

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>



A new artificial intelligence program for the automatic evaluation of scoliosis on frontal spinal radiographs: Accuracy, advantages and limitations

Dima Kh.I. Kassab¹, Irina G. Kamyshanskaya¹, Stanislau V. Trukhan²

¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;

² Esper LLC, Tver, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Scoliosis is one of the most common spinal deformations that are usually diagnosed on frontal radiographs using Cobb's method. Automatic measurement methods based on artificial intelligence can overcome many drawbacks of the usual method and can significantly save radiologist's time.

AIM: To analyze the accuracy, advantages, and disadvantages of a newly developed artificial intelligence program for the automatic diagnosis of scoliosis and measurement of Cobb's angle on frontal radiographs.

MATERIALS AND METHODS: In total, 114 digital radiographs were used to test the agreement of Cobb's angle measurements between the new automatic method and the radiologist using the Bland–Altman method on Microsoft Excel. A limited clinical accuracy test was also conducted using 120 radiographs. The accuracy of the system in defining the scoliosis grade was evaluated by sensitivity, specificity, accuracy, and area under the receiver operating characteristic curve.

RESULTS: The agreement of Cobb's angle measurement between the system and the radiologist's calculation was found mostly in grade 1 and 2 scoliosis. Only 2.8% of the results showed a clinically significant angle variability of $>5^\circ$. The diagnostic accuracy metrics of the limited clinical trial in City Mariinsky Hospital (Saint Petersburg, Russia) also proved the reliability of the system, with a sensitivity of 0.97, specificity of 0.88, accuracy (general validity) of 0.93, and area under the receiver operating characteristic curve of 0.93.

CONCLUSION: Overall, the artificial intelligence program can automatically and accurately define the scoliosis grade and measure the angles of spinal curvatures on frontal radiographs.

Keywords: scoliosis; artificial intelligence; spine.

To cite this article:

Kassab DKhI, Kamyshanskaya IG, Trukhan SV. A new artificial intelligence program for the automatic evaluation of scoliosis on frontal spinal radiographs: Accuracy, advantages and limitations. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):243–254. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

Новая интеллектуальная система для автоматической диагностики сколиоза по фронтальным рентгенограммам позвоночника: точность, преимущества и ограничения

Д.Х.И. Кассаb¹, И.Г. Камышанская¹, С.В. Трухан²¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;² Esper LLC, Тверь, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Сколиоз — одна из самых распространённых деформаций позвоночника, которую обычно диагностируют с помощью фронтальных спондилограмм по методу Кобба. Автоматические методы измерения, основанные на искусственном интеллекте, компенсируют многие недостатки стандартных методов и могут значительно сэкономить время врача-рентгенолога.

Цель — проанализировать точность, преимущества и недостатки новой программы искусственного интеллекта при автоматическом определении степени сколиоза и измерении угла Кобба на фронтальных рентгенограммах.

Материалы и методы. Всего исследовано 114 рентгенограмм на предмет соответствия измерений угла Кобба, выполняемых автоматически программой искусственного интеллекта и рентгенологом с использованием метода Бленда-Альмана в программе Microsoft Excel. Кроме того, были проведены клинические испытания точности системы с использованием ограниченных данных (120 рентгенограмм). Точность системы в определении степени выраженности сколиоза оценивали по показателям чувствительности, специфичности, точности и площади под ROC-кривой.

Результаты. Больше согласованности в измерениях угла Кобба, вычисляемых программой искусственного интеллекта и рентгенологом, найдено в группах сколиоза I и II степени. Только в 2,8% случаев наблюдалась клинически значимая разница в измерении углов Кобба (вариабельность $>5^\circ$). Показатели диагностической точности, полученные в ходе ограниченного клинического исследования в городской Мариинской больнице (Санкт-Петербург), также подтвердили надёжность системы: чувствительность составила 0,97, специфичность — 0,88, точность (общая валидность) — 0,93, а площадь под ROC-кривой — 0,93.

Заключение. В целом, программа искусственного интеллекта может автоматически точно определять степень выраженности сколиоза, а также измерять углы искривления позвоночника на фронтальных спондилограммах.

Ключевые слова: сколиоз; искусственный интеллект; позвоночник.

