razza può accentuare nel cane differenze notevoli fra soggetti destinati a sprint, corsa prolungata o lavoro di forza. Nell'uomo genetica e allenamento producono anch'essi variabilità, in genere senza raggiungere la specializzazione morfologica osservabile fra razze canine estreme.

Adattamento al carico

L'allenamento di resistenza aumenta capacità ossidativa, capillarizzazione e funzione mitocondriale; il lavoro di forza favorisce adattamenti neuromuscolari e ipertrofia. Il recupero richiede disponibilità energetica, sintesi proteica e sonno. Nel cane il carico va adattato a conformazione, superficie, temperatura e compito; nell'uomo valgono gli stessi principi di programmazione e progressione, applicati però a una biomeccanica bipede molto diversa.

Capitolo 39 – Esercizio, adattamento cardiorespiratorio e recupero

Durante l'esercizio aumentano richiesta di ATP, flusso muscolare, gittata cardiaca e ventilazione. VO2 (consumo di ossigeno) esprime il rapporto fra trasporto e utilizzazione dell'ossigeno.

La risposta del cane allo sforzo dipende in misura rilevante dalla razza e dall'esigenza di usare la ventilazione anche per disperdere calore. Nell'uomo la sudorazione rende più efficiente la termodispersione durante le attività prolungate quando le condizioni ambientali lo consentono.

Risposta cardiovascolare allo sforzo

L'esercizio aumenta la richiesta di ossigeno e substrati del muscolo. La portata cardiaca cresce attraverso aumento della frequenza e della gittata sistolica, mentre il flusso viene ridistribuito verso i tessuti attivi. Gli stessi meccanismi sostengono la risposta allo sforzo nelle due specie. Il valore assoluto della portata dipende però da dimensioni corporee, allenamento e intensità e richiede normalizzazione e contesto.

Ventilazione e consumo di ossigeno

La ventilazione aumenta per sostenere gli scambi gassosi e mantenere l'equilibrio acido-base. Il consumo di ossigeno, indicato come VO2, esprime la velocità con cui l'organismo utilizza ossigeno. Nel cane durante l'esercizio la ventilazione partecipa anche alla termoregolazione e può crescere notevolmente con l'ansimazione; nell'uomo segue più direttamente la richiesta metabolica, mentre gran parte del carico termico viene gestito attraverso la sudorazione.

Prestazione, razza e recupero

Non esiste un unico profilo fisiologico canino. Levrieri, cani da slitta e razze brachicefale presentano differenze marcate di struttura, capacità aerobica e dissipazione del calore. Anche nell'uomo la prestazione cambia con allenamento e fenotipo ma la variabilità morfologica interna alla specie canina è eccezionale. Il recupero va quindi valutato in rapporto a temperatura, idratazione, intensità, substrati energetici e stato del sistema nervoso autonomo.

Dimensione fisiologica	Uomo	Cane
Dissipazione del calore	Sudorazione molto efficace	Ansimazione predominante
Variabilità	Allenamento, età, sesso, ambiente	Razza, taglia, conformazione, allenamento, ambiente
Prestazione	Notevole endurance	Da sprint a endurance estrema secondo razza
Recupero	Dipende da intensità e ambiente	Fortemente condizionato anche dalla dissipazione del calore

Capitolo 40 – Invecchiamento, senescenza e longevità

Con l'età, in entrambe le specie, si accumulano danno molecolare, disfunzione mitocondriale, senescenza cellulare e rimodellamento immunitario, mentre la riserva funzionale si riduce progressivamente.

Il cane è un modello comparativo di particolare interesse perché condivide con l'uomo l'ambiente domestico e numerose esposizioni. La longevità canina varia però in modo notevole con taglia e razza; in generale i cani di grande taglia hanno un'aspettativa di vita inferiore rispetto ai soggetti piccoli.

Meccanismi cellulari dell'invecchiamento

L'invecchiamento coinvolge accumulo di danno molecolare, alterazioni epigenetiche, disfunzione mitocondriale, senescenza cellulare e perdita di proteostasi. Il sistema immunitario modifica progressivamente il proprio equilibrio e aumenta la vulnerabilità a infiammazione cronica di basso grado. Questi processi sono riconoscibili sia nel cane sia nell'uomo, anche se velocità e peso relativo cambiano.

