

Indicizzata
in
Focus On:
Sports Science & Medicine (ISI)
Citata
nel
Journal Citation Reports (ISI)

MEDICINA DELLO SPORT

RIVISTA DELLA FEDERAZIONE MEDICO SPORTIVA ITALIANA

VOLUME 66 - N. 2 - GIUGNO 2013



EDIZIONI MINERVA MEDICA

MRI evaluation of spine abnormalities in the supine position and under physiological load in athletes with a dedicated MR scanner

Valutazione RM delle patologie del rachide in posizione supina e sotto-carico fisiologico in atleti con macchina RM dedicata

G. FRANCAVILLA¹, R. SUTERA², A. IOVANE², F. CANDELA², D. MATRANGA², A. SANFILIPPO³, V. C. FRANCAVILLA³, M. D'ARIENZO³, M. MIDIRI²

¹*Department of Clinical Medicine, Cardiovascular and Nephro-Urological Diseases University of Palermo, Palermo, Italy*

²*DIBIMEF - Section of Radiological Sciences, University of Palermo, Palermo, Italy*

³*Clinic of Orthopedic and Trauma, University of Palermo, Palermo, Italy*

SUMMARY

Aim. Purpose of our study was to evaluate the behavior of the lumbar spine of young athletes in the supine and standing position, taking into account all postural changes that the spine undergoes during physiological load, any alterations and any discrepancies in the detection of pathology between the two positions.

Methods. Between August 2008 and October 2009, we evaluated 40 sportsmen (20 men and 20 women) with symptoms of lumbar pain. All subjects underwent magnetic resonance imaging (MRI) with a dedicated scanner of 0.25 Tesla (G-Scan, Esaote Biomedica, Genoa, Italy) either in the conventional supine position, or in the weight-bearing position. Spin echo T1w and fast spin echo T2w images were acquired with a dedicated receiving coil for the lumbar spine (group B). Three radiologists, blinded on history and clinical examination of subjects, assessed, in consensus, variations of lumbar lordosis angle, of lumbo-sacral angle and presence of pathology on images acquired in both positions, in different sequences and in different planes.

Results. Conventional supine MRI was positive for pathology 30/40 while weight-bearing MRI was positive in 39/40 respectively. In particular, the evaluation in the weight-bearing position allowed, in 9 cases to detect diseases that would have remained unrecognized if the evaluation had been performed only in the supine position. Compared to MRI in the supine position, weight-bearing MRI showed changes of the lumbo-sacral angle in 31/40 subjects and of lumbar lordosis angle in all 40 subjects.

Conclusion. Imaging the lumbar spine in weight-bearing position with a dedicated MRI scanner and a dedicated coil might allow identification of pathology that may be overlooked if imaging patients only in the supine position.

KEY WORDS: Spine - Magnetic resonance imaging - Athletes.

RIASSUNTO

Obiettivo. Scopo del nostro lavoro è stato quello di valutare il comportamento della colonna lombare di giovani atleti in posizione supina ed ortostatica, valutando tutte le variazioni posturali a cui la colonna va incontro durante il carico fisiologico, le alterazioni patologiche e le eventuali discrepanze nella rilevazione della patologia tra le due posizioni. **Metodi.** Nel periodo compreso tra agosto 2008 e ottobre 2009 abbiamo valutato due gruppi di 40 atleti (20 uomini e 20 donne), composto da soggetti con sintomi di dolore lombare. Tutti i soggetti sono stati esaminati con risonanza magnetica (RM) tramite scanner dedicato da 0,25 Tesla (G-Scan, Esaote, Biomedica, Genova, Italia) sia in posizione convenzionale supina, sia in posizione sotto-carico. Sono state acquisite immagini spin-echo T1-pesate, e fast-spin echo T2-pesate, tramite una bobina ricevente dedicata per la colonna lombare. Tre radiologi, in cieco rispetto all'anamnesi e l'esame clinico dei pazienti, hanno valutato, in consenso, le variazioni dell'angolo di lordosi lombare,

dell'angolo lombo-sacrale e la presenza di patologia sulle immagini acquisite in entrambe le posizioni, nelle differenti sequenze e piani di scansione.

Risultati. La RM convenzionale supina è risultata positiva per patologia in 30/40 pazienti, mentre la RM sotto-carico è risultata positiva 39/40 pazienti rispettivamente. In particolare, la valutazione in posizione ortostatica ha permesso, in nove casi, di riscontrare patologie che sarebbero rimaste misconosciute se la valutazione fosse stata eseguita con la sola posizione supina. Rispetto alla RM in posizione supina, la RM in ortostatismo ha dimostrato modificazioni dell'angolo lombo-sacrale in 31/40 soggetti e dell'angolo di lordosi lombare in tutti e 40 i soggetti.

Conclusioni. La diagnostica per immagini della colonna lombare in posizione ortostatica con una RM dedicata e bobine dedicate può permettere l'identificazione di alterazioni patologiche che potrebbero rimanere misconosciute se i pazienti venissero esaminati nella sola posizione supina.

PAROLE CHIAVE: Spina dorsale - Risonanza magnetica - Atleti.

The spine in athletes is one of the points of higher incidence of painful events, with rates ranging from 1% to over 30%, being influenced by the type of sport, gender, intensity of training, and technique.¹ Very often, back pain is the main reason for the loss of days worked in agonistic activity by athletes, and despite this, it is still difficult to diagnose and, therefore, an effective treatment is not applicable since no specific generator of pain is found.¹⁻³ The major anomalies related to back pain are represented by discal degeneration and spondylolysis, but other less common causes should be taken into account, such as fractures of intervertebral facet joints or of the sacral bone.^{4, 5}

We must remember that back pain is a symptom and not a diagnosis, and this must be considered when interpreting epidemiological reports on the subject. Indeed, it is known that between 85% and 90% of the general population undergoes back pain in his whole life, and between 2% and 5% report that such symptoms occur at least once a year.¹ Compared to the general population, the symptom "back pain", according to most studies on the subject, is more frequent in athletes, depending on the sport, and especially frequent in wrestlers and gymnastics teams.¹⁻⁵

Imaging represents a milestone in a correct diagnostic procedure for the codification of the various pathologies of the spine.