Как цитировать:

Кассаb Д.Х.И., Камышанская И.Г., Трухан С.В. Новая интеллектуальная система для автоматической диагностики сколиоза по фронтальным рентгенограммам позвоночника: точность, преимущества и ограничения // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, №2. С. 243–254. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

用脊柱正面 X 光片自动诊断脊柱侧弯的新型智能系统：准确度、优势和局限性

Dima Kh.I. Kassab¹, Irina G. Kamyshanskaya¹, Stanislau V. Trukhan²¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;² Esper LLC, Tver, Russia

摘要

论证。脊柱侧弯是最常见的脊柱畸形之一，通常使用 Cobb 方法正面 X 光片进行诊断。基于人工智能的自动测量方法弥补了标准方法的许多不足，可以大大节省放射科医生的时间。

目的是分析一种新的人工智能程序在通过自动测量正面 X 光片上的 Cobb 角来评估脊柱侧弯程度方面的准确度和优缺点。

材料和方法。共检查了 114 张 X 光片，以确定人工智能软件自动测量的 Cobb 角与放射科医生使用 Microsoft Excel 中的 Bland-Altman 方法测量的 Cobb 角是否一致。此外，还使用有限的临床数据（120 张 X 光片）进行了临床准确度测试。通过灵敏度、特异性、准确度和 ROC 曲线下面积评估了该系统在确定脊柱侧弯严重程度方面的准确度。

结果。I 度和 II 度脊柱侧弯组中，人工智能程序和放射科医生计算出的 Cobb 角测量值更加一致。只有 2.8% 的病例在 Cobb 角测量值上存在显著的临床差异（差异大于 5°）。在 Mariinsky City Hospital（圣彼得堡）进行的有限临床试验中获得的诊断准确度值也证实了该系统的可靠性：灵敏度为 0.97，特异性为 0.88，准确度（总体有效性）为 0.93，ROC 曲线下的面积为 0.93。

结论。一般来说，人工智能程序可以自动准确地确定脊柱侧弯的严重程度，并利用正面 X 光片测量脊柱弯曲的角度。

关键词：脊柱侧弯；人工智能；脊柱。

引用本文：

Kassab DKhl, Kamyshanskaya IG, Trukhan SV. 用脊柱正面 X 光片自动诊断脊柱侧弯的新型智能系统：准确度、优势和局限性. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):243–254. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

收到: 11.04.2024

接受: 15.05.2024

发布日期: 19.07.2024

论证

脊柱侧弯是所有年龄组中最常见的脊柱畸形之一。脊柱侧弯是指脊柱在冠状面上的侧弯，角度 $\geq 10^\circ$ ，椎体及其后部发生扭转（扭曲）。脊柱侧弯症主要根据正面X光片进行诊断。Cobb法被认为是评估脊柱侧弯畸形角度的黄金标准[1-8]。近年来，许多研究人员正在积极探索使用人工智能（AI）通过各种成像技术评估脊柱侧弯的可能性，利用各种成像技术提供更客观的结果，并减少不同研究人员之间 Cobb 法测量结果的差异[9-14]。

我们开发了一个基于机器学习的新程序。在系统开发的第一阶段，以自动识别椎体的方式训练人工神经网络。为此，我们从数据库（XrSc1）[15] 中选择了 1000 张脊柱图像。对每张 X 光图像进行标记，其中使用四个参考点确定椎体，并对每张图像中的所有胸椎和腰椎体进行编号。经过训练，神经网络能够独立识别椎体及其编号。第二步，自动测量 Cobb 角并确定脊柱侧弯的程度。自动测量 Cobb 角度有三种方法：

- 1) 传统的 Cobb 法，即分别在上下肢椎体的上下边界之间测量脊柱侧弯角；
- 2) 放射科医生实践中使用的方法（特别是在马林斯基市医院，其中脊柱侧弯的角度是在上端椎体和下端椎体闭合板的最大倾斜面之间确定；
- 3) 中线法，即在通过末端椎体中间部分绘制的椎体最大倾斜中线之间确定脊柱侧弯角度。

我们测试了新的自动系统在测量 Cobb 角和确定脊柱侧弯程度方面的准确性。

目的

分析新型人工智能程序在脊柱侧弯程度自动检测和脊柱前路片Cobb角测量中的准确性和优缺点程序。

材料与方

研究设计

本研究是一项观察性回顾性单一中心回顾性随机非对照研究。

研究描述和统计分析

为了评估新型人工智能程序在测量 Cobb 角方面的可靠性，我们从 XrSc1 数据库（测试集 1）[15] 中选取了 114 张数字脊柱和胸部 X 光片。该这个数据库包括2500多张图片。因此，我们可以使用不同的数据集来训练和测试系统。我们使用 Microsoft Excel 中的 Bland-Altman 方法检查了程序和放射科医生测量的 Cobb 角的一致性。计算了两种技术