Taglia e longevità nel cane

Il cane offre un caso particolare perché la longevità varia in modo importante con taglia e razza. In generale le razze di grande taglia tendono a vivere meno rispetto a quelle piccole, pur appartenendo alla stessa specie. Questa caratteristica rende il cane un modello interessante per studiare crescita, metabolismo e invecchiamento. La relazione non deve però essere semplificata perché genetica, selezione, malattie di razza e ambiente contribuiscono al risultato.

Ambiente condiviso e valore comparativo

Cani da compagnia e persone condividono abitazione, qualità dell'aria, parte delle esposizioni ambientali e spesso stile di vita familiare. Questa vicinanza rende il cane utile nello studio dell'invecchiamento naturale in un contesto reale. Le differenze di durata della vita, dieta e fisiologia impediscono tuttavia una traslazione diretta. Il valore comparativo nasce dalla convergenza di alcune esposizioni e dalla divergenza di altri fattori.

Asse somatotropico, taglia e longevità

La relazione inversa fra taglia corporea e longevità all'interno della specie canina rappresenta un caso fisiologico particolare. Le concentrazioni di IGF-1 (fattore di crescita insulino-simile 1) tendono a essere maggiori nei cani di taglia elevata e l'asse GH (ormone della crescita)–IGF-1 è studiato come uno dei collegamenti fra crescita rapida, metabolismo e durata della vita. Il rapporto non è deterministico: genetica di razza, malattie, composizione corporea, attività e ambiente contribuiscono al risultato. Nell'uomo la relazione fra segnalazione somatotropica e invecchiamento è complessa ma la variabilità di taglia non offre lo stesso esperimento naturale osservabile nel cane.

Immunometabolismo e perdita di riserva funzionale

Con l'età aumentano alterazioni mitocondriali, resistenza anabolica, modificazioni del microbiota e infiammazione cronica di basso grado. Questi fenomeni interagiscono con sistema immunitario, muscolo, tessuto adiposo e funzione endocrina. Nel cane possono comparire con velocità molto diverse fra razze e taglie; nell'uomo il processo si distribuisce su decenni ed è fortemente influenzato da attività fisica, sonno, alimentazione e malattie croniche. Il confronto serve a riconoscere reti comuni senza costruire equivalenze lineari fra età cronologiche.

Capitolo 41 – Medicina del terreno, One Health e limiti della traslazione

Il confronto fra cane e uomo invita a leggere la salute come risultato dell'interazione tra genetica, epigenetica, nutrizione, microbiota, attività fisica, sonno, ambiente e stress. Questa prospettiva coincide con l'idea di terreno biologico, nella quale il singolo parametro acquista significato all'interno dell'equilibrio complessivo dell'organismo.

La prospettiva One Health considera interconnesse salute umana, salute animale e ambiente. Il cane può offrire informazioni preziose su esposizioni condivise, invecchiamento e alcune patologie spontanee ma la traslazione richiede prudenza e rispetto delle differenze di specie. Il dato veterinario non sostituisce quello umano e vale anche il contrario.

Terreno biologico come rete

Il concetto di terreno biologico descrive l'insieme delle condizioni che influenzano la capacità dell'organismo di mantenere omeostasi e adattamento. Genetica, epigenetica, composizione corporea, microbiota, attività fisica, sonno, nutrizione e ambiente interagiscono in una rete. Gli stessi fattori sono presenti nelle due specie ma il loro peso cambia con comportamento, anatomia e gestione.

One Health

L'approccio One Health considera la salute umana, animale e ambientale come sistemi interconnessi. Il cane domestico rappresenta un esempio concreto perché condivide spazi, contaminanti, routine e relazioni con l'uomo. Cambiamenti ambientali o familiari possono influenzare contemporaneamente entrambe le specie. Questa prospettiva non elimina le differenze biologiche ma permette di studiare l'interazione fra ambiente e fisiologia in modo più realistico.