First, we proceed with a series of conventional radiographs (CR), with antero-posterior (AP), latero-lateral (LL), and oblique bilateral views, and about 85% of defects are detectable with these standard views. If CR is not diagnostic in an athlete with persistent symptoms, then it resorts to a second level method which can be represented by computed tomography (CT) or magnetic resonance imaging (MRI).⁶

Specifically, CT is the most sensitive diagnostic test for demonstrating spondylololytic lesions

I rachide, nella popolazione sportiva, risulta una delle sedi anatomiche di maggiore incidenza di eventi dolorosi, con tassi variabili da 1% ad oltre il 30%, essendo influenzati dal tipo di sport, dal sesso, dall'intensità dell'allenamento e dalla tecnica¹. Molto spesso, il dolore della schiena è la principale causa di perdita di giorni lavorativi nell'attività agonistica degli atleti, e nonostante questo, è ancora difficile da diagnosticare, e pertanto un trattamento efficace non è applicabile dal momento che non viene riscontrato un generatore specifico del dolore¹⁻³.

Dobbiamo ricordare che il mal di schiena è un sintomo e non una diagnosi, e questo va tenuto presente quando si interpretano i rapporti epidemiologici sull'argomento. Infatti, è noto che tra il 85% ed il 90% della popolazione generale subisce il dolore alla schiena in tutta la sua vita, e tra il 2% e il 5% riferisce che tali sintomi si verificano almeno una volta all'anno.

Rispetto alla popolazione generale, il sintomo "mal di schiena", secondo la maggior parte degli studi in materia, appare più frequente negli atleti, soprattutto in alcune sottopopolazioni di sportivi, come quelli dedicati al wrestling ed alla ginnastica¹⁻⁵.

La diagnostica per immagini rappresenta una pietra miliare in un corretto iter diagnostico per la codificazione delle varie patologie della colonna vertebrale.

In primo luogo, si procede con una serie di radiografie convenzionali (RC), con proiezione antero-posteriore (AP), latero-laterale (LL), e oblique bilaterali, e circa il 85% delle patologie sono rilevabili con le proiezioni standard. Se la RC non è diagnostica in un atleta con sintomi persistenti, allora si ricorre a una metodica di secondo livello che può essere rappresentata dalla tomografia computerizzata (TC) o dalla RM⁶.

In particolare, la TC è il test diagnostico più sensibile nella dimostrazione delle lesioni spondilolitiche non visibili o dubbie alla RC, consentendo anche, in alcuni casi, la differenziazione

not visible or doubtful in CR, allowing even, in some cases, the differentiation of chronic non-healing fractures from those recent in recovery. MRI is less sensitive than CT for the detection of spondylolytic lesions, however, it presents a number of other benefits, such as high spatial resolution and contrast, panoramic view, careful evaluation of the intervertebral disc, vertebrae, ligaments, the spinal canal or foramina conjugation, and also makes it possible today, thanks to the marketing of new "dedicated" MRI equipment, the study in weight-bearing position, not feasible with the CT equipment.^{7,8}

The ability to assess the spine in weight-bearing position thanks to these new MRI equipment allows the assessment of the so-called "functional disorders", i.e., those alterations that are absent or barely visible with the patient in the supine position, and are evident with the patient in standing position, thus reducing false negatives.

Really, it is from the comparison between images acquired in the supine and those acquired in the standing position that we can identify the so-called "functional disorders"⁹⁻¹³. Indeed, the idea of studying the vertebral column according to "functional" matching criteria was made possible by the end of the last decade thanks to the creation of a particular MRI scanner, named "upright", in which the patient relies against a support and is in the midst of a magnet developed in the vertical direction¹⁴⁻¹⁷. More recently a MR scanner was designed that rotates the gantry/patient system and allows to study the standing position in a more "natural" manner.¹⁸

This scanner, being available in our center, was the subject of a study to evaluate the behavior of the lumbar spine of young athletes in the supine and standing position, taking into account all postural changes that the spine undergoes during physiological load, any alterations and any discrepancies in the detection of pathology between the two positions.

Materials and methods

During the period between August 2008 and October 2009, in order to evaluate the role of acquisitions made under load with a dedicated MRI scanner, we evaluated 40 sportsmen (20 men and 20 women, age range between 18 and 35 years, mean age 26 years) with symptoms of lumbar pain. Subjects did not undergo minimally invasive locoregional therapies, such as

delle fratture di vecchia data non guarite da quelle recenti in recupero. La RM è meno sensibile della TC per l'individuazione di lesioni spondilolitiche, tuttavia, presenta una serie di altri vantaggi, come l'elevata risoluzione spaziale e di contrasto, la panoramicità, un'ottima visualizzazione del disco intervertebrale, delle vertebre, dei legamenti, del canale spinale o dei forami di coniugazione, e inoltre rende oggi possibile, grazie alla commercializzazione di nuove apparecchiature "dedicate", lo studio in posizione ortostatica, non fattibile con le apparecchiature TC^{7,8}.

La capacità di valutare la colonna vertebrale in posizione ortostatica grazie a queste nuove apparecchiature RM consente la valutazione dei cosiddetti "disturbi funzionali", cioè quelle alterazioni che sono assenti o appena visibili con il paziente in posizione supina, e sono evidenti con il paziente in posizione eretta, riducendo così i falsi negativi.

In realtà, è dal confronto tra le immagini acquisite in posizione supina e quelle acquisite in posizione eretta che è possibile identificare i cosiddetti "disturbi funzionali"⁹⁻¹². In effetti, l'idea di studiare la colonna vertebrale secondo criteri "funzionali" è stata resa possibile alla fine dello scorso decennio, grazie alla creazione di uno scanner di RM particolare, denominato "upright", in cui il paziente si sostiene con un supporto e si trova in mezzo ad un magnete sviluppato in senso verticale¹⁴⁻¹⁷. Più recentemente è stato progettato uno scanner di RM che ruota il sistema gantry/paziente e permette di studiare la posizione ortostatica in un modo più "naturale"¹⁸.

Questo scanner, disponibile nel nostro centro, è stato oggetto di uno studio per valutare il comportamento del rachide lombare di giovani atleti in posizione supina ed ortostatica, tenendo conto di tutte le modifiche posturali che subisce il rachide durante il carico fisiologico, ogni alterazione patologica e le eventuali discrepanze nella rilevazione della patologia tra le due posizioni.

Materiali e metodi

Nel periodo compreso tra agosto 2008 e ottobre 2009, al fine di valutare il ruolo delle acquisizioni effettuate sotto-carico con uno scanner di RM dedicato, abbiamo valutato 40 sportivi (20 uomini e 20 donne, di età compresa tra i 18 ed i 35 anni, con età media di 26 anni) con sintomi di dolore lombare. Tutti i soggetti non erano stati sottoposti a terapie loco-regionali minimamente

ozone therapy, shock waves or steroids infiltration, but only conservative treatment with non-steroidal anti-inflammatory drugs.