的平均差（“系统差”）和 95% 的置信区间（2 个标准差，SD）。仅比较了使用两种技术（放射科医生和人工智能）测量的角度。

在圣彼得堡 City Mariinsky Hospital 机构进行了初步临床和技术试验，以测试将新方案引入医疗实践的可行性。本研究从 City Mariinsky Hospital 和 G.A. Albrecht Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation 档案库（测试集 2）中共选取了 120 张射线照片。

通过计算ROC曲线下面积以及敏感性、特异性和准确性等参数，测试了该系统在确定脊柱侧弯程度方面的可靠性。这些参数的计算公式如下（其中 TP、TN、FP 和 FN 分别指真阳性、真阴性、假阳性和假阴性结果）：

- 敏感性 — $\frac{TP}{TP + FN}$ ；
- 特异性 — $\frac{TN}{TN + FP}$ ；
- 精确度 — $\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$ 。

数据集 1 和 2 中的 X 光片由两名放射科医生进行评估，其中一名放射科医生拥有 25 年以上的经验，另一名放射科医生拥有 9 年以上的经验。

结果

研究对象

在测试组 1 中，根据脊柱侧凸的严重程度（根据俄罗斯政府第 565¹ 号法令），将放射线照片分为以下四组：

- - I 度 — $5^\circ \sim 10^\circ$ ，16%；
- - II 度 — $11^\circ \sim 25^\circ$ ，15%；
- - III 度 — $26^\circ \sim 50^\circ$ ，16%；
- - IV 度 — $> 50^\circ$ ，16%。

在此分类中加入了“正常”组（0 度； $< 5^\circ$ ，37%）。此外，还对临床医生和人工智能系统发现的 179 个角度（ $5.1^\circ \sim 91.3^\circ$ ）进行了分析和比较。

对于该系统的初步临床和技术测试，测试集 2 被分为数量相等的图像组、正常组和病理（脊柱侧弯）组，每组 60 张照片。有脊柱侧弯的照片按照脊柱侧弯的程度（I~IV）分布，每个程度 15 张照片。

研究的主要结果

人工智能和放射科医生的Cobb角测量结果一致，主要体现在I级和II级脊柱侧凸。在这种情况下，测

¹ 关于批准《军事医学专家条例》的俄罗斯联邦第565号政府令（2013年7月4日）。访问方式：<http://government.ru/docs/all/87900/>

量的平均差异分别为0.10和0.46，SD值分别为1.29和1.73。在所有脊柱侧弯程度的病例中，95%的病例采用两种技术测量的角度相差小于4.5°，但III级脊柱侧弯组除外，其95%置信区间为-6.60°至7.85°。该组患者的SD值也最高(3.69°)。每个脊柱侧弯程度数据的统计分析结果如图1和图2 (Bland-Altman图) 以及表1所示。只有2.8%的结果在临床上不令人满意(变异度大于5°)。

在 City Mariinsky Hospital (测试集 2) 中进行的初步临床和技术试验的诊断准确性评分也证实了该系统在确定脊柱侧弯程度方面的可靠性：

- - 灵敏度为 0.97
- - 特异性为 0.88；
- - 准确性（整体有效性）为 0.93；
- - ROC 曲线下面积为 0.93（图 3）。

人工智能程序分析每张图像的平均时间为 5 秒。获得的结果证实了该系统在确定脊柱侧弯程度方面的有效性。

讨论

研究主要结果概述

这项研究的大部分是在一家医院进行的，作为征兵体检委员会多次体检的一部分，该医院对征兵年龄段的人进行脊柱侧弯检测。因此，根据第565号联邦法令对测试集1和2中的射线照片进行了分类。根据这一分类，脊柱任何小于10°的轻微弯曲都被视为一级脊柱侧弯。

