

Principi di anatomia delle fasce muscolari e applicazioni dei blocchi di fascia in anestesia locoregionale

Carla Stecco

CONSIDERAZIONI GENERALI

Lo scopo di questo capitolo è presentare l'anatomia del tronco non come elenco di elementi distinti, ma considerando il ruolo delle fasce nel connettere i diversi muscoli, vasi e nervi. In particolare, nel tronco possiamo riconoscere tre piani miofasciali (superficiale, intermedio e profondo) (Fig. 1.1) e una fascia superficiale, che si organizzano nel tronco in strati concentrici (Stecco, 2015). Tra un piano e l'altro è presente del tessuto connettivo lasso (Fig. 1.2) che garantisce autonomia di scorrimento, e quindi di azione, a ciascun gruppo muscolare. Inoltre,

questi strati di connettivo lasso sono sfruttati dai nervi per distribuirsi nelle varie parti del corpo, diventando quindi uno dei target dell'anestesia locoregionale. L'organizzazione anatomica di questi piani miofasciali determina infatti lo spazio di diffusione degli anestetici, quindi è uno degli elementi chiave per capire la quantità di anestetico da iniettare e le modalità di distribuzione dello stesso.

Un paragrafo a parte sarà dedicato all'innervazione della fascia, poiché i blocchi di parete possono avere anche l'effetto di interrompere l'afferenza dolorifica originata proprio dalla fascia profonda.

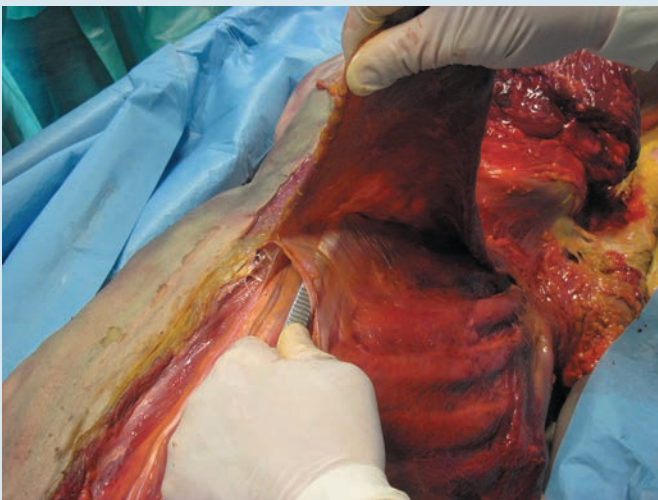


Figura 1.1 Dissezione del dorso. Si notino i tre piani miofasciali. La mano solleva il muscolo gran dorsale, mentre la pinza solleva la fascia del dentato postero-inferiore per evidenziare la loggia degli *erector spinae*. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore*. Milano: Edra; 2019).

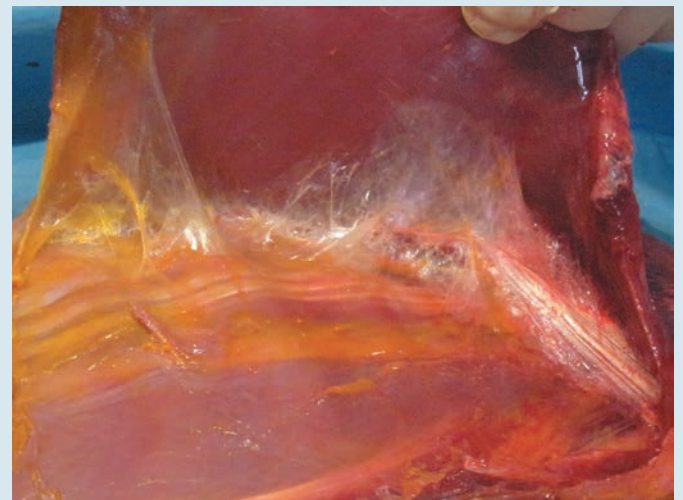


Figura 1.2 Tessuto connettivale lasso tra piani miofasciali. Nel vivente questo tessuto è altamente idratato e garantisce l'autonomia di azione tra i piani miofasciali adiacenti. I nervi sfruttano questi spazi per portarsi dall'uscita dal canale vertebrale al territorio finale di innervazione. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore*, op. cit.).

FASCIA SUPERFICIALE

Nel torace e nell'addome la fascia superficiale è sempre ben riconoscibile, ma diventa molto spessa ed evidente soprattutto nella parte distale dell'addome, tanto da assumere un nome specifico: fascia di Scarpa. La fascia superficiale consiste in uno strato fibroelastico continuo che divide l'ipoderma in due strati: il SAT (Superficial Adipose Tissue, tessuto adiposo superficiale) e il DAT (Deep Adipose Tissue, tessuto adiposo profondo). Si può considerare la fascia superficiale come l'evoluzione del *panniculus carnosus* presente nei mammiferi, che normalmente permette il movimento vibratorio della cute. Nell'uomo, il pannicolo carnosus si è specializzato, formando i muscoli mimici, il muscolo platisma, il muscolo dartos e il muscolo sfintere superficiale dell'ano, mentre nelle altre parti del corpo è rimasta solo la componente fibrosa. Tuttavia, è abbastanza comune trovare all'interno della fascia superficiale dell'uomo alcune fibre muscolari striate sparse all'interno del tessuto fibroso. Inoltre, la fascia superficiale si sdoppia per avvolgere i vasi superficiali e i nervi cutanei. In particolare, Caggiati (1999) ha evidenziato come la fascia superficiale rappresenti un ottimo supporto per la parete delle vene safene, sostenendo dall'esterno l'avventizia tramite numerosi setti fibrosi che agirebbero come i raggi di una bicicletta. La fascia superficiale, inoltre, sostiene e organizza i vasi linfatici presenti nell'ipoderma (Albertin et al., 2023) e fornisce un "binario" ai nervi cutanei, proteggendoli dai traumi dovuti a eccessivo stiramento.