Limiti della traslazione

Il cane può fornire informazioni utili su malattie spontanee, invecchiamento, esposizioni e risposta all'ambiente. La somiglianza non giustifica però l'assunzione che un risultato ottenuto nel cane valga automaticamente nell'uomo. Differenze di metabolismo, durata della vita, microbiota, farmacocinetica e prevalenza delle patologie possono modificare la risposta. Una buona fisiologia comparata identifica quindi sia le omologie sia i punti nei quali la traslazione richiede cautela.

Dalla comparazione alla medicina integrata

La visione integrata considera fisiologia, nutrizione, movimento, sonno, ambiente e microbiota come parti dello stesso sistema. Nel cane vanno inclusi anche razza, conformazione, attività, relazione sociale e gestione quotidiana; nell'uomo entrano in gioco ulteriori dimensioni culturali e comportamentali. L'obiettivo non è sostituire la medicina clinica con interventi generici sullo stile di vita, bensì comprendere meglio le condizioni che sostengono o riducono la riserva funzionale dell'organismo.

Tabella generale di confronto Cane–Uomo

Parametro / funzione	Uomo	Cane	Significato fisiologico
Organizzazione cellulare	Compartimenti, gradienti ionici e omeostasi	Stessi principi di base	Meccanismi cellulari fortemente conservati
Bioenergetica	Glicolisi, ciclo di Krebs e fosforilazione ossidativa	Stesse vie fondamentali	Cambiano gestione dei substrati e specializzazioni tissutali
Termoregolazione	Sudorazione eccrina diffusa	Ansimazione predominante; sudorazione plantare limitata	Diversa tolleranza al caldo e diverso costo respiratorio del raffreddamento
Cute e mantello	Pelo corporeo con modesta funzione isolante	Follicoli composti e mantello con importante funzione protettiva e termica	La superficie corporea partecipa alla termoregolazione con strategie differenti
Ritmo sonno-veglia	Tendenzialmente monophasico nell'adulto	Più spesso polifasico e sincronizzato con la famiglia	Architettura condivisa ma distribuzione temporale diversa
Acqua ed elettroliti	Sete, vasopressina, aldosterone e rene	Stessi assi regolatori	Fabbisogni e valori urinari devono essere specie-specifici
Sangue	Eritrociti, leucociti e piastrine	Stesse categorie cellulari	Intervalli ematologici e cinetiche non sono sovrapponibili
Milza	Contrazione possibile durante ipossia/esercizio con effetto ematologico modesto	Importante riserva eritrocitaria mobilizzabile adrenergicamente	Nel cane contribuisce in modo rilevante al trasporto di O2 durante sforzo
Sistema linfatico	Drenaggio interstiziale, trasporto lipidico e immunità	Stesse funzioni fondamentali	Postura e anatomia modificano idrodinamica e distribuzione dei flussi
Matrice extracellulare	Collagene, elastina, proteoglicani e meccanotrasduzione	Organizzazione analoga	Carichi diversi per postura bipede e quadrupede
Bocca e saliva	Masticazione prolungata e amilasi salivare rilevante	Presa/lacerazione più marcate; amilasi salivare molto limitata	La digestione dei carboidrati è distribuita diversamente
Stomaco	Serbatoio, acidificazione e proteolisi	Stesse funzioni di base	Volume del pasto e dinamica gastrica risentono della strategia alimentare
Sistema nervoso enterico	Plessi intrinseci e modulazione autonomica	Stessa architettura generale	Tempi di transito e pattern motori dipendono da specie e dieta
Ormoni gastrointestinali	Gastrina, CCK, secretina, incretine, ghrelina e motilina	Stesse famiglie funzionali con differenze quantitative	Il controllo digestivo è neuroendocrino in entrambe le specie
Intestino tenue	Digestione e assorbimento ad alta superficie	Stesso principio	Proporzioni dei segmenti e dieta abituale differiscono
Colon e fermentazione	Fermentazione delle fibre spesso rilevante	Fermentazione presente e dipendente dalla dieta	Produzione di SCFA in entrambe le specie con peso quantitativo diverso
Microbiota	Comunità umana specie-specifica	Comunità canina specie-specifica	Funzioni analoghe non implicano identità dei taxa
Carboidrati	Ampia variabilità dietetica	Buona capacità di utilizzare amidi digeribili	Il cane non è fisiologicamente identico a un onnivoro umano
Lipidi e lipoproteine	LDL rilevanti per aterosclerosi umana	Profilo lipoproteico differente	Colesterolo e frazioni non hanno lo stesso significato clinico
Proteine e azoto	Turnover e ciclo dell'urea	Elevata capacità di utilizzare aminoacidi	Fabbisogni non ricavabili con semplice proporzione ponderale
Vitamina C	Dipendenza alimentare	Sintesi endogena epatica in condizioni fisiologiche	Differenza metabolica fondamentale
Vitamina D	Sintesi cutanea UVB + dieta	Dipendenza dietetica marcata	Fabbisogni e supplementazione non sono trasferibili fra specie

Parametro / funzione	Uomo	Cane	Significato fisiologico
Calcio e osso	Rimodellamento influenzato da carico, ormoni ed età	Stesso asse calcio-PTH-vitamina D	Biomeccanica e crescita modificano il contesto
Cuore	Quattro camere e doppio circuito	Stessa architettura	Frequenze e dimensioni assolute variano molto
Circolazione	Regolazione di pressione e flusso	Stessi principi	La distribuzione del flusso risente della diversa termoregolazione
Respirazione	Ventilazione prevalentemente metabolica	Ventilazione anche termoregolatoria	Nel cane il respiro è anche uno strumento di dissipazione
Rene	Filtrazione, riassorbimento, secrezione e concentrazione	Stessi segmenti funzionali	Densità e osmolalità urinaria richiedono riferimenti specifici
Equilibrio acido-base	Polmone e rene modulano CO2 e bicarbonato	Stessa architettura	L'ansimazione aggiunge nel cane una forte componente termoregolatoria alla ventilazione
Immunità innata	Barriere, fagociti, complemento e cellule NK	Stesse famiglie di effettori	Espressione, epidemiologia e patogeni differiscono
Immunità adattativa	Linfociti B/T e memoria	Stessa logica clonale	Genetica immunitaria e risposta devono essere interpretate per specie
Fegato	Nodo metabolico e biotrasformazione	Stesse funzioni fondamentali	Isoforme enzimatiche e farmacocinetica possono divergere
Asse endocrino	Ipotalamo-ipofisi-organo bersaglio	Stessa architettura	Ritmi, emivite e sensibilità recettoriale non coincidono
GH–IGF-1	Regola crescita e metabolismo	Stesso asse con forte relazione con la grande variabilità di taglia	Il cane offre un modello naturale unico di crescita e longevità
Pancreas endocrino	Insulina, glucagone e incretine	Stessa logica metabolica	Fenotipi diabetici e risposta alla dieta non sono identici
Tiroide	T4/T3 sotto controllo TSH	Stesso asse	Diagnosi e intervalli richiedono criteri distinti
Surrene	Cortisolo, catecolamine e aldosterone	Stessi principali ormoni	Contesto comportamentale e patologie endocrine differiscono
Riproduzione	Ciclo ovarico relativamente breve e ripetuto	Ciclo estrale molto più distanziato	Una delle differenze fisiologiche più marcate
Placenta	Emocoriale discoidale	Endoteliocoriale zonaria	Cambiano barriera materno-fetale e trasferimento di immunoglobuline
Colostro e immunità neonatale	Importante soprattutto per mucose e nutrizione; ampio trasferimento IgG transplacentare	Fondamentale per l'immunità passiva precoce	La finestra neonatale ha peso diverso nelle due specie
Sistema nervoso	Forte sviluppo di reti associative e linguistiche	Forte peso di reti olfattive e sensomotorie	Specializzazioni diverse su una base cellulare comune
Tatto e propriocezione	Controllo fine della postura bipede	Coordinazione quadrupede e informazioni somatiche diffuse	Stessi recettori ma differente uso funzionale
Nocicezione	Vie periferiche e centrali con componente cognitiva descrivibile verbalmente	Stesse vie principali; valutazione indiretta tramite comportamento e funzione	Il meccanismo è condiviso, la misurazione dell'esperienza differisce
Olfatto	Importante ma non dominante	Sistema sensoriale altamente specializzato	Turbinati, epitelio, flusso e rappresentazione centrale differiscono
Organo vomeronasale	Nessun sistema adulto funzionale comparabile dimostrato	Funzionale	Comunicazione chimica accessoria nettamente diversa