从数字脊柱侧凸图自动评估脊柱侧凸的新系统（人工智能程序）可帮助放射科医生快速准确地

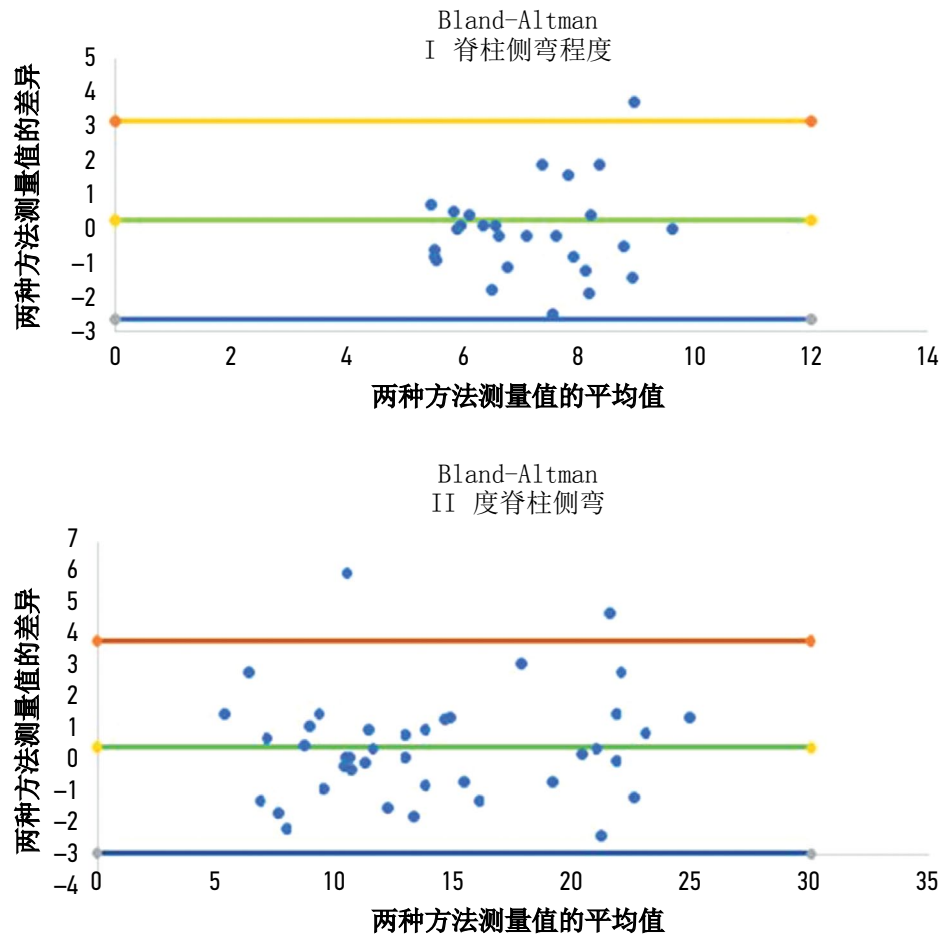


图 1. 根据 Bland-Altman 方法进行测量的结果。在脊柱侧凸 I 度和 II 度的 X 光片上使用两种方法测量 Cobb 角的一致性。

表 1. 评价不同程度脊柱侧弯两种Cobb角测量方法一致性的统计参数

参数	I 级脊柱侧凸	II 度脊柱侧凸	III 度脊柱侧凸	IV 度脊柱侧凸
平均差	-0.10	0.46	0.62	0.00
标准偏差	1.29	1.73	3.69	2.32
置信区间上限	2.43	3.84	7.85	4.56
置信区间下限	-2.63	-2.93	-6.60	-4.55