La fascia superficiale è collegata tramite setti fibrosi sia al derma (*retinacula cutis superficialis* o skin ligaments) sia alla fascia profonda (*retinacula cutis profundis*), e le caratteristiche di questi setti determinano sia la motilità della cute rispetto ai piani profondi sia l'organizzazione dei lobuli adiposi del sottocute. Di solito questi setti sono spessi e quasi perpendicolari nel SAT, ancorando saldamente la fascia superficiale alla cute e creando compartimenti ben definiti per i lobuli adiposi, mentre nel DAT i setti sono generalmente più obliqui e sottili, garantendo una buona autonomia della fascia superficiale rispetto a quella profonda. Nel tronco la fascia superficiale aderisce a quella profonda solo lungo lo sterno, la linea alba, tutta la colonna vertebrale, la spina della scapola e la clavicola, a livello della sesta costa e sopra il legamento inguinale. Queste aderenze permettono di dividere il sottocute in compartimenti che potrebbero giocare un ruolo nel drenaggio linfatico e nel ritorno venoso superficiale.

FASCIA PROFONDA

Le fasce muscolari possono essere distinte in fasce di tipo epimisiale e di tipo aponeurotico, in base alle loro caratteristiche macroscopiche e microscopiche. In particolare, le fasce epimisiali sono sottili (nell'ordine di 100-200 μm) e fortemente aderenti al muscolo, mentre le fasce aponeurotiche sono spesse (circa 1 mm) e connesse ai muscoli sottostanti solo in pochi e specifici punti. Nel tronco si possono riconoscere solo tre fasce profonde con caratteristiche aponeurotiche: la fascia toracolombare (Fig. 1.3), la guaina dei retti e la fascia infraspinata, mentre tutte le rimanenti sono di tipo epimisiale. L'organizzazione della fascia profonda, nel tronco, è più complessa rispetto a quella degli arti; infatti, negli arti vi è una sola fascia aponeurotica che avvolge tutti i muscoli e li divide in compartimenti, mentre nel tronco esistono tre piani muscolari delimitati da tre strati fasciali differenti. Tra ciascun piano miofasciale è presente del tessuto connettivo lasso, che garantisce l'autonomia dei vari piani muscolari. In alcuni punti, questi piani miofascia-



Figura 1.3 Dissezione della regione lombare. Il foglietto posteriore della fascia toracolombare (FTL) è stato sollevato per evidenziare i muscoli *erector spinae* e i rami dorsali dei nervi spinali. Il foglietto posteriore della FTL si inserisce ai processi spinosi e delimita, insieme al foglietto anteriore che si inserisce ai processi trasversi, il compartimento degli *erector spinae*. I due foglietti, lateralmente, si fondono nel rafe laterale, che rappresenta anche la linea di fusione posteriore delle fasce dei muscoli larghi dell'addome, in maniera simmetrica rispetto a quanto si evidenzia anteriormente ai lati del muscolo retto. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore*, op. cit.).

Tabella 1.1 Piani miofasciali del tronco

	Muscoli	Fasce
Piano miofasciale superficiale	Grande pettorale Trapezio e gran dorsale Deltoide Grande gluteo Obliquo esterno	Fascia pettorale Fascia toracolumbare Fascia deltoidea Fascia del grande gluteo Fascia di Rizk
Piano miofasciale intermedio	Succlavio e piccolo pettorale Dentati anteriore e posteriori Romboidi, sottospinato, sovraspinato, piccolo rotondo, elevatore della scapola Obliquo interno	Fascia clavicoracoascellare Fascia interdentata Fascia dei romboidi Fascia sotto e sovraspinata Fascia dell'obliquo interno
Piano miofasciale profondo	Muscoli intercostali Trasverso dell'addome	Fascia degli intercostali e periostio Fascia del muscolo trasverso



Figura 1.4 Dissezione della regione anteriore del torace e della spalla. Si noti come la fascia che avvolge il gran pettorale sia la stessa che avvolge anche il deltoide e come entrambe si continuino nella fascia brachiale. Questo piano miofasciale forma anche il pavimento del cavo ascellare e, posteriormente, si continua con la fascia del gran dorsale e del trapezio. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore*, op. cit.).

li si fondono, creando linee specifiche in cui convergono tutte le forze muscolari. In particolare, le linee più importanti di fusione sono la linea alba a livello dell'addome e il rafe laterale a fianco degli *erector spinae*. Quindi, non ha senso studiare in maniera separata le fasce e i muscoli del tronco, ma è meglio parlare di piani miofasciali (Tab. 1.1). Questa particolare organizzazione miofasciale è dovuta allo sviluppo embriologico dei muscoli del tronco. Specificamente, i muscoli del piano più superficiale del tronco hanno origine dai somiti degli arti e si sviluppano progressivamente nel tronco fino a raggiungere la linea mediana (Sato et al., 1984), guidati dalla lamina fasciale più superficiale del tronco, entro cui penetra la componente muscolare. Ne deriva, quindi, un piano miofasciale caratterizzato da larghi muscoli strettamente connessi alla fascia di rivestimento; dove i singoli muscoli si interrompono, si può comunque riconoscere la fascia muscolare che fa da ponte, mantenendo una continuità anatomica.

