



Analisis Perbedaan Antropometri Vertebra Thorax (T12) antar Kelompok Usia dengan menggunakan Image CT Scan: Pendekatan Teknik *Geometric Morphometric*

Lutfi Gilangnugraha¹, Afiana Rohmani², Arief Tajally³

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Semarang, Indonesia

Alamat: Jl. Kedungmundu Raya No. 18 Semarang, 50273, Indonesia

Korespondensi penulis: gilangnugraha111@gmail.com*

Abstract. *The role of forensic anthropology is to identify the unknown skeletal remains to assist in criminal investigation. Age estimation is one of the essential aspects of individual identification. Geometric morphometric is a technique to quantify the morphological of an object using the Cartesian coordinates of anatomical landmarks. There were no studies doing on the T12 vertebra for identification purposes using geometric morphometric techniques. This is an analytic observational study with a retrospective cross sectional study design. Samples were taken from 100 CT scan images at Radiology departement of Dr Kariadi hospital. The age groups as independent variable, while both centroid size which represent the size and Principal component (PCs) which represent the size as the dependent variable. The differences between age group were analyzed using one way ANOVA test. There was a significant difference between age groups in the size of the T12 vertebra with p value = 0.003 ($p < 0.05$). There was no significant difference in size between age groups in size, with p value = 0,149 ($p > 0,05$). Using the Geometric morphometric approach, the vertebra T12 showed significant difference in size.*

Keywords: *Centroid size, Geometric morphometric, Principal component, Vertebra T12*

Abstrak. Bidang antropologi forensik berkaitan dengan identifikasi kerangka untuk membantu kasus penyelidikan korban yang tidak diketahui identitasnya. Estimasi usia merupakan salah satu aspek penting pada identifikasi individu. *Geometric Morphometric* adalah analisis untuk mengetahui secara kuantitatif *morphology* suatu objek yang berbasis titik Kartesian Koordinat pada *landmark*. Belum ada penelitian sebelumnya yang menggunakan teknik *geometric morphometric* pada vertebra T12 untuk menganalisis perbedaan antar kelompok usia. Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan rancangan penelitian *cross sectional* pendekatan retrospektif. Sampel diambil dari 100 sampel image CT scan diunit Radiologi RSUP dr Kariadi. Kelompok usia sebagai variabel bebas. *Centroid size* yang menggambarkan ukuran (*size*), dan *Principal Component (PC)* yang menggambarkan bentuk (*shape*) sebagai variabel terikat. Analisis perbedaan antar kelompok usia menggunakan analisis *one way ANOVA*. Terdapat perbedaan ukuran (*size*) vertebra T12 yang signifikan antara kelompok usia dengan p value = 0,003 ($p < 0,05$). Terdapat perbedaan bentuk (*shape*) yang tidak signifikan antara kelompok usia dengan p value = 0,149 ($p > 0,05$). Menggunakan teknik analisis *Geometric Morphometric* terdapat perbedaan vertebra T12 antara kelompok usia pada aspek ukuran (*size*), bukan pada aspek bentuk nya (*size*).

Kata kunci: Komponen utama, Morfometri geometris, Ukuran pusat, Vertebra T12

1. LATAR BELAKANG

Identifikasi forensik bertujuan untuk membantu penyidik menentukan identitas seseorang melalui kerangka tubuh, yang dapat memberikan informasi mengenai ras, jenis kelamin, usia, dan perkiraan tinggi badan (Lio et al., 2017). Identifikasi usia biasanya dilakukan menggunakan tulang yang telah dibersihkan dari jaringan lunak. Penelitian oleh Arquez Grant (2015) menunjukkan bahwa tulang punggung, rahang bawah, dan tengkorak adalah bukti kuat untuk mengidentifikasi jenis kelamin, usia, dan ras (Fauad et al., 2021). Dalam penyelidikan forensik, tidak selalu ditemukan semua tulang dalam kondisi utuh;

terkadang hanya ditemukan sebagian tulang, atau tulang yang masih dilapisi jaringan lunak (Lio et al., 2017).