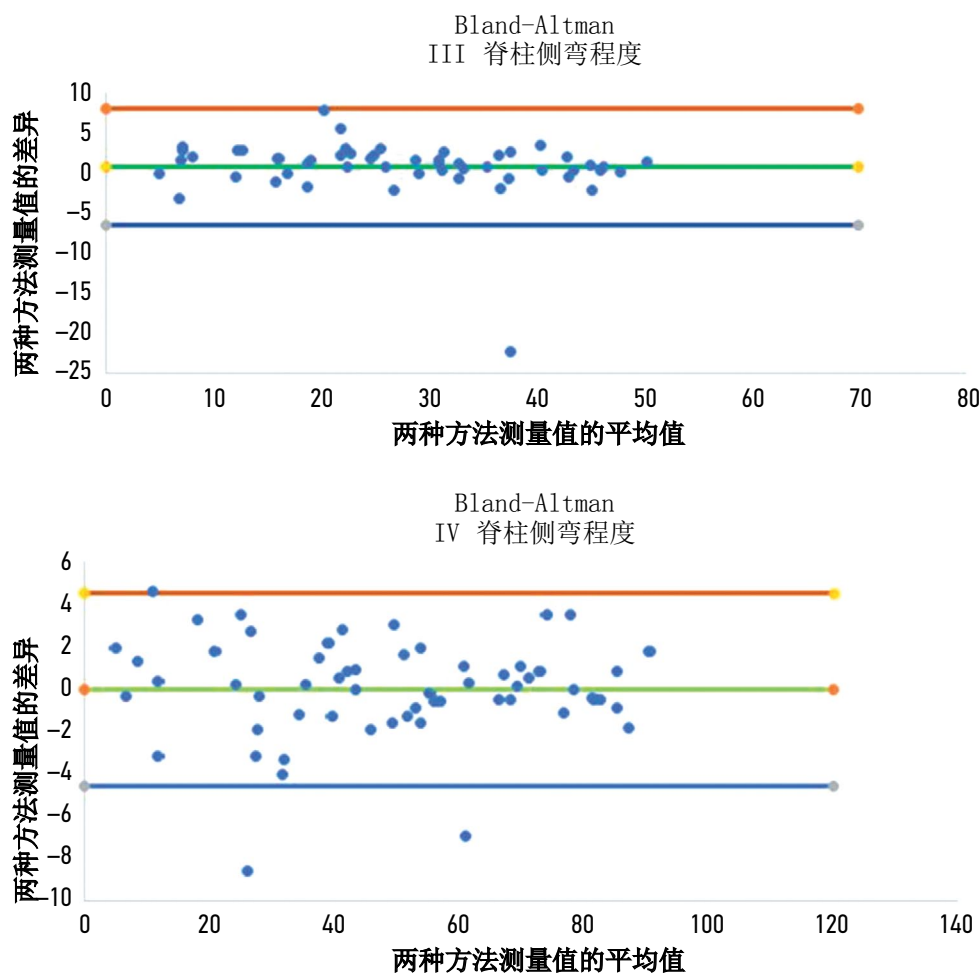


图 2. 使Bland-Altman 方法测量的结果。使用两种方法对 IV 度脊柱侧凸的 X 光片进行 Cobb 角测量的一致性。

确定脊柱侧凸的程度并测量 Cobb 角，特别是在大规模脊柱侧弯筛查和医疗机构工作量大的情况下。在这些情况下，放射科医生可以将新的人工智能程序作为诊断脊柱侧弯的客观工具，提高诊断的准确性，因为当医生使用相同的工具时，可

以避免结果的可变性。此外，该程序还能大大节省放射科医生分析射线照片所需的时间。此外，人工智能程序计算的 Cobb 角测量结果也令人满意。在大多数情况下，Cobb 角的测量结果没有明显差异。图 4 显示了人工智能的操作示例。

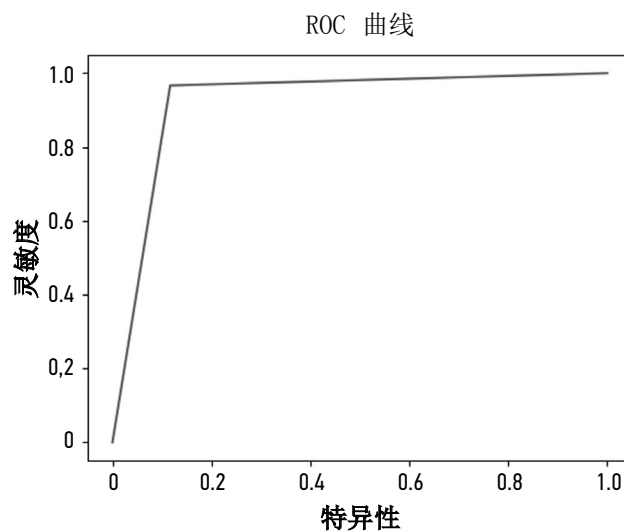


图 3. 在 ROC 曲线上确认新人工智能程序在确定脊柱侧弯程度方面的准确性。

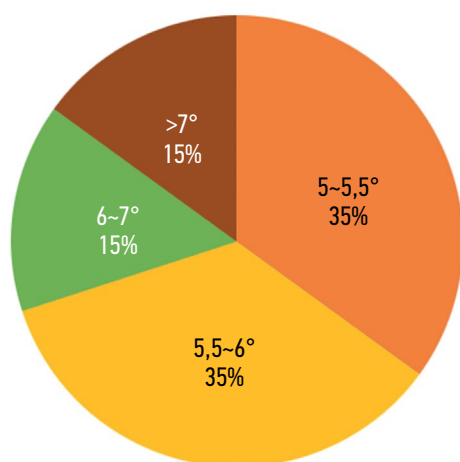


图 8. 人工智能在正常 X 光片上测量的 Cobb 角分布（无脊柱侧弯的 X 光片组）

移位超过中线以及椎体变形。在这种情况下，椎骨的正常形状发生了变化，其身体的边界变得不那么清晰（图 9）。

在某些情况下，程序诊断 III 或 IV 级脊柱侧弯的准确性并不会受到程序和放射科医生之间 Cobb 角测量值显著差异的影响。通常，在评估继发性脊柱弯曲时会出现此类错误（图 10）。