Primo piano miofasciale del tronco

Il primo piano miofasciale è formato dai larghi muscoli piatti che collegano il tronco agli arti, come il trapezio, il grande pettorale, il gran dorsale, il grande gluteo e l'obliquo esterno, connessi da una fascia sottile strettamente aderente ai vari muscoli. Questa fascia profonda origina nel collo, avvolgendo lo sternocleidomastoideo e il trapezio, passa sopra la clavicola, aderendovi in parte, e poi si divide in due strati per includere il muscolo grande pettorale. Posteriormente, questa fascia si continua con la fascia deltoidea e con la fascia ascellare (Fig. 1.4.), dando anche un'espansione fibrosa nella porzione anteriore della fascia brachiale.



Figura 1.5 Piani miofasciali a livello del torace e del cavo ascellare. Si noti la fascia del grande pettorale che si continua con la fascia del gran dorsale, mentre in profondità la fascia del grande dentato forma un secondo piano miofasciale. Questo spazio è solitamente molto ampio e riempito di tessuto adiposo. A questo livello si trovano i nervi toracico lungo e toracodorsale. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore*, op. cit.).

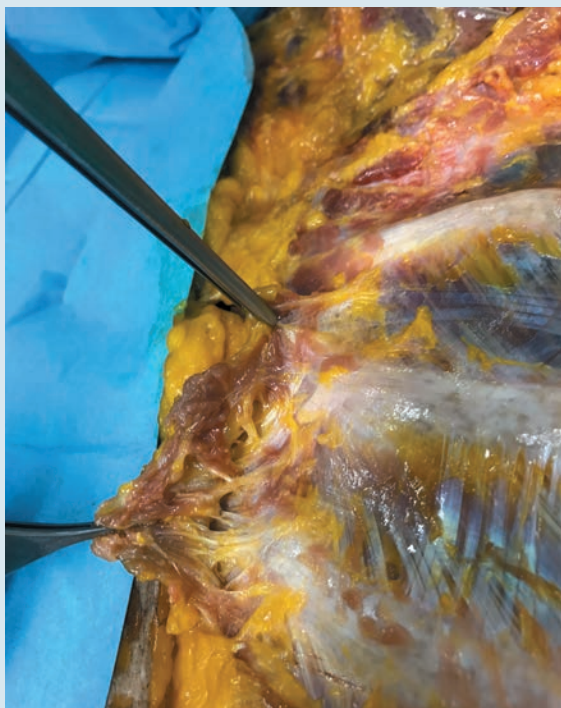


Figura 1.6 Dissezione della regione parasternale. Il grande pettorale è stato asportato e le sue inserzioni sternali sono state sollevate con le pinze per mostrare i rami cutanei anteriori dei nervi intercostali. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore*, op. cit.).

Sopra il dentato anteriore, i due strati della fascia pettorale aderiscono per formare un'unica lamina fasciale, che alcuni Autori chiamano fascia toracica anterolaterale (Sebastien et al., 1993). Posteriormente, questo singolo strato si divide nuovamente per avvolgere il muscolo gran dorsale (Fig. 1.5). Medialmente, la fascia aderisce in parte allo sterno, diventandone il periostio, e in parte lo supera per continuarsi con la fascia pettorale controlaterale (Fig. 1.6). A livello addominale, questa fascia copre il muscolo obliquo esterno, corrispondendo alla fascia descritta da Rizk (1980), e collabora alla formazione della guaina dei retti. Lungo la linea alba, numerose fibre superano la linea mediana per continuarsi con la fascia del lato opposto. In questo modo si viene a costituire una continuità anatomica e funzionale tra i muscoli della parete addominale anteriore, mentre la guaina del retto ha il ruolo di armonizzare l'azione di tutti questi muscoli. Posteriormente, la fascia del muscolo obliquo esterno partecipa alla formazione del foglietto superficiale della fascia toracolombare. Distalmente, la fascia del muscolo obliquo esterno si ispessisce per formare il legamento inguinale e il legamento lacunare, mentre le fibre più superficiali si continuano con la fascia lata.