Our work was approved by the Ethics Committee of our institution and all patients provided written informed consent.

All subjects of both groups underwent MRI with a dedicated scanner of 0.25 Tesla (G-Scan, Esaote Biomedica, Genoa, Italy) either in the conventional supine position, or in the weight-bearing position. The study in the latter position was performed using a patient/gantry system rotated approximately of 82°; a 90° rotation was avoided to allow evaluations in a nearly complete gravitational load without creating a feeling of instability in the patient. A dedicated receiving coil for the lumbar spine was used.

The survey was first conducted under physiological load and then completed with the same sequences in supine position, to minimize the discomfort of patients, including the possible occurrence of orthostatic hypotension, and any motion artifacts.

Sagittal FSE-T2 weighted (TR/TE 2860/90 ms) and axial FSE-T2 weighted REL (TR/TE 2860/90 ms) sequences were acquired. For the sagittal sequence an acquisition matrix of 224 x 208, a field of view (FOV) of 320 x 320 mm were used, and a 4-mm thick slice with a 0.5-mm interval. For the axial sequence an acquisition matrix of 224 x 192, a field of view (FOV) of 300 x 300 mm, and a 4-mm thick slice with a 0.5-mm interval were used.

All investigations were performed without the intravenous administration of paramagnetic contrast agent containing gadolinium.

The images obtained were sent *via* local area network to the RIS/PACS system (MedRIS Elephant Impax, Agfa HealthCare System) of our Institute for the possibility of a direct comparison between images obtained in the supine and standing position on workstation with dual monitors.

The image analysis was performed by three radiologists blinded on belonging of the subjects to different groups, and their clinical history and objectivity, but not on the distinction between the position of acquisition sequences, standing and supine, displayed simultaneously on dual monitors for a precise comparison of the measurements made.

Specifically, an assessment was made of the following parameters:

- presence or absence of disc protrusions and/or herniations, and, if present, measure-

invasive, come l'ozono-terapia, le onde d'urto o l'infiltrazione di steroidi, ma solo al trattamento conservativo con i farmaci anti-infiammatori non steroidei (FANS).

Il nostro lavoro è stato approvato dal comitato etico del nostro istituto e tutti i pazienti hanno fornito consenso informato scritto.

Tutti i soggetti sono stati sottoposti a RM con uno scanner dedicato da 0,25 Tesla (G-Scan, Esaote Biomedica, Genova, Italia) sia in posizione supina convenzionale, sia nella posizione di carico fisiologico. Lo studio in quest'ultima posizione è stato effettuato utilizzando un sistema gantry/paziente ruotato di circa 82°; la rotazione non è stata di 90° per consentire di effettuare valutazioni a carico gravitazionale quasi completo, senza creare una sensazione di instabilità nel paziente. È stata utilizzata una bobina ricevente dedicata per la colonna lombare.

L'indagine è stata prima condotta sotto carico fisiologico e poi completata con le stesse sequenze in posizione supina, per ridurre al minimo il disagio dei pazienti, compresa la possibile insorgenza di ipotensione ortostatica ed eventuali artefatti da movimento.

Sono state acquisite sequenze sagittali FSE-T2 pesate (TR/TE 2860/90 ms) ed assiali FSE-REL pesate in T2 (TR/TE 2860/90 ms). Per la sequenza sagittale è stata utilizzata una matrice di acquisizione di 224 x 208, un campo di vista (FOV) di 320 x 320 mm e uno spessore di strato di 4 mm con un intervallo di 0,5 mm. Per la sequenza assiale è stata utilizzata una matrice di acquisizione di 224 x 192, un campo di vista (FOV) di 300 x 300 mm ed uno spessore di strato di 4 mm con un intervallo di 0,5 mm.

Tutte le indagini sono state eseguite senza la somministrazione endovenosa di mezzo di contrasto paramagnetico contenente gadolinio.

Le immagini ottenute sono state inviate via rete locale al sistema RIS/PACS (MedRIS Elefante\ Impax, Agfa HealthCare System) del nostro Istituto per la possibilità di un confronto diretto tra le immagini ottenute in posizione supina ed in ortostatismo su workstation con doppio monitor.

L'analisi delle immagini è stata eseguita in consenso da tre radiologi in cieco sull'appartenenza dei soggetti ai due gruppi, e quindi sulla loro anamnesi ed obiettività clinica, ma non sulla distinzione tra le posizioni di acquisizione delle sequenze, ortostatica o supina, visualizzate contemporaneamente sul doppio monitor per un confronto preciso delle misurazioni effettuate.

In particolare, è stata fatta una valutazione dei seguenti parametri:

- presenza o assenza di protrusioni e/o er-*

ment of their maximum thickness (on the axial and sagittal plane);

- presence or absence of spondylolysis with or without a spondylolisthesis;
- measurement of the lumbo-sacral angle;
- measurement of the lumbar lordosis angle (on the sagittal plane).

In particular, the presence or absence of disc protrusion and their measurement was performed on both the sagittal and axial images as a numerical value by taking the maximum obtainable.

The presence of spondylolysis with or without spondylolisthesis was evaluated by assigning a numerical value to the lysis' extension of a vertebra on the other, if any.

The lumbo-sacral angle is obtained by drawing lines tangent to the anterior somatic profiles and, under normal conditions, has a width of between 120° and 180°; if the value of this angle exceeds 180° it means that we are witnessing a reduction of lumbar lordosis, with verticalization of the sacrum. This leads to a suffering of the functional unit, particularly of its anterior portion, followed by heavy mechanical impact on the nucleus pulposus of the disk; if the angle is less than 120°, we are witnessing an increased lumbar lordosis and a horizontalisation of the sacrum: this condition leads to an increase in the incidence of compression on the posterior structures.

The lumbar lordosis angle is obtained by drawing lines tangent to the superior somatic plate of the L1 vertebra and to the inferior somatic plate of the L5 vertebra, then two lines perpendicular to those, on the side of the concavity of lordosis, and, finally, we evaluate the open angle upward, formed by the intersection of the perpendicular lines, which normally has a value of 50°.

The values of the size of all the changes quantized in an objective manner have been reported in tables comprising the mean and standard deviation. The significance of the results was calculated using the paired *t* test with $P<0.0001$.

Results

In the supine position, 30 were positive and 10 negative for disease, while in the weight-bearing position 39 were positive and only one negative.