另一个局限是，拟议的人工智能程序只能用于评估正面射线照片。该程序无法检测侧位 X 光片和计算机断层扫描等其他检查中的脊柱弯曲。

放射科医生直接使用该程序可以消除上述大部分错误，因为该程序能够修改椎体标记以获得更准确的结果。即使放射科医生对程序自动进行的椎体标记进行修改，放射科医生获得结果所需的时间也比传统的 Cobb 法脊柱测量要少得多。此外，我们相信，如果人工智能程序系统能提供更多的数据，未来的椎体标记可能会更加准确。

结论

自动系统（人工智能程序）可作为一种可靠的客观工具，用于确定脊柱侧弯的程度和测量脊柱正面射线照片上的 Cobb 角，大大节省了放射科医生的时间。可能影响程序结果的主要因素是 X 线照片的质量和椎骨标记的准确性。在实际使用人工智能程序时可以考虑这些因素，因为放射医师可以调整椎体标记，获得更准确的结果。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

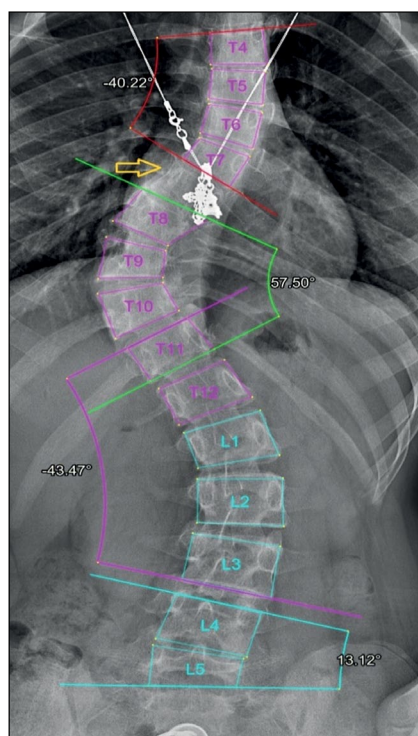


图 9. 脊柱侧弯 III 级和 IV 级患者 X 光片上的椎体标记特征。由于椎体形状不典型，导致椎骨定义和编号错误（黄色箭头）。

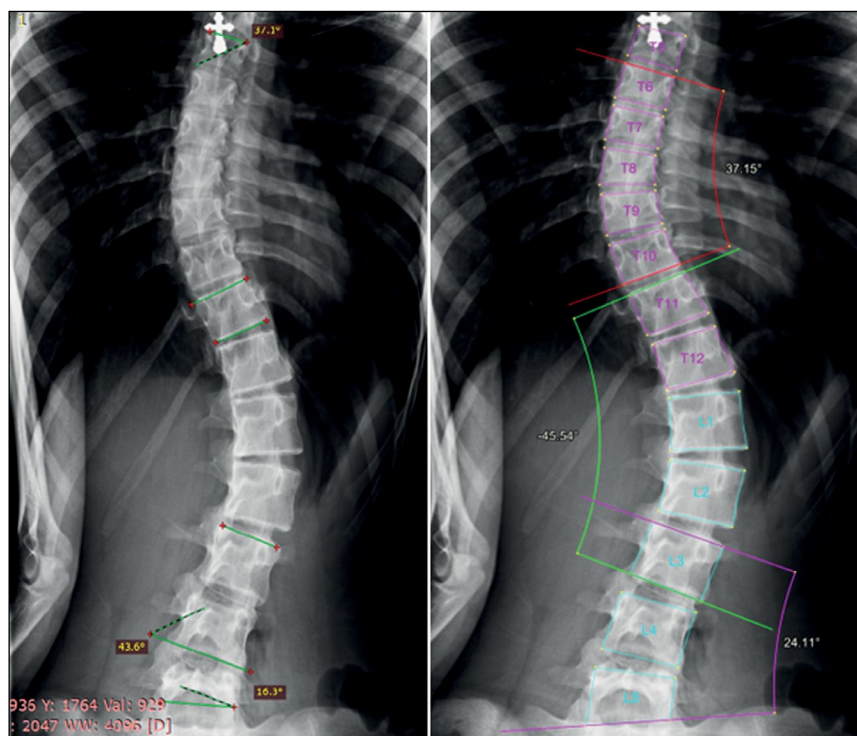


图 10. 由放射科医生（左）和人工智能（右）诊断的 III 级脊柱侧弯。腰椎曲度测量的显著差异（7.8°）并不影响脊柱侧弯的总体评分。

D.Kh.I. Kassab — literature review, collection and analysis of literary sources, writing the text and editing the article, statistical analysis;
I.G. Kamyshanskaya — research concepts, data collection, analysis