Vertebra thoracalis dan lumbalis bagian bawah sering ditemukan utuh dalam kerangka arkeolog dan dapat menunjukkan perbedaan signifikan terkait jenis kelamin dan usia, dengan keberhasilan mencapai 88,6% (Zheng et al., 2012). Sebelum penelitian tahun 2011 oleh Pastor, tidak ada laporan yang menunjukkan bahwa vertebra thoracalis 12 (T12) bisa digunakan untuk penilaian jenis kelamin dan usia (Zheng et al., 2012). T12 mudah diidentifikasi dalam kerangka yang tidak utuh karena morfologinya yang unik sebagai vertebra transisional antara thoracalis dan lumbalis (N et al., 2017). Vertebra ini penting dalam menopang beban tubuh dan sering mengalami ketidakstabilan karena proses degeneratif yang meningkat seiring bertambahnya usia, sehingga T12 dapat digunakan sebagai alternatif untuk penelitian usia (Seher Yılmaz, Demet Ünalmış, dan Adem Tokpınar, 2020).

Menurut Franklin (2013), penggunaan CT dan MRI dalam antropologi forensik menghasilkan deskripsi yang lebih rinci tentang struktur internal dan eksternal anatomi, memberikan hasil yang lebih baik (Teodoru-Raghina, Perlea, dan Marinescu, 2017). CT scan menawarkan keunggulan seperti gambar yang lebih akurat, rekonstruksi multilayer, prosedur persiapan tulang yang lebih cepat, dan sifatnya yang non-invasif. Penelitian ini menganalisis morfologi vertebra thoracalis 12 (T12) untuk menentukan perbedaan morfologi yang signifikan menggunakan metode geometric morphometric berdasarkan data gambar CT scan, dengan kategori usia dikelompokkan menjadi 20–39, 40–59, dan 60–79 tahun.

2. KAJIAN TEORITIS

Penelitian ini membahas peran identifikasi forensik menggunakan kerangka tubuh dalam menentukan identitas individu, seperti jenis kelamin, usia, dan ras. Identifikasi usia dalam forensik biasanya dilakukan menggunakan tulang yang telah dibersihkan dari jaringan lunak, dengan vertebra thoracalis dan lumbalis, khususnya vertebra thoracalis 12 (T12), sering digunakan sebagai indikator karena morfologi uniknya yang merupakan transisi antara vertebra thoracalis dan lumbalis. Penelitian menunjukkan bahwa T12 dapat memberikan informasi signifikan mengenai usia dan jenis kelamin karena perubahan degeneratif yang terjadi seiring bertambahnya usia. Metode yang digunakan termasuk teknik geometric morphometric berdasarkan data gambar CT scan, yang menawarkan keuntungan seperti rekonstruksi multilayer yang lebih akurat dan prosedur persiapan yang lebih cepat dan non-invasif. Studi sebelumnya oleh Franklin (2013) mendukung penggunaan CT dan MRI dalam

antropologi forensik karena kemampuannya untuk memberikan deskripsi rinci tentang struktur internal dan eksternal tulang, meningkatkan keakuratan identifikasi forensik (Teodoru-Raghina et al., 2017). Dengan demikian, penggunaan vertebra thoracalis 12 dan teknologi pencitraan modern dalam forensik memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi identifikasi individu berdasarkan kerangka tubuh.

