



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze
Materno-Infantili

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2016/2017

Campus Universitario di Savona

*Spondilolisi, spondilolistesi e ritorno all'attività sportiva:
revisione sistematica della letteratura*

Candidato:

CRESTANI MAURO

Relatrice:

Dott.ssa FT OMT LAZZARI VALENTINA

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	1
1.1 Definizione prevalenza e incidenza di spondilolisi e spondilolistesi	1
1.2 Eziologia.....	2
1.3 Caratteristiche cliniche.....	3
1.4 Diagnosi	4
1.5 Classificazione	4
1.6 Trattamento	5
1.7 Obiettivi dello studio	5
2. MATERIALI E METODI.....	6
2.1 Quesito della revisione	6
2.2 Fonti di informazione e strategia di ricerca.....	6
2.3 Criteri di inclusione e di esclusione.....	7
2.4 Livelli di evidenza.....	8
2.5 Strumenti di valutazione critica della letteratura	9
3. RISULTATI.....	12
3.1 Risultati della ricerca	12
3.2 Tabella riassuntiva degli articoli inclusi nello studio	14
3.3 Valutazione rischio bias	18
3.4 Tabella di valutazione del rischio bias con NOS	19
4. DISCUSSIONE.....	21
4.1 Limiti dello studio	24
4.2 Implicazioni per la pratica clinica.....	24
5. CONCLUSIONI	26
6. Bibliografia	27

ABSTRACT

Titolo: Spondilolisi, spondilolistesi e ritorno all'attività sportiva: revisione sistematica della letteratura

Introduzione / Background: Spondilolisi e spondilolistesi lombare rappresentano due condizioni cliniche riscontrabili sia nella popolazione adulta che adolescenziale, e possono costituire una causa identificabile di low back pain (LBP) negli atleti. La spondilolisi è rappresentata da un difetto della *pars interarticularis* che può essere dovuto sia ad aspetti legati alla crescita dell'individuo sia a quadri clinici di frattura da stress secondaria a un trauma di basso grado o a carichi ripetitivi. La spondilolistesi si verifica quando il difetto della *pars interarticularis* è presente bilateralmente ed è sempre caratterizzata da uno scivolamento anteriore della vertebra sovrastante rispetto a quella sottostante. Sport che richiedono attività ripetute in iperestensione lombare possono esacerbare la sintomatologia della condizione clinica. I quadri diagnostici meno gravi vengono trattati attraverso modifiche dell'attività, trattamenti fisioterapici, farmaci anti-infiammatori non steroidei e iniezioni locali. Il trattamento chirurgico è invece riservato a persone presentanti un quadro diagnostico grave accompagnato spesso da sintomatologia radicolare.

Obiettivo: L'obiettivo dell'elaborato sarà di indagare e valutare nella letteratura scientifica la correlazione tra l'attività sportiva e la presenza di spondilolisi e spondilolistesi negli atleti e di analizzare i fattori prognostici relativi ad un ritorno all'attività sportiva.

Materiali e Metodi: È stata condotta un'analisi della letteratura attraverso le banche dati online MEDLINE (motore di ricerca PubMed), The Cochrane Library e PEDro.

Per la ricerca sono state utilizzate delle combinazioni di keywords e i relativi sinonimi: "spondylolysis", "spondylolisthesis", "sports", "return to sports".

I limiti sono stati: lingua inglese o italiana.

Sono stati inclusi gli articoli che, tramite la lettura del titolo e dell'abstract, prendevano in considerazione aspetti clinici, terapeutici e prognostici generali della spondilolisi-spondilolistesi con particolare attenzione al ritorno all'attività sportiva.

Sono stati esclusi gli articoli non in lingua inglese, quelli che riguardavano la specie animale, quelli che non presentavano abstract e quelli che, tramite la lettura del titolo e dell'abstract, avevano scarsa o poca attinenza con lo studio. Sono stati esclusi inoltre gli articoli che si concentravano sull'utilizzo delle tecniche di imaging per la diagnosi di spondilolisi e spondilolistesi.

Risultati: Sono stati presi in considerazione solamente gli articoli in lingua inglese. La ricerca ha prodotto un totale di 392 articoli. Una prima selezione, basata sulla lettura del titolo ha portato all'esclusione di 372 articoli. È stata effettuata successivamente una selezione attraverso un'analisi più approfondita dei full text dei 20 articoli non esclusi a seguito della lettura del titolo, che ha portato all'inclusione di 10 articoli.

Conclusioni: Dal lavoro emerge una incidenza maggiore negli sport che implicano frequenti movimenti ripetuti di estensione e rotazione del tronco, gesti specifici che possono andare a stressare la *pars interarticularis* portando allo sviluppo patologico di queste due condizioni. La spondilolisi risulta essere altamente associata al LBP nei giovani atleti causando molte disabilità nei pazienti. La fascia d'età maggiormente colpita è dai 15 ai 19 anni. La spondilolisi inoltre risulta più frequente a livello ricreativo che a livello agonistico.

1. INTRODUZIONE

1.1 Definizione prevalenza e incidenza di spondilolisi e spondilolistesi

La spondilolisi e la spondilolistesi lombare rappresentano due condizioni cliniche comuni nella popolazione sportiva sia adulta che adolescenziale e rappresentano una causa identificabile di low back pain (LBP) negli atleti (Garet 2013). La spondilolisi è definita come un difetto della pars interarticularis associato o meno alla crescita e allo sviluppo dell'individuo. Può essere rappresentato anche da una frattura da stress, tipica dei soggetti sportivi, secondaria a un trauma di basso grado o a carichi ripetitivi (Leone 2011, Sairyo 2005). Talvolta l'accumulo di tensione può portare a una frattura da stress del corpo vertebrale, diminuendo la capacità stabilizzante degli elementi posteriori del segmento vertebrale, con il rischio di progredire verso una spondilolistesi istmica (Sairyo 2006). La spondilolistesi si verifica quando il difetto della pars interarticularis è presente bilateralmente ed è sempre caratterizzata da uno scivolamento anteriore della vertebra sovrastante rispetto a quella sottostante (Cavalier 2006). La prevalenza della spondilolisi lombare è approssimativamente del 6-8% nella popolazione generale, mentre sale al 63% nelle persone coinvolte in specifiche attività sportive (sollevamento pesi, sci, football, ginnastica) (Rossi 1988). Gli sport in cui i partecipanti sono sottoposti a iperestensione ripetuta e rotazione attraverso la colonna lombare rappresentano un rischio per tali lesioni, i calciatori, i rematori, i ballerini, le ginnaste e gli atleti che praticano lo sport hanno un'alta incidenza di questa condizione (Congeni 2000). Sebbene qualsiasi livello spinale possa essere interessato, dal 71% al 95% delle lesioni si verifica a L5 e dal 5% al 23% a L4 (Congeni 1997, Amato 1984). La lombalgia associata alla spondilolisi spesso impedisce agli atleti di continuare le attività sportive e la gestione della spondilolisi negli atleti rappresenta ancora ad oggi una sfida. Permettere ai pazienti di tornare alle attività sportive è il fulcro della medicina sportiva. Tuttavia non solo non c'è accordo sulla strategia ottimale per la gestione della spondilolisi negli atleti, ma c'è carenza di prove basate

sulla ricerca in letteratura per quanto riguarda il ritorno all'attività negli atleti con spondilolisi.