and review of the results, organizing communications between co-authors, writing the text, editing the article; S.V. Trukhan — program creation, research concepts and statistical analysis.

REFERENCES

1. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis*. 2018;3(13). doi: 10.1186/s13013-017-0145-8
2. Birchenko NS. On the asymmetry of right and left leg loading in children with scoliosis. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2005;(4):9–12. (In Russ). EDN: IUMILP
3. Mironov SP, editor. *Orthopedics. Clinical Guidelines*. Moscow: GEOTAR-Media; 2018. (In Russ).
4. Kotel'nikov GP, Lartsev YuV, Ryzhov PV. *Traumatology and Orthopedics. 2nd edition, revised*. Moscow: GEOTAR-Media; 2021. (In Russ).
5. Lenke CL. Revised glossary of terms [Internet]. Milwaukee, WI: Scoliosis Research Society; c2023 [cited 2023 Jun 05]. Available from: <https://www.srs.org/professionals/online-education-and-resources/glossary/revised-glossary-of-terms>
6. O'Brien MF, Kuklo TR, Blanke KM, et al. *Radiographic Measurement Manual. Spinal Deformity Study Group*. Miami, Florida: Medtronic Sofamor Danek USA; 2008.
7. Malfair D, Flemming AK, Dvorak MF, et al. Radiographic evaluation of scoliosis: review. *American journal of roentgenology*. 2010;194(3):8–22. doi: 10.2214/AJR.07.7145
8. Imhof H, Halpern B, Herneth AM, et al. *Direct diagnosis in radiology. Spinal imaging. 2nd ed*. Thieme; 2021.
9. Kaul V, Enslin S, Gross SA. History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointest Endosc*. 2020;92(4):807–812. doi: 10.1016/j.gie.2020.06.040
10. Padalko MA, Orlov SV, Naumov AM, Nazarikov SI, Lushnikov AA. *Automatic system for determining the angles of scoliotic deformity of the human spine*. Vestnik IKBFU. Physics, mathematics, and technology. 2019;(3):55–68. EDN: WMPiXX
11. Lein GA, Nechaeva NS, Mammadova GM, Smirnov AA, Statsenko MM. Automation analysis X-ray of the spine to objectify the assessment of the severity of scoliotic deformity in idiopathic scoliosis: a preliminary report. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2020;8(3):317–326. EDN: SJOTEB doi: 10.17816/PTORS34150
12. Khanal B, Dahal L, Adhikari P, et al. Automatic Cobb angle detection using vertebra detector and vertebra corners regression. Cai Y, Wang L, Audette M, et al. *Computational methods and clinical applications for spine imaging. Lecture Notes in Computer Science*. Switzerland: Springer Nature, 2020. P:81–87.
13. Horng M, Kuok S, Fu M, et al. Cobb angle measurement of spine from X-Ray images using convolutional neural network. *Computational and mathematical methods in medicine*. 2019;2019. doi: 10.1155/2019/6357171
14. Pan Y, Chen Q, Chen T, et al. Evaluation of a computer-aided method for measuring the Cobb angle on chest X-rays. *Eur Spine journal*. 2019;28(12):3035–3043. doi: 10.1007/s00586-019-06115-w
15. Patent RUS database registration № 2022620577/ 17.03.2022. Kassab DKhI, Kamyshanskaya IG, Cheremisin VM, Cheremisin AA. *A database of spinal radiographs with different degrees of scoliosis (XrScl)*. (In Russ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Negrini S., Donzelli S., Aulisa A.G., et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth // *Scoliosis*. 2018. Vol. 3, N 13. doi: 10.1186/s13013-017-0145-8
2. Бирченко Н.С. Об асимметрии нагружения правой и левой ноги у детей, больных сколиозом // *Фундаментальные исследования*. 2005. № 4. С. 9–12. EDN: IUMILP
3. Ортопедия. Клинические рекомендации / под ред. С.П. Миронова. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018.
4. Котельников Г.П., Ларцев Ю.В., Рыжов П.В. *Травматология и ортопедия*. Издание 2-е, переработанное. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2021.
5. Lenke C.L. Revised glossary of terms [Internet]. Milwaukee, WI : Scoliosis Research Society; c2023 [дата обращения: 05.06.2023]. Доступ по ссылке: <https://www.srs.org/professionals/online-education-and-resources/glossary/revised-glossary-of-terms>
6. O'Brien M.F., Kuklo T.R., Blanke K.M., et al. *Radiographic Measurement Manual. Spinal Deformity Study Group*. Miami, Florida : Medtronic Sofamor Danek USA, 2008.
7. Malfair D., Flemming A.K., Dvorak M.F., et al. Radiographic evaluation of scoliosis: review // *American journal of roentgenology*. 2010. Vol. 194, N 3. P. 8–22. doi: 10.2214/AJR.07.7145
8. Imhof H., Halpern B., Herneth A.M., et al. *Direct diagnosis in radiology. Spinal imaging. 2nd ed*. Thieme, 2021.
9. Kaul V., Enslin S., Gross S.A. History of artificial intelligence in medicine // *Gastrointest Endosc*. 2020. Vol. 92, N 4. P. 807–812. doi: 10.1016/j.gie.2020.06.040
10. Падалко М.А., Орлов С.В., Наумов А.М., Назариков С.И., Лушников А.А. Автоматическая система определения углов сколиотической деформации позвоночника человека // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: физико-математические и технические науки*. 2019. № 3. С. 55–68. EDN: WMPiXX
11. Леин Г.А., Нечаева Н.С., Мамедова Г.М. Автоматизация анализа рентгенограмм позвоночника для объективизации оценки степени тяжести сколиотической деформации при идиопатическом сколиозе (предварительное сообщение) // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2020. Т. 8, № 3. С. 317–326. EDN: SJOTEB doi: 10.17816/PTORS34150