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah analitik observasional yang menerapkan pendekatan metode *cross sectional* dengan pendekatan *retrospektif*. Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2021 hingga Agustus 2022 yang pengambilan sampel dilakukan di RSUP Dr. Kariadi Semarang. Populasi terjangkau dalam penelitian ini pasien yang ada di RSUP Dr. Kariadi Semarang di bagian radiologi yang memiliki riwayat pemeriksaan CT scan regio vertebra toraks pada tahun 2018 – 2022. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik non *probability sampling* dengan pendekatan *purposive sampling* yaitu teknik pengambilan sampel data dengan pertimbangan tertentu karena tidak semua sampel memiliki kriteria yang sesuai dengan fenomena yang diteliti. Jumlah sampel yang diambil untuk penelitian ini dihitung dengan rekomendasi (Zelditch et al., 2004), yaitu minimal 3x jumlah *free landmark*. Hal ini dapat diterapkan untuk menganalisis perbedaan bentuk dan *kovariance*-nya secara *statistic*, sehingga didapatkan jumlah sampel minimal untuk analisis bentuk sebagai berikut: $3 \times \text{jumlah landmark} = 3 \times 27 = 81$ sampel. Pada penelitian ini menggunakan 100 sampel dari 116 sampel, 16 sampel tidak dapat digunakan karena ada *missing file* sehingga tidak dapat dijadikan bentuk 3 dimensi. Analisis univariat untuk mengetahui klasifikasi usia sedangkan analisis multivariat menggunakan uji *oneway ANOVA*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memuat proses pengumpulan data, rentang waktu dan lokasi penelitian, dan hasil analisis data (yang dapat didukung dengan ilustrasi dalam bentuk tabel atau gambar, bukan data mentah, serta bukan dalam bentuk *printscreen* hasil analisis), ulasan tentang keterkaitan antara hasil dan konsep dasar, dan atau hasil pengujian hipotesis (jika ada), serta kesesuaian atau pertentangan dengan hasil penelitian sebelumnya, beserta interpretasinya masing-masing. Bagian ini juga dapat memuat implikasi hasil penelitian, baik secara teoritis maupun terapan. Setiap gambar dan tabel yang digunakan harus diacu dan diberikan penjelasan di dalam teks, serta diberikan penomoran dan sumber acuan. Berikut ini diberikan contoh tata cara penulisan subjudul, sub-subjudul, sub-sub-subjdul, dan seterusnya.

Hasil

1. Analisis Univariat

Tabel 1. Klasifikasi usia berdasarkan kelompok

Usia	Frekuensi	%
20-39 tahun	20	20%
40-59 tahun	68	68%
60-79 tahun	12	12%
Total	100	100%

Berdasarkan tabel data sampel image CT scan menunjukkan kategori usia paling banyak didapatkan pada kategori usia 40 – 59 tahun dengan presentase 68% sedangkan untuk kategori umur 20 – 39 tahun sebesar 20%, dan kategori umur 60 – 79 tahun dengan presentasi terendah yaitu 12%.

2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas yakni usia, dengan *centroid size* dan *shape* (PC1 dan PC2) dianalisis menggunakan uji *one way ANOVA* pada aplikasi SPSS.

a) *Centroid size* terhadap kelompok usia

Tabel 2. Analisis *centroid size* terhadap usia

Usia	Rata-rata	Minimal	Maksimal
20-39 tahun	13.09859	11.99398	14.10534
40-59 tahun	12.57529	11.13749	14.72819
60-79 tahun	13.25428	11.60995	15.24449

Berdasarkan tabel 2 didapatkan hasil bahwa usia 60-79 tahun memiliki *centroid size* terbesar dari kedua kelompok dengan rata-rata 13.25428 cm, kemudian usia 20-39 tahun memiliki rata-rata 13.09859 dan usia 40-59 tahun memiliki rata-rata 12.57529.

Tabel 3. Hasil uji normalitas *Kolmogorov Smirnov* dan uji homogenitas *Levene* dari *centroid size* terhadap kelompok usia.

Usia	<i>Kolmogorov Smirnov</i>	<i>Levene</i>	<i>ANOVA</i>
	Sig.	Sig.	p
20-39 tahun	0.200		
40-59 tahun	0.200	0.148	0,003
60-79 tahun	0.200		

Berdasarkan tabel 3 diperoleh, p value untuk *centroid size* diatas yaitu p value = 0.200 ($p > 0.05$). Sehingga *centroid size* pada tiap kelompok usia dapat dikatakan terdistribusi normal. Uji homogenitas *Levene test* pada tabel 3 diketahui bahwa varian antar kelompok usia adalah homogen, dengan p value = 0.148 ($p > 0.05$), sehingga dikatakan bahwa data homogen. Dari hasil uji asumsi klasik dengan uji normalitas berupa uji *Kolmogorov-Smirnov* dan uji homogenitas *Levene test* didapatkan data normal dan homogen sehingga dapat dilakukan dengan uji *one way ANOVA*.