1.2 Eziologia

Nonostante l'eziologia della spondilolisi rimanga ad oggi sconosciuta, sono state ipotizzate due teorie sullo sviluppo di questa patologia: una congenita e una legata allo sviluppo (Hensinger 1989). La "teoria congenita" si basa sul fatto che ci sia una debolezza su predisposizione genetica della pars interarticularis (Motley 1998) e le evidenze di questa teoria sono state riscontrate nella crescente incidenza di spondilolisi e spondilolistesi nei parenti di primo grado di bambini con queste condizioni (Lonstein 1999). Tuttavia è improbabile che la predisposizione genetica da sola ne rappresenti la causa, poiché queste lesioni non sono presenti nei bambini che non hanno ancora mai deambulato (Newell 1995). Molti fattori possono contribuire allo sviluppo della spondilolisi. Nei giovani atleti, la colonna vertebrale è in fase di crescita e rimodellamento (la maturazione completa della pars ossea non si verifica fino a circa 25 anni). La presenza di numerosi centri di ossificazione lascia gli elementi posteriori con punti di debolezza che sono suscettibili di lesioni con stress ripetuto. Inoltre, fattori di rischio anatomici come la spina bifida occulta e la scoliosi grave possono collocare uno a più alto rischio di lesioni. Dal punto di vista biomeccanico, l'aumento della lordosi è un fattore contributivo noto, così come i fattori associati che contribuiscono all'aumento della lordosi, come l'inflessibilità di ileopsoas, la rigidità della fascia toracolombare, la debolezza addominale e la cifosi toracica (Congeni 1997). La teoria legata allo sviluppo ritiene che si verifichi una frattura da stress della pars interarticularis causata da microtraumi o microstress ripetuti (Newell 1995; Lonstein 1999). Meccanicamente, la zona interarticolare, in particolare quella della 5° vertebra lombare, è in una posizione di vulnerabilità, poiché assorbe la forza peso dovuta all'allineamento lombo-sacrale e alla normale lordosi lombare (Newell 1995). La pars interarticularis è particolarmente soggetta a lesioni durante la crescita, dovuta all'incompleta ossificazione degli archi neurali (Johnson 1993). Si pensa che, nei giovani atleti, i movimenti ripetitivi e l'overuse, su una zona della vertebra già

compromessa, possano causare una frattura o un'elongazione della pars interarticularis (Johnson 1993). In conclusione, mentre i fattori genetici possono predisporre alla spondilolisi, è presumibile che forze meccaniche correlate a portare pesi, alla postura, ad attività ripetute e a traumi lievi, specialmente su una colonna vertebrale immatura, possano aiutare a produrre il difetto iniziale (Hensinger 1989; Lonstein 1999). La spondilolistesi solitamente risulta dalla spondilolisi. La resistenza allo scivolamento anteriore della vertebra è data dalle faccette posteriori, dai legamenti e dal disco intervertebrale (Magee 1982). Se si verifica una frattura o un'elongazione della pars interarticularis gli elementi posteriori vengono compromessi (Lonstein 1999) e il corpo vertebrale scivola in avanti, provocando instabilità (Magee 1982). Se si verifica anche uno scivolamento degli elementi posteriori si riscontra un restringimento del canale vertebrale, con relativi sintomi (Magee 1982).

1.3 Caratteristiche cliniche

I pazienti con spondilolisi sintomatica spesso presentano un' insorgenza insidiosa di LBP localizzata. Questo dolore può essere grave e debilitante e può estendersi nella zona dei glutei e nei muscoli posteriori della coscia. Talvolta il dolore è tale da richiedere l'ospedalizzazione del paziente. Il dolore tipicamente peggiora con l'attività e migliora con il riposo e la posizione supina. Alcuni pazienti possono accusare dolore in seguito ad un evento traumatico. Tuttavia, la maggior parte riporta semplicemente un dolore che peggiora gradualmente senza lesioni specifiche. All'esame obiettivo, i pazienti presentano algia lombosacrale e spasmo muscolare di solito unilaterale (Herman 2005). I reperti caratteristici includono dolore e range di movimento limitato in estensione e posizione monopodalica. In alcuni pazienti vi sono sintomi quali tensione ai tendini dei muscoli ischio-crurali e retilinizzazione del tratto lombare. L'esame clinico può essere falsato dall'uso persistente di farmaci anti-infiammatori non steroidei dell'atleta. Un sacro orientato verticalmente e uno step-off visibile suggeriscono invece un quadro di spondilolistesi (Herman 2003). L'esame neurologico dovrebbe essere normale. Congeni (Congeni 2000) descrive tre

tipi di atleti che comunemente caratterizzano il paziente che presenta spondilolisi: pazienti ipermobili, pazienti con quadri di rigidità e pazienti che si sottopongono ad una nuova attività sportiva con una scorretta gestione del carico.

1.4 Diagnosi

La spondilolisi può essere diagnosticata utilizzando vari metodi di imaging, tra cui la tomografia computerizzata (CT), la risonanza magnetica (MRI), la tomografia computerizzata a emissione di fotoni singoli (SPECT) e la scintigrafia ossea. La SPECT rappresenta il metodo dotato di maggiore sensibilità, mostrando 10-12 volte più contrasto che la scintigrafia ossea (Harvey 1998). La spondilolistesi viene diagnosticata radiograficamente attraverso la scintigrafia ossea, la tomografia computerizzata (CT), risonanza magnetica (MRI), e radiografie laterali, in modo da dimostrare un difetto della pars interarticularis e stabilire la percentuale di scivolamento vertebrale (Campbell 2005). La radiografia e la MRI rappresentano le metodiche più efficaci nel diagnosticare la spondilolistesi con stenosi, mentre la tomografia computerizzata viene indicata nei pazienti che presentano controindicazioni per la risonanza magnetica. Tuttavia, come in altri casi di diagnosi di condizioni relative al low back pain, esiste un alto numero di falsi positivi (ritrovamenti di elementi nelle bioimmagini che non corrispondono a sintomi clinici) (Lurie 2005).

1.5 Classificazione

Sono due le principali classificazioni che vengono utilizzate per inquadrare questa patologia. La classificazione secondo Wiltse (Wiltse 1976) suddivide la spondilolistesi in 5 categorie sulla base dell'eziologia: istmica, displasica, degenerativa, traumatica e patologica. Di queste categorie, la forma degenerativa è la più prevalente, mentre la spondilolistesi istmica è la più comune negli individui di età inferiore ai 50 anni (Logroscino 2001). Un'altra classificazione utilizzata per la spondilolistesi è quella secondo Meyerding (Ganju 2002): identifica il grado di scivolamento vertebrale utilizzando delle

radiografie laterali. Questo sistema di classificazione viene utilizzato per stabilire il grado di severità della patologia e suggerire la potenziale condizione di instabilità.