Pathological changes observed were summarized in Table I.

nie discali e, se presente, la misurazione del loro spessore massimo (sul piano sagittale e assiale);

- presenza o assenza di spondilolisi con o senza spondilolistesi (sul piano sagittale);*
- misurazione dell'angolo lumbo-sacrale (sul piano sagittale);*
- misurazione della lordosi lombare (sul piano sagittale).*

In particolare, la presenza o assenza di protrusioni discali e la loro misurazione è stata effettuata sia sulle immagini sagittali che assiali prendendo come valore numerico quello massimo ottenibile.

La presenza o assenza di una spondilolisi con o senza spondilolistesi è stata valutata assegnando un valore positivo se presente e negativo se assente.

L'angolo di lordosi lombare è calcolato tracciando due linee tangenti alla limitante somatica superiore della vertebra L1 e alla limitante somatica inferiore della vertebra L5, poi due linee perpendicolari a queste, sul lato della concavità della lordosi, e, infine, si valuta l'angolo aperto verso l'alto, formato dalla intersezione delle linee perpendicolari, che normalmente ha un valore di 50°.

L'angolo lumbo-sacrale è ottenuto disegnando linee tangenti ai profili somatici anteriori e, in condizioni normali, ha una larghezza compresa tra 120° e 180°; se il valore di questo angolo supera i 180° vuol dire che stiamo assistendo a una riduzione della lordosi lombare, con verticalizzazione del sacro: questo provoca una sofferenza dell'unità funzionale, in particolare della sua porzione anteriore, seguito dal pesante impatto meccanico sul nucleo polposo del disco; se l'angolo è inferiore a 120°, saremmo in presenza di un aumentata lordosi lombare e di una orizzontalizzazione del sacro: questa condizione porta a un aumento dei fenomeni di compressione sulle strutture posteriori.

*I valori delle dimensioni di tutte le alterazioni quantizzate in modo oggettivo sono stati riportati in tabelle comprendenti la media e la deviazione standard. La significatività dei risultati è stata calcolata usando il paired *t* test con $P<0,0001$.*

Risultati

In posizione supina, 30 soggetti sono risultati positivi e 10 negativi per patologia, mentre nella posizione sotto-carico 39 sono risultati positivi e solo uno negativo.

Le alterazioni patologiche osservate sono stati riassunte nella Tabella I.

TABLE I.—Type of alterations observed in the 40 subjects of our work.
 TABELLA I. — *Tipo di alterazione osservata nei 40 soggetti dello studio.*

Type of alterations observed	POSITION	
	Supine	Weight-bearing
Herniation or disc protrusion	28	32
Spondylolysis \pm spondylolisthesis	1	4
Spinal stenosis not acquired	1	2
Disc herniation + stenosis not acquired	0	1
Herniated disk + spondylolisthesis	0	0
Negative for disease	10	1
Positive for disease	30	39
Total subjects		40

In particular, the evaluation in the weight-bearing position allowed, in 9 cases to detect diseases that would have remained unrecognized if the evaluation had been performed only in the supine position. Of these, 4 were protrusions or herniated discs, 3 were cases of spondylolysis with spondylolisthesis, one of acquired stenosis and one of stenosis not acquired due to herniated disc.

In the weight-bearing position, compared with the supine position there was a statistical-

In particolare, la valutazione in posizione sotto-carico, in 9 casi, ha permesso di individuare patologie che sarebbero rimaste misconosciute se la valutazione fosse stata eseguita solo in posizione supina.

Di queste, 4 erano protrusioni o ernie discali, 3 erano casi di spondilolisi con spondilolistesi, uno di stenosi non acquisita ed uno di stenosi acquisita dovuta a un'ernia discale.

Nella posizione sotto-carico rispetto alla posizione supina è stato riscontrato un decremento

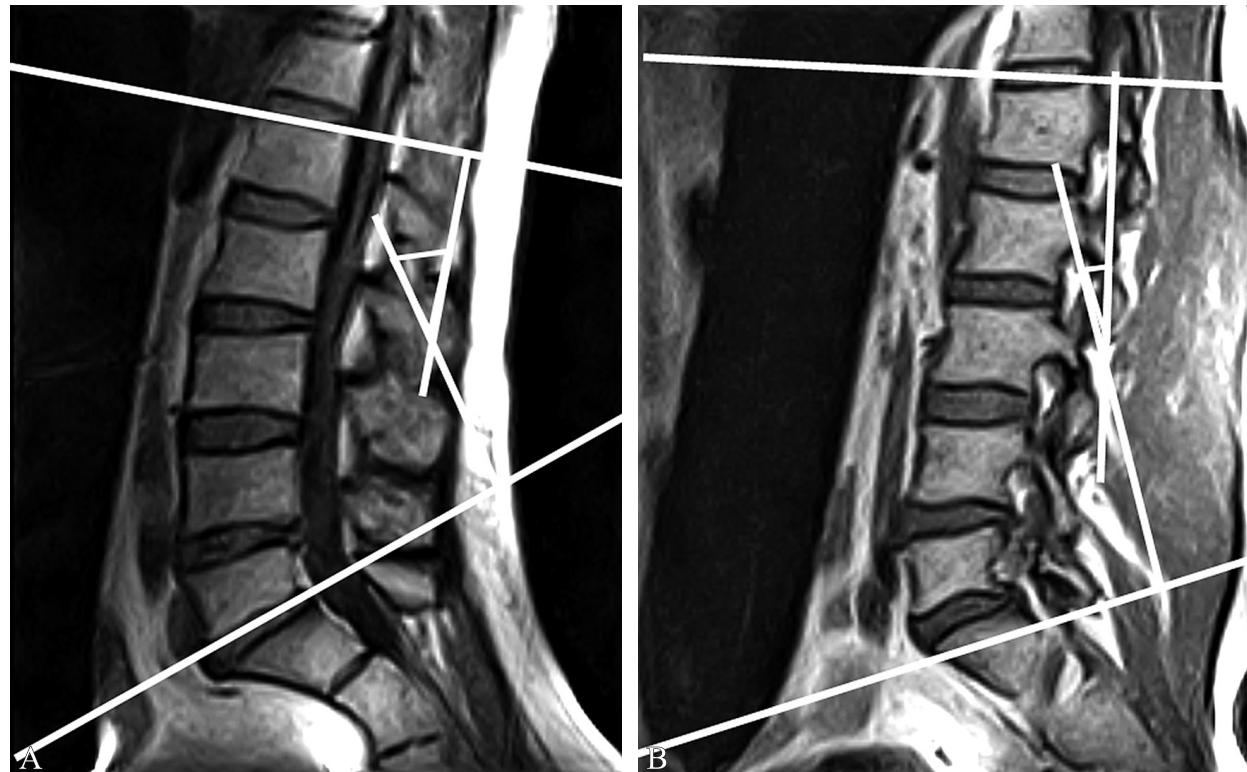


Figure 1.—Sagittal T1-weighted MR images in weight-bearing (A) and supine (B) position, which show a marked increase in lumbar lordosis angle in the standing position.

Figura 1. — Immagine sagittale T1-pesata in posizione eretta (A) e supina (B), che dimostra un marcato incremento dell'angolo di lordosi lombare in posizione eretta.

TABLE II.—Variation of lumbo-sacral angle between supine and weight-bearing position.
TABELLA II. — Variazione dell'angolo lombo-sacrale tra posizione supina e ortostatica.

	Supine	Weight-bearing
1	145	145
2	135	130
3	150	140
4	155	150
5	170	165
6	140	130
7	130	130
8	125	120
9	160	145
10	150	150
11	135	130
12	140	130
13	120	115
14	135	130
15	150	145
16	130	130
17	140	135
18	160	150
19	135	130
20	110	110
21	150	140
22	140	125
23	140	130
24	150	150
25	160	155
26	140	135
27	120	120
28	115	100
29	140	135
30	130	130
31	150	145
32	125	115
33	175	170
34	160	155
35	130	120
36	145	140
37	120	115
38	155	140
39	165	165
40	115	105
Mean	141	135
Standard deviation	15.778921	16.1721508

ly significant decrease ($P<0.0001$) of the lumbosacral angle in 31/40 subjects (77.5%) (Figure 1; Table II); in the remaining 9 subjects, there were no significant differences in the lumbosacral angle.

In all patients there was a statistically significant increase ($P<0.0001$) of the angle of lordosis (Table III).

statisticamente significativo ($P<0,0001$) dell'angolo lombo-sacrale in 31/40 soggetti (77,5%) (Figura 1; Tabella II); nei restanti 9 soggetti non ci sono state differenze significative dell'angolo lombo-sacrale.

In tutti i pazienti è stato riscontrato un aumento statisticamente significativo ($P<0,0001$) dell'angolo di lordosi (Tabella III).

TABLE III.—Variation of lordosis angle between supine and weight-bearing position.

TABELLA III. — Variazione dell'angolo di lordosi tra posizione supina e ortostatica.

	Supine	Weight-bearing
1	44	55
2	13	16
3	41	42
4	40	50
5	42	48
6	43	52
7	41	50
8	34	38
9	39	43
10	47	55
11	41	44
12	40	48
13	37	40
14	40	44
15	45	52
16	42	48
17	43	50
18	33	36
19	44	51
20	46	52
21	39	44
22	42	45
23	45	49
24	46	50
25	44	50
26	38	39
27	26	30
28	44	50
29	46	52
30	44	47
31	48	50
32	39	43
33	41	49
34	46	54
35	45	52
36	44	49
37	38	45
38	45	55
39	44	52
40	41	48
Mean	41,000	46,675
Standard deviation	6,1893208	7,405429401

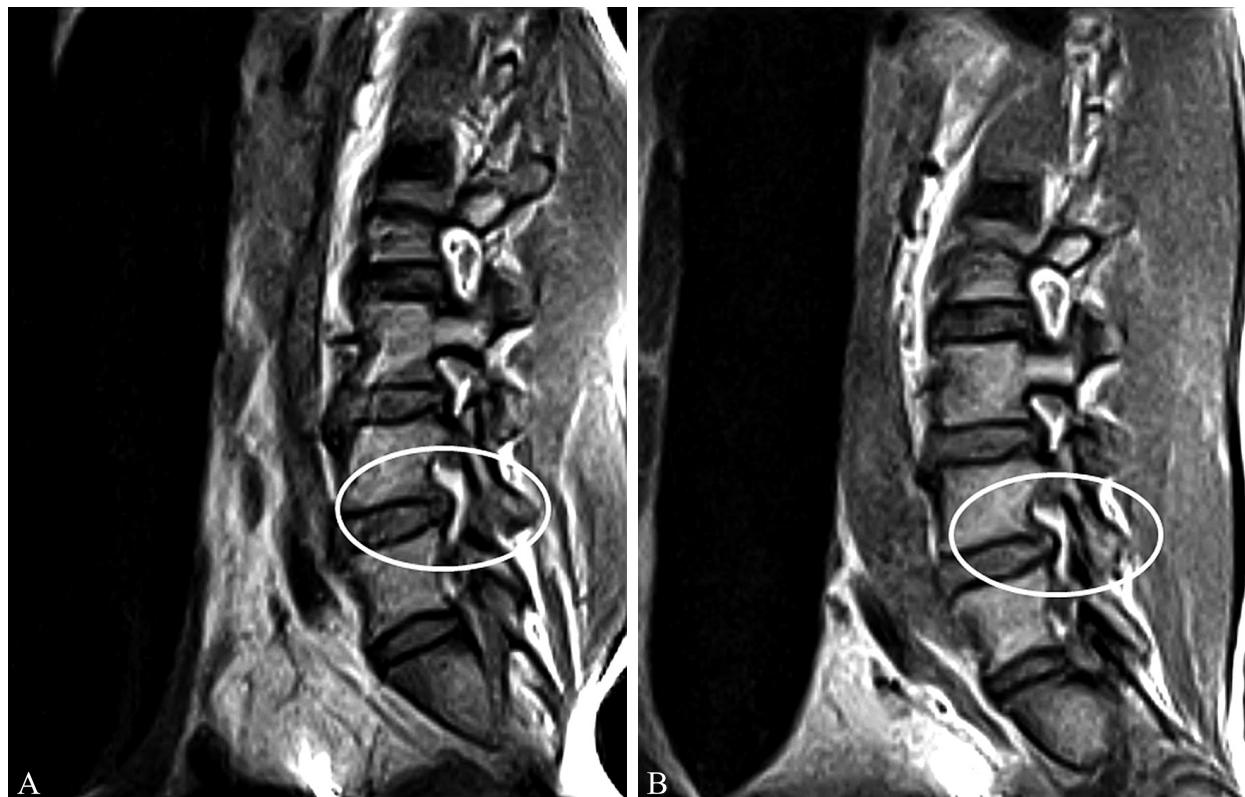


Figure 2.—Sagittal T1-weighted MR images in weight-bearing (A) and supine (B) position, which show, at L4-L5 level, a disc herniation more evident in the standing position.