Parametro / funzione	Uomo	Cane	Significato fisiologico
Vista	Tricromatica e alta acuità centrale	Dicromatica e più sensibile in luce ridotta	Strategie visive diverse
Udito	Gamma più limitata verso le alte frequenze	Estensione a frequenze più elevate e padiglioni mobili	Localizzazione e sensibilità differiscono
Sistema vestibolare	Integra canali semicircolari, otoliti, vista e propriocezione nella postura bipede	Stessa architettura integrata nella locomozione quadrupede	Stessi sensori con richieste biomeccaniche diverse
Sviluppo sensoriale	Maggior maturità sensoriale alla nascita	Cucciolo più altriciale con maturazione postnatale	Tempi dello sviluppo non sono sovrapponibili
Muscolo	Adattamento a forza ed endurance	Grande variabilità tra razze e funzioni	Il sarcomero è condiviso ma il fenotipo può essere molto diverso
Esercizio	Sudorazione sostiene endurance in caldo	Prestazione molto dipendente da razza, milza e ansimazione	Stesso lavoro esterno può produrre costo fisiologico differente
Invecchiamento	Lunga durata della vita	Durata più breve e molto variabile con la taglia	Il cane è un modello naturale utile ma non una copia dell'uomo
One Health e terreno	Ambiente, dieta, sonno, attività e microbiota	Ambiente, dieta, attività, stress e microbiota	Determinanti condivisi senza annullare le differenze di specie
Alimentazione nelle fasi della vita	Lattazione, crescita prolungata, adulto, riproduzione e invecchiamento con tempi lunghi.	Svezzamento e crescita rapidi; forte effetto di taglia/razza; richieste diverse in lavoro, riproduzione e anzianità.	La fase biologica modifica densità energetica e nutrienti; non esiste conversione diretta tra specie.

Glossario

Voce	Definizione
ACTH	Ormone adrenocorticotropo, ormone ipofisario che stimola la corteccia surrenale.
ADH	Ormone antidiuretico o vasopressina, regola il riassorbimento di acqua nel rene.
ATP	Adenosina trifosfato, principale molecola di trasferimento energetico cellulare.
CRH	Ormone di rilascio della corticotropina, segnale ipotalamico dell'asse dello stress.
CYP	Citocromi P450, famiglia di enzimi coinvolti nel metabolismo di xenobiotici e molecole endogene.
FSH	Ormone follicolo-stimolante, gonadotropina ipofisaria.
GULO	L-gulonolattone ossidasi, enzima terminale della sintesi dell'acido ascorbico.
HDL	Lipoproteine ad alta densità.
HPA	Asse ipotalamo-ipofisi-surrene.
LDL	Lipoproteine a bassa densità.
LH	Ormone luteinizzante, gonadotropina ipofisaria.
MEC	Matrice extracellulare.
NO	Ossido nitrico, molecola segnale con importante azione vasodilatatrice.
PTH	Ormone paratiroideo, regolatore dell'omeostasi calcio-fosforo.
RAAS	Sistema renina-angiotensina-aldosterone, regolatore di pressione e volume extracellulare.
ROS	Specie reattive dell'ossigeno.
SCFA	Acidi grassi a corta catena prodotti soprattutto dalla fermentazione microbica.
SNC	Sistema nervoso centrale.
SNP	Sistema nervoso periferico.
T3	Triiodotironina, ormone tiroideo biologicamente molto attivo.
T4	Tiroxina, principale ormone secreto dalla tiroide.
TRH	Ormone di rilascio della tireotropina, ormone ipotalamico.
TSH	Ormone tireostimolante, ormone ipofisario che stimola la tiroide.
UVB	Radiazione ultravioletta B.
VNO	Organo vomeronasale, sistema chemiorecettivo accessorio funzionale in numerosi mammiferi.
VO2	Consumo di ossigeno, indice del metabolismo aerobico durante riposo o esercizio.
CCK	Colecistochinina, ormone gastrointestinale che modula secrezione pancreatica, bile, motilità e sazietà.
GH	Ormone della crescita, ormone ipofisario che regola crescita e metabolismo anche attraverso IGF-1.

Voce	Definizione
GIP	Polipeptide insulinotropico glucosio-dipendente, incretina intestinale che contribuisce alla risposta insulinica post-prandiale.
GLP-1	Peptide glucagone-simile 1, incretina intestinale coinvolta in secrezione insulinica, glucagone, sazietà e motilità.
IGF-1	Fattore di crescita insulino-simile 1, mediatore dell'asse somatotropico coinvolto in crescita e metabolismo.
NK	Natural killer, linfociti dell'immunità innata capaci di riconoscere e distruggere cellule alterate.
VOR	Riflesso vestibolo-oculare, riflesso che stabilizza lo sguardo durante i movimenti della testa.
DHA	Acido docosaesaenoico, acido grasso omega-3 a lunga catena con funzioni strutturali e di segnalazione.
EPA	Acido eicosapentaenoico, acido grasso omega-3 a lunga catena coinvolto nella produzione di mediatori lipidici.
EVO	Olio extravergine di oliva.
PHGG	Gomma di guar parzialmente idrolizzata, fibra solubile fermentabile utilizzata come prebiotico.
SAR	Search and Rescue, attività di ricerca e soccorso svolta da unità cinofile.

Bibliografia

Cunningham JG, Klein BG. Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology. Elsevier.

Reece WO et al. Dukes' Physiology of Domestic Animals. Wiley-Blackwell.

Hall JE. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. Elsevier.

Boron WF, Boulpaep EL. Medical Physiology. Elsevier.

Sjaastad ØV, Sand O, Hove K. Physiology of Domestic Animals. Scandinavian Veterinary Press.

Horowitz A. Being a Dog: Following the Dog Into a World of Smell. Scribner.

Jenkins EK, DeChant MT, Perry EB. When the Nose Doesn't Know: Canine Olfactory Function Associated With Health, Management, and Potential Links to Microbiota. Frontiers in Veterinary Science.

Gilad Y et al. Loss of olfactory receptor genes coincides with the acquisition of full trichromatic vision in primates. PLoS Biology.

Miller PE, Murphy CJ. Vision in dogs. Journal of the American Veterinary Medical Association.

Overall KL. Manual of Clinical Behavioral Medicine for Dogs and Cats. Elsevier.

Kaeberlein M et al. The Dog Aging Project: translational geroscience in companion dogs. Mammalian Genome.

One Health High-Level Expert Panel. One Health definition and framework documents.

National Research Council. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academies Press.

Creighton KJ, et al. Vitamin C in Health and Disease: A Companion Animal Focus. Topics in Companion Animal Medicine, 2020.

How KL, Hazewinkel HAW, Mol JA. Dietary vitamin D dependence of cat and dog due to inadequate cutaneous synthesis of vitamin D. General and Comparative Endocrinology, 1994.

Weidner N, Verbrugghe A. Current knowledge of vitamin D in dogs. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017.

Jenkins EK, DeChant MT, Perry EB. When the Nose Doesn't Know: Canine Olfactory Function Associated With Health, Management, and Potential Links to Microbiota. Frontiers in Veterinary Science, 2018.

Craven BA, Paterson EG, Settles GS. The fluid dynamics of canine olfaction: unique nasal airflow patterns as an explanation of macrosmia. Journal of the Royal Society Interface, 2010.

Kokocińska-Kusiak A, et al. Canine Olfaction: Physiology, Behavior, and Possibilities for Practical Applications. Animals, 2021.

Goldberg MB, Langman VA, Taylor CR. Panting in dogs: paths of air flow in response to heat and exercise. Respiratory Physiology, 1981.

Merck Veterinary Manual. Urine Volume and Specific Gravity; Urinalysis; current online editions.

Tizard IR. Veterinary Immunology. Elsevier.

Scallan JP, Zawieja SD, Castorena-Gonzalez JA, Davis MJ. Lymphatic pumping: mechanics, mechanisms and malfunction. Journal of Physiology. 2016;594:5749-5768.

Moore JE Jr, Bertram CD. Lymphatic System Flows. Annual Review of Fluid Mechanics.

Merck Veterinary Manual. The Integumentary System in Animals; current online edition.

Longhurst JC, Musch TI, Ordway GA. O2 consumption during exercise in dogs—roles of splenic contraction and alpha-adrenergic vasoconstriction. American Journal of Physiology, 1986.

Sotiridis A, et al. On the mechanisms of stress-induced human spleen contraction: training for a higher blood oxygen-carrying capacity. European Journal of Applied Physiology, 2024.

Greer KA, Hughes LM, Masternak MM. Connecting serum IGF-1, body size, and age in the domestic dog. Age, 2011.

Highstein SM, Holstein GR. The anatomy of the vestibular nuclei. Progress in Brain Research.

Angelaki DE, Cullen KE. Vestibular system: the many facets of a multimodal sense. Annual Review of Neuroscience. 2008;31:125-150.

Sanger GJ, Broad J, Callaghan B, Furness JB. Ghrelin and Motilin Control Systems in GI Physiology and Therapeutics. Handbook of Experimental Pharmacology. 2017;239:379-416.

Deloose E, Janssen P, Depoortere I, Tack J. The migrating motor complex: control mechanisms and its role in health and disease. Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. 2012;9:271-285.

FEDIAF. Nutritional Guidelines for Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs. Versione 2025.

WSAVA Global Nutrition Committee. Global Nutrition Guidelines and Global Nutrition Toolkit.

Merck Veterinary Manual. Feeding Practices in Small Animals; Nutritional Requirements of Small Animals; current online editions.

L'Autore



Giovanni Chetta

Biochimico, fisiologo e biofisico, con una formazione multidisciplinare nelle scienze biomediche e numerosi percorsi di alta specializzazione nell'ambito della fisiologia, nutrizione, nutraceutica, fitoterapia, biomeccanica.

L'intero percorso professionale si è sviluppato in ambito medico, in costante collaborazione con medici specialisti e altri professionisti sanitari. Questa esperienza gli ha consentito di coniugare il rigore delle scienze di base con le esigenze della pratica clinica, sviluppando una visione integrata dei meccanismi fisiologici e fisiopatologici che regolano l'organismo umano.

Dal 1988 si dedica allo studio del metabolismo, dell'infiammazione cronica, della bioenergetica cellulare e delle interazioni tra i sistemi che mantengono l'omeostasi.

La sua attività è orientata a integrare le conoscenze della fisiologia classica con le più recenti evidenze della ricerca scientifica, promuovendo un approccio che considera la terapia farmacologica e gli interventi sul terreno biologico come strumenti complementari di un'unica strategia terapeutica.

«Biochimica, fisiologia e biofisica compongono il linguaggio della medicina: comprenderne i meccanismi aumenta la consapevolezza riguardo salute, malattia e cura.»

In ambito cinofilo, è addestratore E.N.C.I., docente presso corsi per educatori cinofili e, da diversi anni, si dedica formare i suoi amati cani in varie discipline fra cui soccorso in acqua, superficie e macerie.

giovannichetta.com

Copyright e note legali

Versione 1.0 – 2026

© 2026 Giovanni Chetta. Tutti i diritti riservati.

È vietata la riproduzione, anche parziale, del presente documento senza preventiva autorizzazione scritta dell'Autore, salvo quanto previsto dalla normativa vigente in materia di diritto d'autore.

Le informazioni contenute in questa guida hanno finalità esclusivamente divulgative ed educative e non sostituiscono il parere del medico o di altri professionisti sanitari qualificati. Ogni decisione diagnostica o terapeutica deve essere presa nell'ambito di una valutazione clinica individuale.

Questa guida potrà essere periodicamente aggiornata alla luce delle nuove evidenze scientifiche. La versione riportata in copertina o frontespizio e/o in questa pagina identifica il testo di riferimento.