1.6 Trattamento

Sebbene ad oggi non vi siano evidenze su quale sia il trattamento più efficace diversi autori concordano sul fatto che il trattamento della spondilolisi dovrebbe includere un periodo di riposo per consentire la guarigione, seguita da un periodo di riabilitazione con o senza rinforzo, e il ritorno all'attività sportiva debba essere asintomatico. Tuttavia, la durata del trattamento e il grado di riposo sono spesso discussi, così come lo sono gli esercizi di rinforzo.

Steiner e Micheli (Steiner e Micheli 1985) hanno riferito che il 78% dei pazienti ha avuto risultati buoni o eccellenti dopo aver indossato il tutore Boston modificato a tempo pieno per 6 mesi e poi averlo svezzato nei successivi 6 mesi. Le indicazioni per la chirurgia includono il dolore persistente nonostante almeno da 9 a 12 mesi di trattamento conservativo, la progressione della spondilolistesi al III o IV grado o i sintomi neurologici persistenti (Congeni 2000). Quando indicato, il trattamento chirurgico di solito comporta la fusione posterolaterale dei processi trasversi del livello interessato.

1.7 Obiettivi dello studio

L'obiettivo di questa revisione della letteratura è, quindi, verificare la prevalenza e l'incidenza della spondilolisi e spondilolistesi negli atleti e indagare i fattori prognostici favorevoli a un ritorno all'attività sportiva.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Quesito della revisione

Indagare, attraverso la letteratura scientifica, i fattori prognostici e l'epidemiologia di spondilolisi e spondilolistesi e valutarne il possibile ritorno all'attività sportiva dell'atleta.

2.2 Fonti di informazione e strategia di ricerca

Da ottobre 2017 è stata effettuata una ricerca in letteratura all'interno delle banche dati:

- Medline, tramite la sua interfaccia PubMed.
- Pedro
- Cochraine Library che contiene CENTRAL (Cocharine Central Register of Controlled Trials) che è la banca dati più grande al mondo di studi clinici randomizzati.

Per individuare le parole chiave per costruire le stringhe di ricerca, è stato utilizzato il modello PICO, introdotto per la prima volta nel 2003 da Glasziou et al 10, nel quale vengono individuati il paziente o la patologia (P), l'intervento (I), il controllo con il quale confrontare l'intervento (C), l'outcome al quale siamo interessati (O) e il metodo di selezione degli articoli (M). Dato che il quesito di ricerca dello studio può prevedere qualsiasi controllo con cui confrontare il trattamento scelto, il modello PICOM diventa PIOM. P- adulto con spondilolisi o spondilolistesi, I- trattamenti chirurgici, farmacologici o conservativi O- ritorno all'attività sportiva, dolore, disabilità. M- tipologia di studi inclusi (studi longitudinali). Le parole chiave sono state scelte in base al quesito di revisione, in modo da ottenere una ricerca sensibile ma non troppo specifica per poter vagliare tutta la letteratura disponibile. Le parole chiave utilizzate sono fondamentalmente due e sono riportate di seguito con i relativi sinonimi:

“spondylolysis”, “spondylolisthesis”, “sports”, “return to sports”.

I limiti sono stati: lingua inglese o italiana. Le parole chiave individuate e i relativi sinonimi sono stati usati in vario modo per realizzare stringhe di ricerca per ogni database analizzato. Per quanto riguarda Medline, sono stati

utilizzati tutti i Mesh Terms esistenti dei sinonimi individuati, ricercando il Mesh Term anche come parola libera per ampliare la ricerca.

Le stringhe utilizzate per la ricerca sono state:

MEDLINE: (("spondylolysis"[MeSH Terms] OR "spondylolysis"[All Fields]) OR ("spondylolisthesis"[MeSH Terms] OR "spondylolisthesis"[All Fields])) AND (("sports"[MeSH Terms] OR "sports"[All Fields]) OR ("return to sport"[MeSH Terms] OR ("return"[All Fields] AND "sport"[All Fields]) OR "return to sport"[All Fields] OR ("return"[All Fields] AND "play"[All Fields]) OR "return to play"[All Fields]))

Operatori booleani AND e OR.

La ricerca ha prodotto 392 risultati.

PEDro:

sono state utilizzate le seguenti parole chiave:

Spondylolysis, Spondylolisthesis, return to play.

La ricerca ha prodotto 4 risultati, ma gli articoli non sono stati presi in considerazione in quanto gli articoli erano già stati selezionati nella ricerca su Pub Med.

Cochrane Library:

sono state utilizzate le seguenti parole chiave:

Spondylolysis, Spondylolisthesis, return to play.

La ricerca ha prodotto 22 risultati, ma gli articoli non sono stati presi in considerazione in quanto gli articoli erano già stati selezionati nella ricerca su Pub Med

2.3 Criteri di inclusione e di esclusione

CRITERI DI INCLUSIONE:

Dai risultati della stringa di ricerca, sono stati presi in considerazione solo i record:

- in lingua inglese o italiana;

- su soggetti umani in età adolescenziale e adulta; su tali risultati, è stata effettuata una prima selezione, tramite la lettura di titoli ed abstract, per estrarre i record di studi i cui obiettivi riguardassero prognosi, epidemiologia e/o ritorno all'attività sportiva.

- tipologia di studio: studi longitudinali.

CRITERI DI ESCLUSIONE:

Sono stati esclusi gli articoli non in lingua inglese, quelli che riguardavano la specie animale, quelli che non presentavano abstract e quelli che, tramite la lettura del titolo e dell'abstract, avevano scarsa o poca attinenza con lo studio. Sono stati esclusi inoltre gli articoli che si concentravano sull'utilizzo delle tecniche di imaging per la diagnosi di spondilolisi e spondilolistesi.

SELEZIONE PIU' APPROFONDATA: è stata effettuata una selezione più approfondita degli articoli tramite la lettura dei full-text. Sono stati esclusi gli articoli di cui non è stato possibile reperire i relativi full text e gli articoli che non analizzano gli elementi anamnestici e clinici delle due patologie analizzate. Sono stati inclusi tutti i lavori che prendono in considerazione elementi rilevanti per guidare il fisioterapista nel trattamento della problematica di spondilolisi/spondilolistesi e il ritorno all'attività sportiva.

2.4 Livelli di evidenza

Gli articoli scientifici di ricerca clinica vengono classificati in base ai criteri descritti dal CEBM (Center of Evidence Based Medicine) di Oxford (UK) per gli studi diagnostici, prospettici e terapeutici. Tali criteri categorizzano gli studi in 5 livelli di evidenza che variano dal livello V, il più basso livello di evidenza, al livello I, il più alto livello di evidenza. Sono riportati nella tabella sottostante i livelli delle evidenze (Tab 3).

Tab 3. Livelli di evidenze

LIVELLI DI EVIDENZE	
I	Evidenze provenienti da studi diagnostici, prospettici e studi clinici randomizzati di alta qualità metodologica; evidenze provenienti da revisioni sistematiche di studi clinici randomizzati
II	Evidenze provenienti da studi diagnostici, prospettici e studi clinici randomizzati di minore qualità metodologica (es. criteri diagnostici deboli, randomizzazione impropria, mancanza di cecità, soggetti che completano il followup minori dell'80% dei pazienti inizialmente reclutati)
III	Evidenze provenienti da studi casocontrollo o studi retrospettivi
IV	Evidenze provenienti da serie di casi (case series) e case study
V	Opinioni di esperti e libri

2.5 Strumenti di valutazione critica della letteratura

Nella revisione effettuata, alla fine della ricerca bibliografica sono stati individuati e selezionati studi longitudinali. La scala di valutazione utilizzata quindi per gli studi individuati è stata la scala NOS (NEWCASTLE-OTTAWA SCALE). La scala NOS è composta da due sezioni, una per la valutazione degli studi di coorte e una per la valutazione degli studi di caso-controllo.

Fig 6 Scala NOS. Scala di valutazione critica degli studi osservazionali di coorte.

**NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE
COHORT STUDIES**

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Outcome categories. A maximum of two stars can be given for Comparability

Selection

- 1) Representativeness of the exposed cohort
 - a) truly representative of the average _____ (describe) in the community *
 - b) somewhat representative of the average _____ in the community *
 - c) selected group of users eg nurses, volunteers
 - d) no description of the derivation of the cohort
- 2) Selection of the non exposed cohort
 - a) drawn from the same community as the exposed cohort *
 - b) drawn from a different source
 - c) no description of the derivation of the non exposed cohort
- 3) Ascertainment of exposure
 - a) secure record (eg surgical records) *
 - b) structured interview *
 - c) written self report
 - d) no description
- 4) Demonstration that outcome of interest was not present at start of study
 - a) yes *
 - b) no

Comparability

- 1) Comparability of cohorts on the basis of the design or analysis
 - a) study controls for _____ (select the most important factor) *
 - b) study controls for any additional factor * (This criteria could be modified to indicate specific control for a second important factor.)

Outcome

- 1) Assessment of outcome
 - a) independent blind assessment *
 - b) record linkage *
 - c) self report
 - d) no description
- 2) Was follow-up long enough for outcomes to occur
 - a) yes (select an adequate follow up period for outcome of interest) *
 - b) no
- 3) Adequacy of follow up of cohorts
 - a) complete follow up - all subjects accounted for *
 - b) subjects lost to follow up unlikely to introduce bias - small number lost - > ____ % (select an adequate %) follow up, or description provided of those lost) *
 - c) follow up rate < ____ % (select an adequate %) and no description of those lost
 - d) no statement

Fig 6 Scala NOS. Scala di valutazione critica degli studi osservazionali di caso controllo.

NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE CASE CONTROL STUDIES

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Exposure categories. A maximum of two stars can be given for Comparability.

Selection

- 1) Is the case definition adequate?
 - a) yes, with independent validation *
 - b) yes, eg record linkage or based on self reports
 - c) no description
- 2) Representativeness of the cases
 - a) consecutive or obviously representative series of cases *
 - b) potential for selection biases or not stated
- 3) Selection of Controls
 - a) community controls *
 - b) hospital controls
 - c) no description
- 4) Definition of Controls
 - a) no history of disease (endpoint) *
 - b) no description of source

Comparability

- 1) Comparability of cases and controls on the basis of the design or analysis
 - a) study controls for _____ (Select the most important factor.) *
 - b) study controls for any additional factor * (This criteria could be modified to indicate specific control for a second important factor.)

Exposure

- 1) Ascertainment of exposure
 - a) secure record (eg surgical records) *
 - b) structured interview where blind to case/control status *
 - c) interview not blinded to case/control status
 - d) written self report or medical record only
 - e) no description
- 2) Same method of ascertainment for cases and controls
 - a) yes *
 - b) no
- 3) Non-Response rate
 - a) same rate for both groups *
 - b) non respondents described
 - c) rate different and no designation

3. RISULTATI

3.1 Risultati della ricerca

La ricerca sul database Medline ha prodotto un totale di 407 articoli. In seguito ad una prima selezione che tenesse in considerazione il titolo e l'*abstract* sono stati esclusi 371 articoli.

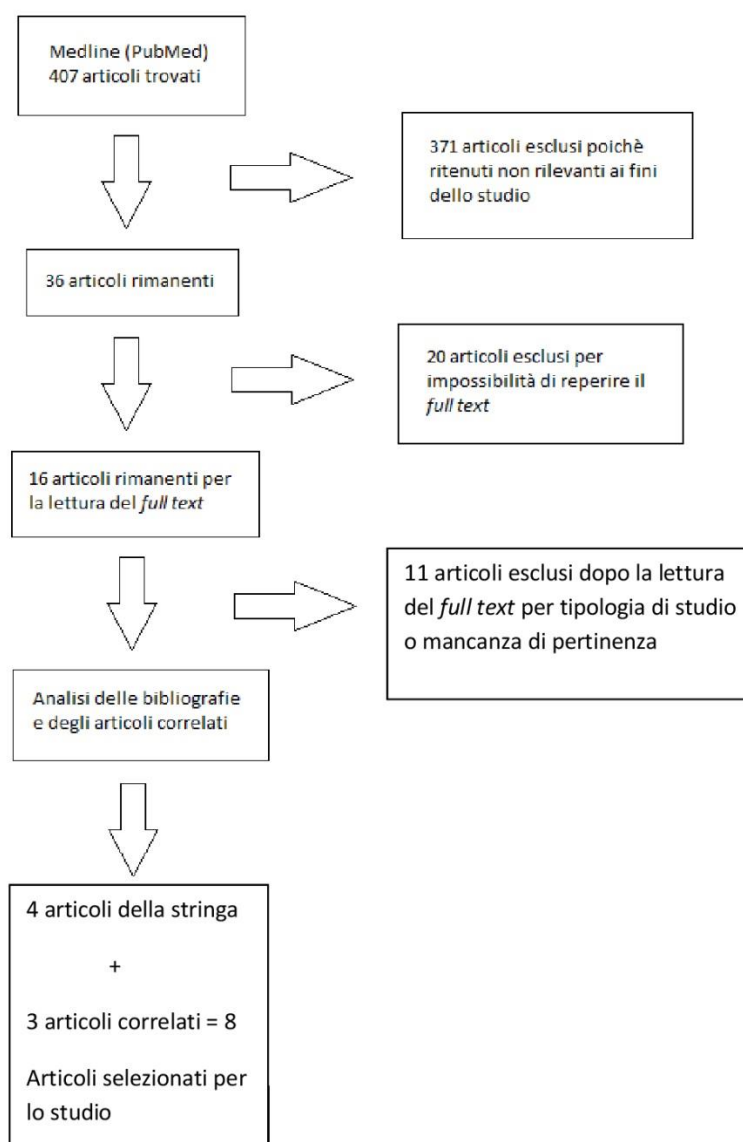
Una seconda selezione ha portato all'esclusione di 20 articoli, per l'impossibilità di reperirne il *full text*. Successivamente, è stata effettuata la lettura completa di ciascun articolo. La raccolta degli articoli si è conclusa con l'inclusione definitiva di 4 articoli.

Si sono poi passate in rassegna le bibliografie degli articoli selezionati, delle revisioni che hanno trattato il medesimo argomento e gli articoli correlati alla stringa di ricerca inserita.

Dall' ultima analisi sono quindi stati presi in considerazione altri 3 articoli.

I passaggi dei metodi di selezione sono schematizzati di seguito in un diagramma di flusso in Fig. 1.

Fig.1 Flow chart della selezione degli studi.



3.2 Tabella riassuntiva degli articoli inclusi nello studio

TITOLO	TIPOLOGIA DI STUDIO	CAMPIONE ANALIZZATO	ANALISI O INTERVENTO	FOLLOW-UP	RISULTATI	OUTCOME
Effect of sports modification on clinical outcome in children and adolescent athletes with symptomatic lumbar spondylolysis. El Rassi G ¹ , Takemitsu M, Glutting J, Shah SA.2013	Studio retrospettivo	N=132 Età media 13 anni. Con spondilolisi e LBP	56 pazienti sottoposti a trattamento conservativo. 86 pazienti hanno interrotto tutte le attività sportive per almeno 3 mesi. 46 pazienti hanno smesso di allenarsi per un periodo variabile di meno di 3 mesi.	Dati raccolti tra il 1990 e il 2002	I pazienti che hanno seospeso l'attività sportiva per 3 mesi hanno ottenuto risultati migliori rispetto a chi ha continuato (p<0.05)	Ritorno all'attività sportiva VAS
Returning athletes with severe low back pain and spondylolysis to original sporting activities with conservative treatment. Iwamoto J ¹ , Takeda T, Wakano K.2004	Studio prospettico epidemiologico	N=191 Età media 20.7 anni. Atleti con severo LBP e spondilolisi	Pazienti trattati conservativamente attraverso sospensione dell'attività e tutore lombo-sacrale per ridurre il dolore e stabilizzare la lesione. Dopo la remissione della sintomatologia il tutore è stato rimosso e è stato avviato un programma specifico per il ritorno all'attività.	Dati raccolti tra il 1991 e il 2002	35 pazienti (87,5%) sono tornati alle loro attività sportive originali in una media di 5,4 mesi dopo l'inizio del trattamento.	Ritorno all'attività sportiva

Lumbar spondylolysis. A study of natural progression in athletes. Congeni J, McCulloch J, Swanson K. Am J Sports Med. 1997	Studio prospettico??	N=40 Età adolescenziale Atleti con LBP e spondilolisi	I pazienti sono stati educati all'utilizzo di un tutore non rigido e sull'evitamento dell'iperestensione. Tra le 2 e le 4 settimane successive alla diagnosi, i pazienti sono stati istruiti all'esecuzione di esercizi di flessione del tronco, flessibilità e sui programmi di rinforzo. Infine sono stati incoraggiati a iniziare un programma di allenamento evitando l'estensione.	I pazienti sono stati rivalutati 4, 10 e 12 settimane.	Il 45% dei pazienti (18) ha dimostrato fratture non consolidate croniche, il 40% (16) ha dimostrato fratture acute in vari stadi di guarigione e il 15% (6) non ha dimostrato fratture.	RX e TC (per valutare il grado della patologia).
Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in college football players. A prospective study. McCarroll JR, Miller JM, Ritter MA. Am J Sports Med. 1986	Studio prospettico	N=145 Studenti del college, giocatori di football	Gli atleti che presentavano dolore alla schiena durante la carriera sono stati sottoposti a imaging radiografico e a valutazione ortopedica e radiologica della radiografia al fine di analizzare l'incidenza di spondilolisi e spondilolistesi. e	Dati raccolti tra il 1978 e il 1983	Delle radiografie dei 145, sono stati trovati 15 casi di spondilolisi localizzati a L5-S1 e un caso a L4-L5. Tutti i casi di spondilolistesi erano localizzati a L5-S1 e nessuno era progredito oltre il Grado 1. Sono emerse inoltre all'imaging radiografico altre problematiche in soggetti che non avevano spondilolisi o spondilolistesi.	RX Ritorno all'attività sportiva

Acute lumbar spondylolysis in intercollegiate athletes. Sutton JH ¹ , Guin PD, Theiss SM. J Spinal Disord Tech. 2012	Studio retrospettivo	N=8 Età compresa tra i 19 e i 21 anni Atleti con spondilolistesi lombare acuta	Tutti i pazienti sono stati trattati inizialmente conservativamente con un protocollo di rinforzo e modifica dell'attività. Il progresso della guarigione è stato valutato mediante ripetizione della scansione TC. I pazienti che non hanno risposto alle procedure non chirurgiche sono stati sottoposti a riparazione chirurgica del loro difetto	Dati raccolti tra il 1997 e il 2005	Tutti i pazienti sono tornati all'attività sportiva. Due pazienti hanno svolto un trattamento coinservativo di 3 mesi con risoluzione del dolore. Cinque pazienti hanno richiesto l'intervento chirurgico. Tutti sono riusciti a tornare all'attività in 6 mesi.	Ritorno all'attività sportiva
Athletic participation in children with symptomatic spondylolysis in the New York area. Ladenhauf HN, Fabricant PD, Grossman E, Widmann RF, Green DW. Med Sci Sports Exerc. 2013	Studio retrospettivo	N=137 Età media di 13.9 anni Atleti con spondilolisi sintomatica	Sono stati valutati 137 casi di spondilolisi. Gli atleti sono stati sottoposti ad imaging (RX, TC) e a visita medica	Dati raccolti tra il 2007 e il 2011	La localizzazione più comune della spondilolisi era al livello L5 (74%), di cui il 43,6% era bilaterale. Della coorte generale, il 2,4% aveva spondilolisi a più livelli. Le attività atletiche più comuni associate alla spondilolisi in questa coorte erano il calcio (19,3%) e il basket (17,2%)	Ritorno all'attività sportiva
High defect stage, contralateral defects, and poor flexibility are negative predictive factors of bone union in pediatric and	Studio retrospettivo	N=183 Età adolescenziale Atleti con LBP e spondilolistesi precoce o progressiva	Sono stati analizzati retrospettivamente atleti pediatrici e adolescenti con spondilolisi sottoposti a trattamento conservativo e di	Dopo 6 mesi	Di 180 pazienti con spondilolisi che sono stati sottoposti a riabilitazione per un periodo di quattro anni, 127 pazienti sono stati	TC, RM

adolescent athletes with spondylolysis. Yamazaki K, Kota S, Oikawa D, Suzuki Y. J Med Invest. 2018	riabilitazione per i successivi mesi alla cessazione dell'attività sportiva.	inclusi nell'analisi finale. La consolidazione dell'osso è stata calcolata nel 70,1% (89/127) dei pazienti. Su un'analisi multivariata, lo stadio del difetto della parte interarticolare (odds ratio [OR], 0,26; p = 0,0027), il difetto della parte controlaterale (OR, 0,51; p = 0.00026), e lo straight leg-raising test (OR, 1.06; p = 0.028) sono risultati essere significativamente associati all' unione dell'osso.
--	---	---

La Tabella 1 riassume gli articoli inclusi nel presente studio. Essa è composta da studi che prendono in considerazione spondilolisi o spondilolistesi negli atleti. Gli outcome principali sono dolore, disabilità e ritorno all'attività sportiva. Tutti gli studi tranne uno (Denard 2010), prendono in considerazione giovani sportivi.

3.3 Valutazione rischio bias

È stata effettuata una valutazione del rischio di bias degli studi inclusi con la Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale(NOS). La NOS è uno strumento creato per studi di coorte e caso-controllo, che è affidabile e valido per la valutazione della qualità degli studi non randomizzati (Wells e coll. 2015). La valutazione dei criteri di potenziale pregiudizio è basata sulla selezione dei partecipanti, la comparabilità di gruppi di studio e raggiungimento dell'esposizione (studi caso-controllo) o risultati di interesse (studi di coorte). La NOS utilizza un sistema di classificazione a stelle (semi-quantitativo) in cui è presente una stella da assegnare per ciascun criterio riportato, ad eccezione della comparabilità delle coorti in cui possono venire assegnate due stelle. La scala va da zero a nove stelle, decretando in modo crescente la bassa, media o alta qualità dello studio esaminato (Stang e coll. 2010).

3.4 Tabella di valutazione del rischio bias con NOS

Valutazione rischio bias con NEW CASTLE-OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE					
Autore	Selezione	Comparabilità	Esposizione/outcome	Punteggio totale	Qualità dello studio
Effect of sports modification on clinical outcome in children and adolescent athletes with symptomatic lumbar spondylolysis. El Rassi G ¹ , Takemitsu M, Glutting J, Shah SA.2013	***		**	*****	Media
Lumbar spondylolisthesis among elderly men: prevalence, correlates, and progression. Denard PJ ¹ , Holton KF, Miller J, Fink HA, Kado DM, Yoo JU, Marshall LM; Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) Study Group 2010	**		**	****	Bassa
Returning athletes with severe low back pain and spondylolysis to original sporting activities with conservative treatment. Iwamoto J ¹ , Takeda T, Wakano K.2004	***		**	*****	Media
<u>Lumbar spondylolysis. A study of natural progression in athletes.</u> Congeni J, McCulloch J, Swanson K. Am J Sports Med. 1997	**		**	****	Bassa

<u>Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in college football players. A prospective study.</u> McCarroll JR, Miller JM, Ritter MA. Am J Sports Med. 1986	*		**	***	Bassa
<u>Acute lumbar spondylolysis in intercollegiate athletes.</u> Sutton JH ¹ , Guin PD, Theiss SM. J Spinal Disord Tech. 2012	**		**	****	Bassa
<u>Athletic participation in children with symptomatic spondylolysis in the New York area.</u> Ladenhauf HN, Fabricant PD, Grossman E, Widmann RF, Green DW. Med Sci Sports Exerc. 2013	**		**	****	Bassa
<u>High defect stage, contralateral defects, and poor flexibility are negative predictive factors of bone union in pediatric and adolescent athletes with spondylolysis.</u> Yamazaki K, Kota S, Oikawa D, Suzuki Y. J Med Invest. 2018	**		**	****	Bassa

La qualità degli studi è risultata essere per molti studi bassa, tuttavia sono presenti 2 studi di discreta qualità.

4. DISCUSSIONE

La spondilolisi e la spondilolistesi rappresentano due problematiche particolarmente comuni nei giovani atleti che praticano alcuni sport competitivi come il sollevamento pesi, lo scii, la danza, il pattinaggio, l'hockey, il judo, il basket, la pallavolo, gli sport con le racchette, il football, il wrestling, la ginnastica, i tuffi e il canottaggio. In questi sport, infatti, sono frequenti i movimenti ripetuti di estensione e rotazione del tronco, gesti specifici che possono andare a stressare la pars interarticularis portando allo sviluppo patologico di queste condizioni cliniche (Donaldson 2014, Iwamoto 2004, Congeni 1997).

Tuttavia non solo il gesto sportivo può essere causa di questi disturbi, infatti, in una percentuale di individui sembra esserci una predisposizione genetica a questo tipo di problematiche, che diventano sintomatiche in presenza di un trauma o di un'attività ripetitiva (Herman M., Pizzutillo P., 2005). I segni e sintomi relativi alla spondilolisi solitamente includono: dolore, ROM ridotto, spasmo dei muscoli paravertebrali, appiattimento del sacro e modificazioni del cammino. Generalmente il dolore lamentato va da lieve a moderato ed è localizzato nella regione paravertebrale lombare, glutea e nella parte posteriore delle cosce (specialmente se c'è una tensione degli ischio-crurali). Negli atleti adolescenti, movimenti come estensione e rotazione specifici dei vari sport vanno a esacerbare la sintomatologia dolorosa e possono altresì portare a una spondilolistesi.

L'obiettivo di questa revisione è quello di indagare, attraverso la letteratura scientifica, se vi è una correlazione tra l'attività sportive e lo sviluppo della spondilolisi-spondilolistesi. Dalla ricerca effettuata in letteratura è emerso che ci sono molti studi che trattano l'argomento del trattamento sia esso conservativo, farmacologico o chirurgico.

Nelle varie banche dati scientifiche sono presenti studi sulla spondilolisi, spondilolistesi o stenosi, spesso sono studi sulla patologia, sui fattori di rischio o prognostici. In gran quantità sono invece i lavori che riguardano la

chirurgia spinale in tutti i disturbi del rachide ma in particolare nelle lisi, listesi e stenosi spinali. Da questa premessa si evince quindi che non è stato facile reperire studi riguardanti la fisioterapia in una patologia specifica come la spondilolistesi degenerativa nel soggetto sportivo. Essendo la revisione condotta, orientata a un'analisi dei possibili fattori di rischio legati all'attività sportiva che possano condurre allo sviluppo delle suddette patologie, sono stati inclusi solo studi longitudinali.

La spondilolisi risulta essere altamente associata al LBP nei giovani atleti. Il meccanismo del mal di schiena nei pazienti con spondilolisi lombare sembra essere causato dall'ipermobilità dell'arco posteriore. Il trattamento più efficace risulta essere la cessazione dell'attività sportiva per almeno 3 mesi, requisito necessario per la guarigione ossea o fibrosa evitando di incorrere nella degenerazione nel disco intervertebrale o delle faccette articolari (El Rassi 2013, Sutton 2012).

La prevalenza della patologia a livello sportivo è del 31% e risulta essere correlata all'avanzare dell'età. I segmenti colpiti possono essere L3 / 4, L4 / 5 e L5 / S1, anche se quello maggiormente interessato è L4 / 5.

La spondilolisi sintomatica è stata osservata più frequentemente nella fascia d'età 15-19 anni, seguita da 20-24 anni e 12-14 anni (Iwamoto 2004, Sutton 2012). I movimenti sportivi che richiedono iperestensione e rotazione lombare contribuiscono al rischio di sviluppo di spondilolisi, specialmente nel caso di una colonna vertebrale immatura (Cyron & Hutton, 1978; Rosenberg et al., 1981; Ciullo & Jackson, 1985; Commandre et al., 1988; Weiker, 1989). La spondilolisi sintomatica risulta essere più comune a livello ricreativo piuttosto che a livello agonistico. La spondilolisi unilaterale è una condizione clinica che non deve essere sottovalutata in quanto può portare a frattura controlaterale (Sairyo 2005). La frattura della pars interarticularis negli atleti può verificarsi nella fase di crescita, e sintomi marcati possono apparire quando le attività sportive diventano più intense nella fase matura (Iwamoto 2004). Sembra inoltre che le fratture da stress si verifichino più comunemente nei soggetti meno allenati rispetto agli atleti o alle reclute militari (Evans & Riolo, 1970 ; Goldberg & Pecora, 1994; Gilbert & Johnson,

1996), sebbene le fratture da stress siano osservate anche negli atleti di alto livello (Iwamoto e Takeda, 2003).

Questa visione ci potrebbe far ipotizzare che la frattura della pars interarticularis che si sviluppa in individui con una colonna vertebrale immatura sia da attribuire a scarso adattamento del sistema osseo alle attività sportive con frequenti recidive di LBP. Nonostante nello studio di McCarroll 1986 la percentuale di sportivi di football nel college che ha sviluppato spondilolisi sia molto bassa (2,4%) risulta esserci un accordo con l'articolo di Ferguson nel definire i fattori di rischio legati a gesti tecnici dei giocatori di football. In particolare gli uomini di linea sembrano accusare uno stress maggiore a livello della colonna vertebrale durante le situazioni di gioco rispetto ai coetanei di altro ruolo con conseguente perdita della lordosi della colonna e compressione

L'avanzamento in avanti e verso l'alto e l'estensione della colonna durante la collisione del blocco e del placcaggio esercitano infatti una forza di taglio sulle articolazioni apofisarie. Questo stress ripetitivo può causare anche una frattura attraverso la pars interarticularis. Tuttavia, dal momento che altri giocatori, oltre agli uomini di linea, sviluppano la sintomatologia, non si possono escludere altri fattori di rischio o cause. Tra gli altri fattori da prendere in considerazione ci sono la metodologia degli allenamenti e la gestione dei carichi. Vengono inoltre identificati come causa di sviluppo di spondilolisi nel soggetto sportivo la mancanza di flessibilità della colonna, alti livelli di flessibilità del tronco e carichi in estensione. Tra gli altri fattori di rischio che vengono identificati come causa di sviluppo di spondilolisi nel soggetto sportivo troviamo mancanza di flessibilità della colonna, alti livelli di flessibilità del tronco e carichi in estensione. (Yamazaki 2018, ladenhauf2013). Tra i soggetti con spondilolistesi, la percentuale di scivolamento varia dal 5% al 28% (Iwamoto 2004).

Coloro che svolgono attività sportiva sembrano essere più a rischio di sviluppare spondilolistesi rispetto a chi conduce una vita sedentaria. Ciononostante la letteratura scientifica suggerisce che vi sia un outcome

favorevole di risoluzione della sintomatologia di spondilolisi tramite il trattamento conservativo (riposo e tutore) che può portare l'atleta al ritorno dell'attività sportiva precedente (Iwamoto 2004, El Rassi 2013, Sutton 2012). E' noto inoltre che alcuni sport che implicano alcuni gesti specifici siano più a rischio per lo sviluppo di spondilolisi e spondilolistesi nei giovani adolescenti. Questi dati che abbiamo a disposizione potrebbero essere un punto di forza per l'educazione dei ragazzi e dei genitori e potrebbero essere inoltre uno spunto di riflessione per allenatori e preparatori atletici per aiutare a prevenire la sintomatologia (Ladenhauf 2013, Donaldson 2014, Iwamoto 2004, Congeni 1997).

4.1 Limiti dello studio

I limiti nello studio condotto sono:

- la selezione degli studi, l'acquisizione dei dati e l'interpretazione dei risultati è stata eseguita da un unico revisore. Questo potrebbe aver causato variabilità nei risultati.
- non è stata fatta un'analisi quantitativa, ma solamente qualitativa;
- eterogeneità esistente tra gli studi inclusi sia per campionamento, sia per sport praticato, sia per età dei partecipanti.

4.2 Implicazioni per la pratica clinica

Le evidenze della letteratura scientifica, così come il presente studio, evidenziano e dimostrano la correlazione tra tipologia di sport e insorgenza di spondilolisi/spondilolistesi.

In futuro sarebbe utile approfondire l'argomento per confermare e ampliare le attuali conoscenze e i risultati degli studi a supporto della pratica clinica per una gestione migliore del paziente sia dal punto di vista della prevenzione che del trattamento al fine di evitare l'insorgenza e prevenire la cronicizzazione della problematica.

Risulta altresì importante capire e conoscere le tempistiche del processo di guarigione e valutare la possibilità del ritorno all'attività sportive.

Sapendo che è una problematica che colpisce prevalentemente gli adolescenti e i giovani adulti ed è molto correlate a quadri di LBP risulta di fondamentale importanza per il clinico la diagnosi differenziale al fine di pianificare un corretto piano di intervento. Da tenere in considerazione vi è poi la gestione dei carichi e il livello di allenamento dell'atleta per evitare di sfociare in possibili fratture della pars inter articularis; si è visto infatti che gli atleti meno allenati hanno una probabilità maggiore di incorrere in quest'ultima. Infine è importante tenere conto del fatto che quadri di rigidità o di ipermobilità e carichi in estensione sono fattori di rischio importanti per lo sviluppo di spondilolisi e spondilolistesi. E' utile quindi per il terapeuta focalizzare l'attenzione anche su questi impairments.

5. CONCLUSIONI

La revisione mette in luce le evidenze in letteratura sui fattori prognostici e l'epidemiologia di spondilolisi e spondilolistesi nell'atleta. Dal lavoro emerge una incidenza maggiore negli sport che implicino frequenti movimenti ripetuti di estensione e rotazione del tronco, gesti specifici che possono andare a stressare la pars interarticularis portando allo sviluppo patologico di queste due condizioni.

La spondilolisi risulta essere altamente associata al LBP nei giovani atleti causando molte disabilità nei pazienti. La fascia d'età maggiormente colpita è dai 15 ai 19 anni. La spondilolisi inoltre risulta più frequente a livello ricreativo che a livello agonistico. Vanno quindi presi in considerazione la metodologia degli allenamenti e la gestione dei carichi. L'ipermobilità e la ipomobilità sono fattori che concorrono all'insorgenza della problematica anche se sembra esserci una predisposizione genetica nell'insorgenza della patologia.

6. Bibliografia

- Amato M, Totty W, Gilula L: Spondylolysis of the lumbar spine: demonstration of defects and laminal fragmentation. *Radiology* 1984, **153**:627–629.
- Barash HL, Galante JO, Lambert CN, Ray RD (1970). Spondylolisthesis and tight hamstrings. *Journal of Bone and Joint Surgery* **52-A**(7): 1319–1328.
- Campbell R., Grainger A., Hide I., Papastefanou S., Greenough C. (2005). Juvenile spondylolysis: a comparative analysis of CT, SPECT, and MRI. *Skeletal Radiology*, **34**, 63–73
- Cavalier R., Herman M., Cheung E., Pizzutillo P. (2006). Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents:I. Diagnosis, natural history, and nonsurgical management. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **14**(7), 417-424.
- Ciullo JV, Jackson DW. Pars interarticularis stress reaction, spondylolysis, and spondylolisthesis in gymnasts. *Clin Sports Med* 1985; **4**: 95–110.
- Commandre FA, Taillan B, Gagnerie F, Zakarian H, Lescourgues M, Fourre JM. Spondylolysis and spondylolisthesis in young athletes: 28 cases. *J Sports Med Phys Fitness* 1988; **28**: 104–107.
- Congeni J, McCulloch J, Swanson K: Lumbar spondylolysis: a study of natural progression in athletes. *Am J Sports Med* 1997, **25**:248–253.
- Congeni J: Evaluating spondylolysis in adolescent athletes. *J Musculoskel Med* 2000, **17**:123–129
- Cyron BM, Hutton WC. The fatigue strength of the lumbar neural arch in spondylolysis. *J Bone Joint Surg Br* 1978; **60**: 234–238.
- Donaldson L.D. (2014). Spondylolysis in Elite Junior-Level Ice Hockey Players. MedSport, Department of Orthopaedic Surgery, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan
- El Rassi G, Takemitsu M, Glutting J, Shah SA. Effect of sports modification on clinical outcome in children and adolescent athletes with symptomatic lumbar spondylolysis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2013 Dec;**92**(12):1070-4
- Evans FG, Riolo ML. Relations between the fatigue life and histology of adult human cortical bone. *J Bone Joint Surg Am* 1970; **52**: 1579–1586.
- Ganju A. (2002) isthmic spondylolisthesis. *Neurosurgical Focus*, **13**(1), E1
- Garet M., Reiman M.P., Mathers J., Sylvain J. (2013). Nonoperative treatment in lumbar spondylolysis and spondylolisthesis: a systematic review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, **5**(3), 225-232.
- Gilbert RS, Johnson HA. Stress fractures in military recruits: a review of twelve years' experience. *Mil Med* 1996; **131**: 716–721.
- Goldberg B, Pecora C. Stress fractures: a risk of increased training in freshman. *Physician Sports Med* 1994; **22**: 68–78.
- Harvey C., Richenberg J., Saifuddin A., Wolman R. (1998). Pictorial review: the radiological investigation of lumbar spondylolysis. *Clinical Radiology*,**53**, 723-728.

- Hensinger RN (1989). Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents. *Journal of Bone and Joint Surgery* **71**(7):1098–1107.
- Herman M, Pizzutillo P: Spondylolysis and spondylolisthesis in the child and adolescent athlete. *Orthop Clin N Am* 2003, **34**:461–467.
- Herman, Pizzutillo. Spondylolysis and spondylolisthesis in the child and adolescent: a new classification. *Clin Orthop Relat Res.* 2005 May;**(434)**:46-54.
- Iwamoto J, Takeda T. Stress fractures in athletes: review of 196 cases. *J Orthop Sci* 2003; **8**: 273–278
- Iwamoto J, Takeda T, Wakano K. Returning athletes with severe low back pain and spondylolysis to original sporting activities with conservative treatment. *Scand J Med Sci Sports* 2004; **14**: 346–351
- Johnson RJ (1993) Low-back pain in sports: Managing spondylolysis in young patients. *The Physician and Sports Medicine* **21**(4): 53–59.
- Ladenhauf HN, Fabricant PD, Grossman E, Widmann RF, Green DW. Athletic participation in children with symptomatic spondylolysis in the New York area. *Med Sci Sports Exerc.* 2013
- Leone A., Cianfoni A., Cerase A., Magarelli N., Bonomo L. (2011). Lumbar spondylolysis: a review. *Skeletal Radiology*, **40**(6), 683-700
- Logroscino G., Mazza O., Aulisa G., Pitta L., Pola., Aulisa L. (2001). Spondylolysis and spondylolisthesis in the pediatric and adolescent population. *Child's Nervous System*, **17**(11), 644-655.
- Lonstein JE (1999). Spondylolisthesis in children. *Spine* 24(24): 2640–2648.
- Lurie J. (2005). What diagnostic tests are useful for low back pain? *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, **19**(4), 557-575.
- Magee DJ (1982) *Orthopaedics: Conditions, Assessment and Treatment*, 4th edn, Volume I manual, Course Manual. University of Alberta
- McCarroll JR, Miller JM, Ritter MA. Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in college football players. A prospective study. *Am J Sports Med.* 1986;**14**:404-406.
- Motley G, Nyland J, Jacobs J, Caborn DNM (1998). The pars interarticularis stress reaction, spondylolysis and spondylolisthesis progression. *Journal of Athletic Training* **33**(4): 351–358
- Newell RLM (1995) Historical perspective: Spondylolysis. *Spine* 20(17): 1950–1956.
- Rosenberg NJ, Barger WL, Friedman B. The incidence of spondylolysis and spondylolisthesis in nonambulatory patients. *Spine* 1981; **6**: 35–38.
- Rossi F. (1988). Spondylolysis, Spondylolisthesis and sports. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, **18**, 317-340
- Sairyo K, Katoh S, Sasa T, Yasui N, Goel VK, Vadapalli S et al (2005) Athletes with unilateral spondylolysis are at risk of stress fracture at the contralateral pedicle and pars interarticularis: a clinical and biomechanical study. *Am J Sports Med* **33**:583–590
- Sairyo K., Goel V., Masuda A., Vishnubhotla S., Faizan A., Biyani A., et al. (2006). Three dimensional finite element analysis of the pediatric lumbar spine. II.

Biomechanical change as the initiating factor for pediatric isthmic spondylolisthesis at the growth plate. *European Spine Journal*, **15**(6), 930-93

- Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa Scale for the assesment of the qualityof non randomized studies in meta-analyses. *Eur J Epidemiol* 2010; 25: 603-5
- Steiner M, Micheli L: Treatment of symptomatic spondylolysis and spondylolisthesis with modified Boston brace. *Spine* 1985, **10**:937–943.
- Sutton JH¹, Guin PD, Theiss SM. Acute lumbar spondylolysis in intercollegiate athletes. *J Spinal Disord Tech.* 2012
- Weiker GG. Evaluation and treatment of common spine and trunk problems. *Clin Sports Med* 1989; **8**: 399–417.
- Wells GA,Shea B, O’ Connel D, et al. No title. NewCastle- Ottawa Scale Asses. Qual. Non randomised stud. Meta-analyses. 2015
- Wiltse L., Newman P., Macnab I. (1976). Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. *Clinical orthopaedics and related research*, **117**, 23-29
- Yamazaki K, Kota S, Oikawa D, Suzuki Y. High defect stage, contralateral defects, and poor flexibility are negative predictive factors of bone union in pediatric and adolescent athletes with spondylolysis. *J Med Invest.* 2018