Figura 2. — Immagine sagittale T1-pesata in posizione eretta (A) e supina (B), che dimostra, a livello di L4-L5, un'ernia discale più evidente in posizione eretta.

In 7 cases out of 28 (25%) in which the examination in supine position has allowed to detect the presence of a protrusion or discal hernia, the examination in weight-bearing position allowed to change the grading of the disease statistically significant (Figure 2, Table IV).

Discussion

MRI of the spine is one of the most requested tests in clinical practice, and the excellent quality of images obtained with modern scanners allows comprehensive assessment of the compression of the dural sac and nerve roots from various diseases. However, it is frequently observed that many patients have no visible abnormality on MRI, even if they have symptoms very convincing, which may include a root pain, and this entails, especially in young athletes, a significant delay to return to sport activity or, in extreme cases, the interruption of their sporting career at high levels.

Posture plays an important role in the exac-

In 7 casi su un totale di 28 (25%) in cui l'esame in posizione supina ha consentito di rilevare la presenza di una protrusione o ernia discale, l'esame in posizione sotto-carico ha permesso di modificare il grading della malattia in maniera statisticamente significativa ($P<0,0001$) (Figura 2; Tabella IV).

Discussione

La RM della colonna vertebrale è uno degli esami più richiesti nella pratica clinica, e l'eccellente qualità delle immagini ottenute con scanner moderni consente una valutazione globale della compressione del sacco durale e delle radici nervose da varie alterazioni patologiche. Tuttavia, è stato spesso osservato che molti pazienti non hanno alcuna anomalia visibile alla RM, anche se hanno sintomi molto convincenti, che possono includere un dolore radicolare e questo comporta, soprattutto nei giovani atleti, un ritardo significativo nel ritorno all'attività sportiva o, in casi estremi, l'interruzione della loro carriera sportiva ad alti livelli.

TABLE IV.—Variation (in mm) of the grading of discal hernia observed in 7/28 cases in supine position.
 TABELLA IV. — Variazione (in mm) del grado di ernia discale nei 7/28 casi rilevati in posizione supina.

	Supine	Weight-bearing
1	7	10
2	3	5
3	4	6
4	4	7
5	5	7
6	8	11
7	4	7
Mean	5.000	7.57142857
Standard deviation	1.8257419	2.14919697

erbation of pain, and it was seen that in some patients the weight-bearing position is avoided as much as possible as it involves a worsening of symptoms. For this reason, the new MRI scanners that allow the study in this position aroused considerable interest in the scientific world in order to be able to better understand the role of dynamic structures of the spine.

It was found, indeed, that during the transition from the supine to weight-bearing position, in physiological conditions, there is an accentuation of the physiological lumbar lordosis, a reduction of the thickness of the intervertebral disc, and a change in the size of the spinal canal.^{18, 19}

The accentuation of the physiological lumbar lordosis occurs with an increase of the angle of lordosis with minimal reduction of the lumbo-sacral angle, and our study has confirmed what has been shown in the literature.¹⁸

The reduction of the thickness of the intervertebral disc occurs in physiological loading conditions; the disc is subjected to increased internal pressure counterbalanced by the muscles; this situation of increased load is more evident in the spine than in the discs, with a maximum value at level of L4.¹⁸

In our study we carried out the examination of the lumbar spine, first in the standing and then in the supine position, in order to avoid potential hypotensive crises that may arise when the patient switch to the orthostatic position after a certain amount of time spent in the supine position.

Also, the slope obtained for the study in the weight-bearing position is not that of 90°, but that of 82°, which guarantees the effects of the physiological load and at the same time prevents the patient loses the sense of stability.

The comparison of the sagittal MRI sequences, performed in supine and weight-bearing po-

La postura gioca un ruolo importante nella esacerbazione del dolore, e si è visto che in alcuni pazienti la posizione ortostatica viene evitata il più possibile, in quanto essa comporta un peggioramento dei sintomi. Per questo motivo, il nuovo scanner per RM che permette lo studio in questa posizione ha suscitato un notevole interesse nel mondo scientifico in modo da essere in grado di comprendere meglio il ruolo di strutture dinamiche della colonna vertebrale.

Si è riscontrato, infatti, che durante il passaggio dalla posizione supina a quella ortostatica, in condizioni fisiologiche, vi è un'accentuazione della fisiologica lordosi lombare, una riduzione dello spessore del disco intervertebrale, e una variazione nella dimensione del canale spinale^{18, 19}.

L'accentuazione della fisiologica lordosi lombare si verifica con un aumento dell'angolo di lordosi e una minima riduzione dell'angolo lombo-sacrale e, il nostro studio, ha confermato quanto evidenziato in letteratura¹⁸.

La riduzione dello spessore del disco intervertebrale si verifica in condizioni di carico fisiologico; il disco viene sottoposto a un aumento della pressione interna controbilanciato dai muscoli; questa situazione di aumento del carico è più evidente nella colonna vertebrale rispetto ai dischi, con un valore massimo a livello di L4¹⁸.

Nel nostro studio abbiamo eseguito l'esame del rachide lombare, prima in piedi e quindi in posizione supina, al fine di evitare possibili crisi ipotensive che possono insorgere quando il paziente passa alla posizione ortostatica, dopo un certo periodo di tempo trascorso in posizione supina.

Inoltre, la pendenza ottenuta per lo studio della posizione del peso-cuscinetto non è quella di 90°, ma quella di 82°, che garantisce gli effetti del carico fisiologico e, allo stesso tempo impedisce al paziente di perdere il senso di stabilità.

Il confronto delle sequenze RM sagittali, ese-

sition at 0° and 82° respectively, has highlighted the worsening of disc pathology in a total of 7 patients (Figure 3), while in other four patients the weight-bearing position showed a disc herniation which was not visible in supine position due probably to the reduction of the pressure on the disc.

Axial sequences allow you to better assess the degree of protrusion of a possible hernia, and at the same time, to emphasize its location, the degree of occupation of the spinal canal, the intervertebral foramina and the lateral recess, and therefore were included in the study protocol (Figure 4).

Moreover, in three cases, the weight-bearing position has allowed to find the presence of a spondylolysis with initial anterolisthesis of L5 on S1, which was not visible in the supine position, and in the second, the presence of a vertebral instability. Thus, weight-bearing MRI resulted in a significant therapeutic change in the three young patients.

In other cases where the spondylolysis with spondylolisthesis was already seen in the su-

guite in posizione supina e sotto-carico a 0° e 82° rispettivamente, ha evidenziato il peggioramento della patologia discale in ortostatismo in un totale di sette pazienti (Figura 3) mentre in altri quattro la posizione ortostatica ha mostrato un'ernia discale che non era visibile in posizione supina a causa probabilmente della riduzione della pressione sul disco.

Le sequenze assiali consentono di valutare meglio il grado di protrusione di un'eventuale ernia, e allo stesso tempo, di evidenziarne la sede, il grado di occupazione del canale vertebrale, il forame di coniugazione ed il recesso laterale, e per questo motivo sono state incluse nel protocollo di studio (Figura 4).

In tre casi, inoltre, la posizione sotto-carico ha permesso di trovare la presenza di una spondilolisi con anterolistesi iniziale di L5 su S1, che non era visibile in posizione supina. Pertanto, la RM sotto-carico ha determinato un significativo cambiamento terapeutico nei tre giovani pazienti.

In altri casi in cui la spondilolisi con spondylolistesi era già visibile in posizione supina, la



Figure 3.—Sagittal T2-weighted MR images in weight-bearing (A) and supine (B) position, which show, at L5-S1 level, a disc herniation which is barely visible in the supine position.

Figura 3. — Immagine sagittale T2-pesata in posizione eretta (A) e supina (B), che dimostra, a livello di L5-S1, un'ernia discale appena visibile in posizione supina.

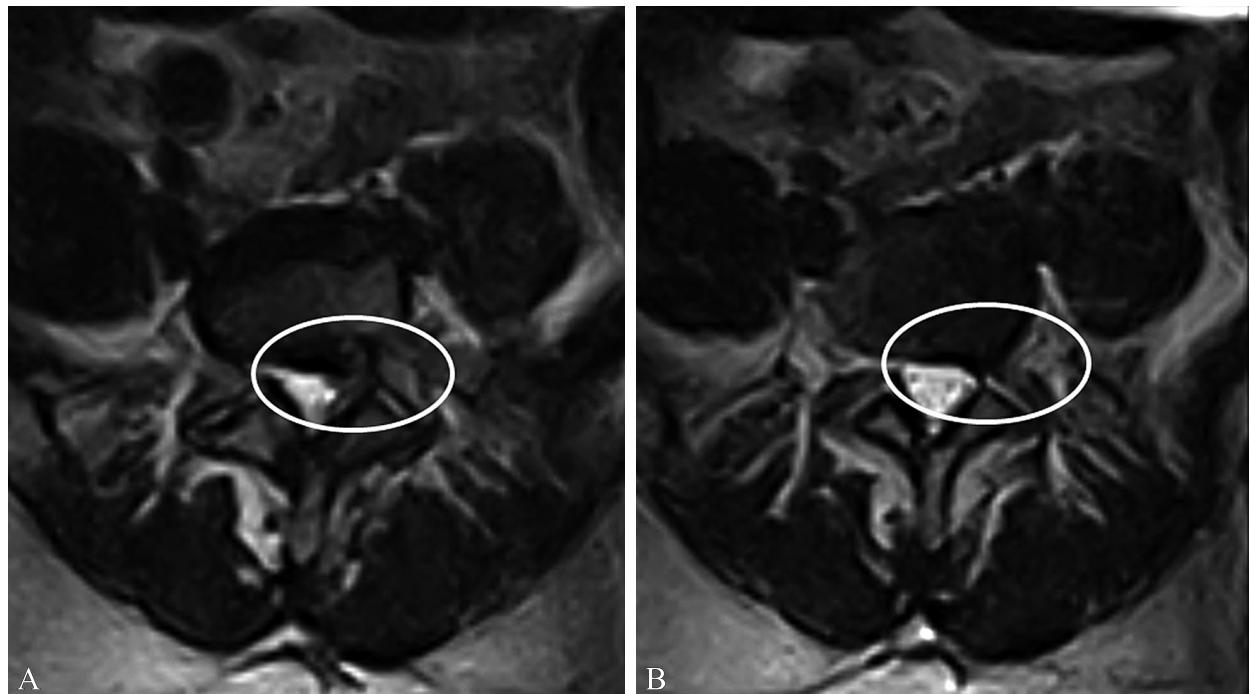


Figure 4.—Axial T2-weighted MR images in weight-bearing (A) and supine (B) position, which show, at L4-L5 level, a disc herniation which is barely visible in the supine position.
Figura 4. — Immagine assiale T2-pesata in posizione eretta (A) e supina (B), che dimostra, a livello di L4-L5, un'ernia discale appena visibile in posizione supina.

pine position, weight-bearing MRI allowed to obtain information on functional spinal stability and response of the spine to physiologic loading conditions.

Our study confirms what other researchers have already shown, namely that the intervertebral space and the width of the spinal canal depends on the load on the spine.¹⁹⁻²²

Conclusions

Our research has led to better clarify the role of the evaluation of the spine in physiological load, especially the lumbar portion, as evidenced by the 22.5% of positive cases not detected in the supine position.

These results seem to validate the importance of imaging the lumbar spine in weight-bearing position, as it can reveal hidden hernias or an increased width of a disc protrusion or herniation already proved by the exam made in the supine position or the presence of spondylolistesis or a spinal canal stenosis caused by a thickening of ligament flavum in conditions of physiological loading.

Hopefully, a wider dissemination of scientific studies may improve and deepen knowledge of

RM sotto-carico ha permesso di ottenere informazioni sulla stabilità funzionale del rachide e la risposta della colonna vertebrale a condizioni di carico fisiologico.

Il nostro studio conferma quello che altri ricercatori hanno già dimostrato, e cioè che lo spazio intervertebrale e l'ampiezza del canale spinale dipendono dal carico sulla colonna vertebrale¹⁹⁻²².

Conclusioni

La nostra ricerca ha portato a chiarire meglio il ruolo della valutazione della colonna vertebrale in carico fisiologico, come evidenziato dal 22,5% di casi positivi non rilevati in posizione supina.

Questi risultati sembrano convalidare l'importanza dell'imaging della colonna lombare in posizione eretta, in quanto può rivelare ernie nascoste o un'ampiezza maggiore di una protrusione o ernia discale già dimostrata con l'esame in posizione supina o la presenza di una spondilolistesi in condizioni di carico fisiologico.

Si spera che una maggiore diffusione di studi scientifici su questo argomento possa migliorare e approfondire la conoscenza della patologia

the spine pathology in conditions of physiological loading, and may develop in this way protocols more refined in terms of technical and more precise in terms of diagnosis, in order to direct the spinal surgeon to the most correct treatment.²³

The experience gained so far confirms that, although the picture quality is not excellent and is subject to possible motion artifacts during the study in standing position, information obtained by weight-bearing-MRI may provide useful diagnostic information to in the resolution of the clinical question in athletes suffering from back pain not to be diagnosed by conventional MRI performed in the supine position.²⁴

References/Bibliografia

- 1) Bono CM. Low back pain in athletes. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:382-96.
- 2) Capel A, Medina FS, Medina D, Gómez S. Magnetic resonance study of lumbar disks in female dancers. *Am J Sports Med* 2009;37:1208-13.
- 3) Alyas F, Turner M, Connell D. MRI findings in the lumbar spines of asymptomatic, adolescent, elite tennis players. *Br J Sports Med* 2007;41:836-41.
- 4) Bennett DL, Nassar L, DeLano MC. Lumbar spine MRI in the elite-level female gymnast with low back pain. *Skeletal Radiol* 2006;35:503-9.
- 5) Mintz DN. Magnetic resonance imaging of sports injuries to the cervical spine. *Semin Musculoskelet Radiol* 2004;8:99-110.
- 6) Boos N, Rieder R, Shade V, Spratt KF, Semmer N, Aeby M. The diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging, work perception, psychosocial factors in identifying symptomatic disk herniations. *Spine* 1995;20:2613-25.
- 7) Dunn AJ, Campbell RS, Mayor PE, Rees D. Radiological findings and healing patterns of incomplete stress fractures of the pars interarticularis. *Skeletal Radiol* 2008;37:443-50.
- 8) Ganiyusufoglu AK, Onat L, Karatoprak O, Enercan M, Hamzaoglu A. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging versus computed tomography in stress fractures of the lumbar spine. *Clinical Radiology*;65:902-7.
- 9) Gilbert JW, Wheeler GR, Linggreen RA, Johnson RR. Open stand-up MRI: a new instrument for positional neuroimaging. *J Spinal Disord Tech* 2006;19:151-4.
- 10) Jayakumar P, Nnadi C, Saifuddin A, Macsweeney E, Casey A. Dynamic degenerative lumbar spondylolisthesis: diagnosis with axial loaded magnetic resonance imaging. *Spine* 2006;31:E298-E301.
- 11) Nowicki BH, Haughton VM, Lim TH, An HS, Riley LH 3rd et al. Occult lumbar lateral spinal stenosis in neural foramina subjected to physiologic loading. *AJNR* 1996;17:1605-14.
- 12) Weishaupt D, Schmid MR, Zanetti M, Boos N, Romanowski B, Kissling RO et al. Positional MR imaging of the lumbar spine: does it demonstrate nerve root compromise not visible at conventional MR imaging? *Radiology* 2000;215:247-53.
- 13) Willén J, Danielson B. The diagnostic effect from axial loading of the lumbar spine during computed tomography and magnetic resonance imaging in patients with degenerative disorders. *Spine* 2001;26:2607-14.
- 14) Jinkins JR, Dworkin JS, Damadian RV. Upright, weight-bearing, dynamic-kinetic MRI of the spine: initial results. *Eur Radiol* 2005;15:1815-25.
- 15) Gedroyc WM. Upright positional MRI of the lumbar spine. *Clin Radiol* 2008;63:1049-50.
- 16) Alyas F, Connell D, Saifuddin A. Upright positional MRI of the lumbar spine. *Clin Radiol* 2008;63:1035-48.
- 17) Ferreiro Perez A, García Isidro M, Ayerbe E, Castedo J, Jinkins JR. Evaluation of intervertebral disc herniation and hypermobile intersegmental instability in symptomatic adult patients undergoing surgery. *Eur Radiol* 2009;19:186-93.
- 18) Splendiani A, Di Fabio MV, Barile A et al. Tecnica di studio RM del rachide lombare sotto carico. In: Leone A, Martino F, a cura di. *Imaging del rachide - Il vecchio e il nuovo*. Milano: Springer-Verlag Italia; 2008. p. 123-34.
- 19) Madsen R, Jensen TS, Pope M, Sørensen JS, Bendix T. The effect of body position and axial load on spinal canal morphology: an MRI study of central spinal stenosis. *Spine* 2008;1;33:61-7.
- 20) Hansson T, Suzuki N, Hebelka H, Gaulitz A. The narrowing of the lumbar spinal canal during loaded MRI: the effects of the disc and ligamentum flavum. *Eur Spine J* 2009;18:679-86.
- 21) Kimura S, Hesselink JR, Garfin SR, Kawaji Y, Hasegawa K, Hargens AR. Axial load-dependent cervical spinal alterations during simulated upright posture: a comparison of healthy controls and patients with cervical degenerative disease. *J Neurosurg Spine* 2005;2:137-44.
- 22) Danielson B, Willén J. Axially loaded magnetic resonance image of the lumbar spine in asymptomatic individuals. *Spine* 2001;1;26:2601-6.
- 23) Hiwatashi A, Danielson B, Moritani T, Bakos RS, Rodenhause TG, Pilcher WH et al. Axial loading during MR imaging can influence treatment decision for symptomatic spinal stenosis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:170-4.
- 24) Weishaupt D, Boxheimer L. Magnetic resonance imaging of the weight-bearing spine. *Semin Musculoskelet Radiol* 2003;7:277-86.

Conflicts of interest.—The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Received on April 18, 2013 - Accepted for publication on May 21, 2013.

Corresponding author: G. Francavilla, Department of Clinical Medicine, Cardiovascular and Nephro-Urological Diseases, University of Palermo, Palermo, Italy.

della colonna vertebrale in condizioni di carico fisiologico, e possano svilupparsi in questo modo protocolli più raffinati in termini tecnici e più precisi in termini di diagnosi, al fine di dirigere il chirurgo spinale verso il trattamento più corretto.²³

L'esperienza maturata fino ad oggi conferma che, anche se la qualità dell'immagine non risulta eccellente e sia soggetta a possibili artefatti da movimento durante lo studio in posizione eretta, le informazioni ottenute in posizione eretta possono fornire utili informazioni diagnostiche per la risoluzione del quesito clinico negli atleti che soffrono di mal di schiena non diagnosticata con l'esame RM eseguito in posizione supina.²⁴