Berdasarkan hasil uji *oneway ANOVA*, diperoleh hasil p value = 0.003 ($p < 0.05$), sehingga dapat dikatakan bahwa *centroid size* pada antar kelompok usia memiliki perbedaan yang signifikan.

b) Shape (PC 1 dan PC 2)

Tabel 4. Hasil uji nomalitas *Kolmogorov Smirnov* dari size vertebra thoracalis 12 terhadap kelompok usia.

		<i>Kolmogorov Smirnov</i>	<i>Levene Test</i>
Usia		p	p
PC1	20-39 tahun	0.018	0.769
	40-59 tahun	0.033	
	60-79 tahun	0.152	
PC2	20-39 tahun	0.065	0.769
	40-59 tahun	0.200	
	60-79 tahun	0.200	

Berdasarkan uji normalitas, p-value untuk variasi bentuk PC1 adalah 0.769 ($p < 0.05$) dan untuk PC2 adalah 0.769 ($p > 0.05$), menunjukkan bahwa PC2 terdistribusi normal pada setiap kelompok usia, sedangkan PC1 tidak, sehingga PC1 tidak memenuhi syarat untuk analisis *ANOVA*. Uji homogenitas dengan *Levene test* menunjukkan varian antar kelompok usia adalah homogen dengan p-value 0.766 untuk PC1 dan 0.769 untuk PC2 ($p > 0.05$). Dari hasil uji asumsi klasik, diketahui bahwa data PC1 tidak terdistribusi normal namun homogen, sehingga digunakan analisis *Kruskal-Wallis*. Sementara itu, data PC2 yang terdistribusi normal dan homogen memungkinkan penggunaan *one-way ANOVA* dengan hasil berikut:

Tabel 5. Hasil uji *one way ANOVA* PC2 terhadap kelompok usia

	Sig
ANOVA PC2)	0.149
Kruskal-Wallis H (PC1)	0.006

Berdasarkan tabel 5 dapat disimpulkan bahwa variasi bentuk PC2 tidak ada perbedaan signifikan pada antar kelompok usia dikarenakan $p\text{ value} = 0.149$ ($p > 0.05$). Sedangkan untuk variasi bentuk PC1 $p\text{ value} = 0.006$ ($p < 0,05$).

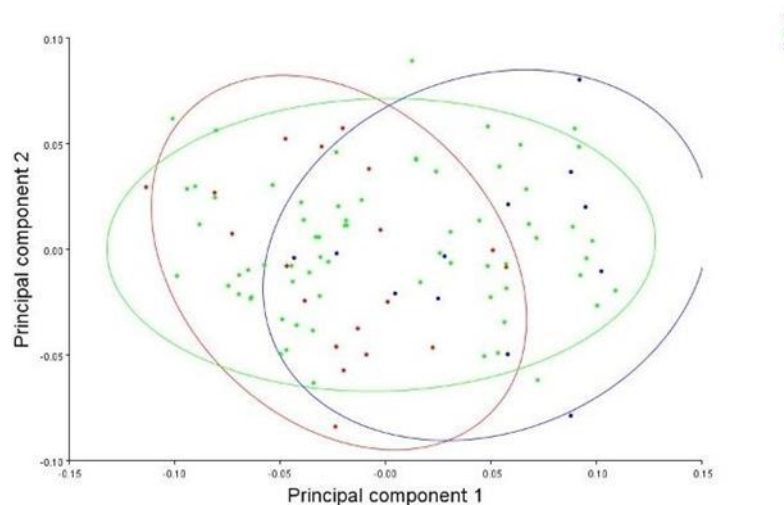
Pembahasan

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui perbedaan bentuk dan ukuran tulang vertebra *thoracalis* 12 antara kelompok umur, yang dapat digunakan sebagai acuan identifikasi di bidang ilmu forensik. Hasil analisis pada sampel CT scan image pada pasien di RSUP Dr Kariadi Semarang ini didapatkan bahwa ukuran vertebra *thoracalis* 12 terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok umur, dengan nilai $p = 0.003$ ($p < 0.05$). Sedangkan untuk bentuk (*shape*) dari vertebra T12, tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelompok umur.

Variabel ukuran (*size*) didapatkan dari pengukuran *centroid size* yang merupakan *output* dari analisis tehnik *Geometric Morphometric* menggunakan *software* MorphoJ. Beberapa penelitian menyatakan bahwa ukuran lebih menunjukkan perbedaan bermakna antara usia, dibandingkan *variable shape* (Noble *et al.*, 2019). Perbedaan ukuran tulang antara usia muda dan tua dipengaruhi pada masa pertumbuhan organ tulang. Selain itu perbedaan ukuran tulang dapat dipengaruhi berbagai macam faktor seperti faktor *genetic*, ras, faktor gizi serta nutrisi, penyakit, status ekonomi sosial dan juga aktifitas fisik dapat menyebabkan hal tersebut terjadi (Badr El Dine and El Shafei, 2015).

Hubungan antara *centroid size* vertebra *thoracalis* 12 dan juga perbedaan usia, dimana rerata *centroid size* paling besar ada pada kelompok 60 – 79 tahun dimana setiap individu pasti akan mengalami penuaan, sehingga perbedaan *centroid size* tersebut kebanyakan terjadi dikarenakan oleh perubahan faktor degenerative dan adanya pembentukan osteofit (Levine, Paulsen and Zhang, 2012). Osteofit adalah pembentukan tulang dan tulang rawan yang baru pada sekitar persendian (Zaki, 2013). Hal ini juga sesuai dengan penelitian oleh Tristan tahun 2012 dimana pada penelitian tersebut terdapat hasil bahwa adanya peningkatan ukuran *endplate vertebral body* dikarenakan adanya pertumbuhan osteofit. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa *endplate vertebral body* menjadi lebih cekung seiring bertambahnya usia sebagai hasil dari penurunan integritas struktural dari vertebral body itu sendiri. Selama proses penuaan terjadi pelebaran tulang belakang dikarenakan adanya reaksi fisiologis untuk mengkompensasi penurunan kekakuan akibat degradasi tulang (Levine, Paulsen and Zhang, 2012).

Penelitian ini menggunakan teknik *Geometric Morphometric* untuk menganalisis bentuk (*shape*) suatu objek. Bentuk (*shape*) merupakan variabel kompleks sebab terdiri dari suatu set variabel yaitu nilai titik koordinat x, y dan z untuk 3 dimensi (3D), atau x, y untuk 2 dimensi (2D) pada tiap titik *landmark*nya. Teknik GM menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) yang dapat menyederhanakan variabel bentuk menjadi beberapa *variable* baru yang dinamakan *Principal Component* (PC). PC menggambarkan variasi bentuk suatu objek dalam populasi sampel. PC1 merupakan variasi bentuk terbanyak dari keseluruhan bentuk tulang yang diteliti, PC2 merupakan variasi *shape* terbanyak kedua dan seterusnya.



Gambar 1. Grafik axis PC1 dan PC2 antar kelompok usia

Penelitian ini menggunakan PC1 dan PC2 untuk variabel bentuk. Melalui MorphoJ variasi bentuk tulang vertebra T12 pada PC1 didapatkan 21.52% dari keseluruhan sampel, sedangkan PC2 menggambarkan 9.06% dari keseluruhan variasi. Grafik pada gambar 4.2 Merupakan grafik axis PC1 dan PC2, dengan kurva elips menggambarkan *mean* dari sampel berdasarkan kelompok umur. *Ellips* antar kelompok umur saling tindih satu sama lain, artinya tidak ada perpisahan antar *ellips* ini. Dengan kata lain tidak ada perbedaan bentuk tulang vertebra T12 antar kelompok umur.

Beberapa kelemahan penelitian ini bahwa sampel yang didapat dimungkinkan kurang sehingga kurang dapat menggambarkan perbedaan variasi bentuk tulang antar kelompok. Disamping itu penelitian ini belum dapat menampilkan visualisasi bentuk dan ukuran tulang vertebra T12 antar kelompok usia. Saran perlu adanya penelitian lebih lanjut pada beberapa tulang vertebra yang lain sebagai alternatif dalam identifikasi untuk keperluan penyelidikan *forensic*. Perlu adanya penelitian dengan sampel yang lebih besar dengan teknik *geometric morphometric* yang lebih mendalam untuk dapat menampilkan visualisasi ukuran dan bentuk

tulang sehingga dapat mengidentifikasi antar beberapa kelompok seperti usia, jenis kelamin, dan lain-lain.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam ukuran (size) vertebra thoracalis 12 (T12) antar kelompok umur. Namun, perbedaan dalam bentuk (shape) vertebra T12 antara kelompok umur tidak signifikan. Selain itu, penelitian ini menyimpulkan bahwa sebaiknya dilakukan penelitian dengan sampel data yang distribusi usianya merata dan jumlah sampel yang lebih banyak untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat tentang perbedaan variasi bentuk tulang. Selain itu, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut pada beberapa tulang vertebra lainnya sebagai alternatif dalam identifikasi untuk keperluan penyelidikan forensik.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Semarang, RSUP Dr. Kariadi Semarang, kepala bidang radiologi, dan *radiographer* yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Badr El Dine, F. M. M., & El Shafei, M. M. (2015). Sex determination using anthropometric measurements from multi-slice computed tomography of the 12th thoracic and the first lumbar vertebrae among adult Egyptians. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 5(3), 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2014.07.005>
- Fauad, M. F. M., Alias, A., Noor, K. M. K. M., Choy, K. W., Ng, W. L., Chung, E., & Wu, Y. S. (2021). Sexual dimorphism from third cervical vertebra (C3) on lateral cervical radiograph: A 2-dimensional geometric morphometric approach. *Forensic Imaging*, 24, 200441. <https://doi.org/10.1016/j.fri.2021.200441>
- Levine, J. A., Paulsen, R. R., & Zhang, Y. (2012). Age-related changes in vertebral morphometry by statistical shape analysis. In *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 7599, pp. xx-xx). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-33463-4>
- Lio, T. M. P., Koesbardiati, T., Yudianto, A., & Setiawati, R. (2017). Waktu penutupan epifisis tulang radius dan ulna bagian distal. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 19(1), 55. <https://doi.org/10.20473/jbp.v19i1.2017.55-67>
- Noble, J., Cardini, A., Flavel, A., & Franklin, D. (2019). Geometric morphometrics on juvenile crania: Exploring age and sex variation in an Australian population. *Forensic Science International*, 294, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.10.022>

- Ramadan, N., El-Salam, M. H. A., Hanoon, A. M., El-Sayed, N. F., & Al-Amir, A. Y. (2017). Age and sex identification using multi-slice computed tomography of the last thoracic vertebrae of an Egyptian sample. *Journal of Forensic Research*, 8(5). <https://doi.org/10.4172/2157-7145.1000386>
- Seher Yılmaz, D., Ünalmiş, D., & Tokpınar, A. (2020). Morphometric measurements on lumbar vertebrae and its importance. *Journal of US-China Medical Science*, 17(2). <https://doi.org/10.17265/1548-6648/2020.02.002>
- Teodoru-Raghina, D., Perlea, P., & Marinescu, M. (2017). Forensic anthropology from skeletal remains to CT scans: A review on sexual dimorphism of human skull. *Romanian Journal of Legal Medicine*, 25(3), 287–292. <https://doi.org/10.4323/rjlm.2017.287>
- Zaki, A. (2013). *Buku Saku Osteoarthritis Lutut (Edisi Pertama)* [Review of *Buku Saku Osteoarthritis Lutut*]. Celtics Press.
- Zheng, W., Cheng, F.-C., Cheng, K., Tian, Y., Lai, Y., Zhang, W.-S., Zheng, Y., & Li, Y. (2012). Sex assessment using measurements of the first lumbar vertebra. *Forensic Science International*, 219(1-3), 285.e1–285.e5. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.11.022>