Secondo piano miofasciale del tronco

Il secondo piano miofasciale è rappresentato nel torace dalla fascia clavicoracopettorale, che avvolge e connette i muscoli succlavio, piccolo pettorale e dentato anteriore. Esiste un ampio piano di clivaggio tra il muscolo grande pettorale e questa fascia grazie alla presenza di tessuto connettivo lasso, dove possiamo trovare anche i due nervi pectorali (Fig. 1.7). Posteriormente la fascia clavicoracopettorale si continua con la fascia dei romboidi e dell'elevatore della scapola, formando il "serrato-rhomboid complex", descritto da Nguyen nel 1989 per enfatizzare la continuità tra il muscolo dentato anteriore e i romboidi. Lateralmente, questa fascia forma il legamento sospensoire dell'ascella e poi si continua con la fascia del muscolo coracobrachiale (Singer, 1935). A livello ascellare, tra questo piano miofasciale e il superficiale si viene a creare un ampio spazio anatomico riempito di tessuto adiposo, dove troviamo i nervi toracico lungo e toracodorsale (Fig. 1.8). Il primo si distribuisce al dentato anteriore, il secondo al grande dorsale e al grande rotondo. Distalmente, la fascia clavicoracopettorale si continua con la fascia del muscolo obliquo interno. La fascia del muscolo obliquo interno è uno strato fibroso molto sottile, che avvolge il muscolo da ambo i lati ed è separato dalla fascia dell'obliquo esterno e dalla fascia del trasverso da un sottile strato di tessuto connettivo lasso (Fig. 1.9 e 1.10). Questo strato lasso scompare sopra il muscolo

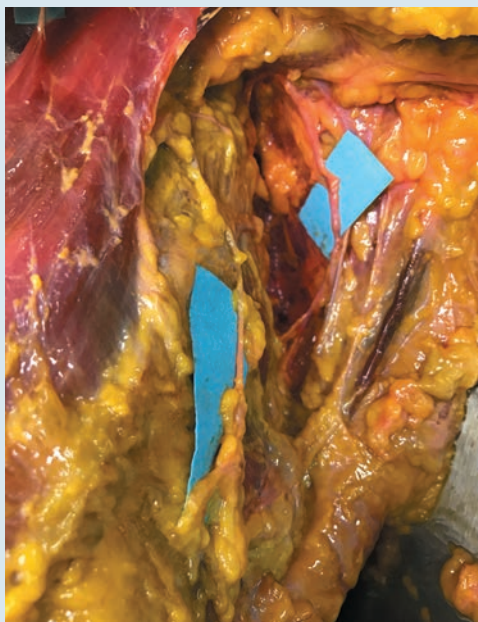


Figura 1.7 Dissezione della parete toracica. Il grande pettorale è sollevato per evidenziare il muscolo piccolo pettorale e il nervo pettorale mediale. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore, op. cit.*).

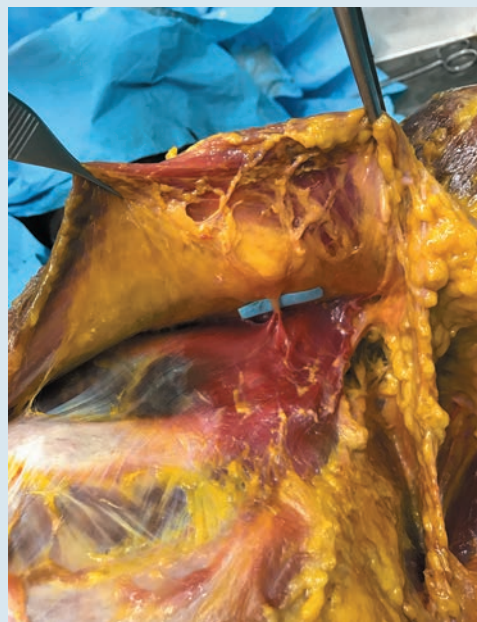


Figura 1.8 Dissezione del cavo ascellare per evidenziare i nervi toracico lungo e toracodorsale. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore, op. cit.*).



Figura 1.9 Dissezione dell'addome. Il muscolo obliquo esterno è stato sezionato lateralmente e sollevato verso la linea mediana, sfruttando il piano di scorrimento che esiste tra questo muscolo e l'obliquo interno. Entrambi questi muscoli sono avvolti dalla propria fascia epimisiale e tra i due c'è un sottile strato di tessuto connettivo lasso. A livello della guaina dei retti, le aponeurosi degli obliqui interno ed esterno si fondono. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore, op. cit.*).

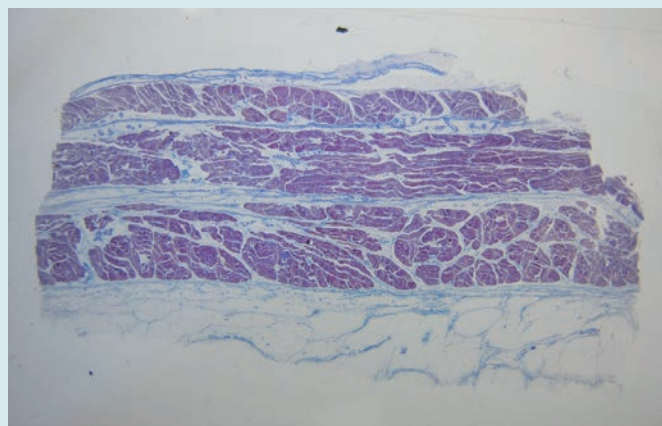


Figura 1.10 Analisi microscopica della parete dell'addome. La colorazione di Azan-Mallory evidenzia in rosso i muscoli e in blu i tessuti connettivi. Partendo dall'alto, si notino il tessuto adiposo sottocutaneo, il muscolo obliquo esterno, il muscolo obliquo interno e il muscolo trasverso. Ogni muscolo è avvolto da entrambi i lati dalla propria fascia epimisiale. Si notino i nervi sottocostali a livello del piano addominale trasverso (TAP) e la fascia trasversale. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore, op. cit.*).

retto, permettendo la formazione della guaina dei retti. La fascia del muscolo obliquo interno partecipa alla formazione del legamento inguinale, mentre posteriormente si continua con il foglietto anteriore della fascia toracolombare.

Terzo piano miofasciale del tronco

Il terzo piano miofasciale è formato nel torace dalla fascia intercostale, che avvolge i muscoli intercostali e che, sopra le costole, continua come periostio. Dal lato interno, questa fascia aderisce alla pleura parietale per formare la fascia endotoracica. Questa adesione permette alla pleura parietale di seguire i movimenti della cassa toracica, garantendo l'espansione dei polmoni. Al contrario, nell'addome esiste una separazione netta tra il peritoneo parietale e le fasce muscolari, per evitare che la contrazione dei muscoli addominali possa interferire con i movimenti peristaltici dell'intestino. La fascia endotoracica divide lo spazio paravertebrale in due compartimenti: lo spazio extrapleurico, contenente i gangli simpatici, e lo spazio subendotoracico, contenente i nervi spinali con i loro gangli (Karmakar et al., 2000). Il piano extrapleurico è ampiamente utilizzato come piano di clivaggio durante gli interventi di chirurgia toracica. La fascia endotoracica si continua nella fascia diaframmatica e, a livello dello iato esofageo, si congiunge con la fascia trasversale formando il legamento frenico-esofageo (Apaydin et al., 2008).

A livello addominale, questo piano miofasciale è rappresentato dal muscolo trasverso dell'addome, che è il più interno dei muscoli piatti dell'addome. È avvolto da una fascia epimisiale e separato dal muscolo obliquo interno da uno strato di tessuto connettivo lasso (TAP: Transversus Abdominis Plane, piano addominale trasverso) al cui interno scorrono i nervi che si distribuiscono alla parete anteriore dell'addome (Fig. 1.11). Medialmente, per tutta la sua estensione, l'aponeurosi del trasverso supera la linea mediana, continuandosi con quella controlaterale e formando un muscolo digastrico tra i due lati. Posteriormente, la fascia del muscolo trasverso collabora con quella dell'obliquo interno per formare il foglietto anteriore della fascia toracolombare, che costituirà, insieme ai processi trasversi su cui si inserisce, la parete anteriore della loggia degli *erector spinae*.

Internamente, la fascia del muscolo trasverso è in rapporto con la fascia trasversale (o preperitoneale). Questa fascia è evidente soprattutto nella parte distale dell'addome (Fig. 1.12), dove si ispessisce e si continua con la fascia pelvica parietale, con la fascia

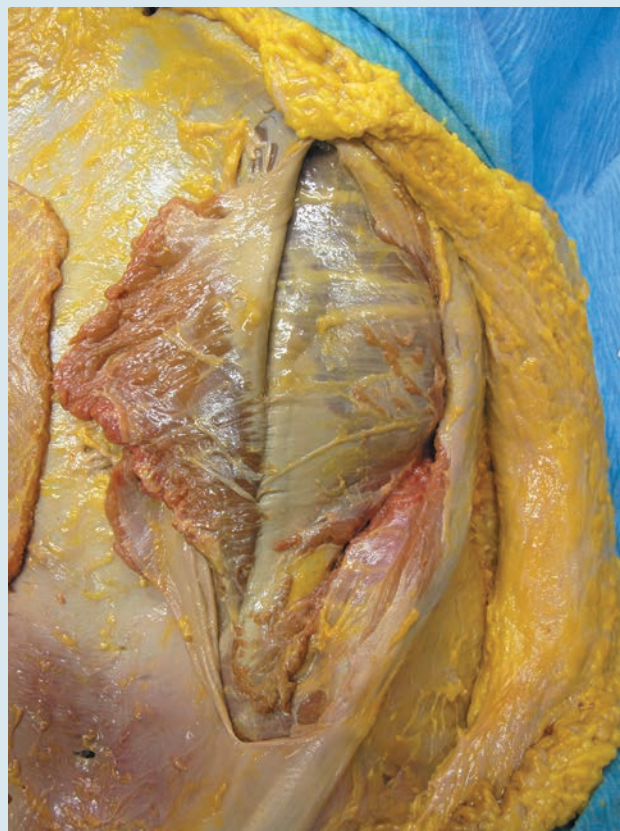


Figura 1.11 Dissezione della parete anteriore dell'addome. Il muscolo obliquo interno è stato sollevato per mostrare il muscolo trasverso e i nervi sottocostali che decorrono nel piano addominale trasverso (TAP). (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore, op. cit.*).



Figura 1.12 Dissezione della regione anteriore dell'addome. Il muscolo retto è stato sollevato per evidenziare la linea di Douglas e la fascia trasversale che copre i vasi epigastrici inferiori. (Da: Fusco F, Blanco R, Tran De Q, Marinangeli F. *Anestesia locoregionale e terapia del dolore, op. cit.*).

vescico-ombelicale e con lo strato più interno del cordone spermatico (fascia spermatica interna), mentre nel resto dell'addome aderisce al lato interno del muscolo trasverso dell'addome, diventando riconoscibile solo tramite esame microscopico. Cranialmente si continua con la fascia diaframmatica. Posteriormente, questa fascia si stacca dalla parete interna del muscolo trasverso dell'addome per rivestire i muscoli ileopsoas e quadrato dei lombi. Si viene quindi a creare uno spazio triangolare ai lati del muscolo quadrato dei lombi al cui interno possiamo trovare i nervi sottocostale, ileoipogastrico e ileoinguinale. Questo spazio è il target ideale per il TFP (Transversalis Fascia Plane) block, permettendo una compartimentalizzazione dell'anestetico in uno spazio limitato interno al nervo.

Nei pazienti con cicatrici a livello addominale, questa organizzazione può essere alterata e si vengono a creare delle aderenze fibrose tra i vari piani miofasciali. In particolare, durante le dissezioni, è sempre possibile evidenziare un'alterazione di questi piani miofasciali al di sotto della cicatrice, anche se a livello cutaneo la cicatrice apparentemente è bella e senza retrazioni. Recentemente, Pirri et al. (2021) hanno dimostrato un ispessimento della guaina dei retti a livello del taglio cesareo, anche nelle donne asintomatiche. Queste evidenze suggeriscono che, nei pazienti che hanno subito chirurgie o traumi, i piani fasciali possano essere alterati, e ciò potrebbe modificare la diffusione dell'anestetico locale durante i blocchi di fascia.

FASCE VISCERALI

"Fascia viscerale" è un termine generico utilizzato per descrivere tutti i tessuti connettivi che si trovano immediatamente all'esterno del mesotelio delle sierose, insieme a quelli che circondano immediatamente i visceri e tutti i legamenti che supportano e mantengono in posizione i vari organi. In particolare, il peritoneo è formato da due componenti, il mesotelio e il connettivo di supporto. Lo strato che riveste l'intestino forma il peritoneo viscerale, quello che copre la parete forma il peritoneo parietale. Il processo di chiusura dell'intestino primitivo porta all'unione dei due foglietti peritoneali per formare il mesentere e i vari legamenti dell'addome.

Esistono, quindi, diversi tipi di fasce viscerali, ma in generale si possono distinguere due grandi categorie: le fasce di inserzione e le fasce di contenzione. Con il primo termine si intendono tutte quelle fasce che creano i vari compartimenti viscerali e che connettono

gli organi con l'apparato muscolo-scheletrico, come il peritoneo e la pleura parietale, il legamento falciforme e i legamenti sternopericardici. Con il termine "fasce di contenzione" si intendono tutte le capsule degli organi, le avventizie, il peritoneo e la pleura viscerali. Sebbene le fasce viscerali costituiscano uno strato ben definito di tessuto connettivo, lo spessore, la percentuale di fibre elastiche e l'innervazione variano tra i diversi visceri (Stecco et al., 2017). In particolare, la pleura viscerale e la capsula epatica hanno uno spessore medio di 100-150 μm , mentre lo spessore del pericardio, della fascia di Gerota del rene e del peritoneo parietale va da 800 a 1000 μm . Il maggior numero di fibre elastiche (9,79%) è stato trovato nell'avventizia dell'esofago. Anche gli strati connettivi immediatamente esterni al mesotelio delle pleure e del peritoneo presentano numerose fibre elastiche (rispettivamente, il 4,98% e il 4,52%), mentre il pericardio e la fascia di Gerota ne presentano poche (0,27% e 1,38%). Nelle pleure, nel peritoneo e nell'avventizia dell'esofago, le fibre elastiche formano uno strato ben definito, corrispondente alla lamina elastica, mentre negli altri casi sono più sottili e sparse nel tessuto connettivo.

INNERVAZIONE DELLA FASCIA

Ricerche recenti hanno dimostrato che le fasce sono riccamente innervate, ma con caratteristiche diverse a seconda del tipo (Suarez-Rodriguez et al., 2022). In particolare, la fascia superficiale è la più densamente innervata, poiché ha terminazioni nervose libere di tipo sia sensitivo sia autonomico, oltre che recettori corpuscolati come quelli di Pacini e Ruffini. Questi elementi nervosi sono strettamente connessi alle fibre collagene della fascia stessa, diventando, in questo modo, in grado di percepire gli stimoli meccanici applicati alla fascia superficiale. Possiamo inoltre supporre che la loro posizione relativa rispetto alla cute possa aiutare nella discriminazione tra una pressione leggera e una pesante, collaborando quindi con i recettori cutanei all'esterocezione. Recentemente, Fede et al. (2022) hanno evidenziato una ricca innervazione autonoma di tipo simpatico; in particolare, hanno stimato che il 35% delle fibre nervose presenti nella fascia superficiale sia di tipo simpatico. Queste fibre si localizzano soprattutto attorno alle piccole arterie, ma sono state trovate anche in contatto con la componente fibrosa. La fascia muscolare presenta soprattutto terminazioni nervose libere interconnesse tra loro per creare un network (Stecco et al., 2007; Tesarz et al., 2011; Taguchi

et al., 2013; Fede et al., 2021), perfetto per percepire le tensioni che si sviluppano a livello fasciale in qualunque direzione. Questo suggerisce che le fasce profonde possano giocare un ruolo attivo nella propriocezione e nella percezione del dolore. Alcune fasce, come la fascia toracolombare e i retinacoli vicino alle articolazioni, sembrano più innervate rispetto ad altre fasce, suggerendo un maggior coinvolgimento nella propriocezione, ma potrebbero essere anche più sensibili a tensioni anomale (Fede et al., 2021). Le fibre nervose presenti nella fascia possono essere sia peptidergiche sia non peptidergiche. Taguchi et al. (2013) hanno evidenziato terminazioni libere di tipo sia A δ sia C. Le fibre A δ sembrano sensibili soprattutto agli stimoli meccanici, come il pinzamento, mentre la maggior parte delle fibre tipo C è polimodale (nocicettori), quindi sono sensibili a stimoli sia meccanici sia chimici (per esempio, alla bradichinina) e al calore. Inoltre, sembra che le fibre C nella fascia abbiano una soglia di attivazione meccanica molto elevata (1854 mN), circa due volte maggiore rispetto alla cute e al muscolo.

La stimolazione elettrica della fascia profonda dà un dolore sordo e fastidioso, mentre la stessa stimolazione a livello dell'ipoderma e della fascia superficiale dà un dolore acuto ben localizzabile (Itoh et al., 2004), suggerendo che le due fasce abbiano ruoli differenti: la fascia profonda sembra avere soprattutto una funzione propriocettiva, mentre la fascia superficiale collabora con la cute per l'esterocezione. Lo strato adiposo interposto tra le due fasce (DAT), probabilmente, funge da isolante, permettendo alle due fasce di scorrere e di essere stirate in maniera indipendente. In caso di cicatrice, l'adesione tra la fascia superficiale e la fascia profonda potrebbe portare a un'alterazione della percezione, sia propriocettiva sia esterocezione, e a una sovrastimolazione dei recettori a livello della cicatrice, che potrebbero essere attivati sia dalla contrazione muscolare sia da stimoli cutanei.

Schilder et al. (2014) hanno dimostrato in volontari sani che la stimolazione della fascia toracolombare con soluzione ipersalina è in grado di generare dolore, e questo dolore è più intenso ed è riferito a un'area maggiore rispetto alla stessa iniezione fatta all'interno della massa muscolare degli *erector spinae*. Risultati simili sono stati ottenuti anche da Deising et al. (2012) con l'iniezione di NGF (Nerve Growth Factor) nella fascia toracolombare. Questi Autori, inoltre, hanno osservato una sensibilizzazione di lunga durata dei nocicettori della fascia profonda alla pressione meccanica e alla stimolazione chimica con

soluzione acida. Questo meccanismo potrebbe aiutare a spiegare il dolore muscolo-scheletrico cronico. Gli stessi Autori hanno anche dimostrato che le terminazioni nervose libere della fascia sono stimulate in modo più efficace quando la fascia viene "pre-stirata" dalla contrazione muscolare. Infine, Gibson et al. (2009) hanno dimostrato che è probabilmente la fascia, e non il muscolo, a essere responsabile di sensibilizzazione/dolore associati a DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness) in seguito a esercizi eccentrici. In un lavoro più recente, Hoheisel et al. (2015) hanno inoltre evidenziato un aumento delle fibre SP-positive (nocicettive) nella fascia toracolombare cronicamente infiammata, dimostrando che la fascia può andare incontro ad alterazioni patologiche che possono portare a cronicizzazione/peggioramento dei sintomi. In passato, dati simili erano stati pubblicati da Sanchis-Alfonso e Rosello-Sastre (2000) a livello del retinacolo laterale del ginocchio, evidenziando una crescita delle fibre nocicettive, immunoreattive alla sostanza P, nei pazienti con sindrome femoro-rotulea.

Un'irritazione cronica della fascia muscolare può indurre anche fenomeni di sensibilizzazione a livello spinale. Infatti, Hoheisel et al. (2011) hanno evidenziato che, nei ratti in cui era stata creata un'inflammatione cronica della fascia toracolombare, i metameri che erano interessati dall'afferenza nocicettiva aumentavano, mentre Taguchi et al. (2013) hanno dimostrato che stimoli meccanici ripetuti sono in grado di indurre l'espressione della proteina c-Fos nei metameri spinali in cui le fibre sensitive afferiscono.

Anche tutte le fasce viscerali sono innervate, ma la densità e il tipo di innervazione variano a seconda della fascia considerata. In particolare, Stecco et al. (2017) hanno evidenziato fibre nervose amieliniche di tipo autonomo in tutte le fasce viscerali, ma fibre mieliniche sensitive somatiche sono state trovate solo in alcune fasce, come i legamenti del fegato, il pericardio e il peritoneo parietale. Il peritoneo parietale, pertanto, è in grado di inviare segnali correlati al dolore, alla pressione, al tatto e alla temperatura, e può giocare un ruolo importante nel dolore postoperatorio (Fusco et al., 2024). L'innervazione che raggiunge il peritoneo parietale riflette l'organizzazione dermatomerica, a partire da T6 fino a T12 e L2-L4 (Struller et al., 2017). L'area antero-laterale riceve rami sensitivi dai nervi intercostali 6-8, mentre l'area peritoneale parietale centrale (sotto il diaframma) e l'area pelvica del peritoneo parietale ricevono rami dal plesso lombare (L2-L4), in particolare dai nervi ileopogastrico e ileoinguinale.

LETTURE CONSIGLIATE

- Albertin G, Astolfi L, Fede C et al. Detection of lymphatic vessels in the superficial fascia of the abdomen. *Life (Basel)*. 2023 Mar;13(3):836.
- Apaydin N, Uz A, Evirgen O et al. The phrenico-esophageal ligament: an anatomical study. *Surg Radiol Anat*. 2008;30:29-36.
- Caggiati A. The saphenous venous compartments. *Surg Radiol Anat*. 1999;21:29-34.
- Deising S, Weinkauf B, Blunk J et al. NGF-evoked sensitization of muscle fascia nociceptors in humans. *Pain*. 2012;153:1673-9.
- Fede C, Petrelli L, Guidolin D et al. Evidence of a new hidden neural network into deep fasciae. *Sci Rep*. 2021 June;11:12623.
- Fede C, Petrelli L, Pirri C et al. Innervation of human superficial fascia. *Front Neuroanat*. 2022 Aug 29;16:981426.
- Fede C, Porzionato A, Petrelli L et al. Fascia and soft tissues innervation in the human hip and their possible role in post-surgical pain. *J Orthop Res*. 2021 Jul;38(7):1646-54.
- Fusco P, Costa F, Stecco C et al. Under the fascia: a new ultrasound guided fascial plane block. The deep rectus sheath block. *Minerva Anesthesiol*. 2024 Jun 4.
- Gibson W, Arendt-Nielsen L, Taguchi T et al. Increased pain from muscle fascia following eccentric exercise: animal and human findings. *Exp Brain Res*. 2009;194:299-308.
- Hoheisel U, Rosner J, Mense S. Innervation changes induced by inflammation of the rat thoracolumbar fascia. *Neuroscience*. 2015;6:351-9.
- Hoheisel U, Taguchi T, Treede RD, Mense S. Nociceptive input from the rat thoracolumbar fascia to lumbar dorsal horn neurones. *Eur J Pain*. 2011;15:810-5.
- Itoh K, Okada K, Kawakita K. A proposed experimental model of myofascial trigger points in human muscle after slow eccentric exercise. *Acupunct Med*. 2004;22:2-12.
- Karmakar MK, Chung DC. Variability of a thoracic paravertebral block. Are we ignoring the endothoracic fascia? *Reg Anesth Pain Med*. 2000 May-Jun;25(3):325-7.
- Nguyen HV, Nguyen H. Anatomical basis of modern thoracotomies: the latissimus dorsi and the "serratus anterior-rhomboid" complex. *Surg Radiol Anat*. 1987;9:85-93.
- Rizk NN. A new description of the anterior abdominal wall in man and mammals. *J Anat*. 1980;131:373-85.
- Sanchis-Alfonso V, Rosello-Sastre E. Immunohistochemical analysis for neural markers of the lateral retinaculum in patients with isolated symptomatic patellofemoral malalignment. A neuroanatomic basis for anterior knee pain in the active young patient. *Mer J Sports Med*. 2000;28:725-31.
- Sato T, Hashimoto M. Morphological analysis of the fascial lamination of the trunk. *Bull Tokyo Med Dent Univ*. 1984;31:21-32.
- Schilder A, Hoheisel U, Magerl W et al. Sensory findings after stimulation of the thoracolumbar fascia with hypertonic saline suggest its contribution to low back pain. *Pain*. 2014;155:222-31.
- Sebastien C, Regnier M, Lantieri L et al. Anterolateral thoracic fascia: an anatomic and surgical entity. *Surg Radiol Anat*. 1993;15:79-83.
- Singer E. *Fasciae of the human body and their relations to the organs they envelop*. Baltimore: Williams & Wilkins Company; 1935.
- Stecco C. *Functional atlas of the human fascial system*. United Kingdom: Elsevier Health Sciences; 2015.
- Stecco C, Gagey O, Belloni A et al. Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: study of innervation. *Morphologie*. 2007;91:38-43.
- Stecco C, Sfriso MM, Porzionato A et al. Microscopic anatomy of the visceral fasciae. *J Anat*. 2017;231(1):121-8.
- Sterzi G. *Il tessuto sottocutaneo (tela subcutanea)*. Firenze: Luigi Niccolai; 1910.
- Struller F, Weinreich FJ, Horvath P et al. Peritoneal innervation: embryology and functional anatomy. *Pleura Peritoneum*. 2017;2:153-61.
- Suarez-Rodriguez V, Fede C, Pirri C et al. Fascial innervation: a systematic review of the literature. *Int J Mol Sci*. 2022;18;23(10):5674.
- Taguchi T, Yasui M, Kubo A et al. Nociception originating from the crural fascia in rats. *Pain*. 2013;154:1103-14.
- Tesarz J, Hoheisel U, Wiedenhofer B, Mense S. Sensory innervation of the thoracolumbar fascia in rats and humans. *Neuroscience*. 2011;194:302-8.