12. Khanal B., Dahal L., Adhikari P., et al. Automatic Cobb angle detection using vertebra detector and vertebra corners regression. Cai Y, Wang L, Audette M, et al. Computational methods and clinical applications for spine imaging. Lecture Notes in Computer Science. Switzerland : Springer Nature, 2020. P. 81–87.

13. Horng M., Kuok S., Fu M., et al. Cobb angle measurement of spine from X-Ray images using convolutional neural network // Computational and mathematical methods in medicine. 2019. Vol. 2019. doi: 10.1155/2019/6357171

14. Pan Y., Chen Q., Chen T., et al. Evaluation of a computer-aided method for measuring the Cobb angle on chest X-rays // Eur Spine journal. 2019. Vol. 28, N 12. P. 3035–3043. doi: 10.1007/s00586-019-06115-w

15. Патент РФ на регистрацию базы данных № 2022620577/17.03.2022. Касса́б Д.Х.И., Ка́мышанская И.Г., Че́ремисин В.М., Че́ремисин А.А. База данных рентгенограмм позвоночника со сколиозом различных степеней (XrScl).

AUTHORS' INFO

*** Dima Kh. I. Kassab, MD;**

address: 1 Yasnaya Str., Ropsha, Leningrad Region, 188514, Russia;

ORCID: 0000-0001-5085-6614;

eLibrary SPIN: 4907-7850;

e-mail: DimaKK87@gmail.com

Irina G. Kamyshanskaya, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor;

ORCID: 0000-0002-8351-9216;

eLibrary SPIN: 2422-5191;

e-mail: irinaka@mail.ru

Stanislau V. Trukhan;

ORCID: 0000-0003-0688-0988;

e-mail: stas.truhan@gmail.com

ОБ АВТОРАХ

*** Касса́б Дима Халед Ибрагим;**

адрес: Россия, Ленинградская область, 188514, пос. Ропша, ул. Ясная, д. 1;

ORCID: 0000-0001-5085-6614;

eLibrary SPIN: 4907-7850;

e-mail: DimaKK87@gmail.com

Ка́мышанская Ирина Григорьевна, д-р. мед. наук, доцент;

ORCID: 0000-0002-8351-9216;

eLibrary SPIN: 2422-5191;

e-mail: irinaka@mail.ru

Трухан Станислав Вячеславович;

ORCID: 0000-0003-0688-0988;

e-mail: stas.truhan@gmail.com

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку