PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Reabilitação Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

KLAUS RAMBALDI REIS DA SILVA

AVALIAÇÃO DA POSTURA ESTÁTICA EM INDIVÍDUOS COM ESPONDILOARTRITE AXIAL E SUA ASSOCIAÇÃO COM O EQUILÍBRIO CORPORAL E A FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA

RIO DE JANEIRO
2026

KLAUS RAMBALDI REIS DA SILVA

AVALIAÇÃO DA POSTURA ESTÁTICA EM INDIVÍDUOS COM ESPONDILOARTRITE AXIAL E SUA ASSOCIAÇÃO COM O EQUILÍBRIO CORPORAL E A FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre** em Ciências da Reabilitação.

Linha de Pesquisa: Avaliação Funcional em Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José Lopes

RIO DE JANEIRO

2026

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e
Informação – SBI – UNISUAM

610 Silva, Klaus Rambaldi Reis da
S586a Avaliação da postura estática em indivíduos com espondiloartrite axial e sua associação com o equilíbrio corporal e a força muscular periférica / Klaus Rambaldi Reis da Silva – Rio de Janeiro, 2026
92p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Centro Universitário Augusto Motta, 2026.

1. Espondiloartrite axial.2. Postura. 3. Controle do equilíbrio. 4 .Músculo. I. Título.

CDD 22.ed.

KLAUS RAMBALDI REIS DA SILVA

AVALIAÇÃO DA POSTURA ESTÁTICA EM INDIVÍDUOS COM ESPONDILOARTRITE AXIAL E SUA ASSOCIAÇÃO COM O EQUILÍBRIO CORPORAL E A FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA

Examinada em: 06/11/2026

gov.br Documento assinado digitalmente
AGNALDO JOSE LOPES
Data: 06/11/2026 09:04:20-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Agnaldo José Lopes
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM

gov.br Documento assinado digitalmente
ESTEVAO RIOS MONTEIRO
Data: 06/11/2026 15:32:33-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Estêvão Rios Monteiro
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM

gov.br Documento assinado digitalmente
CESAR ANTONIO LUCHESA
Data: 06/11/2026 14:42:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Cesar Antonio Luchesa
Centro Universitário (FAG)

Dedico este trabalho a Deus, à minha família, ao meu orientador e a todos que me apoiaram nesta caminhada.

Agradecimentos

Antes de tudo, agradeço a Deus, que esteve presente em cada etapa desta caminhada, renovando minhas forças diante das dificuldades e concedendo-me fé, coragem e sabedoria para seguir em frente. Nos momentos de incerteza e cansaço, foi Nele que encontrei sustentação para continuar até a conclusão desta importante etapa da minha vida.

À memória de minha mãe, dedico uma gratidão que dificilmente pode ser expressa em palavras. Embora já não esteja fisicamente presente, seu amor, sua força e seu exemplo de perseverança permanecem vivos em mim e continuam a me acompanhar em cada conquista. Muito do que sou e de tudo aquilo que alcancei carrega seus ensinamentos, seus valores e a determinação que aprendi com ela. Esta conquista também é sua.

Ao meu orientador, registro meu sincero agradecimento pela confiança depositada neste trabalho, pela disponibilidade, pelas orientações e pelas contribuições ao longo de todo o processo. Sua experiência e seu olhar científico foram fundamentais para o desenvolvimento e o amadurecimento desta pesquisa.

Aos professores e colegas que fizeram parte desta trajetória no Mestrado, agradeço pelas experiências compartilhadas, pelas discussões, pelo incentivo e pelas contribuições que, de diferentes formas, enriqueceram minha formação acadêmica, profissional e científica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM, agradeço pela oportunidade de crescimento e pela estrutura acadêmica proporcionada para a realização deste estudo e para o aprimoramento da minha formação como pesquisador.

Por fim, minha gratidão a todas as pessoas que estiveram presentes ao longo desta caminhada e que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este momento se tornasse possível. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada contribuição tiveram seu valor nesta trajetória.

A todos, o meu mais sincero agradecimento.

“As raízes da educação são amargas, mas o fruto é doce.” — Aristóteles *(atribuição registrada por Diógenes Laércio)*

Resumo

Introdução e Objetivos: O alinhamento sagital adequado e o controle postural são importantes para a independência funcional. Este estudo transversal exploratório avaliou o eixo vertical sagital (EVS) em indivíduos com espondiloartrite axial (icEpA) e examinou suas associações com parâmetros de oscilação postural derivados da pressão plantar e com a força de preensão manual (FPM). **Métodos:** Vinte e um icEpA e 20 controles foram submetidos a radiografia lateral de toda a coluna para medição do AVS, avaliação baropodométrica e teste de FPM. **Resultados:** Observou-se EVS ≥ 50 mm em 9/21 (42,8%) indivíduos com icEpA e 4/20 (20,0%) controles. A mediana do EVS foi maior no grupo icEpA do que nos controles (31 [16–53] vs. 26,5 [9,50–36,7] mm), mas a comparação entre os grupos não foi estatisticamente significativa após a correção para testes múltiplos (p ajustado = 0,802). Nenhum parâmetro baropodométrico ou a média da HGS diferiram significativamente entre os grupos após a correção para multiplicidade. No grupo icEpA, o EVS apresentou correlações positivas nominais com a idade (ρ = 0,511, p não ajustado = 0,017) e com o deslocamento mediolateral máximo (ρ = 0,452, p não ajustado = 0,039); no entanto, nenhuma das associações permaneceu estatisticamente significativa após o ajuste de Benjamini-Hochberg (p ajustado = 0,356 e p = 0,395, respectivamente). **Conclusões:** Embora icEpA apresentem valores piores de avaliação postural e controle de equilíbrio em comparação aos controles — quando medidos por radiografia da coluna e baropodometria, respectivamente —, não há diferenças significativas após o ajuste para comparações múltiplas. Em icEpA, as associações entre a avaliação postural (via radiografia da coluna) e os parâmetros baropodométricos ou a FPM são fracas e não significativas. São necessários estudos maiores, adequadamente caracterizados, com desfechos pré-especificados e ajuste para fatores de confusão relevantes.

Palavras-chave: Espondiloartrite axial; Postura; Controle do equilíbrio; Músculo.

Abstract

Introduction and Aims: Proper sagittal alignment and postural control are important for functional independence. This exploratory cross-sectional study evaluated sagittal vertical alignment (SVA) in individuals with axial spondyloarthritis (iwaxSpA) and examined its associations with plantar-pressure-derived postural sway parameters and handgrip strength (HGS). **Methods:** Twenty-one iwaxSpA and 20 controls underwent whole-spine lateral radiography for SVA measurement, baropodometric assessment, and HGS testing. **Results:** An SVA ≥50 mm was observed in 9/21 (42.8%) iwaxSpA and 4/20 (20.0%) controls. Median SVA was higher in iwaxSpA than in controls (31 [16–53] vs. 26.5 [9.50–36.7] mm), but the between-group comparison was not statistically significant after correction for multiple testing (adjusted p=0.802). No baropodometric parameter or mean HGS differed significantly between groups after multiplicity correction. Within the iwaxSpA group, SVA showed nominal positive correlations with age (ρ = 0.511, unadjusted p = 0.017) and maximal mediolateral displacement (ρ = 0.452, unadjusted p = 0.039), but neither association remained statistically significant after Benjamini–Hochberg adjustment (adjusted p = 0.356 and p = 0.395, respectively). **Conclusions:** Although iwSpA exhibit worse postural assessment and balance control values than controls—when measured via spinal radiography and baropodometry, respectively—there are no significant differences after adjusting for multiple comparisons. In iwSpA, the associations between postural assessment (via spinal radiography) and baropodometric parameters or HGS are weak and non-significant. Larger, adequately characterized studies with prespecified outcomes and adjustment for relevant confounders are needed.

Keywords: Axial spondyloarthritis; Posture; Balance control; Muscle.

Resumo para Leigos

A presente pesquisa insere-se no campo das Ciências da Reabilitação, com foco na avaliação da postura, do equilíbrio corporal e da força muscular em indivíduos com espondiloartrite axial (EpA). Essa é uma doença reumática inflamatória que acomete principalmente a coluna vertebral e as articulações sacroilíacas, podendo provocar dor, rigidez, redução da mobilidade e alterações progressivas da postura corporal. Em alguns indivíduos, essas alterações podem levar a uma inclinação do tronco para frente, dificuldade para realizar atividades da vida diária e possíveis prejuízos no equilíbrio.

Além das alterações da coluna vertebral, pessoas com EpA podem apresentar redução da força muscular e modificações no controle do equilíbrio. Dessa forma, compreender a relação entre postura, equilíbrio e força muscular pode contribuir para uma avaliação mais ampla desses indivíduos e auxiliar no desenvolvimento de estratégias de reabilitação mais adequadas.

1.1 **Motivações para o Desenvolvimento da Pesquisa**

A motivação para este estudo surgiu da necessidade de compreender melhor como as alterações estruturais da coluna vertebral associadas à EpA podem interferir na postura e no controle do equilíbrio corporal.

Embora a doença seja tradicionalmente acompanhada por meio de exames clínicos e de imagem, aspectos funcionais, como o equilíbrio e a força muscular, também são importantes, pois podem influenciar a independência, a realização das atividades cotidianas e o risco de quedas.

Para investigar essas alterações, foram avaliados 21 indivíduos com EpA e 20 indivíduos sem a doença, utilizados como grupo controle. A postura foi analisada por meio de radiografia panorâmica da coluna vertebral, utilizando uma medida chamada eixo vertical sagital (EVS), que permite verificar o alinhamento do tronco. O equilíbrio foi avaliado por meio da baropodometria, enquanto a força muscular periférica foi quantificada por meio da força de preensão manual utilizando um dinamômetro.

Os resultados mostraram que os indivíduos com EpA apresentaram, de maneira geral, valores indicativos de maior alteração postural e de alguns parâmetros relacionados ao equilíbrio, além de menor força de preensão manual quando comparados ao grupo controle. Entretanto, após as análises estatísticas, essas diferenças não foram consideradas significativas. Aproximadamente

43% dos indivíduos com EpA apresentaram alteração do alinhamento sagital, considerando o critério utilizado no estudo, comparados a 20% dos participantes do grupo controle.

1.2 **Principais Contribuições Científicas**

Este estudo busca contribuir para uma compreensão mais ampla das alterações posturais e funcionais relacionadas à EpA, integrando diferentes formas de avaliação. A pesquisa oferece:

- Subsídios para a prática clínica: Reforça a importância de avaliar não apenas a dor e a mobilidade da coluna, mas também a postura global, o equilíbrio corporal e a força muscular dos indivíduos com EpA.
- Integração de diferentes métodos de avaliação: O estudo associa a análise radiográfica do alinhamento da coluna vertebral à baropodometria e à avaliação da força de preensão manual, permitindo observar o paciente sob diferentes aspectos funcionais e biomecânicos.
- Contribuição para as Ciências da Reabilitação: Amplia o conhecimento sobre o uso de ferramentas acessíveis, como a baropodometria e a dinamometria de preensão manual, na investigação funcional de indivíduos com doenças reumáticas que comprometem a coluna vertebral.
- Direcionamento para futuras pesquisas: Embora tenham sido observadas tendências de pior postura, maior alteração de alguns parâmetros de equilíbrio e menor força muscular nos indivíduos com EpA, as diferenças não alcançaram significância estatística. Dessa forma, os resultados indicam a necessidade de estudos com um número maior de participantes e realizados em diferentes centros de pesquisa para esclarecer melhor essas relações.

Assim, esta pesquisa contribui para ampliar a compreensão da EpA para além das alterações inflamatórias e estruturais da coluna, destacando a importância de uma abordagem que também considere postura, equilíbrio e força muscular durante a avaliação e o acompanhamento desses indivíduos.

Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 1 Critérios de classificação modificados de Nova Iorque para espondilite anquilosante

Quadro 2 Cronograma de execução

Lista de Abreviaturas e Siglas

ACR - *American College of Rheumatology*
AINE - Anti-inflamatório não esteroide
AP - Anteroposterior
ASAS - *Assessment in SpondyloArthritis international Society*
ASDAS - *Ankylosing Spondylitis Disease Activity Score*
ASHT - *American Society of Hand Therapists*
AVD - Atividade de vida diária
BASDAI - *Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index*
BC - Balanço corporal
C7 - Sétima vertebra cervical
CAAE - Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP - Comitê de Ética em Pesquisa
CoM - Centro de massa
CoP - Centro de pressão
DCNT - Doenças crônicas não transmissíveis
DMO - Densidade mineral óssea
EA - Espondilite anquilosante
EpA - Espondiloartrite axial
EpA-nr - Espondiloartrite axial não radiográfica
EVS - Eixo vertical sagital
EWGSOP - *European Working Group on Sarcopenia in Older People*
FC - Frequência cardíaca
FPM - Força de preensão manual
FR - Frequência respiratória
HLA-B27 - Antígeno leucocitário humano B27
IL-6 - Interleucina 6
IL-17 - Interleucina 17
IL-23 - Interleucina 23
IMC - Índice de massa corporal
ML - Mediolateral
mSASSS - *modified Stoke Ankylosing Spondylitis Spinal Score*
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS - Organização Mundial da Saúde

PA - Pressão arterial

QV - Qualidade de vida

S1 - Primeira vértebra sacral

SpO_2 - Saturação periférica de oxigênio

SUS - Sistema Único de Saúde

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TGF-β -Fator de crescimento transformador beta

TNF - Fator de necrose tumoral

TNF-α - Fator de necrose tumoral alfa

UNISUAM - Centro Universitário Augusto Motta

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS 6
RESUMO 8
ABSTRACT 9
RESUMO PARA LEIGOS 10
LISTA DE QUADROS E TABELAS 12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS 13
1. APRESENTAÇÃO 17
2. TRAJETÓRIA NO CURSO 19

PARTE I – PRODUÇÃO INTELECTUAL 21

3. DISSEMINAÇÃO DA PRODUÇÃO 22
4. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO 23
5. MANUSCRITO(S) PARA SUBMISSÃO 24
5.1. TÍTULO DO MANUSCRITO PARA SUBMISSÃO #1 25
5.1.2. CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES DO MANUSCRITO #1 25

PARTE I – PROJETO DE PESQUISA 42

CAPÍTULO 1 REVISÃO DE LITERATURA 43
1.1 ASPECTOS GERAIS DA ESPONDILITE ANQUILOSANTE 43
1.2 ALTERAÇÕES ÓSSEAS NA ESPONDILITE ANQUILOSANTE 46
1.3 POSTURA EM INDIVÍDUOS COM ESPONDILITE ANQUILOSANTE 49
1.4 BALANÇO CORPORAL EM INDIVÍDUOS COM ESPONDILITE ANQUILOSANTE 54
1.5 FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA EM INDIVÍDUOS COM ESPONDILITE ANQUILOSANTE 56
1.6 JUSTIFICATIVAS 58
1.6.1 RELEVÂNCIA PARA AS CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO 59
1.6.2 RELEVÂNCIA PARA A AGENDA DE PRIORIDADES DO MINISTÉRIO DA SAÚDE 60
1.6.3 RELEVÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 61
1.7.1 OBJETIVO PRINCIPAL 61

1.7.2 OBJETIVOS SPECÍFICOS 61
1.8 HIPÓTESES 62
CAPÍTULO 2 PARTICIPANTES E MÉTODOS 63
2.1 ASPECTOS ÉTICOS 63
2.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO 63
2.2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO 63
2.2.2 PRÉ-REGISTRO DO PROTOCOLO 64
2.3 AMOSTRA 64
2.3.1 LOCAL DE RECRUTAMENTO DO ESTUDO 64
2.3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO 64
2.3.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO 64
2.4 PROCEDIMENTOS/METODOLOGIA PROPOSTA 65
2.4.1 AVALIAÇÃO CLÍNICA 65
2.4.2 AVALIAÇÃO POSTURAL 65
2.4.3 AVALIAÇÃO DO BALANÇO CORPORAL 67
2.4.4 AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA 68
2.5 DESFECHOS 69
2.5.1 DESFECHO PRIMÁRIO 69
2.5.2 DESFECHO SECUNDÁRIO 69
2.6 ANÁLISE DOS DADOS 70
2.6.1 TAMANHO AMOSTRAL (CÁLCULO OU JUSTIFICATIVA) 70
2.6.2 VARIÁVEIS DO ESTUDO 70
2.6.3 PLANO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA 71
2.6.4 DISPONIBILIDADE E ACESSO AOS DADOS 71
2.7 RESULTADOS ESPERADOS 72
2.8 ORÇAMENTO E APOIO FINANCEIRO 72
2.9 CRONOGRAMA 73
REFERÊNCIAS 74
APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 82
APÊNDICE 2 – FICHA DE AVALIAÇÃO CLÍNICA 86
ANEXO 1 – CHECKLIST ÉTICO PRELIMINAR 87
ANEXO 2 – DECLARAÇÃO DE INSTITUIÇÃO COPARTICIPANTE 91
ANEXO 3 – DECLARAÇÃO DE INSTITUIÇÃO COPARTICIPANTE 91

1. Apresentação

A presente dissertação de Mestrado, desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da UNISUAM, dedica-se ao estudo das repercussões posturais e funcionais da espondiloartrite axial (EpA), com foco particular na avaliação do alinhamento postural e na sua relação com o equilíbrio corporal e a força muscular periférica.

Temática Central: A EpA é uma doença reumática inflamatória que acomete principalmente as articulações sacroilíacas e a coluna vertebral, podendo provocar dor, rigidez, redução da mobilidade e alterações progressivas da postura corporal. Em estágios mais avançados, essas alterações podem modificar o alinhamento do tronco, deslocar o centro de massa e desencadear mecanismos compensatórios para a manutenção da postura e do equilíbrio. Dessa forma, esta investigação parte da premissa de que o impacto da EpA não se limita às alterações estruturais da coluna vertebral, podendo também repercutir sobre o controle postural e a função muscular, aspectos fundamentais para a independência e realização das atividades de vida diária. O estudo busca, portanto, ampliar a compreensão sobre a relação entre alinhamento sagital da coluna, equilíbrio corporal e força muscular periférica, investigando se alterações posturais observadas nesses indivíduos estão associadas a modificações no controle do equilíbrio e no desempenho muscular.

Motivações: A motivação para o desenvolvimento deste estudo surge da necessidade de compreender de forma mais ampla as repercussões funcionais da EpA. Na prática clínica, indivíduos com essa condição podem apresentar rigidez progressiva da coluna, postura inclinada anteriormente, limitação da mobilidade e dificuldades para permanecer em pé por períodos prolongados ou realizar determinadas atividades cotidianas. Além disso, alterações musculoesqueléticas associadas à doença podem comprometer as respostas motoras necessárias para a manutenção do equilíbrio corporal. Diante desse contexto, tornou-se relevante investigar de maneira objetiva essas alterações por meio de diferentes instrumentos de avaliação. Para isso, a postura foi analisada através do eixo vertical sagital (EVS) obtido em radiografia panorâmica da coluna vertebral, o equilíbrio corporal foi avaliado por meio da baropodometria, e a força muscular periférica foi mensurada pela força de preensão manual com dinamometria. Essa abordagem permite integrar informações estruturais, biomecânicas e funcionais na avaliação dos indivíduos com EpA.

Principais contribuições científicas: A partir da análise dos dados obtidos, este estudo contribui para a área das Ciências da Reabilitação ao:

● Caracterizar o alinhamento postural de indivíduos com EpA, utilizando o EVS em radiografia panorâmica da coluna vertebral, e comparar esses resultados.

● Contribuir para o direcionamento de futuras pesquisas, indicando a necessidade de estudos multicêntricos, com maior número de participantes, capazes de esclarecer melhor o papel da avaliação radiográfica da postura e da baropodometria na investigação funcional da EpA.com indivíduos sem a doença.

● Avaliar o equilíbrio corporal por meio da baropodometria, analisando variáveis relacionadas à distribuição de carga plantar e ao deslocamento do centro de pressão, permitindo uma investigação objetiva de possíveis alterações da estabilidade postural.

● Investigar a força muscular periférica através da força de preensão manual, utilizando a dinamometria como ferramenta simples, objetiva e aplicável à prática clínica.

● Analisar a relação entre postura, equilíbrio e força muscular, buscando compreender se o deslocamento do eixo corporal está associado a alterações do controle postural ou da capacidade muscular em indivíduos com EpA.

● Demonstrar que, apesar de os indivíduos com EpA apresentarem tendências de maiores alterações posturais e de alguns parâmetros baropodométricos, além de menores valores de força de preensão manual, essas diferenças não se mantiveram estatisticamente significativas após os ajustes para múltiplas comparações. Esse achado reforça a necessidade de interpretar essas alterações de forma cuidadosa e de ampliar as investigações com amostras maiores.

Assim, esta dissertação procura ampliar a compreensão da EpA sob a perspectiva das Ciências da Reabilitação, integrando aspectos estruturais e funcionais e ressaltando a importância de uma avaliação que considere não apenas as alterações da coluna vertebral, mas também o equilíbrio corporal e a função muscular.

2.Trajetória no curso

A entrada no Mestrado em Ciências da Reabilitação da UNISUAM representou um marco importante na minha trajetória acadêmica e profissional. Vindo de uma prática clínica consolidada como fisioterapeuta, o ingresso no programa foi motivado pelo desejo de aprofundar o conhecimento científico sobre as repercussões funcionais e biomecânicas das doenças reumáticas, em especial da espondiloartrite axial (EpA), condição capaz de comprometer progressivamente a mobilidade da coluna vertebral, a postura e a funcionalidade dos indivíduos.

Elaboração do projeto e parcerias: O percurso para a elaboração do projeto foi marcado por uma estreita colaboração com meu orientador, o Prof. Dr. Agnaldo José Lopes. Ao longo das discussões, delimitamos que a investigação deveria ir além da avaliação estrutural da coluna vertebral, incorporando também aspectos relacionados ao equilíbrio corporal e à força muscular periférica. A proposta foi, portanto, integrar diferentes dimensões da funcionalidade, analisando o alinhamento sagital por meio do eixo vertical sagital (EVS), o controle do equilíbrio através da baropodometria e a força muscular periférica por meio da dinamometria de preensão manual.

A realização da pesquisa na Policlínica Tereza Rambaldi, em Campos dos Goytacazes, possibilitou o desenvolvimento das etapas de avaliação clínica e funcional dos participantes. O estudo incluiu indivíduos com EpA e um grupo controle, permitindo comparar diferentes aspectos posturais, biomecânicos e musculares entre indivíduos com e sem a doença.

Cumprimento do cronograma e desafios: O desenvolvimento do estudo envolveu desafios próprios da pesquisa clínica, especialmente relacionados ao recrutamento dos participantes, à padronização das avaliações e à integração de diferentes métodos de mensuração. A coleta de dados exigiu organização para a realização da radiografia panorâmica da coluna vertebral, da avaliação baropodométrica e da mensuração da força de preensão manual, mantendo critérios de posicionamento e execução previamente definidos para garantir maior confiabilidade aos resultados.

Outro aspecto importante ao longo do percurso foi a interpretação dos dados obtidos. Embora os indivíduos com EpA tenham apresentado tendências de maiores alterações posturais e de alguns parâmetros baropodométricos, além de menores valores de força de preensão manual, essas diferenças não se mantiveram estatisticamente significativas após os ajustes para múltiplas comparações. Esse resultado exigiu uma análise criteriosa e contribuiu para o amadurecimento do raciocínio científico, reforçando a importância de interpretar os achados com cautela e de reconhecer as limitações impostas pelo tamanho da amostra.

Evolução pessoal e profissional: Ao longo do Mestrado, minha evolução ocorreu tanto no campo profissional quanto acadêmico. Passei a compreender com maior profundidade a importância da metodologia científica, da padronização dos procedimentos de avaliação, da análise estatística e da interpretação crítica dos resultados. Ferramentas como a avaliação do EVS, a análise baropodométrica e a dinamometria passaram a ser compreendidas não apenas como recursos clínicos, mas também como instrumentos capazes de produzir dados relevantes para a pesquisa e para a prática baseada em evidências.

Pessoalmente, o Mestrado ampliou minha visão sobre a avaliação do indivíduo com EpA. Passei a compreender de forma ainda mais clara que a doença não deve ser analisada somente pelas alterações radiográficas ou pela rigidez da coluna, mas por suas possíveis repercussões sobre o equilíbrio, a força muscular, a mobilidade e a realização das atividades de vida diária. Essa perspectiva reforçou a importância de uma abordagem integrada e funcional dentro das Ciências da Reabilitação.

A trajetória acadêmica também fortaleceu meu interesse pela pesquisa e pela produção científica, estimulando a continuidade da investigação sobre as relações entre postura, equilíbrio e função muscular. O desenvolvimento desta dissertação representou, portanto, não apenas a conclusão de uma etapa acadêmica, mas também uma transformação na maneira de compreender, avaliar e conduzir a prática fisioterapêutica baseada em evidências.

PARTE I – PRODUÇÃO INTELECTUAL

3. Disseminação da Produção

A disseminação da produção será realizada por meio da elaboração e publicação de artigo científico em revistas especializadas.

A produção bibliográfica, como o artigo, também será registrada em Currículo Lattes. Além disso, a dissertação final será depositada no Repositório da UNISUAM, permitindo acesso aberto a toda comunidade acadêmica. Poderá ser expandido através da apresentação de Resumo da Pesquisa com os resultados finais em eventos acadêmicos como, Seminários, Simpósios e Congressos.

4. Contextualização da Produção

Quadro 1: Declaração de desvios de projeto original.

Declaração dos Autores	Sim	Não
A produção intelectual contém desvios substantivos do tema proposto no projeto de pesquisa?		x
Justificativas e Modificações		
A produção intelectual contém desvios substantivos do delineamento do projeto de pesquisa?		x
Justificativas e Modificações		
A produção intelectual contém desvios substantivos dos procedimentos de coleta e análise de dados do projeto de pesquisa?		x
Justificativas e Modificações		

5. Manuscrito(s) para Submissão

NOTA SOBRE MANUSCRITOS PARA SUBMISSÃO

Este arquivo contém manuscrito que foi submetido à revista "RHEUMATO".

1.1. Título do manuscrito para submissão #1

1.1.1. Contribuição dos autores do manuscrito #1

Iniciais dos autores, em ordem:	KRRS	GSEG	LMC	PJFB	CAL	ERM	AJL
Concepção	X						X
Métodos		X	X	X	X	X	
Programação							
Validação							X
Análise formal	X						X
Investigação	X	X	X	X	X	X	
Recursos							
Manejo dos dados							
Redação do rascunho							X
Revisão e edição	X	X	X	X	X	X	
Visualização							
Supervisão	X						
Administração do projeto	X						X
Obtenção de financiamento							X

Contributor Roles Taxonomy **(CRediT)**

Assessment of Sagittal Vertical Alignment in Individuals withAxial Spondyloarthritis and Its Association with Static Sway nand Handgrip Strength

Klaus Rambaldi Reis da Silva [1,2], Guilherme Salles de Escobar Gonçalves [3,4], Luciano Matos Chicayban [2], Patricia Junqueira Ferraz Baracat [2,5], Cesar Antonio Luchesa [6], Estêvão Rios Monteiro [1,7], Agnaldo José Lopes [1,8,*]

1 Rehabilitation Sciences Post-Graduation Program, Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro 21032-060, Brazil; klaussilva@isecensa.edu.br (K.R.R.d.S.); e.rios.monteiro@souunisuam.com.br (E.R.M.)
2 Course of Physiotherapy, Institutos Superiores de Ensino Nossa Senhora Auxiliador (ISECENSA), Rua Salvador Corrêa, 139, Centro, Campos dos Goytacazes 28035-310, Brazil; lucianochicayban@gmail.com (L.M.C.); baracat.pat@gmail.com (P.J.F.B.)
3 Internal Medicine Division, Faculdade de Medicina de Campos, Av. Dr. Alberto Torres, 217, Campos dos Goytacazes 28035-581, Brazil; guilhermesalles.dr@gmail.com (G.S.d.E.G.)
4 Rheumatology Division, Centro Universitário FAMESC (UNIFAMESC), Av. Gov. Roberto Silveira, 910, Bairro Novo, Bom Jesus do Itabapoana 28360-000, Brazil
5 President, Associaçao Brasileira de Tratamento da Escoliose (ABTE), Rua dos Timbiras, 1940, Lourdes, Belo Horizonte 30140-069, Brazil
6 Rehabilitation Center, Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG), Av. das Torres, 500, Loteamento FAG, 85806-095 Cascavel, Brazil; cesarluchesa@fag.edu.br (C.A.L.)
7 Hospital Universitário dos Servidores do Estado (HUSE/HUBRASIL), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rua Sacadura Cabral, 178, Saúde, Rio de Janeiro 20221-161, Brazil.
8 Post-Graduation Programme in Medical Sciences, School of Medical Sciences, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Av. Professor Manoel de Abreu, 444, 2º andar, Vila Isabel, Rio de Janeiro 20550-170, Brazil
* Correspondence: alopes@souunisuam.com.br (A.J.L.)

Abstract

Background and Aims: Proper sagittal alignment and postural control are important for functional independence. This exploratory cross-sectional study evaluated the sagittal vertical axis (SVA), as measured by spinal radiography, in individuals with axial spondyloarthritis (iwaxSpA), and examined its associations with postural sway parameters, derived from plantar pressure via baropodometry, as well as with handgrip strength (HGS). **Methods:** Twenty-one iwaxSpA and 20 controls underwent whole-spine lateral radiography for SVA measurement, baropodometric assessment, and HGS testing. **Results:** An SVA ≥50 mm was observed in 9/21 (42.8%) iwaxSpA and 4/20 (20.0%) controls. Median SVA was higher in iwaxSpA than in controls (31 [16–53] vs. 26.5 [9.50–36.7] mm), but the between-group comparison was not statistically significant after correction for multiple testing (adjusted p=0.802). No baropodometric parameter or mean HGS differed significantly between groups after multiplicity correction. Within the iwaxSpA group, SVA showed nominal positive correlations with age (ρ=0.511, unadjusted p=0.017) and maximal mediolateral displacement (ρ=0.452, unadjusted p=0.039), but neither association remained statistically significant after Benjamini–Hochberg

adjustment (adjusted p=0.356 and p=0.395, respectively). **Conclusions:** In iwaxSpA, there are numerical trends toward poorer postural assessment and balance control, as measured via spinal radiography and baropodometry, though no significant differences remain after adjusting for multiple comparisons. No significant associations were found between spinal alignment (as assessed by spinal radiography), baropodometric parameters, and HGS. Due to the exploratory nature of the study and its limited statistical power, larger controlled multicenter trials are needed to better define the roles of spinal radiography and baropodometry in this population.

Keywords: axial spondyloarthritis; sagittal vertical axis; postural sway; balance control; handgrip strength

1. Introduction

Axial spondyloarthritis (axSpA) is an autoimmune rheumatic disease that affects the sacroiliac joints, the axial skeleton, and other joints. It is also associated with extra-skeletal manifestations, such as inflammatory bowel disease and uveitis [1]. AxSpA encompasses radiographic and non-radiographic diseases. The main difference between the two is the presence of definitive sacroiliitis on plain radiographs in radiographic disease, also known as ankylosing spondylitis [2]. Ankylosing spondylitis involves additional criteria beyond involvement of the sacroiliac joints and is based on a combination of clinical assessment, imaging studies, and genetic markers [3]. The global prevalence of axSpA is unclear, ranging from 0.3% to 1.4% [4]. The condition is sometimes associated with human leukocyte antigen B27 (HLA-B27) positivity and has a similar prevalence between sexes with an onset before the age of 45 [2,5]. AxSpA progresses slowly with recurrent periods of remission over the years [4]. In advanced stages, the inflammatory process can progress to fibrosis and calcification, which can impair mobility and cause spinal fusion. In addition to inflammation of the hips, shoulders, peripheral joints, and digits of the hands and feet, individuals with axSpA (iwaxSpA) typically present with lower back pain and progressive spinal stiffness [6]. In recent years, faster access to contemporary treatments, particularly biological disease-modifying antirheumatic drugs (bDMARDs) [7–10], can prevent structural damage, which in turn is effective in preserving posture and balance control (BC).

IwaxSpA may experience sacroiliitis and enthesitis. They also tend to develop vertebral fusion, which results in progressive spinal stiffness and worsening lower back pain [11]. These changes, combined with the antalgic posture adopted by these individuals, contribute to reduced mobility and flexibility. This leads to a shift in the center of mass (CoM) and a forward-leaning posture [12]. In advanced stages, sagittal misalignment occurs due to inadequate correction of the kyphotic curve [13,14]. This leads to worsening thoracic hyperkyphosis, alters the body's vertical axis, and impairs biomechanical balance. Furthermore, this

misalignment creates disharmony between the vertebral segments and the pelvis, hindering the body's ability to maintain its center of gravity (CoG) within the base of support (BoS) [15]. Although there are now modern methods of assessing spinopelvic imbalance in axSpA, such as the videorasterstereography, computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging, the panoramic lateral radiograph remains one of the most common methods used to determine sagittal vertical axis (SVA) in iwaxSpA [16].

BC involves the coordination of muscle activation and the rapid adjustment of motor responses to environmental demands. This process requires complex interactions among the somatosensory, vestibular, and visual systems [17]. In iwaxSpA, these systems remain intact except for the musculoskeletal system, which is responsible for the motor responses involved in BC. Joint restriction, muscle shortening, and atrophy do occur, however, leading to a loss of range of motion, reduced flexibility, and altered BC [18,19]. Furthermore, impaired BC and body stability can increase the risk of falls, a phenomenon observed in up to 35% of iwaxSpA [20]. A forward shift of the CoM occurs as axSpA progresses, driven by abnormalities in the neuromuscular and proprioceptive systems. Consequently, iwaxSpA may adopt compensatory mechanisms, such as posterior pelvic tilt, hip extension, knee flexion, and ankle dorsiflexion, to counteract shifts in the CoM [19,21]. Studies on BC in iwaxSpA have produced inconsistent findings, partly due to the use of different assessment methods [16]. Despite advancements in modern methods for assessing BC, such as computerized posturography and smartphone–based gyroscopes, baropodometry has yet to be investigated in iwaxSpA, even though it has been used for nearly two decades. Compared to the force plate, baropodometry uses plantar pressure devices and is advantageous in terms of cost savings and portability [22].

Some iwaxSpA may experience functional limitations that are partially explained by a progressive loss of muscle mass. They may exhibit reduced muscle strength in their upper and lower limbs, which suggests generalized musculoskeletal system involvement. CT scans of iwaxSpA reveal a decrease in total muscle mass, particularly in key areas such as the thighs. These scans also reveal changes in muscle structure, such as quadriceps fibrosis, indicating that axSpA alters muscle composition and quality rather than merely reducing volume [23]. Despite these findings, there has been considerable debate in recent years regarding whether sarcopenia is a complication of axSpA [24].

In axSpA, postural assessment is important because it reflects physical performance and quality of life [25]. Patients with axSpA who develop thoracolumbar kyphosis may experience changes in sagittal balance, which can compromise their ability to gaze at the horizon and perform activities of daily living (ADLs) and work-related tasks [26]. Furthermore, mechanoreceptor dysfunction caused by enthesitis and reduced muscle strength can impair rapid muscle responses and alter BC [18,19]. Consequently, iwaxSpA are believed to exhibit impaired BC, which is characterized by altered ankle-hip-step balance strategies, disordered muscle activation, and restricted trunk-righting reactions due

to limited mobility. Reduced range of motion in the cervical spine and head can also affect postural adjustments and impair gaze stabilization [18,19]. A deeper understanding of postural alterations in axSpA and their relationship with BC and handgrip strength (HGS) is essential. Since BC and gait are among the most common ADLs, examining the relationships between posture, BC, and muscle strength using low-cost, easy-to-implement methods is crucial. This analysis is necessary to prevent losses in functionality and work productivity, avoid falls, and develop more effective rehabilitation strategies. Thus, this study aimed to evaluate the SVA, as measured by spinal radiography, in iwaxSpA, and to examine its associations with postural sway parameters, derived from plantar pressure via baropodometry, as well as with HGS.

2. Materials and Methods

2.1. Subjects and Ethics

From December 2025 to September 2026, a cross-sectional study was conducted with 21 iwaxSpA at the Policlínica Tereza Rambaldi, Campos dos Goytacazes, Brazil. Eligibility for the axSpA group was based on previously proposed classification criteria [27]. Inclusion criteria for the axSpA group comprised adult individuals (18 years or older) of either sex with clinically stable axSpA for at least six months and without hip or knee prostheses. Exclusion criteria comprised systemic musculoskeletal diseases, vestibular and/or cerebellar disorders, cognitive limitations that prevented comprehension of the instructions, pregnancy, previous or current psychiatric impairment, and a history of hip surgery. A control group of 20 adult individuals (18 years or older) without previous neurological or orthopedic disease and without ambulation disability was also evaluated. The control group consisted of healthy companions of patients without axSpA who were seen at the outpatient clinic. Full-spine radiographs of the control subjects were obtained for research purposes, in order to rule out neurological and orthopedic conditions that could affect sagittal vertical alignment (SVA). All radiographs were obtained in accordance with standard radiation protection procedures.

The Research Ethics Committee of Centro Universitário Augusto Motta approved the protocol (CAAE-92856525.6.0000.5235; approval date: 24 november 2025). The study adhered to the principles of the Declaration of Helsinki, and all patients provided written informed consent.

2.2. Assessments

SVA was assessed using a panoramic lateral radiograph encompassing the cervical, thoracic, and lumbar spine and the pelvis. The SVA was defined as the horizontal distance between the C7 plumb line and the posterosuperior aspect of S1 (Fig. 1) [28]. Participants were positioned standing upright and barefoot with the feet parallel. The upper limbs were flexed to 90°, with the hands resting lightly on supports positioned anteriorly. One evaluator (P.F.F.B.) analyzed the images without access to the participants' clinical or demographic data. The

radiographs were analyzed using Surgimap Spine software (Nemaris Inc., New York, NY, USA). This system has been proven to be reliable and valid for measuring spinopelvic alignment, with inter- and intraobserver reliability analyses revealed good to excellent agreement [29,30]. Prior to measurement, each image was calibrated individually based on the grid markers present on the radiograph itself. Since the distance between the markers was actually 10 cm, the image scale was adjusted within the software so that subsequent distances would be expressed in millimeters. SVA was analyzed as a continuous measure of global sagittal alignment. For descriptive categorical analyses, values from 0 to 49 mm were considered within the reference range and values ≥50 mm were classified as anterior sagittal displacement [31,32].

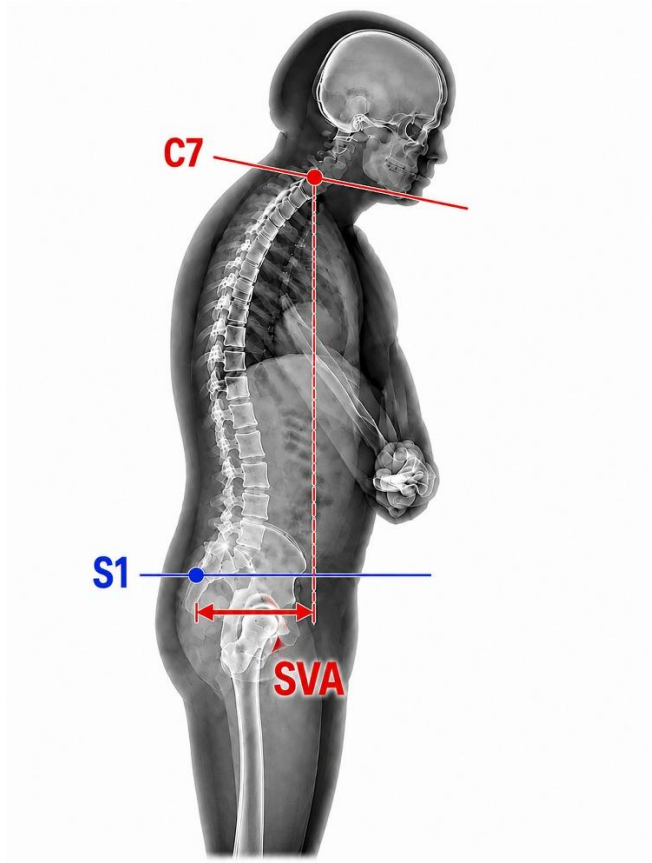


Figure 1. Illustration showing how to measure the sagittal vertical axis (SVA). The SVA corresponds to the horizontal distance between a vertical plumb line drawn from the center of the C7 vertebral body and a vertical line drawn at the posterosuperior aspect of S1.

We evaluated plantar load distribution and postural sway using a BaroScan baropodometer (Londrina, Brazil). The platform's dimensions are 46 cm in length and 51 cm in width, and it is equipped with 4,096 pressure sensors. The acquisition rate was 10 frames per second. Participants stood barefoot with the arms relaxed at the sides, gaze fixed on a point ahead, and body in an upright position. These conditions were standardized to reduce procedural variability without suppressing the physiological postural sway of interest. Participants remained on the platform for 30 seconds in a quiet, level environment with controlled

temperature and lighting. Before acquiring valid data, a familiarization trial was conducted to allow the participant to adapt to the experimental protocol. Data obtained during this initial trial were excluded from the analyses. A second attempt was then performed, and the resulting data were used for analysis. Data were processed using BaroSys software version 3.8.2.2 (Londrina, Brazil). The following variables were obtained: forefoot and rearfoot load distribution; right and left lower-limb load distribution (LR_{LL} and LL_{LL}); maximal amplitude, mean velocity, and standard deviation of anteroposterior displacement (MAD_{AP}, MV_{AP}, and SDD_{AP}); maximal amplitude, mean velocity, and standard deviation of mediolateral displacement (MAD_{ML}, MV_{ML}, and SDD_{ML}); maximal center-of-pressure displacement (MD_{COP}); total center-of-pressure displacement area (MAD_{COP}); and the coefficient of maximal displacement divided by area (CMD/A) [33].

HGS was measured using a digital dynamometer (Electronic Hand Dynamometer, SKU A1754, São Paulo, Brazil). Participants were seated on an armless chair with the elbow flexed to 90°, forearm in neutral position, and wrist extended between 0° and 30° [34]. Maximal HGS of the dominant hand was assessed during a 3-s sustained contraction. Three trials were performed, separated by 1-min intervals, and the highest value was retained for analysis. The observed values were compared to the HGS reference values for healthy Brazilian adults [35].

2.3. Statistical Analysis

Sample size calculation was performed using G*Power software version 3.1.9.7. The study was designed to compare two independent groups of participants (iwaxSpA and controls). The primary outcome variable selected was the SVA, based on results from the study by de Oliveira and colleagues [26]. Considering a significance level of 5% and a statistical power of 80%, the sample size calculation indicated a requirement of 20 participants per group.

We assessed all quantitative variables for normality of distribution separately within each applicable group using the Shapiro–Wilk test. We complemented this analysis with visual inspection of histograms and Q–Q plots. Comparisons between the axSpA and control groups for each quantitative variable were performed using a Welch's *t*-test if both groups met the criteria for a parametric approach and a Mann–Whitney test if not. Effect size was measured using Hedges' *g* for parametric comparisons and rank-biserial correlation for nonparametric comparisons, both with 95% confidence intervals (95% CI). For categorical variables, we tested for associations with the group using the chi-square test; when an expected cell count fell below five, we used Fisher's exact test. We measured effect size using the odds ratio. We defined the event as "male" for sex and "left-handed" for dominant side. We compared the odds in the axSpA group relative to the control group. Associations between postural assessment (SVA) and other quantitative variables in the axSpA group were measured using Pearson's coefficient if the relationship between the two variables was approximately linear and neither showed evidence of deviation from normality. Otherwise, Spearman's coefficient was used. The 95% CI for the Pearson coefficient was obtained using the standard closed-form formula. The 95% CI for the Spearman coefficient was obtained via percentile

bootstrapping with 2,000 resamples and a fixed seed of 123 for reproducibility.

The *p*-values from the between-group comparisons and the SVA association tests formed two distinct families of tests. Each family underwent a separate Benjamini-Hochberg adjustment to control the false discovery rate. The significance level adopted prior to adjustment was 5%. The reported 95% CIs were individual and were not adjusted for multiple analyses. Therefore, conclusions regarding statistical significance after controlling for multiplicity were based on *p*-values adjusted using the Benjamini–Hochberg method rather than on the 95% CIs directly. The analyses were performed in the R environment, version 4.3.3.

2. Results

2.1. Patient Characteristics

Of the 22 iwaxSpA who were evaluated for inclusion in the study, only one was excluded due to pregnancy. Of those patients, 11 were male and 10 were female. The mean age was 48.8±14.1 years, and the median time since diagnosis was 11 (6–18.2) years. Seven participants had radiographic axSpA, while 14 had non-radiographic axSpA. Eleven participants tested positive for HLA-B27. Comparisons of anthropometric data between the axSpA group and the control group showed no significant differences, except for larger foot size in the axSpA group (unadjusted *p*-value = 0.045) (Table 1). However, this difference in foot size between the two groups was not significant after adjusting for multiple comparisons (adjusted *p*-value=0.796).

Table 1. Anthropometry data the studied sample (*n*=41).

Variable	ax-SpA group (*n*=21)	Control group (*n*=20)	Method	Effect (95% CI)	Unadjusted *p*-value	Adjusted *p*-value
Sex (male/female)	11/10	5/15	chi-square	OR=3.20 [0.742–15.7]	0.072	0.796
Anthropometry						
Age (years)	48.8±14.1	41.4±14.9	Welch	*g*=0.499 [-0.114–1.110]	0.111	0.802
Body mass (kg)	72 (63–89)	73.5 (62.5–80.5)	Mann-Whitney	*r*=0.093 [-0.259–0.423]	0.620	0.802
Height (cm)	167.1±6.44	166.1±8.90	Welch	*g*=0.126 [-0.476–0,726]	0.686	0.826
BMI (kg/m^2)	26 (23–33)	25 (23–30)	Mann-Whitney	*r*=0.140 [-0.213–0.462]	0.446	0.802
Foot size (number)	39 (37–41)	37 (35.7–38)	Mann-Whitney	*r*=0.364 [0.024–0.629]	**0.045**	0.796

The values shown are mean ± SD or median (interquartile range). Significant difference is indicated by bold text. axSpA, axial spondyloarthritis; BMI, body mass index.

The medications used by the patients are listed below: 12 (57.1%) iwaxSpA were on bDMARDs, 10 (47.6%) iwaxSpA were on non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), and 3 (14.3%) were on salazopyrin. Of the patients using bDMARDs, 6, 5, and 1 were receiving adalimumab, golimumab, and infliximab, in that order. Elevated erythrocyte sedimentation rates and C-reactive protein levels were observed in 10 (47.6%) and 11 (52.4%) patients, respectively.

2.2. Comparisons Between the Two Groups Regarding Sagittal Alignment Baropodometric Parameters, and Handgrip Strength

An SVA ≥50 mm was observed in 9/21 (42.8%) iwaxSpA and 4/20 (20.0%) controls. Median SVA was higher in iwaxSpA than in controls (31 [16–53] vs. 26.5 [9.50–36.7] mm), but the difference was not statistically significant after multiplicity correction (adjusted p=0.802). Point estimates for several load-distribution and CoP-derived variables differed between groups, but none remained statistically significant after correction for multiple testing. Nine iwaxSpA (42.8%) and four controls (20%) had HGS values below the adopted sex-specific cutoffs [35]; mean HGS did not differ significantly between groups in the original unadjusted comparison. Because these analyses were not adjusted for age and sex, the estimates should be considered exploratory pending adjusted modeling. Table 2 summarizes the original between-group comparisons.

Table 2. Postural assessment, baropodometer parameters, and handgrip strength in the studied sample (*n*=41).

Variable	ax-SpA group (*n*=21)	Control group (*n*=20)	Method	Effect (95% CI)	Unadjusted *p*-value	Adjusted *p*-value
Postural assessment						
SVA (mm)	31 (16–53)	26.5 (9.50–36.7)	Mann-Whitney	*r*=0.240 [-0.112–0.539]	0.191	0.802
Baropodometer parameters						
Forefoot load (%)	39.9 ± 11	37.4 ± 6.72	Welch	*g*=0.271 [-0.334–0.873]	0.376	0.802
Rearfoot load (%)	60 ± 11	62.5 ± 6.71	Welch	*g*=-0,270 [-0.872–0.335]	0.379	0.802
L_{RLL} (%)	48.5 ± 8.09	47.9 ± 3.77	Welch	*g*=0.096 [-0.505–0.697]	0.751	0.826
L_{LLL} (%)	51.5 ± 8.09	52.1 ± 3.77	Welch	*g*=-0.096 [-0.697–0.505]	0.751	0.826
MAD_{AP} (mm)	5.65 ± 2.66	5.52 ± 1.97	Welch	*g*=0.056 [-0.545–0.656]	0.855	0.865
MV_{AP} (mm/s)	1.06 (0.87–1.18)	0.99 (0.76–1.33)	Mann-Whitney	*r*=0.110 [-0.243–0.436]	0.557	0.802
SDD_{AP} (mm)	1.17 (0.84–1.62)	1.23 (1.04–1.63)	Mann-Whitney	*r*=-0.131 [-0.454–0.222]	0.481	0.802
MAD_{ML} (mm)	2.74 (2.15–5.22)	2.44 (1.85–5.42)	Mann-Whitney	*r*=0.179 [-0.175–0.492]	0.334	0.802
MV_{ML} (mm/s)	1.05±0.38	1±0.32	Welch	*g*=0.161 [-0.442–0.761]	0.600	0.802
SDD_{ML} (mm)	0.62 (0.46–1.36)	0.53 (0.35–1.06)	Mann-Whitney	*r*=0.224 [-0.129–0.527]	0.225	0.802
MD_{COP} (mm)	45.6 (41.2–57.8)	43.7 (34.3–57.6)	Mann-Whitney	*r*=0.129 [-0.225–0.452]	0.489	0.802
MAD_{COP} (mm)	14.2 (7.52–19.8)	11.5 (6.78–19.9)	Mann-Whitney	*r*=0.033 [-0.314–0.372]	0.865	0.865
CMD/A	3.76 (2.59–6.10)	4.10 (1.86–5.21)	Mann-Whitney	*r*=0.157 [-0.197–0.475]	0.396	0.802
HGS (kg)	25.9 ± 7.03	28.8±6.84	Welch	*g*=0.397 [-0.212–1]	0.203	0.802

The values shown are median (interquartile range) or mean ± SD. ax-SpA, axial spondyloarthritis; SVA, sagittal vertical axis; LR_{LL}, load on the right lower limb; LL_{LL}, load on the left lower limb; MAD_{AP}, maximal amplitude of anteroposterior displacement ; MV_{AP}, mean velocity of anteroposterior displacement; SDD_{AP}, standard deviation of anteroposterior displacement; MAD_{ML}, maximal amplitude of mediolateral displacement; MV_{ML}, mean velocity of mediolateral displacement; SDD_{ML}, standard deviation of mediolateral displacement; MD_{COP}, maximal displacement of center of pressure; MAD_{COP}, maximal total area of displacement of center of pressure; CMD/A, coefficient of maximal displacement divided by the area; HGS, handgrip strength.

2.3. Correlations Between Sagittal Vertical Alignment, Baropodometric Parameters, and Handgrip Strength

Within the iwaxSpA group, SVA showed a nominal positive correlation with age (ρ=0.511, 95% CI 0.019–0.813; unadjusted p=0.017), but the association was not statistically significant after Benjamini–Hochberg correction (adjusted p=0.356). SVA also showed a nominal positive correlation with MAD_{ML} (ϱ=0.452, 95% CI −0.006 to 0.799; unadjusted p=0.039), which likewise did not remain statistically significant after multiplicity adjustment (adjusted p=0.395). No other SVA correlation remained statistically significant after multiplicity correction. These bivariate associations should be interpreted cautiously because of the small sample and potential confounding, particularly by age and sex. Table 3 presents the original correlation analyses.

Table 3. Spearman's correlation coefficients between postural assessment, clinical data, baropodometer parameters, and handgrip strength measurements in individuals with axial spondyloarthritis (n=21).

		SVA (mm)		
Variable	**Method**	**ρ (95% CI)**	**Unadjusted p-value**	**Adjusted p-value**
Age (years)	Spearman	0.511 [0.019–0.813]	**0.017**	0.356
Body mass (kg)	Spearman	0.062 [-0.453–0.592]	0.790	0.993
Height (m^2)	Spearman	-0.030 [-0.422–0.375]	0.897	0.993
BMI (kg/m^2)	Spearman	0.042 [-0.486–0.519]	0.855	0.993
Foot size (number)	Spearman	0.221 [-0.222–0.587]	0.335	0.993
Time since diagnosis (years)	Spearman	0.209 [-0.322–0.642]	0.376	0.993
Forefoot load (%)	Spearman	-0.150 [-0.594–0.353]	0.517	0.993
Rearfoot load (%)	Spearman	0.150 [-0.352–0.609]	0.517	0.993
LR_{LL} (%)	Spearman	0.094 [-0.389–0.560]	0.684	0.993
LL_{LL} (%)	Spearman	-0.094 [-0.549–0.411]	0.684	0.993
MAD_{AP} (mm)	Spearman	-0.087 [-0.535–0.337]	0.707	0.993
MV_{AP} (mm/s)	Spearman	0.002 [-0.466–0.428]	0.993	0.993
SDD_{AP} (mm)	Spearman	-0.011 [-0.453–0.424]	0.962	0.993
MAD_{ML} (mm)	Spearman	0.452 [-0.006–0.799]	**0.039**	0.395
MV_{ML} (mm/s)	Spearman	-0.,064 [-0.460–0.316]	0.782	0.993
SDD_{ML} (mm)	Spearman	0.349 [-0.152–0.753]	0.120	0.805
MD_{COP} (mm)	Spearman	-0.076 [-0.498–0.371]	0.742	0.993
MAD_{COP} (mm)	Spearman	0.017 [-0.474–0.493]	0.942	0.993
CMD/A	Spearman	-0.133 [-0.574–0.377]	0.565	0.993
HGS (kgf)	Spearman	0.097 [-0.310–0.494]	0.676	0.993

Significant correlations are indicated by bold text. SVA, sagittal vertical axis; BMI, body mass index; LR_{LL}, load on the right lower limb; LL_{LL}, load on the left lower limb; MAD_{AP}, maximal amplitude of anteroposterior displacement ; MV_{AP}, mean velocity of anteroposterior displacement; SDD_{AP}, standard deviation of anteroposterior displacement; MAD_{ML}, maximal amplitude of mediolateral displacement; MV_{ML}, mean velocity of mediolateral displacement; SDDML, standard deviation of mediolateral displacement; MD_{COP}, maximal displacement of center of

pressure; MAD_{COP}, maximal total area of displacement of center of pressure; CMD/A, coefficient of maximal displacement divided by the area; HGS, handgrip strength.

3. Discussion

This exploratory study examined SVA, baropodometric measures of plantar load distribution and postural sway, and HGS in iwaxSpA compared with controls. The principal observation is not that the groups were equivalent, but that the available sample produced imprecise estimates and no statistically robust between-group differences after correction for multiple testing. SVA was numerically higher in iwaxSpA, several baropodometric point estimates suggested greater sway or altered load distribution, and mean HGS was lower; however, the corresponding confidence intervals were wide. Within the axSpA group, the nominal associations of SVA with age and MAD_{ML} did not remain statistically significant after multiplicity correction. These findings should therefore be interpreted as exploratory estimates rather than evidence of absence of clinically relevant differences.

AxSpA primarily affects the sacroiliac joints and spine and may produce progressive restriction of spinal mobility and altered sagittal alignment [36,37]. In the present sample, 42.8% of iwaxSpA and 20.0% of controls had SVA ≥50 mm. Although the continuous SVA comparison was not statistically significant after multiplicity correction, the approximately twofold difference in the proportion above the descriptive threshold is clinically noteworthy and warrants more precise estimation in a larger cohort [36,37]. Importantly, a non-significant result in this small sample should not be interpreted as proof of equivalence. SVA captures one component of global sagittal alignment and may not fully characterize pelvic, thoracic, lumbar, cervical, or lower-limb compensatory strategies [26]. Thus, future studies should consider a broader set of sagittal alignment parameters when feasible.

Importantly, the design of these new trials should focus on the impact of new axSpA therapies, particularly bDMARDs [7–10]. In fact, Son and colleagues [7] demonstrated that anti-TNF-α therapy improves lumbar lordosis and clinical outcomes in axSpA. In the inflamed sacroiliac joint of iwaxSpA, dense mononuclear infiltrates invade the cartilage in the presence of TNF-α mRNA [38]. Along the same lines, it is worth noting that nearly 60% of our patients were using bDMARDs, and this may have affected the lack of statistical differences between the two groups regarding SVA and baropodometric parameters. By controlling the inflammation that precedes pathological new bone formation, bDMARDs help prevent the rigid, stooped posture that severely impairs balance later in the disease's progression.

Postural control depends on the integration of sensory information and coordinated neuromuscular responses that maintain the center of pressure within the BoS [18,19]. In the present study, several baropodometric point estimates differed between groups, but none remained statistically significant after multiplicity correction. These null inferential findings may reflect limited statistical precision, phenotypic

heterogeneity, the measurement properties of the baropodometric protocol, or genuinely small between-group effects. Accordingly, the data do not establish that baropodometry is insensitive to axSpA-related postural changes. Load-distribution variables should also be distinguished conceptually from CoP-derived sway variables because they represent related but non-equivalent constructs. Previous studies have likewise reported heterogeneous findings depending on the balance task, instrument, and disease phenotype [16,18,19]. It is worth noting that the predominance of females in the control group may pose a challenge to interpreting our findings. Osama [39] recently demonstrated that males tend to have better postural stability when their eyes are open. In contrast, females have a lower risk of falling and better postural stability than males when their eyes are closed. This suggests that males may rely more on vision to maintain balance.

In the original bivariate analyses, SVA showed nominal positive associations with age and MAD_{ML}, but neither association remained statistically significant after false-discovery-rate correction. The association with age is nevertheless clinically plausible and relevant to interpretation because age also differed between groups. Thus, future analyses should evaluate the SVA–postural-sway relationship using parsimonious adjusted models rather than relying exclusively on unadjusted bivariate correlations. Previous work using clinical postural measures has reported associations between sagittal alignment and balance-related outcomes, whereas more recent studies have demonstrated that dynamic balance and gait may be affected even when static sway variables are similar [16,27].

Individuals with axSpA may exhibit reduced muscle performance because of systemic inflammation, physical inactivity, metabolic alterations, pain, and structural impairment [40]. In the present study, HGS was used as a pragmatic marker of muscle function; it should not be interpreted as a direct measure of lower-limb or postural muscle strength [41]. Mean HGS was numerically lower in iwaxSpA, but the original between-group comparison was not statistically significant after multiplicity correction. Interpretation is further complicated by the unequal sex distribution between groups because sex is strongly associated with HGS [41]. Accordingly, age- and sex-adjusted analyses are needed before attributing HGS differences to axSpA. Future studies should additionally assess lower-limb muscle groups that contribute more directly to postural control.

From a clinical perspective, SVA, plantar-pressure-derived postural sway, and HGS should be viewed as complementary rather than interchangeable domains [42]. The present data do not support using a single normal SVA value to exclude balance impairment or muscle-function deficits in axSpA. A multimodal assessment integrating disease activity, spinal mobility, structural damage, BC, and task-relevant muscle performance is likely to be more informative for rehabilitation planning.

This study has several limitations. First, the sample was small and produced wide 95% CIs, limiting precision and the ability to detect small-to-moderate effects; in this scenario, for example, due to the concomitant

use of NSAIDs in the majority of patients using bDMARDs, comparisons between drug subgroups were not possible, which prevents the evaluation of the effects of different treatment combinations. Second, the single-center design and the recruitment strategy may limit external validity and should be described explicitly. Third, the axSpA group was heterogeneous, including 7 radiographic and 14 non-radiographic cases, and the study did not provide detailed measures of disease activity, spinal mobility, functional status, pain, physical activity, or structural damage that could explain variation in SVA and BC. Fourth, the groups were not matched for age and sex, and the original inferential analyses were not adjusted for these potential confounders. Although appropriate statistical tests revealed no significant differences in age or sex between the two groups, it must be acknowledged that an imbalance in these two variables complicates the interpretation of our findings. Fifth, sagittal alignment was represented by SVA alone, rather than by a broader set of spinopelvic parameters; additionally, a single evaluator identified the milestones for the Surgimap Spine software measurements. Sixth, sagittal alignment was represented by SVA alone, without a broader set of spinopelvic parameters. Sixth, reliability indices for the radiographic measurements were not reported despite duplicate ratings by two evaluators. Seventh, baropodometry was based on a brief static assessment and important acquisition/processing details were not fully reported; the validity and reliability of the specific device and protocol for all analyzed CoP variables should be documented. Finally, HGS was the only muscle-strength measure and does not directly quantify the lower-limb muscle groups most relevant to postural control. Despite these limitations, our study can serve as a starting point for larger studies to define the role of user-friendly, low-cost BC assessment tools and evaluate the impact of bDMARDs on posture and balance in the new era of axSpA treatment.

5. Conclusions

In iwaxSpA, there are numerical trends toward poorer postural assessment and BC, as measured by spinal radiography and baropodometry, respectively; however, no significant differences remain after adjusting for multiple comparisons. No significant associations were found between spinal alignment (as assessed by spinal radiography), baropodometric parameters, and HGS. These findings should be interpreted with caution, especially considering the small sample size and possible influence of age and sex. Given the exploratory nature of this study and its limited statistical power, controlled multicenter trials involving larger cohorts of iwaxSpA are needed to better define the roles of spinal radiography and baropodometry in this population.

Author Contributions: Conceptualization, K.R.R.d.S. and A.J.L.; methodology, G.S.d.E.G., L.M.C., C.A.L., and E.R.M.; formal analysis, K.R.R.d.S. and A.J.L.; investigation, K.R.R.d.S., G.S.d.E.G., L.M.C., P.J.F.B., C.A.L., and E.R.M.; data curation, A.J.L.; writing—original draft preparation, A.J.L.; writing—review and editing, K.R.R.d.S., G.S.d.E.G., L.M.C., P.J.F.B., C.A.L., and E.R.M.; supervision, K.R.R.d.S.; project administration, K.R.R.d.S. and A.J.L.; funding acquisition,

A.J.L. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnólogico (CNPq) under Grant number #401633/2023-3, Brazil, the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) under Grant number #E-26/200.037/2026, Brazil, and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) under Grant number Finance Code 001, Brazil.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki. All patients provided written informed consent. The protocol was approved by the Research Ethics Committee of the Centro Universitário Augusto Motta (CAAE-92856525.6.0000.5235; 24 November 2025).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Data is contained within the article or supplementary material.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

axSpA	Axial spondyloarthritis
HLA-B27	Human leukocyte antigen B27
iwaxSpA	Individuals with axial spondyloarthritis
bDMARD	Biological disease-modifying antirheumatic drug
BC	Balance control
CoM	Center of mass
ADL	Activity of daily living
CoG	Center of gravity
BoS	Base of support
CT	Computed tomography
SVA	Sagittal vertical axis
ADL	Activities of daily living
LL_{RL}	Percentage of load on the right lower limb
LL_{LL}	Percentage of load on the left lower limb
MAD_{AP}	Maximal amplitude of anteroposterior displacement
MV_{AP}	Mean velocity of anteroposterior displacement
SDD_{AP}	Standard deviation of anteroposterior displacement
MAD_{ML}	Maximal amplitude of mediolateral displacement
MV_{ML}	Mean velocity of mediolateral displacement
SDD_{ML}	Standard deviation of mediolateral displacement
MD_{COP}	Maximal displacement of center of pressure
MAD_{COP}	Maximal total area of displacement of center of pressure
CMD/A	Coefficient of maximal displacement divided by the area
HGS	Handgrip strength
95% CI	95% confidence interval

References

1. Rudwaleit, M.; Jurik, A.G.; Hermann, K.G.; Landewé, R.; van der Heijde, D.; Baraliakos, X.; Marzo-Ortega, H.; Ostergaard, M.; Braun, J.; Sieper, J. Defining active sacroiliitis on magnetic resonance imaging (MRI) for

classification of axial spondyloarthritis: a consensual approach by the ASAS/OMERACT MRI group. *Ann. Rheum. Dis.* **2009**, *68*, 1520-1527.
2. Bittar, M.; Deodhar, A. Axial spondyloarthritis: a review. *JAMA* **2025**, *333*, 408–420.
3. van der Linden, S.; Valkenburg, H.A.; Cats, A. Evaluation of diagnostic criteria for ankylosing spondylitis. A proposal for modification of the New York criteria. *Arthritis Rheum.* **1984**, *27*, 361–368.
4. Bohn, R.; Cooney, M.; Deodhar, A.; Curtis, J.R.; Golembesky, A. Incidence and prevalence of axial spondyloarthritis: methodologic challenges and gaps in the literature. *Clin. Exp. Rheumatol.* **2018**, *36*, 263–274.
5. Atar, E.; Askin, A., Somatosensory dysfunction related neuropathic pain component affects disease activity, functional status and quality of life in ankylosing spondylitis. *Int J Rheum Dis.* **2020**, *23*, 1656–1663.
6. Moltó, A.; Nikiphorou, E. Comorbidities in spondyloarthritis. *Front Med.* **2018**, *5*, 62.
7. Son, S.M.; Choi, S.H.; Shin, J.K.; Goh, T.S.; Lee, J.S. Radiologic parameters of ankylosing spondylitis patients treated with antiTNF-α versus nonsteroidal anti-inflammatory drugs and sulfasalazine. *Eur. Spine J.* **2019**, *28*, 649-657.
8. Zhu, J.; Zhao, C.; Mi, C.; Liu, S.; Wu, R.; Li, T.; Duan, X.; Sun, L.; Yang, L.; He, X.; et al. Vunakizumab for radiographic axial spondyloarthritis: A randomized clinical trial. *JAMA Netw. Open* **2026**, *9*, e2611632.
9. Zhang, S.; Xu, D.; Liu, S.; Li, S.; Wang, X.; Yuan, F.; Gou, W.; Xu, B.; Sun, L.; Gu, J.; et al. Xeligekimab, an interleukin-17a antagonist for active radiographic axial spondyloarthritis in chinese patients: 16- and 48-week results from a phase III, randomized, double-blind, placebo-controlled study. *BioDrugs* **2026**, *40*, 151-162.
10. Baraliakos, X.; Deodhar, A.; van der Heijde, D.; Van den Bosch, F.; Magrey, M.; Maksymowych, W.P.; Tomita, T.; Xu, H.; Coarse, J.; Prajapati, C.; et al. Bimekizumab long-term safety and efficacy across the spectrum of axial spondyloarthritis over 3 years: Results from 2 phase III studies. *J. Rheumatol.* **2026**, *53*, 1071-1082.
11. Nam, B.; Jo, S.; Bang, S.; Bang, S.Y.; Park, Y.; Shin, J.H.; Park, Y.S.; Lee, S.; Joo, K.B.; Kim, T.H. Clinical and genetic factors associated with radiographic damage in patients with ankylosing spondylitis. Ann. Rheum. Dis. **2022**, 82, 527–532.
12. Çınar, E.; Akkoç, Y.; Karapolat, H.; Durusoy, R.; Keser, G. Postural deformities: potential morbidities to cause balance problems in patients with ankylosing spondylitis? *Eur. J. Rheumatol.* **2016**, *3*, 5–9.
13. Jalai, C.M.; Cruz, D.L.; Diebo, B.G.; Poorman, G.; Lafage, R.; Bess, S.; Ramchandran, S.; Day, L.M.; Vira, S.; Liabaud, B.; et al. 2017. Whole-body analysis of age-adjusted alignment in adult patients with spinal deformity and lower limb compensation. *Spine* **2017**, *42*, 653–661.
14. Batur, E.B., Karataş, G.K. Do postural changes affect balance in patients with ankylosing spondylitis? *J. Rehabil. Med.* **2017**, *49*, 437–440.
15. Schwab, F.; Lafage, V.; Boyce, R.; Skalli, W.; Farcy, J.P. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. *Spine* **2006**, *31*, E959–E967.
16. Türk, E.; Yurdakul, F.G.; Güler, T.; Bodur, H. Posture, balance and gait in axial spondyloarthritis: a case-control study. *Rheumatol Int.* **2024**, *44*, 2527–2538.
17. Horak, F.B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* **2006**, *35(Suppl. 2)*, ii7–ii11.
18. Aydoğ, E.; Depedibi, R.; Bal, A.; Eksioglu, E.; Unlü, E.; Cakci, A. Dynamic postural balance in ankylosing spondylitis patients. *Rheumatology* **2006**, *45*, 445–448.
19. Murray, H.C.; Elliott, C.; Barton, S.E.; Murray, A. Do subjects with ankylosing spondylitis have poorer balance than normal subjects? *Rheumatology* **2000**, *39*, 497–500.
20. El Miedany, Y.; El Gaafary, M.; Youssef, S.; Palmer, D. Towards a multidimensional assessment of patient-reported outcome measures: development and validation of a questionnaire for patients with ankylosing spondylitis/spondyloarthritis. *Joint Bone Spine* **2010**, *77*, 575–581.
21. Bot SDM, Caspers M, Van Royen BJ, Toussaint HM, Kingma I: Biomechanical analysis of posture in patients with spinal kyphosis due to ankylosing spondylitis: a pilot study. *Rheumatology* **1999**, *38*, 441–443.
22. Nomura, K..; Fukada, K..; Azuma, T.; Hamasaki, T.; Sakoda, S.; Nomura, T. A quantitative characterization of postural sway during human quiet standing using a thin pressure distribution measurement system. *Gait Posture* **2009**, *29*, 654-657.

23. Faus-Riera, S., Martinez-Pardo, S., Blanch-Rubio, J., Benito-Ruiz, P., Duró-Pujol, J.C., Corominas-Torres, J.M. Clinical, enzymatic, electromyographic and histological correlation. *J. Rheumatol.* **1991**, *18*, 1368–1371.
24. Ceolin, C.; Bindoli, S.; Cozzi, G.; di Marzio, B.; Lorenzin, M.; De Rui, M.; Sfriso, P.; Doria, A.; Sergi, G.; Ramonda, R. Body composition, bone mineral density, and functional impairment in axial spondyloarthritis: a 36-month longitudinal study. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2025**, *26*, 878.
25. Magrey, M.; Wei, J.C.C.; Yndestad, A.; Bushmakin, A.G.; Cappelleri, J.C.; Dina, O.; Deodhar, A. Relationships of work productivity and activity impairment with patient-reported outcomes in ankylosing spondylitis: results from two trials. *Arthritis Care Res.* **2004**, *76*, 359–365.
26. de Oliveira, T.L.; Silva, F.D.; Ormond Filho, A.G.; Nico, M.A.C.; da Rocha Correa Fernandes, A.; Ramiro, S.; de Medeiros Pinheiro, M. Exploring the influence of sagittal imbalance on spinal mobility, function and quality of life in axial spondyloarthritis: a novel comprehensive compensatory mechanism of adaptation. *Adv. Rheumatol.* **2025**, *65*, 60.
27. Rudwaleit, M.; van der Heijde, D.; Landewé, R.; Listing, J.; Akkoc, N.; Brandt, J.; Braun, J.; Chou, C.T.; Collantes-Estevez, E.; Dougados, M.; et al. The development of Assessment of SpondyloArthritis international Society classification criteria for axial spondyloarthritis (part II): validation and final selection. *Ann. Rheum. Dis.* **2009**, *68*, 777–783.
28. Gueugnon, M.; Riglet, L.; Fournel, I.; Ksiazek, E.; Beaurain, J.; Chapon, R.; Ornetti, P.; Laroche, D. Evaluation of the sagittal vertical axis with postural and 3D motion analyses in lumbar spinal stenosis. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2024**, *25*, 827.
29. Lafage, R.; Ferrero, E.; Henry, J.K.; Challier, V.; Diebo, B.; Liabaud, B.; Lafage, V.; Schwab, F. Validation of a new computer-assisted tool to measure spino-pelvic parameters. *Spine J.* **2015**, *15*, 2493–2502.
30. Helmya, N.A.; El-Sayyadb, M.M.; Kattabeib, O.M. Intra-rater and inter-rater reliability of Surgimap Spine software for measuring spinal postural angles from digital photographs. *Bull. Fac. Phys. Ther.* **2015**, *20*, 193–199.
31. Lafage, R.; Schwab, F.; Challier, V.; Henry, J.K.; Gum, J.; Smith, J.; Hostin, R.; Shaffrey, C.; Kim, H.J.; Ames, C.; et al. Defining spino-pelvic alignment thresholds: should operative goals in adult spinal deformity surgery account for age? *Spine* **2016**, *41*, 62–68.
32. Liu, C.; Zhu, W.; Li, Y.; Li, X.; Shi, B.; Kong, C.; Lu, S. How does cervical sagittal profile change after the spontaneous compensation of global sagittal imbalance following one- or two-level lumbar fusion. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2024**, *25*, 387.
33. Pena Junior, P.M.; de Sá Ferreira, A.; Telles, G.; Lemos, T.; Nogueira, L.A.C. Concurrent validation of the centre of pressure displacement analyzed by baropodometry in patients with chronic non-specific low back pain during functional tasks. *J. Bodyw. Mov. Ther.* **2021**, *28*, 489–495.
34. Nonato, C.P.; Azevedo, B.L.P.A.; Oliveira, J.G.M.; Gardel, D.G.; de Souza, D.C.N.; Lopes, A.J. The Glittre Activities of Daily Living Test in women with scleroderma and its relation to hand function and physical capacity. *Clin. Biomech.* **2020**, *73*, 71–77.
35. Schlüssel, M.M.; dos Anjos, L.A.; de Vasconcellos, M.T.L.; Kac, G. Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. *Clin. Nutr.* **2008**, *27*, 601–607.
36. Braun, J.; Sieper, J. Ankylosing spondylitis. *Lancet* **2007**, *369*, 1379–1390.
37. Wanders, A.J.; Landewe, R.B.; Spoorenberg, A.; Dougados, M.; Van Der Linden, S.; Mielants, H.; van der Tempel, H.; van der Heijde, D.M.F.M. What is the most appropriate radiologic scoring method for ankylosing spondylitis? A comparison of the available methods based on the Outcome Measures in Rheumatology Clinical Trials filter. *Arthritis Rheum.* **2004**, *50*, 2622–2632.
38. Wang, X.B.; Ellis, J.J.; Pennisi, D.J.; Song, X.; Batra, J.; Hollis, K.; Bradbury, L.A.; Li, Z.; Kenna, T.J.; Brown, M.A. Transcriptome analysis of ankylosing spondylitis patients before and after TNF-α inhibitor therapy reveals the pathways affected. *Genes Immun.* **2017**, *18*, 184–190.
39. Osama, M. Gender-based differences in postural stability, sensory integration of balance and fall risk between healthy young male and female adults: The GENAB study. *J. Back Musculoskelet. Rehabil.* **2025**, *38*, 829-837.

40. Sardoo, A.M.; Neto, A.; Pinheiro Torres, R.; Rodrigues-Manica, S.; Domingues, L.; Lage Crespo, C.; Lagoas-Gomes, J.; Mascarenhas, V.; Mendes, C.S.; Galzerano, A.; et al. The role of muscle in the susceptibility and progression of axial spondyloarthritis: the myospa study protocol. *Acta Reumatol. Port.* **2021** *46*, 342–349.
41. Lima, T.R.L.; Almeida, V.P.; Ferreira, A.S.; Guimarães, F.S.; Lopes, A.J. Handgrip strength and pulmonary disease in the elderly: what is the link? *Aging Dis.* **2019**, *10*, 1109–1129.
42. Butler, A.A.; Lord, S.R.; Rogers, M.W.; Fitzpatrick, R.C.; Muscle weakness impairs the proprioceptive control of human standing. *Brain Res.* **2008**, *1242*, 244–251.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

PARTE I – PROJETO DE PESQUISA

Capítulo 1 Revisão de Literatura

1.1 Aspectos gerais da espondilite anquilosante

A espondiloartropatia (EpA) compreende um conjunto diversificado de doenças reumáticas que compartilham semelhanças clínicas e genéticas. Essas condições são classificadas em axiais ou periféricas, de acordo com as regiões do corpo predominantemente afetadas. A espondilite anquilosante (EA), pertencente a esse grupo, é uma enfermidade autoimune que acomete, sobretudo, as articulações sacroilíacas, coluna vertebral e as estruturas moles ao redor, como tendões e ligamentos. Em estágios mais avançados, o processo inflamatório pode evoluir para fibrose e calcificação, comprometendo a mobilidade e provocando a fusão da coluna, o que dá origem à aparência característica semelhante a um “bambu rígido”. Entre os sintomas mais comuns estão dor nas costas e rigidez progressiva da coluna, além de inflamações nos quadris, ombros, articulações periféricas e extremidades dos dedos das mãos e dos pés. A doença também pode envolver manifestações fora das articulações, como uveíte anterior aguda e doenças inflamatórias intestinais (Moltó et al., 2018).

A EA é uma enfermidade que afeta predominantemente o esqueleto axial e costuma acometer as pessoas entre os 20 e 40 anos de idade (**QUADRO 1**). Em seu desenvolvimento clínico, nota-se variações entre os indivíduos, especialmente naqueles que apresentam positividade para o antígeno de histocompatibilidade HLA-B27. A doença geralmente tem início gradual, com evolução lenta e períodos recorrentes de remissão ao longo do tempo (Atar et al., 2020). É uma condição crônica de origem imunológica que afeta os locais de inserção dos tendões e ligamentos, podendo evoluir para a formação de osso e a fusão das articulações compostas por fibrocartilagem (Dougados et al., 2011). O diagnóstico pode ser realizado com base em determinados achados radiológicos, como a detecção de sacroileíte sem sintomas aparentes, presença de dor lombar persistente por mais de três meses e resultado positivo para o antígeno HLA-B27 (Ritchlin et al., 2021).

Quadro 1: Critérios de classificação modificados de Nova Iorque para espondilite anquilosante.

Grupos de critérios	Descrição
Clínicos	a) Lombalgia inflamatória por três meses ou mais de duração; b) Limitação dos movimentos da coluna lombar nos planos sagital (por exemplo, média variação bilateral dedo-chão inferior a 10cm) e frontal (por exemplo, teste de Schober inferior a 5cm); c) Expansão torácica diminuída (inferior a 2,5cm).
Radiográficos	a) Radiografia com detecção de sacroileíte bilateral graus 2-4; b) Radiografia com detecção de sacroileíte unilateral graus 3 ou 4.

A análise da literatura realizada por Pompeu et al. (2012) confirmou essas observações e acrescentou que o mau funcionamento dos mecanorreceptores, provocado pela entesite e pela redução da força muscular, comprometeu a resposta rápida dos músculos, resultando assim em alterações no controle do equilíbrio postural. No início da enfermidade, é comum o surgimento de sintomas como dor na região lombar, rigidez ao despertar e sensação de cansaço. Também podem ocorrer sinais de entesite, como dor nos calcanhares. A maior parte dos pacientes encontra-se no começo ou no ponto mais ativo de suas atividades profissionais e esses sintomas podem comprometer de forma relevante seu desempenho no trabalho e o bem-estar geral, impactando negativamente tanto a produtividade quanto a vida social e familiar (Lee et al., 2016).

A radiografia tradicional continua sendo o principal recurso para a análise de alterações crônicas na coluna vertebral em casos de espondilite anquilosante. Dentre os métodos disponíveis, o escore modificado de Stoke para espondilite anquilosante da coluna (mSASSS) é considerado o mais confiável para medir essas modificações (Wanders et al., 2004). Atualmente, os instrumentos utilizados para medir a espondiloartrite, como o *Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index* (BASDAI), o *Ankylosing Spondylitis Disease Activity Score* (ASDAS), entre outras escalas

amplamente aplicadas, têm como foco principal avaliar componentes específicos da saúde, como dor, nível de atividade da enfermidade e capacidade funcional. Essas ferramentas são comumente empregadas para analisar o desempenho físico e o impacto da doença na QV dos pacientes (Magrey et al, 2024).

De acordo com as diretrizes terapêuticas estabelecidas pelo *American College of Rheumatology* (ACR) e pela *Assessment in SpondyloArthritis international Society* (ASAS), os anti-inflamatórios não esteroides (AINEs) são considerados a opção inicial no tratamento. Para os pacientes que não respondem adequadamente aos AINEs, são indicados os medicamentos biológicos que atuam bloqueando o fator de necrose tumoral alfa (TNF-α) ou a interleucina-17 (IL-17). No entanto, ainda existem lacunas no tratamento, pois os inibidores de TNF-α demonstram eficácia na prevenção da ossificação anormal apenas se administrados nas fases iniciais da doença, enquanto os bloqueadores de IL-17 podem desencadear ou agravar quadros de inflamação intestinal (Emond et al., 2019).

A frequência da EA está fortemente associada à presença do antígeno HLA-B27 em determinadas populações. Uma pesquisa indicou que, entre indivíduos que apresentam HLA-B27 positivo, a prevalência da doença gira em torno de 5% a 6% (Reveille & Weisman, 2013). Outra pesquisa realizada em 2009 nos Estados Unidos mostrou que a proporção de indivíduos com resultado positivo para o HLA-B27 varia conforme a origem étnica. Os dados revelaram prevalência de 7,5% entre brancos não hispânicos, 4,6% entre mexicano-americanos e 1,1% entre negros não hispânicos (Reveille et al., 2012). De acordo com a literatura, a maior parte dos casos de espondilite anquilosante (EA) ocorre em homens, enquanto na espondiloartropatia axial não radiográfica (nr-EpA), que inclui indivíduos com critérios clínicos para axSpA sem sinais radiológicos de sacroileíte, a incidência entre homens e mulheres é mais equilibrada. Em uma meta-análise que abrangeu oito estudos, com 2.236 pacientes com EA e 1.242 pacientes com nr-EpA, foi encontrado que os homens representavam 70,4% dos casos de EA e 46,5% dos casos de nr-EpA (de Winter et al., 2016). Os dados relacionados à predisposição genética revelaram padrões consistentes de risco entre diferentes graus de parentesco. Entre gêmeos monozigóticos, a taxa de suscetibilidade foi de 63% (17 em 27 casos); em parentes de primeiro grau, foi observada uma frequência de 8,2% (441 de 5.390); para parentes de segundo grau,

o índice foi de 1% (8 de 834); e entre familiares de terceiro grau, a taxa registrada foi de 0,7% (7 de 997) (Brown et al., 2000).

A EA atinge com maior frequência indivíduos jovens. Na região de Shantou, localizada em Chaoshan, a taxa de prevalência da enfermidade foi registrada em 0,3% (Zeng et al., 2015). É importante destacar que cerca de 40% das pessoas diagnosticadas com espondilite anquilosante (EA) manifestam comprometimento na articulação do quadril (Ward, 2019). Os sinais da doença costumam surgir entre os 15 e 25 anos de idade, sendo mais frequentes no sexo masculino (Lin et al., 2019). Antigamente, o diagnóstico da EA era feito com base em sinais clínicos, como dor, sensação de dormência, inchaço nas articulações, postura característica da coluna e rigidez. Mais recentemente, a EA passou a ser classificada como uma espondiloartropatia soronegativa, o que indica que os exames não detectam anticorpos do fator reumatoide, mesmo quando a espondilite axial é visível por meio de radiografias (Pearce, 2020).

A EA é uma forma de EpA caracterizada por um processo inflamatório crônico e de origem imunológica que afeta principalmente as articulações sacroilíacas e o esqueleto axial. Ela ocorre com maior frequência em homens por volta dos 30 anos de idade. Apesar da baixa prevalência estimada — cerca de 0,12% na América Latina e 0,32% na América do Norte — a EA é considerada um desafio de saúde pública, pois pode causar limitações funcionais no dia a dia, redução da mobilidade, abalos emocionais e queda na QV (Souza et al., 2017).

1.2 Alterações ósseas na espondilite anquilosante

A resistência óssea, isto é, a capacidade do osso de suportar cargas mecânicas sem sofrer fraturas ou deformações estruturais, é determinada por uma combinação de fatores anatômicos, histológicos e biomecânicos que atuam de forma integrada (Ammann et al., 2003). Entre os principais determinantes dessa resistência, encontram-se: 1) a geometria óssea, que envolve a forma e a distribuição tridimensional do osso, influenciando diretamente sua capacidade de dissipar forças externas; e 2) a espessura da cortical óssea, cuja integridade contribui substancialmente para a rigidez e estabilidade do osso, especialmente nas diáfises dos ossos longos. Além disso, a porosidade da camada cortical óssea também exerce

papel crucial, uma vez que seu aumento está associado à fragilidade óssea, o que reduz a densidade e a resistência à fratura. No tecido ósseo trabecular, a morfologia — incluindo a organização, o número e a conectividade das trabéculas — influencia diretamente a capacidade do osso de suportar forças compressivas e resistir a deformações. Por fim, as propriedades intrínsecas do tecido ósseo, como a composição mineral, a qualidade da matriz colágena e o grau de mineralização, também afetam de maneira significativa o comportamento mecânico do osso. Portanto, a resistência óssea resulta da interação complexa entre características estruturais macro e microscópicas, e a compreensão desses parâmetros é fundamental para avaliar o risco de fraturas e desenvolver estratégias eficazes de prevenção e tratamento da osteoporose e de outras doenças esqueléticas (Ammann et al., 2003). Na prática clínica, a resistência óssea é geralmente estimada indiretamente a partir da densidade mineral óssea (DMO), pelo exame de densitometria óssea, que é determinada usando as definições de osteopenia e osteoporose da Organização Mundial da Saúde (World Health Organization, 1994).

No que diz respeito à geração de tecido ósseo novo, as modificações no osso, nos ligamentos e nas enteses se desenvolvem por meio de processos complexos, como a destruição óssea, o crescimento anormal do osso e o aumento da densidade óssea. Essas mudanças surgem em diferentes regiões da coluna vertebral, ao longo do tempo, em indivíduos com EA. As alterações podem ser observadas como inflamação óssea, acúmulo de líquido na medula óssea ou formação de pontes ósseas denominados sindesmófitos (Clunie et al., 2020). Esse processo inflamatório entesítico, que é uma das marcas registradas da EA, pode, ao longo do tempo, desencadear uma série de alterações estruturais progressivas. Em estágios mais avançados da doença, observa-se uma tendência à formação anormal de tecido ósseo novo, um fenômeno conhecido como ossificação entesofítica que resulta da tentativa do organismo de reparar as áreas cronicamente inflamadas. Esse crescimento ósseo desorganizado pode evoluir para fusão das articulações compostas por fibrocartilagem, como as articulações sacroilíacas e intervertebrais, levando à anquilose — ou seja, à perda de mobilidade articular por consolidação óssea (Dougados & Baeten 2011).

A EA atinge prioritariamente as articulações sacroilíacas e a coluna vertebral, marcada pela produção anormal de tecido ósseo e pelo surgimento de sindesmófitos.

Esse processo de ossificação, aliado à inflamação na região da coluna, pode resultar em rigidez e redução significativa da mobilidade espinhal (Braun & Sieper 2007). Também se apresenta como uma doença inflamatória crônica que afeta principalmente o esqueleto axial, podendo provocar dor, rigidez e diminuição da mobilidade (Su et al., 2020).

A formação óssea pode ocorrer em paralelo com a perda de conteúdo mineral ósseo na EA (Wu et al., 2021). As mudanças no metabolismo dos ossos podem se manifestar antes mesmo de serem detectadas por exames radiológicos. Diversos autores já investigaram modificações em indicadores de inflamação que surgem antes das transformações visíveis nas imagens (Koo et al., 2022). As modificações visíveis em exames de imagem na EA resultam de uma série de processos, que envolvem inflamação, regeneração tecidual e desenvolvimento de estruturas ósseas adicionais na coluna vertebral (Inman et al., 2021).

A EA caracteriza-se pela formação de osso cortical novo, resultando na fusão progressiva das articulações sacroilíacas e da coluna vertebral. Além dessas alterações estruturais, a EA também está intimamente relacionada a alterações na densidade mineral óssea, especialmente na região trabecular. Com o avanço da doença, observa-se uma acentuada redução da densidade óssea trabecular, o que contribui para o enfraquecimento do tecido ósseo e favorece o aparecimento de osteoporose, aumentando assim o risco de fraturas e outras complicações esqueléticas associadas (Klingberg et al., 2012). Os dois processos distintos de remodelação óssea — a reabsorção e a neoformação óssea —, embora pareçam contraditórios do ponto de vista fisiopatológico, frequentemente ocorrem de forma simultânea ou em sequência em regiões anatômicas muito próximas dentro da coluna vertebral de pacientes com EA. Essa coexistência de mecanismos de perda e acúmulo de tecido ósseo em um mesmo compartimento esquelético representa um dos principais paradoxos clínicos e biológicos da doença. Enquanto, por um lado, há destruição óssea localizada, como nos corpos vertebrais e nas articulações sacroilíacas, caracterizada por erosões, redução da densidade mineral e fragilidade, por outro, observa-se o desenvolvimento de pontes ósseas e calcificações progressivas, que levam à ossificação de ligamentos e enteses, culminando na anquilose das articulações envolvidas. Esse fenômeno paradoxal reflete a natureza complexa e multifatorial da EA, em que os processos de inflamação crônica, reparo

tecidual desorganizado e desregulação do metabolismo ósseo interagem de maneira dinâmica e, muitas vezes, imprevisível. Portanto, compreender essa dualidade é fundamental para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais eficazes que consigam controlar a inflamação sem promover, inadvertidamente, a ossificação patológica (Carter et al., 2011).

Pacientes com EA apresentam uma incidência maior de osteoporose em comparação com a população geral (Kang et al., 2016). A osteoporose causada por anquilose, cicatrizações escleróticas e erosões ósseas trabeculares locais pode se desenvolver no osso afetado pela interrupção do equilíbrio de construção e destruição dentro do escopo do processo de remodelação óssea patológico observado na EA (Montala et al., 2011). Além disso, a combinação da formação óssea anormal, que reduz a flexibilidade da coluna, e da perda de massa óssea nas vértebras, contribui para o aumento da fragilidade estrutural da coluna nesses indivíduos. Um estudo mostrou que pessoas com EA têm um risco elevado de sofrer fraturas vertebrais, as quais podem, em alguns casos, resultar em complicações neurológicas (Westerveld et al., 2009).

O desenvolvimento de sindesmófitos e a progressão da anquilose, além das fraturas decorrentes da diminuição da massa óssea, representam as principais causas de incapacitação. Desconsiderar as disfunções do metabolismo ósseo no manejo da EA pode comprometer seriamente a QV do indivíduo, limitar suas atividades diárias e favorecer o surgimento de problemas psíquicos e emocionais significativos, especialmente entre jovens que perdem sua capacidade de exercer atividades laborais. Existe uma hipótese de que o tecido adiposo presente na medula óssea, reconhecido por sua função imunológica, tenha um papel importante na modulação do metabolismo ósseo (Eshed et al., 2018).

1.3 Postura em indivíduos com espondilite anquilosante

Indivíduos que apresentam EA em estágio avançado frequentemente enfrentam uma série de limitações funcionais importantes, que comprometem significativamente sua capacidade de executar movimentos posturais básicos e essenciais no dia a dia. Dentre essas limitações, destaca-se a dificuldade para permanecer em pé por períodos prolongados, bem como a restrição para deitar-se

confortavelmente ou para manter o olhar direcionado na posição horizontal, devido à postura cifótica e à rigidez progressiva da coluna vertebral, características marcantes dessa condição. Essas restrições posturais impactam diretamente a realização de atividades simples e rotineiras — como caminhar com segurança, realizar higiene pessoal, alimentar-se ou interagir socialmente —, levando a uma redução considerável na autonomia e funcionalidade do indivíduo. Como consequência, observa-se uma influência negativa expressiva sobre a qualidade de vida (QV) desses pacientes, tanto no aspecto físico quanto emocional e social, contribuindo para a sensação de incapacidade e comprometendo o bem-estar geral (Jalai et al., 2017).

As causas subjacentes do desalinhamento sagital — uma alteração postural frequentemente observada em pacientes com doenças musculoesqueléticas, como a espondilite anquilosante — estão, em sua maioria, relacionadas a uma correção inadequada ou insuficiente da curvatura cifótica da coluna vertebral. Essa falha na compensação postural leva à manutenção ou até mesmo à piora da hipercifose torácica, alterando o eixo vertical do corpo e prejudicando o equilíbrio biomecânico. Além disso, esse desalinhamento está intimamente associado a uma desarmonia ou descompensação entre os segmentos vertebrais e a pelve, o que dificulta a capacidade do corpo de manter o centro de gravidade dentro da base de apoio de forma eficiente. A interação inadequada entre os parâmetros espinopélvicos, como inclinação pélvica, incidência pélvica e lordose lombar, contribui para esse desequilíbrio postural global, resultando em maior sobrecarga biomecânica, dor e limitação funcional progressiva (Schwab et al., 2013).

O eixo vertical sagital (EVS) corresponde à distância, medida na horizontal, entre a linha de prumo que passa pelo centro do corpo vertebral da sétima vertebra cervical (C7) e uma linha vertical traçada na extremidade posterior e superior de S1 (**FIGURA 1**). Essa mensuração permite avaliar a posição da cabeça em relação ao centro de gravidade, evidenciando o deslocamento de C7 em comparação ao promontório sacral. Em estudo conduzido por Jackson et al. (1994) verificou-se que adultos sem sintomas apresentaram, em média, um desvio do SVA de 0,5 ± 2,5 cm.

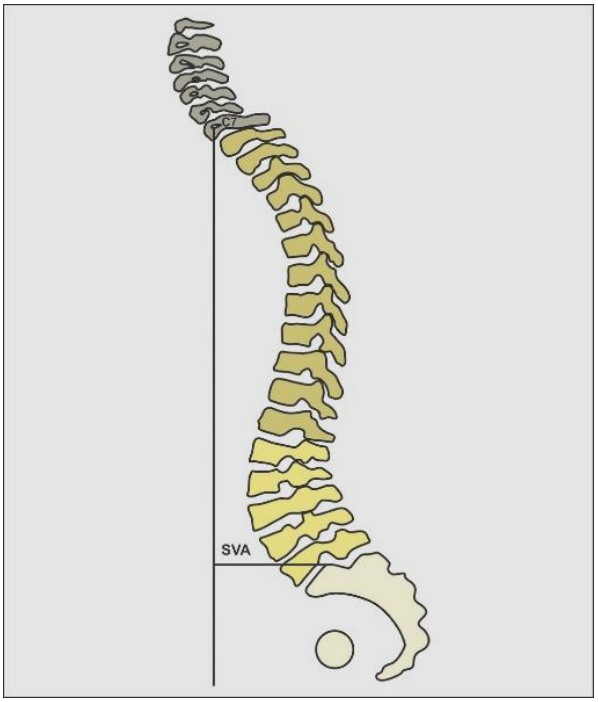


Figura 1: Ilustração da medida do eixo vertical sagital.

Já Glassman et al. (2005), ao analisarem 352 indivíduos com desalinhamento sagital anterior, constataram que um valor elevado do EVS estava associado a maior intensidade de dor, além de piores índices de qualidade de vida e estado geral de saúde.

A reconstrução de um alinhamento sagital fisiológico e adequado da coluna vertebral representa um componente fundamental no manejo clínico da EA, especialmente em estágios mais avançados da doença. Essa correção postural não se limita apenas à melhoria estética ou postural, mas está diretamente relacionada à função biomecânica ideal do eixo vertebral, influenciando diretamente a capacidade do paciente de manter-se ereto, caminhar com segurança e executar atividades de vida diária (AVD) com menor esforço compensatório. Paralelamente, a restauração da congruência e da harmonia entre os elementos espinopélvicos — como a relação entre a lordose lombar, a inclinação pélvica e a incidência pélvica — é igualmente crucial para garantir que essa correção postural seja duradoura e biomecanicamente estável. A sincronia adequada entre essas estruturas permite uma distribuição

equilibrada das cargas, minimiza a sobrecarga em segmentos compensatórios e previne o agravamento das deformidades (Sato et al., 2020).

Os principais sinais da EA incluem a sacroileíte, a entesite e a tendência à fusão das vértebras, que resultam em sintomas característicos como dor lombar persistente e rigidez progressiva da coluna (Nam et al., 2022). Esse fator clínico, aliado à postura antálgica adotada pela pessoa, contribui para a redução da mobilidade e flexibilidade, ocasionando uma postura inclinada para frente e uma alteração no centro de massa (CoM) (Çınar et al., 2016). Esse comprometimento no controle postural e na estabilidade corporal pode levar a um aumento significativo na frequência de quedas, representando um risco importante para a segurança e a QV dos indivíduos afetados. De acordo com El Miedany et al. (2010), aproximadamente 34,7% dos pacientes diagnosticados com EA apresentam histórico de quedas, o que indica uma prevalência considerável desse desfecho clínico dentro dessa população.

Indivíduos que apresentam cifose na coluna vertebral, especialmente como resultado de condições progressivas como a EA, frequentemente precisam recorrer a mecanismos posturais compensatórios para manter o alinhamento global do corpo e preservar sua funcionalidade. Entre esses mecanismos, destaca-se a necessidade de realizar movimentos de extensão nas articulações do quadril, juntamente com uma retroversão da pelve, a fim de contrabalançar o deslocamento anterior do CoM causado pela curvatura cifótica acentuada da coluna torácica. Essas estratégias biomecânicas de compensação são fundamentais para permitir que o indivíduo mantenha o campo visual orientado na horizontal, uma condição essencial para o desempenho seguro de diversas tarefas cotidianas, como caminhar, subir escadas ou interagir com o ambiente. No entanto, à medida que a espondilite anquilosante evolui ao longo do tempo, a deformidade estrutural da coluna pode se intensificar progressivamente, ultrapassando a capacidade fisiológica do organismo de compensar o desalinhamento sagital. Quando essa capacidade compensatória é excedida, ocorrem limitações funcionais importantes, como redução da mobilidade, dificuldade para manter o equilíbrio e comprometimento das atividades da vida diária. Além disso, nos estágios mais avançados da doença, essas alterações podem se associar a modificações estruturais irreversíveis, não apenas na coluna vertebral, mas também em articulações adjacentes e no padrão global de marcha e postura, impactando negativamente a QV do paciente (Sengupta et al., 2007).

Outras alterações comuns incluem a inclinação posterior da pelve (retroversão pélvica), que visa reposicionar o centro de massa corporal sobre a base de apoio, e a extensão das articulações do quadril, que contribui para reequilibrar o tronco sobre os membros inferiores. Além disso, observa-se frequentemente a flexão dos joelhos, que atua como um amortecedor postural, e também alterações nas articulações tibiotársicas (tornozelos), que ajustam a base de sustentação e auxiliam na manutenção do equilíbrio estático e dinâmico. Essas modificações posturais, embora funcionem como mecanismos adaptativos importantes a curto prazo, podem resultar, ao longo do tempo, em sobrecargas articulares e musculares, contribuindo para dor, fadiga e limitação funcional progressiva. A identificação e correção precoce desses padrões é essencial para minimizar seus impactos negativos na QV dos pacientes (Koca et al.,2019).

Tais modificações posturais podem comprometer negativamente o controle postural e a estabilidade corporal e, nos estágios mais avançados da enfermidade, é comum a presença de hipercifose torácica acentuada, a qual promove o deslocamento anterior do CoM corporal no eixo sagital (Davis et al., 2005). A pesquisa conduzida por Batur et al., (2017) demonstrou que, em fases avançadas da patologia, a intensificação da curvatura cifótica está associada a prejuízos na estabilidade anteroposterior e a alterações no controle postural (**FIGURA 2**).

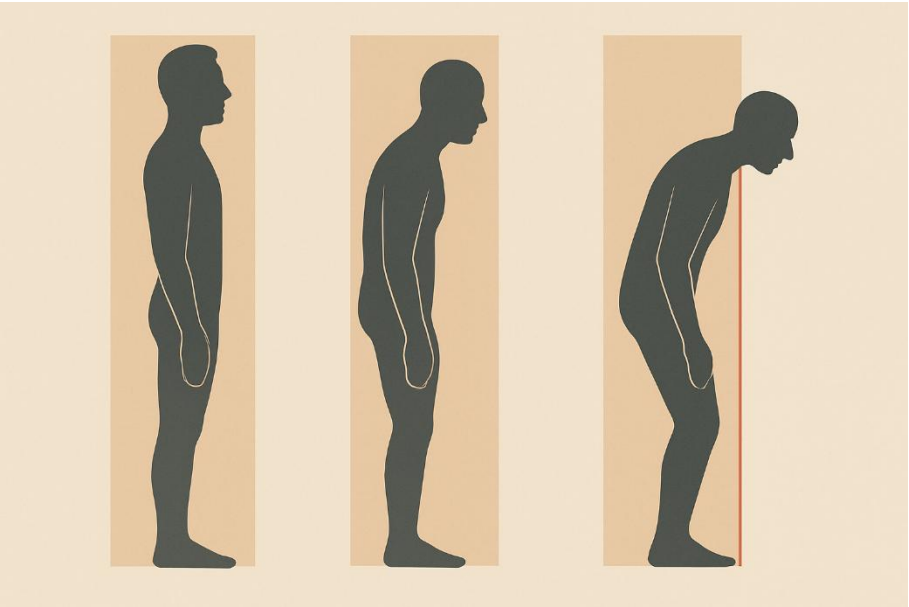


Figura 2: Evolução postural com acentuação de retificação lombar, hipercifose torácica acentuada e retificação cervical com anteriorização da cabeça em paciente com espondilite anquilosante. Fonte: Internet.

1.4 Balanço corporal em indivíduos com espondilite anquilosante

O balanço corporal (BC) pode ser definido como a capacidade integrada e coordenada do sistema neuromuscular de controlar e manter a estabilidade do corpo em diversas situações funcionais. Essa habilidade é fundamental para que o indivíduo consiga sustentar o equilíbrio corporal tanto em repouso quanto em movimento, especialmente durante a posição ortostática, durante a marcha e ao realizar diferentes atividades motoras voluntárias, como alcançar objetos, mudar de direção ou adaptar-se a superfícies instáveis. O BC envolve uma interação complexa entre os sistemas sensorial, motor e cognitivo, incluindo o uso de informações provenientes da visão, propriocepção e sistema vestibular, além da ativação muscular coordenada e respostas motoras rápidas e ajustadas às demandas do ambiente. Manter o BC é essencial para a funcionalidade, segurança e independência nas atividades da vida diária, e qualquer comprometimento nessa capacidade pode aumentar significativamente o risco de quedas, especialmente em populações idosas ou com condições musculoesqueléticas (Horak et al., 2009).

A capacidade do corpo humano de realizar ajustes posturais apropriados, a fim de manter o CoM dentro dos limites da base de apoio, tanto em situações de postura estática quanto durante movimentos dinâmicos, é o que se denomina BC. Essa habilidade é essencial para garantir a estabilidade corporal e a segurança durante a execução de tarefas motoras simples ou complexas, minimizando o risco de quedas ou desequilíbrios. Para que o BC seja mantido de forma eficaz, é necessário que ocorra uma interação altamente coordenada e funcional entre os sistemas visual, proprioceptivo, neuromuscular e o sistema nervoso central, que integra todos esses estímulos sensoriais e gera as respostas posturais apropriadas. Essa sincronia entre múltiplos sistemas permite que o indivíduo controle ativamente sua postura com o menor grau possível de oscilações, mesmo diante de mudanças no ambiente ou na tarefa motora a ser realizada (Uckun et al., 2017).

Entretanto, a progressão inflamatória da EA leva a deficiências nos sistemas neuromuscular e proprioceptivo, resultando em modificações anatômicas, como a perda da curvatura lombar, o aumento da cifose torácica e a inversão da curvatura cervical, esta última condição pode contribuir para a instabilidade do CoM. Como

consequência, os pacientes adotam compensações, como a inclinação posterior da pelve, extensão do quadril, flexão dos joelhos e a flexão dorsal do tornozelo, no intuito de evitar alterações no CoM (Sawacha et al., 2012).

A plataforma de força é o principal instrumento utilizado para avaliar o balanço postural de forma objetiva e precisa. Ela é composta por placas com sensores de força, como células de carga ou sistemas piezoelétricos, que registram os componentes de força e torque gerados pelo corpo em contato com a superfície. A técnica utilizada para interpretar esses dados é chamada de posturografia, que pode ser realizada em formato estático ou dinâmico. A posturografia estática, especificamente, tem sido uma ferramenta valiosa na coleta de dados científicos e acompanhamento clínico de diversas condições, especialmente em pacientes com EA (De Nunzio et al., 2015).

Em termos biomecânicos, o centro de pressão (CoP) pode ser compreendido como o ponto de aplicação resultante das forças de reação do solo exercidas sob os pés durante a permanência em pé ou durante a realização de movimentos corporais. Em outras palavras, o CoP é gerado a partir da combinação da ativação muscular do sistema neuromuscular postural e da distribuição do peso corporal sobre a superfície de apoio. Quando o indivíduo permanece sobre uma plataforma de força, essas forças são captadas pelos sensores, permitindo a detecção e o registro dos deslocamentos do CoP. Esses deslocamentos refletem os ajustes posturais contínuos realizados pelo corpo para manter a estabilidade. As oscilações do CoP ocorrem principalmente em dois eixos principais: o eixo anteroposterior (AP), que corresponde aos movimentos para frente e para trás, e o eixo mediolateral (ML), que representa os deslocamentos laterais do corpo (Chen et al., 2021) (**FIGURA 3**).

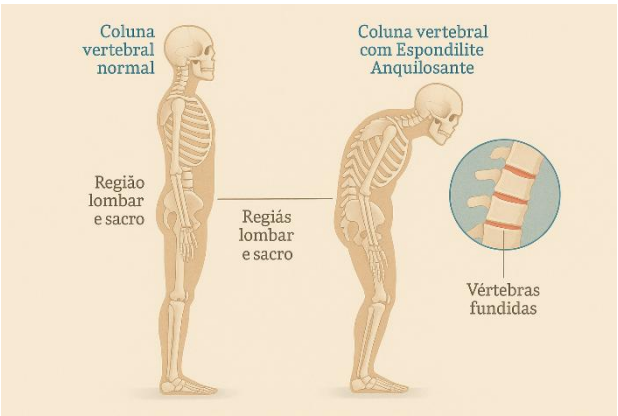


Figura 3: Oscilações nas direções anteroposterior com alterações do centro de massa e linha de gravidade projetada na base de sustentação em um indivíduo com espondilite anquilosante. Fonte: Internet.

1.5 Força muscular periférica em indivíduos com espondilite anquilosante

A sarcopenia — definida como uma condição clínica caracterizada tanto pela redução quantitativa da massa muscular esquelética quanto pelo prejuízo qualitativo da função muscular — é frequentemente identificada como uma comorbidade relevante em diversas doenças inflamatórias crônicas. Nessas condições, o tecido muscular é progressivamente afetado em suas funções contráteis, metabólicas e endócrinas, comprometendo não apenas a força e a resistência física, mas também sua participação na regulação do metabolismo energético e na sinalização hormonal sistêmica. Esse processo de degeneração muscular não ocorre de forma isolada, estando intimamente associado ao ambiente inflamatório crônico que caracteriza muitas dessas doenças. Um dos principais mecanismos fisiopatológicos envolvidos é a elevação sustentada das concentrações circulantes de citocinas pró-inflamatórias, como a interleucina-6 (IL-6) e, especialmente, o TNF-α. Este último exerce efeitos catabólicos importantes sobre o tecido muscular, promovendo a degradação de proteínas miofibrilares e inibindo a síntese proteica, o que contribui diretamente para a perda de massa e de desempenho muscular. Portanto, a sarcopenia em pacientes com doenças inflamatórias crônicas deve ser compreendida como uma consequência multifatorial, resultado da interação entre inflamação sistêmica, inatividade física, alterações metabólicas e estresse oxidativo, exigindo uma abordagem multidisciplinar para sua prevenção e tratamento eficaz (El Maghraoui et al., 2013).

A sarcopenia primária, também conhecida como sarcopenia relacionada à idade, é uma forma da condição que ocorre de maneira mais comum como parte integrante do processo fisiológico de envelhecimento. De modo geral, essa manifestação não está diretamente associada a doenças específicas ou causas secundárias, mas sim ao declínio natural e progressivo da estrutura e da função do músculo esquelético que acompanha o avanço da idade. Com o passar dos anos, é comum observar uma redução gradual da massa muscular, acompanhada de perda de força e diminuição da capacidade funcional, mesmo em indivíduos aparentemente

saudáveis. Esse fenômeno resulta de uma combinação de fatores biológicos associados ao envelhecimento, como alterações hormonais (incluindo a diminuição de testosterona, estrogênio e hormônio do crescimento), redução da atividade das células satélites musculares, aumento da inflamação subclínica crônica, além de mudanças na composição corporal, como o aumento da gordura intramuscular (Ben Tekaya et al., 2023).

A sarcopenia é caracterizada, segundo os critérios do grupo de trabalho europeu sobre sarcopenia em idosos (European Working Group on Sarcopenia in Older People- EWGSOP), pela redução anormal da massa muscular acompanhada de diminuição da força dos músculos esqueléticos e/ou do desempenho físico, o que eleva o risco de consequências negativas, como limitações funcionais e comprometimento da QV (Cruz-Jentoft et al., 2019). Estudos atuais apontam para uma ligação molecular entre músculos, articulações, tecidos entesais e a integridade óssea, sendo que as vias da interleucina 23 (IL-23) e do fator de crescimento transformador beta (TGF-β) podem ter um papel relevante nas mudanças observadas nos tecidos do sistema musculoesquelético (Mauro et al., 2023). Através de mecanismos semelhantes, a prática insuficiente de exercícios e a inflamação persistente podem levar ao desenvolvimento de condições crônicas, como a osteoporose, em pacientes com EA (Mei et al., 2023).

A EA está associada à perda progressiva de massa muscular, um fator que contribui significativamente para a limitação funcional observada em muitos pacientes. Diversas pesquisas científicas demonstraram que indivíduos diagnosticados com EA apresentam uma redução considerável na força muscular, tanto nos membros superiores (braços) quanto nos inferiores (pernas), o que sugere um comprometimento generalizado do sistema musculoesquelético. Em particular, exames de tomografia computadorizada realizados em pacientes com EA revelaram uma diminuição significativa na massa muscular total, especialmente em regiões-chave como a coxa. Esses exames também evidenciaram alterações na estrutura muscular, como a presença de fibrose no músculo quadríceps, indicando que a doença não apenas reduz o volume muscular, mas também altera sua composição e qualidade funcional. Esses achados foram descritos no estudo conduzido por Faus-Riera et al. (1991), reforçando a ideia de que a espondilite anquilosante pode ter

efeitos musculares diretos, além das conhecidas alterações inflamatórias e estruturais nas articulações.

A força muscular da região do tronco desempenha um papel extremamente relevante no funcionamento global do corpo, especialmente em populações mais vulneráveis, como idosos e indivíduos com distúrbios relacionados à coluna vertebral. Essa força é essencial para a realização segura e eficiente de diversas atividades da vida diária, incluindo levantar-se de uma cadeira, manter o equilíbrio postural e caminhar com estabilidade. Estudos demonstraram que a força dos músculos do tronco não apenas influencia diretamente a função física, mas também tem implicações significativas sobre a QV dessas populações. Por exemplo, pesquisas revelaram que a força muscular dessa região é um fator preditor confiável de QV em diferentes grupos, como homens de meia-idade e idosos, bem como em mulheres pós-menopáusicas que apresentam osteoporose. Esses achados indicam que a integridade muscular do tronco não deve ser negligenciada na avaliação clínica, sendo um componente essencial para a manutenção da independência funcional, prevenção de quedas e promoção do bem-estar geral em indivíduos com maior risco de comprometimento físico (Imagama et al., 2011).

Tendo em vista que indivíduos diagnosticados com EA apresentam, de forma consistente, níveis elevados de citocinas pró-inflamatórias — como o TNF-α e interleucinas como a IL-6 —, torna-se plenamente plausível considerar a possibilidade de que esses pacientes estejam em risco aumentado para o desenvolvimento de sarcopenia, condição caracterizada pela perda progressiva e generalizada da massa e força muscular esquelética. Essa hipótese é reforçada pelo fato de que as citocinas inflamatórias estão diretamente envolvidas na degradação proteica e no desequilíbrio do metabolismo muscular, mecanismos fisiopatológicos que também estão implicados na gênese da sarcopenia. Dessa forma, ao se observar o perfil inflamatório crônico típico da EA, é razoável sugerir que a sarcopenia não apenas possa ocorrer, mas de fato constitua uma consequência esperada e clinicamente relevante nesse grupo de pacientes, especialmente à medida que a doença evolui ou se cronifica (Sveaas et al., 2015).

1.6 Justificativas

A EA é uma condição inflamatória crônica que representa um desafio relevante para a saúde pública, tanto no Brasil quanto no âmbito global, com implicações que vão além da manifestação articular inicial. Essa doença é cada vez mais reconhecida na literatura científica, não apenas pelos seus efeitos na coluna e articulações sacroilíacas, mas também pelas alterações estruturais e funcionais que comprometem significativamente a QV e geram disfunções nos indivíduos acometidos. Estima-se que parcela expressiva dos pacientes com EA apresente déficits no balanço postural, alterações na postura estática e perda de força muscular periférica.

Apesar de haver elevada prevalência dessas manifestações, muitos sistemas de saúde ainda carecem de protocolos específicos de reabilitação voltados a pacientes com EA, o que contribui para o manejo inadequado, subtratamento e aumento dos custos com complicações e incapacidades associadas. A realização de pesquisas que descrevam de forma abrangente o perfil de balanço, postura e força muscular desses indivíduos é fundamental para embasar políticas públicas e estratégias de reabilitação mais eficazes.

Este estudo buscará suprir essa lacuna do conhecimento, oferecendo uma abordagem avaliativa multidimensional que abrange o balanço postural, postura estática e a força muscular periférica. Ao compreender melhor os impactos sistêmicos da EA, será possível desenvolver intervenções terapêuticas baseadas em evidências, com potencial para reduzir a morbidade e melhorar a QV de uma população muitas vezes negligenciada nos cuidados prolongados da doença.

1.6.1 Relevância para as Ciências da Reabilitação

A reabilitação em saúde é um componente essencial na restauração da funcionalidade de indivíduos acometidos por doenças crônicas. No contexto da EA, a atuação fisioterapêutica assume papel central, considerando a necessidade de estratégias que favoreçam a melhora da mobilidade articular, o ganho de força muscular e a promoção da autonomia e QV desses pacientes. Exercícios de fortalecimento muscular, equilíbrio e de postura corporal podem contribuir significativamente para a melhora clínica e funcional de pessoas com EA

Contudo, ainda são limitados, especialmente no cenário nacional, serviços que abordam de forma integrada os diversos domínios afetados pela doença, como

balanço postural, postura estática e força muscular periférica. Esta pesquisa oferece uma contribuição relevante para o campo das Ciências da Reabilitação ao propor uma abordagem ampla e sistematizada de avaliação funcional em pacientes com EA e, assim, poderá servir como base para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas mais eficazes, individualizadas e centradas nas necessidades específicas de cada paciente.

1.6.2 Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde

Estudos que analisem a EA, seus impactos na saúde e a eficácia de estratégias que integrem intervenções comportamentais e exercícios físicos para o manejo dessa condição crônica são de grande importância para as diretrizes prioritárias estabelecidas pelo Ministério da Saúde, principalmente no contexto das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Essa enfermidade inflamatória, de natureza progressiva, caracteriza-se por provocar dor intensa, restrições funcionais e prejuízos significativos à qualidade de vida dos indivíduos acometidos, configurando-se como um desafio para o Sistema Único de Saúde (SUS) devido à sua alta demanda por cuidados contínuos. Nesse cenário, o desenvolvimento de investigações que proponham modelos de cuidado integrados, combinando programas de exercícios supervisionados e ações de suporte comportamental, pode oferecer subsídios relevantes para a criação de políticas públicas mais direcionadas e efetivas, voltadas não apenas ao controle da sintomatologia e à contenção da evolução da doença, mas também à promoção de maior bem-estar físico e mental aos pacientes. Ademais, programas estruturados para o acompanhamento e tratamento da espondilite anquilosante, quando alinhados às normativas do Ministério da Saúde, tendem a reduzir custos relacionados às complicações decorrentes dessa condição, contribuindo para aliviar a sobrecarga dos serviços de saúde e viabilizar um sistema público mais sustentável. Assim, a proposta deste trabalho está em consonância com as prioridades de saúde pública do país, ao contemplar uma doença de relevância epidemiológica e propor estratégias que potencialmente impactam de forma positiva a qualidade de vida e a saúde da população.

1.6.3 Relevância para o Desenvolvimento Sustentável

Este estudo está em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas, com destaque para o ODS 3 – Saúde e Bem-Estar, que tem como meta garantir uma vida saudável e promover o bem-estar para todas as pessoas, em todas as faixas etárias. A espondilite anquilosante (EA), como uma doença crônica inflamatória que compromete significativamente a qualidade de vida, integra os desafios globais relacionados à saúde integral e à gestão de condições crônicas (ONU, 2015).

Além disso, esta pesquisa também contribui para os ODS 10 (“Redução das Desigualdades”) e ODS 1 (“Erradicação da Pobreza”), uma vez que a EA impacta de forma mais severa indivíduos em situação de vulnerabilidade social, com acesso limitado a diagnóstico precoce, tratamento adequado e serviços de reabilitação. Ao propor estratégias de avaliação funcional e intervenções fisioterapêuticas passíveis de serem implementadas no SUS, o projeto reforça o compromisso com a equidade no acesso à saúde, a inclusão de populações negligenciadas e a melhoria das condições de vida por meio de abordagens terapêuticas baseadas em evidências.

1.7 Objetivos

1.7.1 Principal

Avaliar a postura do indivíduo que sofre com E.A e correlacionar com o balanço corporal e força muscular periférica.

1.7.2 Específicos

1. Avaliar o balanço postural em indivíduos com EA.
2. Avaliar a postura estática em indivíduos com EA.
3. Mensurar a força muscular periférica de preensão manual em indivíduos com EA.

1.8 Hipóteses

- **Hipótese nula:** Considera-se que indivíduos com EA não apresentam déficits no balanço postural, alterações na postura estática e redução da força dos músculos periféricos. Além do mais, não há interrelações entre balanço postural, postura estática e força muscular periférica em pacientes com EA.
- **Hipótese alternativa:** Considera-se que indivíduos com EA apresentam déficits no balanço postural, alterações na postura estática e redução da força dos músculos periféricos. Além do mais, há interrelações entre balanço postural, postura estática e força muscular periférica em pacientes com EA.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1 Aspectos éticos

Este protocolo de pesquisa será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) antes da execução do estudo, em consonância com a resolução 466/2012. Todos os participantes assinarão um termo de consentimento livre e esclarecido-TCLE (**Apêndice 1**) após serem informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado. Os itens obrigatórios para apreciação do CEP encontram-se identificados no *Checklist* Ético Preliminar (**Anexo 1**).

2.2 Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo transversal observacional prospectivo.

2.2.1 Local de realização do estudo

O presente estudo será realizado na Policlínica Tereza Rambaldi, localizada na Rua Barão da Lagoa Dourada, nº 352, Centro, Campos dos Goytacazes/RJ. As avaliações serão conduzidas na sala de avaliação físico-funcional, em ambiente apropriado, com equipamentos validados e infraestrutura adequada à realização dos testes de balanço, postura e força muscular periférica. Os voluntários da pesquisa serão orientados a ler o TCLE e terão a oportunidade de esclarecer quaisquer dúvidas antes de assiná-lo. As avaliações serão realizadas sempre pelo próprio pesquisador responsável, fisioterapeuta qualificado, garantindo a segurança durante todos os procedimentos.

Primeiramente serão avaliados sinais vitais – como frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), pressão arterial (PA) e saturação periférica de oxigênio (SpO_2) – e, em seguida coletadas, as medidas antropométricas (altura, peso e índice de massa corporal-IMC). Posteriormente, será realizada a análise da radiografia e

quantificada a anteriorização de C7 em relação à S1. Em seguida, o paciente será avaliado em uma plataforma de baropodometria (marca BaroScan®) para avaliação do balanço corporal e, por fim, será realizado o exame de dinamometria utilizando um dinamômetro de preensão manual digital (*handgrip*) para avaliar a força periférica do membro superior dominante

2.2.2 Pré-registro do protocolo

Não aplicável.

2.3 Amostra

2.3.1 Local de recrutamento do estudo

Os participantes serão recrutados por amostra de conveniência nos consultórios de três médicos reumatologistas da cidade de Campos dos Goytacazes, que realizam atendimentos particulares e por convênios. A seleção será feita a partir de prontuários e registros de pacientes com diagnóstico de EA. Os potenciais participantes serão convidados por meio de contato telefônico e/ou WhatsApp, com posterior agendamento presencial para esclarecimento do estudo e, se houver concordância, a assinatura do TCLE.

2.3.2 Critérios de inclusão

1. Idade igual ou superior a 18 anos.
2. Ambos os sexos
3. Com diagnóstico médico estabelecido de EA pelo Critérios de Classificação Modificados de Nova Iorque.

2.3.3 Critérios de exclusão

1. Diagnóstico de doenças neurológicas ou musculoesqueléticas que limitem a

execução dos testes propostos.

2. Doenças cardíacas descompensadas ou instabilidade hemodinâmica.
3. Limitações cognitivas que impeçam a compreensão das instruções.
4. Incapacidade de realizar os testes físicos por dor, cansaço extremo ou contraindicação médica.

2.4 Procedimentos/Metodologia proposta

2.4.1 Avaliação clínica

Os procedimentos serão realizados em único encontro presencial, conduzidas na sala de avaliação físico-funcional da Policlínica Tereza Rambaldi pelo fisioterapeuta responsável. Será realizada entrevista clínica com coleta de dados pessoais e clínicos, como idade, sexo, tempo de diagnóstico de EA, tratamento medicamentoso e não medicamentoso, comorbidades, histórico de tabagismo e etilismo. Serão aferidas medidas antropométricas (estatura, massa corporal total, índice de massa corporal0 e sinais vitais (FC, FR, PA e SpO_2), que serão aferidas antes e após os testes funcionais.

A ficha de avaliação clínica encontra-se identificada no (**Apêndice 2**).

2.4.2 Avaliação postural

A avaliação postural dos voluntários será realizada por meio de exame de radiografia panorâmica em perfil da coluna vertebral, abrangendo de forma integral as regiões cervical, torácica e lombar, além de incluir a visualização da pelve. Essa abordagem permite uma análise abrangente da curvatura fisiológica da coluna e da relação espacial entre os principais segmentos vertebrais e a base de sustentação pélvica. O exame radiográfico será realizado em ambiente controlado, utilizando equipamento de raios X devidamente calibrado, seguindo rigorosamente os parâmetros de segurança radiológica estabelecidos pelas normas vigentes.

O principal parâmetro de interesse será o EVS, considerado um dos indicadores mais relevantes para a análise do equilíbrio sagital global da coluna vertebral. O EVS é definido como a distância horizontal, em milímetros, entre a linha

vertical de prumo, traçada a partir do centro do corpo vertebral de C7, e o ponto médio do platô superior da vértebra S1, que corresponde à base do sacro. Para garantir a reprodutibilidade do exame, todos os participantes serão posicionados em ortostatismo, descalços, com os pés paralelos e alinhados, seguindo protocolo padronizado de posicionamento corporal.

Os membros superiores deverão permanecer fletidos a 90º, com as mãos apoiadas suavemente em suportes posicionados à frente do corpo, a fim de minimizar interferências posturais durante a aquisição da imagem radiográfica. Essa postura busca evitar alterações na curvatura natural da coluna, que poderiam ocorrer devido à tensão muscular gerada pela manutenção dos braços em suspensão livre.

As imagens radiográficas serão adquiridas em um único tempo de exposição, garantindo a visualização contínua das estruturas ósseas desde a base do crânio até a região sacral. Para a mensuração do EVS, será utilizado um software de análise de imagens radiográficas com precisão milimétrica, que permite o traçado das linhas de referência de forma digital e a obtenção de medidas padronizadas. A análise das imagens será conduzida de forma independente por dois avaliadores previamente treinados, ambos cegos em relação aos dados clínicos e demográficos dos participantes, a fim de reduzir possíveis vieses de aferição e interpretação.

Os avaliadores seguirão um protocolo detalhado para traçar a linha vertical de referência a partir do centro geométrico de C7 até o ponto de intersecção com o platô superior de S1, determinando assim a distância horizontal correspondente ao EVS. Cada imagem será avaliada em duplicata, e eventuais divergências entre os avaliadores serão resolvidas por consenso ou, se necessário, por um terceiro avaliador experiente em radiologia musculoesquelética.

Os valores do EVS obtidos serão expressos em milímetros e classificados segundo parâmetros de normalidade previamente descritos na literatura científica especializada (Schwab et al., 2006). De acordo com os estudos de referência, considera-se como alinhamento sagital normal uma distância do EVS entre 0 e 50 mm (Lafage et al., 2016). Medidas de EVS superiores de 50 mm a este intervalo são interpretadas como indicativas de deslocamento anterior do eixo cervical em relação à pelve, o que pode sugerir a presença de desequilíbrio postural global, potencialmente associado a condições musculoesqueléticas ou compensações biomecânicas (Liu et al., 2024)

Além da mensuração do EVS, os dados obtidos poderão ser correlacionados com informações clínicas adicionais dos participantes, como idade e IMC, no intuito de verificar possíveis associações entre alterações posturais e fatores clínicos relevantes.

2.4.3 Avaliação do balanço corporal

A avaliação do balanço corporal será realizada por meio de uma análise estabilométrica em posição ortostática, utilizando um baropodômetro da marca BaroScan. O baropodômetro é um recurso viável para avaliar o deslocamento do CoP em indivíduos com lombalgia crônica não específica. Os parâmetros relacionados à área de oscilações apresentaram evidências de validade satisfatória para analisar a estabilidade postural dos participantes por meio dessa ferramenta (Junior et al., 2021).

A análise estabilométrica obtida permitirá quantificar parâmetros como área de oscilação, amplitude e velocidade de deslocamento do CoP, oferecendo informações detalhadas sobre a estabilidade corporal e o controle postural dos participantes. Esses dados possibilitam identificar alterações no balanço corporal, contribuindo para uma compreensão aprofundada da capacidade de manutenção do equilíbrio em diferentes condições clínicas.

Para garantir a padronização do procedimento, os participantes serão orientados a permanecerem descalços, em posição ortostática, com os braços relaxados ao longo do corpo e o olhar direcionado para um ponto fixo à frente, visando minimizar oscilações posturais que pudessem interferir nos resultados. No procedimento os voluntários permanecerão em repouso sobre a plataforma por um período de 30 segundos. O participante irá realizar uma tentativa de familiarização antes da execução válida, sendo considerado o desempenho da tentativa oficial. O examinador manterá posição próxima para garantir segurança e prevenir quedas. Durante a coleta dos dados, o BaroScan registrará informações sobre o CoP, deslocamento médio-lateral e anteroposterior, amplitude total do deslocamento do CoP, velocidade média do deslocamento, área de contato plantar e distribuição das cargas entre antepé e retropé. Os dados obtidos serão processados e analisados pelo software de baropodometria Barosys, que permite a geração de relatórios detalhados e gráficos representativos do balanço e das pressões plantares. Todas as avaliações

serão realizadas em ambiente controlado, silencioso, plano, com temperatura e iluminação adequadas, de forma a garantir a reprodutibilidade das medições. O operador responsável pela coleta e análise dos dados é devidamente qualificado para manusear tanto o BaroScan quanto o Barosys, assegurando a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos. Os registros gerados serão posteriormente armazenados em banco de dados no software Excel para análise estatística, visando correlacionar os achados baropodométricos com outras variáveis de interesse do estudo. A utilização integrada do BaroScan e do Barosys representa uma abordagem não invasiva, segura e de acurácia eficaz para a investigação do balanço corporal, contribuindo significativamente para o entendimento da distribuição das cargas plantares em diferentes contextos clínicos e científicos. Dessa forma, os dados obtidos poderão embasar intervenções terapêuticas direcionadas, como o uso de palmilhas posturais personalizadas, reeducação postural global ou programas de exercícios específicos voltados à correção de padrões disfuncionais de apoio e Balanço. O baropodômetro pode ser usado para medir o deslocamento do CoP em pacientes com lombalgia crônica inespecífica. A área de deslocamento mostrou-se eficaz como indicador da estabilidade postural dos indivíduos avaliados por meio do baropodômetro (Junior et al., 2021).

2.4.4 Avaliação da força muscular periférica

A força de preensão palmar será mensurada por meio de um dinamômetro digital manual (*handgrip*), instrumento amplamente utilizado na prática clínica e na pesquisa por sua simplicidade, baixo custo e alta confiabilidade na avaliação da força muscular de membros superiores. A mensuração será realizada com o indivíduo sentado, com o cotovelo fletido a 90°, o antebraço em posição neutra e o punho em posição neutra ou levemente estendido (0° a 30°). O dinamômetro será ajustado de acordo com o tamanho da mão dominante dos voluntários, conforme as diretrizes padronizadas pela *American Society of Hand Therapists* (ASHT).

No presente estudo será utilizado um dinamômetro de preensão manual (Eletronic Hand Dynamometre, modelo SKU:A1754) para avaliar a força de preensão manual dos músculos flexores da mão e dedos do membro dominante. O participante será instruído a apertar o dinamômetro com força máxima, sendo realizadas três

tentativas com intervalo de 1 minuto entre elas, para evitar fadiga. Será considerado o maior valor das três tentativas. Os valores serão expressos em quilogramas-força (kgf) e comparados com os valores normativos da população brasileira adulta, conforme descrito por (Souza et al., 2022). A avaliação da preensão palmar é reconhecida como um marcador confiável da força global, sendo associada à função pulmonar, capacidade funcional e desfechos clínicos em diversas populações (Zhu et al., 2020). Diversas pesquisas demonstraram que indivíduos diagnosticados com EA apresentam uma redução considerável na força muscular, tanto nos membros superiores quanto nos inferiores, o que sugere um comprometimento generalizado do sistema musculoesquelético (Imagama et al., 2011). Em pacientes com EA, a força muscular periférica tende a estar reduzida, como resultado de descondicionamento físico e inflamação residual (Gonçalves et al., 2021). Dessa forma, a inclusão da dinamometria manual neste protocolo contribuirá para identificar déficits funcionais e orientar futuras intervenções de reabilitação. sarcopenia em pacientes com doenças inflamatórias crônicas deve ser compreendida como uma consequência multifatorial, resultado da interação entre inflamação sistêmica, inatividade física, alterações metabólicas e estresse oxidativo. (El Maghraoui et al., 2013).

2.5 Desfechos

2.5.1 Desfecho primário

Análise do comprometimento postural global em pacientes com espondilite anquilosante através do EVS, que é o marcador mais relevante para esse tipo de alteração.

2.5.2 Desfecho secundário

Correlação entre o valor do EVS com balanço corporal e força de preensão manual.

2.6 Análise dos dados

2.6.1 Tamanho amostral (cálculo ou justificativa)

O cálculo do tamanho amostral foi realizado por meio do software G*Power versão 3.1.9.7, utilizando o teste de correlação bivariada (modelo *two-tailed*), tendo como parâmetro principal a associação entre a variável postural (EVA) e a força de preensão palmar. Considerando um nível de significância (α) de 0,05, poder estatístico (1-β) de 0,80 e um efeito de tamanho moderado (r = 0,40), conforme sugerido por Cohen (1988), obteve-se um tamanho amostral de 46 participantes.

Para mitigar possíveis perdas amostrais ou exclusões por critérios de elegibilidade, será considerado um acréscimo de 10%, totalizando uma amostra estimada de 51 participantes. Esse dimensionamento visa garantir robustez estatística nas análises propostas, assegurando a validade dos achados inferenciais relacionados às variáveis avaliadas no estudo.

2.6.2 Variáveis do estudo

Variáveis dependentes:

Postura sagital: mensurado pelo EVS em milímetros, obtido por radiografia panorâmica em perfil.

Força de preensão palmar: avaliada com dinamômetro, expressa em kgf, considerando a maior das de três medidas na mão dominante.

Balanço corporal: verificado por meio da estabilometria ortostática em baropodômetro (BaroScan), sendo extraídos área de oscilação (cm²), velocidade de oscilação (m/s) e deslocamento do centro de pressão (CoP) em (mm).

Variáveis independentes:

Idade (anos)

Sexo (masculino/feminino)

IMC (kg/m²)

Tempo de diagnóstico da espondilite anquilosante (anos)
Tratamento medicamentoso ou não medicamentoso (sim/não; tipo)
Presença de comorbidades (sim/não; descrição)
Histórico de tabagismo (sim/não; tempo)
Histórico de etilismo (sim/não; tempo; quantidade/ qualidade/periodicidade)

2.6.3 Plano de análise estatística

Variáveis categóricas serão apresentadas como ocorrência absoluta (percentual). A distribuição das amostras será avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Comparações entre os grupos das variáveis oriundas de distribuições normais serão feitas por teste *t* de medidas independentes, e entre as demais pelo teste *U* de Mann-Whitney. As primeiras serão apresentadas como média ± desvio-padrão e as segundas como mediana [intervalo-interquartílico]. Correlação entre as variáveis serão analisadas pelo índice de correlação de Pearson, caso ambas sejam oriundas de distribuições normais, e pelo índice de correlação de Spearman nos demais casos. As análises serão realizadas no software SigmaPlot 12.01 (Systat Software Inc.; Richmond, Califórnia, EUA) com nível de significância de 0,05.

2.6.4 Disponibilidade e acesso aos dados

Todas as informações obtidas ao longo desta pesquisa serão organizadas em planilhas digitais, devidamente protegidas por senha e acessíveis exclusivamente à equipe de pesquisadoras e pesquisadores diretamente envolvidos no projeto, bem como ao estatístico responsável pela análise. Essa medida visa assegurar a confidencialidade, a segurança e a integridade dos dados.

Após o encerramento do estudo e da finalização das análises estatísticas, os dados anonimizados poderão ser disponibilizados para fins acadêmicos ou científicos, desde que haja solicitação formal e aprovação prévia do Comitê de Ética em Pesquisa. O compartilhamento estará condicionado à assinatura de um termo de responsabilidade por parte de quem os requisitar, garantindo o uso ético e adequado das informações, em conformidade com a legislação em vigor.

Em nenhuma hipótese serão divulgados dados capazes de identificar os voluntários. Ao final do estudo, todos os registros que contenham informações pessoais ou identificáveis serão eliminados, conforme previsto na Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, de modo a resguardar a privacidade, a dignidade e os direitos das(os) voluntárias(os).

2.7 Resultados esperados

Espera-se que os resultados deste estudo evidenciem alterações posturais significativas, especialmente na variável EVS, entre os indivíduos com diagnóstico de EA, refletindo o comprometimento do alinhamento sagital da coluna vertebral. Além disso, prevê-se a identificação de alterações no equilíbrio postural, com possíveis aumentos na área e na velocidade de oscilação do centro de pressão, indicativos de instabilidade corporal.

Com relação à força muscular, é esperado que os participantes apresentem redução na força de preensão palmar em comparação com valores normativos da população saudável, refletindo possíveis repercussões da doença sobre a função muscular periférica.

Os achados deste estudo poderão contribuir para o aprimoramento das estratégias de avaliação clínica de indivíduos com EA e para a elaboração de protocolos terapêuticos mais personalizados, envolvendo intervenções voltadas à melhora da postura, equilíbrio e função muscular. Tais resultados também poderão oferecer subsídios científicos relevantes para futuros estudos voltados à reabilitação funcional e promoção da qualidade de vida em populações com doenças inflamatórias crônicas do aparelho locomotor.

2.8 Orçamento e apoio financeiro

Este estudo será financiado com recursos próprios do pesquisador responsável.

2.9 Cronograma

Quadro 3: Cronograma de execução.

	ETAPA	INÍCIO	FIM
Projeto de Pesquisa	Elaboração do projeto de pesquisa	03/2025	08/2025
	Exame de Qualificação	09/2025	09/2025
	Apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa	09/2025	09/2025
Coleta de Dados	Treinamento dos procedimentos e/ou estudo piloto	10/2025	03/2026
	Modelagem do bando de dados	04/2026	04/2026
	Coleta e tabulação de dados	05/2026	05/2026
	Elaboração do trabalho de conclusão	05/2026	06/2026
	Exame de Defesa	07/2026	07/2026
	Submissão de manuscrito (resultados)	07/2026	07/2026
	Elaboração de mídias para disseminação	07/2026	07/2026
	Entrega da versão final do trabalho de conclusão	08/2026	08/2026

Referências

AMMANN, P.; RIZZOLI, R. Bone strength and its determinants. Osteoporosis International, vol. 14, Supplement 3, pp. S13–S18, 2003.

ATAR, E.; ASKIN, A. Somatosensory dysfunction related neuropathic pain component affects disease activity, functional status and quality of life in ankylosing spondylitis. International Journal of Rheumatic Diseases, vol. 23, no. 12, 1656–1663, 2020.

BEM TEKAYA, A.; MEHMLI, T.; BEN SASSI, M.; TEYEB, Z.; BOUDEN, S.; ROUACHED, L.; et al. Effects of biological and synthetic targeted disease-modifying antirheumatic drugs on sarcopenia in spondyloarthritis and rheumatoid arthritis: a systematic review and meta-analysis. Clinical Rheumatology, vol. 42, no. 4, 979–997, 2023.

BRAUN, J.; SIEPER, J. Ankylosing spondylitis. Lancet, vol. 369, no. 9570, pp. 1379-1390, 2007.

BROWN, MA.; LAVAL, SH.; BROPHY, S.; CALIN, A. Recurrence risk modeling of genetic susceptibility to ankylosing spondylitis. Annals of Rheumatic Diseases, vol. 59, no. 11, pp. 883–886, 2000.

CARTER, S.; LORIES, R. J. Osteoporosis: a paradox in ankylosing spondylitis. Current Osteoporosis Reports, vol. 9, no. 3, pp. :112–115, 2011.

CHEN, C. W.; WEI, J. C.; GU, J.; YU, D. Imunol Frontal Advances in the pathogenesis, etiology, and therapies for ankylosing spondylitis. Frontiers in Immunology, vol.12, pp. 822582, 2021.

CHENG, XIN. LIU.; WEIGUO, ZHU.; YONG, JIN. LI.; XIANG, YU. LI.; BIN, SHI.; CHAO, KONG.; SHIBAO, LU. How the cervical sagittal profile changes after

spontaneous compensation of global sagittal imbalance after single- or two-level lumbar fusion. BMC Musculoskeletal Disorders, 25:387, 2024.

ÇINAR, E.; AKKOÇ, Y.; KARAPOLAT, H.; DURUSOY, R.; KESER, G. Postural deformities: potential morbidities that may cause balance problems in patients with ankylosing spondylitis? European Journal of Rheumatololy, vol. 3, no. 1, pp. 5–9. 2016.

CLUNIE, G.; HORWOOD, N. Bone loss and gain in spondyloarthritis: what drives these opposing clinical features? Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease, vol. 12, pp. 1759720X20969260, 2020.

CRUZ-JENTOFT, A.J.; BAHAT, G.; BAUER, J.; BOIRIE, Y.; BRUYÈRE, O.; CEDERHOLM, T.; et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Age and Aging, vol. 48, no. 1, pp. 16–31, 2019.

DAVIS, J. C. Ankylosing Spondylitis. In: Koopman, W.J., More-Land, L. W., editors. Arthritis and Allied Conditions. LWW; Philadelphia, PA, EUA, pp. 1319–1334, 2005.

DE NUNZIO, A. M.; IERVOLINO, S., ZINCARELLI, C., DI GIOIA, L., RENGO, G., MULTARI, V.; et al. Ankylosing spondylitis and postural control: the role of visual input. BioMed Research International, vol. 2015, no. 948674, 2015.

DOUGADOS, M.; SIMON, P.; BRAUN, J.; BURGOS-VARGAS, R.; MAKSYMOWYCH, W. P., SIEPER, J.; et al. ASAS recommendations for collecting, analysing and reporting NSAID intake in clinical trials/epidemiological studies in axial spondyloarthritis. Annals of the Rheumatic Diseases, vol. 70, no. 2, pp. 249–251, 2011.

EL MAGHRAOUI, A. Malnutrition, cachexia and osteoporosis. Monografias da Revue du Rhumatisme, vol. 80, pp. 100–104, 2013.

EL MIEDANY, Y., EL GAAFARY, M., YOUSSEF, S. & PALMER, D. 'Towards a multidimensional assessment of patient-reported outcome measures: development

and validation of a questionnaire for patients with ankylosing spondylitis/spondyloarthritis', Joint Bone Spine, vol. 77, no. 6, pp. 575–581, 2010.

EMOND, B.; ELLIS, L. A.; CHAKRAVARTY, S. D.; LADOUCEUR, M.; LEFEBVRE, P. Real-world incidence of inflammatory bowel disease among patients with other chronic inflammatory diseases treated with interleukin-17a or phosphodiesterase 4 inhibitors. Current Medical Research and Opinion, vol. 35, no. 10, pp. :1751–1759, 2019.

ESHED, I.; LIDAR, M. Fatty metaplasia in inflammatory sacroiliitis and non-rheumatic conditions: a step towards better characterization. The Journal of Rheumatology, vol. 45, no. 7, pp. 884–886, 2018.

FAUS-RIERA, S.; MARTINEZ-PARDO, S.; BLANCH-RUBIO, J.; BENITO-RUIZ, P.; DURO-PUJOL, J. C.; COROMINAS-TORRES, J. M. Clinical, enzymatic, electromyographic and histological correlation. The Journal of Rheumatology, vol. 18, no. 9, pp. 1368–1371, 1991.

GLASSMAN, S. D.; BRIDWELL, K.; DIMAR, J. R.; HORTON, W.; BERVEN, S.; SCHWAB, F. The Impact of Positive Sagittal Balance on Spinal Deformity in Adults. Spine, 30(18):p 2024-2029, 2005.

HORAK, F. B. Postural Control. In: Binder, M. D., Hirokawa, N., Windhorst, U. Editors. Encyclopedia of Neuroscience. Springer; Berlim/Heidelberg, Alemanha: pp. 3212–3219, 2009.

IMAGAMA, S.; MATSUYAMA, Y.; HASEGAWA, Y.; SAKAI, Y.; ITO, Z.; ISHIGURO, N. Back muscle strength and spinal mobility are predictors of quality of life in middle-aged and older men. European Spine Journal, vol. 20, no. 6, pp. 954–961, 2011.

INMAN, R. D. Axial spondyloarthritis: Current advances, future challenges. Journal of Rheumatic Diseases, vol. 28, no. 2, pp. 55–59, 2021.

JACKSON, R. P.; MCMANUS, A. C. Radiographic analysis of alignment and balance in the sagittal plane in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. Spine Jour, 19(14):1611-8, 1994.

JALAI, C. M.; CRUZ, D. L.; DIEBO, B. G.; POORMAN, G.; LAFAGE, R.; BESS, S.; et al. Whole-body analysis of age-adjusted alignment in adult patients with spinal deformity and lower limb compensation. Spine, 2017; vol. 42, no. 9, pp. 653–661, 2017.

JÚNIOR, P. M. P.; FERREIRA, A. S.; TELLES, G.; LEMOS, T.; NOGUEIRA, L. ALBERTO C. Concurrent validation of center of pressure displacement analyzed by baropodometry in patients with chronic nonspecific low back pain during functional tasks. Revista de Terapias Corporais e de Movimento, Volume 28 p489-495, 2021.

JUNIOR, P. M.; SÁ, F. A.; TELLES, G.; LEMOS, T.; CALAZANS, N. L. A. Concurrent validation of the centre of pressure displacement analysed by baropodometry in patients with chronic non-specific low back pain during functional tasks. Journal of Bodywork & Movement Therapies, 28:489-495, 2021.

KANG, K. Y.; KWOK, S. K.; JU, J. H.; HONG, Y. S.; PARK, S. H. Fracture risk assessment in patients with axial spondyloarthritis: a case-control study using the fifth Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V). Scandinavian Journal of Rheumatology, vol. 45, no. 1, pp. 23–31, 2016.

KOCA, T. T., GÖĞEBAKAN, H., KOÇYIĞIT, B. F., NACITARHAN, V., YILDIR, C. Z. Foot functions in ankylosing spondylitis. Clinical Reumatology, vol. 38, vol. 4, pp. 1083–1088, 2019.

KOO, B. S.; OH, J. S.; PARK, S. Y.; SHIN, J. H.; NAM, B.; LEE, S.; et al. Relationship between inflammation and radiographic progression in patients with ankylosing spondylitis who achieved a BASDAI < 4 during TNF inhibitor treatment. The Journal of Rheumatology, vol. 49, no. 12, pp. 1328–1334, 2022.

LEE, S.; LEE, J. Y.; HWANG, J. H.; SHIN, J. H.; KIM, T. H.; KIM, S. K. Clinical importance of inflammatory facet joints of the spine in ankylosing spondylitis: a magnetic resonance imaging study. Scandinavian Journal of Rheumatology, vol. 45, no. 6, pp. 491-498, 2016.

LEONOR, G. S.; RAFAEL, M. R.; GUSTAVO, P. B.; CARLOS, F. P. S.; HERRERO, H. L. A. D.; MARCELLO, H. N. B. Spinopelvic sagittal balance: what does the radiologist need to know? Radiol Bras, 53(3): 175–184, 2020.

LIN, D., CHARALAMBOUS, A., HANNA, S. A. Bilateral total hip arthroplasty in ankylosing spondylitis: a systematic review. EFORT Open Reviwers, vol. 4, no. 7, pp. 476–481, 2019.

MAGREY, M.; WEI, J. C. C.; YNDESTAD, A.; BUSHMAKIN, A. G.; CAPPELLERI, J. C.; DINA, O.; et al. Relationships of work productivity and activity impairment with patient-reported outcomes in ankylosing spondylitis: results from two trials. Arthritis Care & Research, vol. 76, no. 3, pp. 359-365, 2004.

MAURO, D.; GANDOLFO, S.; TIRRI, E.; SCHETT, G.; MAKSYMOWYCH, W.P.; CICCIA, F. The bone marrow side in axial spondyloarthritis. Nature Reviews Rheumatology, vol. 19, no. 8, pp. 519–532, 2023.

MEI, J.; HU, H.; DING, H.; HUANG, Y.; ZHANG, W.; CHEN, X.; et al. Investigating the causal relationship between ankylosing spondylitis and osteoporosis in a European population: a two-way Mendelian randomization study. Frontiers in Immunology, vol. 14, no. 1163258, 2023.

MOLTÓ, A.; NIKIPHOROU, E. Comorbidities in spondyloarthritis. Frontiers in Medicine, vol. 5, pp. 62-62, 2018.

MOLTÓ, A.; NIKIPHOROU, E. Comorbidities in spondyloarthritis. Frontiers in Medicine, vol. 5, no. 62–62, 2018.

MONTALA, N.; JUANOLA, X.; COLLANTES, E.; MUÑOZ-GOMARIZ, E.; GONZALEZ, C.; GRATACOS, J. Prevalence of vertebral fractures by semiautomatic morphometry in patients with ankylosing spondylitis. The Journal of Reumatology, vol. 38, no. 5, pp. 893–897, 2011.

NAM, B.; JO, S.; BANG, S.; BANG, S. Y.; PARK, Y., SHIN, J. H.; et al. Clinical and genetic factors associated with radiographic damage in patients with ankylosing spondylitis. Annals of the Rheumatic Diseases, vol. 82, no. 4, pp. 527–532, 2022.

REVEILLE, J. D.; HIRSCH, R.; DILLON, C. F.; CARROLL, M. D.; WEISMAN, M. H. The prevalence of HLA-B27 in the US: data from the US National Health and Nutrition Examination Survey, 2009. Arthritis and Rheumatism, vol. 64, no. 5, pp. 1407–1411, 2012.

REVEILLE, J. D.; WEISMAN, M. H. The epidemiology of back pain, axial spondyloarthritis, and HLA-B27 in the United States. The American Journal of the Medical Sciences, vol. 345, no. 6, pp. 431–416, 2013.

SAWACHA, Z., CARRARO, E., DEL DIN, S., GUIOTTO, A., BONALDO, L., PUNZI, L. et al. Biomechanical assessment of balance and posture in individuals with ankylosing spondylitis'. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, vol. 9, pp. 63, 2012.

SCHWAB, F.; LAFAGE, V.; BOYCE, R.; SKALLI, W.; FARCY, J.P. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. Spine (Phila Pa 1976), 31(25):E959-E967, 2006.

SOUZA, M.; ANDRADE, A. C. S.; TORRES, J. L.; BRAGA, L. S.; BASTONE, A. C.; MAMBRINI, J. V. M.; LIMA, M. F. National values of handgrip strength and factors associated with muscle weakness in older adults: findings from the Brazilian Longitudinal Study of Older Adults' Health (ELSI-Brazil). BMC Geriatria,22:1005, 2022.

SOUZA, M. C.; JENNINGS, F.; MORIMOTO, H.; NATOUR, J. Swiss ball exercises improve muscle strength and walking performance in ankylosing spondylitis: a

randomized controlled trial. Natour J. Revista Brasileira de Reumatologia, vol. 57, no. 1, pp. 45–55, 2017

SU, J., LI, M., HE, L., ZHAO, D., WAN, W., LIU, Y.; et al. Comparison of the efficacy and safety of adalimumab (Humira) and the adalimumab biosimilar candidate (HS016) in Chinese patients with active ankylosing spondylitis: a multicenter, randomized, double-blind, parallel, phase III clinical trial, Biofármacos, vol. 34, no. 3, pp. 381–393, 2020.

UCKUN, A.; SEZER, I. Ankylosing spondylitis and balance. The Eurasian Journal of Medicine, vol. 49, no. 3, pp. 207–210, 2017.

WANDERS, A. J.; LANDEWE, R. B.; SPOORENBERG, A.; DOUGADOS, M.; VAN DER LINDEN, S.; MIELANTS, H.; et al. What is the most appropriate radiologic scoring method for ankylosing spondylitis? A comparison of the available methods based on the Outcome Measures in Rheumatology Clinical Trials filter. Arthritis and Rheumatism, vol. 50, no. 8, pp. 2622–2632, 2004.

WARD, M. M. Complications of total hip arthroplasty in patients with ankylosing spondylitis. Arthritis Care & Research, vol. 71, no. 8, pp. 1101–1108, 2019.

WESTERVELD, L. A.; VERLAAN, J. J.; ONER, F. C. Spinal fractures in patients with ankylosing spinal disorders: a systematic review of the literature on treatment, neurological status, and complications. European Spine Journal, vol. 18, no. 2, pp. 145–156, 2009.

WINTER, J. J.; VAN MENS L. J.; VAN DER HEIJDE D.; LANDEWE, R., BAETEN DL. Prevalence of peripheral and extra-articular disease in ankylosing spondylitis versus non-radiographic axial spondyloarthritis: a meta-analysis. Artritis Research & Therapy, vol. 18, no. 1, pp. 196, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. 1994. https://iris.who.int/handle/10665/39142

WU, X., ZHONG, J. Y.; WANG, G., XU, H. J. Factors related to bone mineral density in young and middle-aged patients with ankylosing spondylitis. Chinese Medical Journal, vol. 134, no. 21, pp. 2556–2563, 2021.

ZENG. S.; GONG. Y.; ZHANG, Y.; CHEN, S.; CHEN, J.; LIN, C.; et al. Changes in the prevalence of rheumatic diseases in Shantou, China, over the past three decades: a COPCORD study. PLoS One, vol. 10, no. 9, pp. e0138492, 2015.

ZHU, R.; LI, W.; XIA, L.; YANG, X.; ZHANG, B.; LIU, F.; MA, J.; HU, Z.; LI, Y.; LI, D.; JIANG, J.; HE, Y.; SHAN, G. Handgrip strength is associated with cardiopulmonary function in Chinese adults: results from a cross-sectional study. J Exerc Sci Fit,18(2):57-61, 2020.

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Mestrado em Ciências da Reabilitação

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Elaborado a partir da Resolução. nº466 de 10/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Breve justificativa e objetivos da pesquisa: O Sr,(Sra). está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), da pesquisa “CORRELAÇÃO ENTRE POSTURA, BALANÇO CORPORAL E FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA EM INDIVÍDUOS COM ESPONDILITE ANQUILOSANTE: UM ESTUDO OBSERVACIONAL

,” na sala de avaliação físico-funcional da Policlínica Tereza Rambaldi, localizada na Rua: Barão da Lagoa Dourada, N 352, Centro, Campos dos Goytacazes/RJ.

O objetivo principal desta pesquisa é analisar o balanço corporal, postura e força muscular periférica e comparar com um questionário de qualidade de vida específico para indivíduos portadores de espondilite anquilosante. Espera-se com esse estudo, contribuir com a ampliação do conhecimento acerca da intensidade dos sintomas e dos fatores que afetam o desempenho das atividades de vida diária e da qualidade de vida de homens e mulheres que sofrem de espondilite anquilosante e propor tratamentos por meio de exercícios físicos e posturais assim como uso de órteses que possam atardar e amenizar as disfunções provocadas pela espondilite anquilosante.

Procedimentos: Caso deseje participar, O Sr. (Sra.) passará por uma avaliação clínica de fisioterapia, onde será colhido dados como idade, sexo, tempo de

diagnóstico de espondilite anquilosante, tratamento medicamentoso e não medicamentoso, comorbidades, histórico de tabagismo e etilismo e serão aferidas medidas antropométricas e sinais vitais, aos quais serão aferidas antes e após os testes funcionais. Será avaliado o balanço corporal em uma plataforma de baropodometria, a força de preensão da mão dominante com o uso de um dinamômetro de preensão manual, a qualidade de vida através de um questionário específico para pacientes que sofrem com espondilite anquilosante e, por fim, será solicitado um RX panorâmico em perfil da coluna vertebral para avaliar a postura através do eixo vertical sagital. Todos os resultados serão registrados para posterior análise comparativa. As avaliações individuais acontecerão em única ocasião, com duração de cerca de 1 hora.

Potenciais riscos e benefícios: Durante a pesquisa poderão existir alguns desconfortos e riscos como cansaço, tontura, palpitação, queda, dor, aumento ou diminuição da pressão arterial, caso isso aconteça, a Sra. fará repouso até voltar à normalidade, e caso seja necessário será encaminhado para o Hospital de Urgências para avaliação e devidos cuidados médicos pela equipe especializada.

Garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso: Sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma lhe identificar, serão mantidos em sigilo. Será garantido o anonimato e privacidade. Caso haja interesse, o senhor (a) terá acesso aos resultados.

Garantia de esclarecimento: É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como a garantia do seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

Garantia de responsabilidade e divulgação: Os resultados dos exames e dos dados da pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador, e esses resultados serão divulgados em meio científico sem citar qualquer informação que possa te identificar.

Garantia de ressarcimento de despesas: Caso o Sra. apresente hipossuficiência financeira será ofertado pelo pesquisador o transporte público para o (a) paciente e acompanhante, se necessário. Em caso de dano pessoal diretamente causado pelo procedimento proposto neste estudo, o participante terá direito a tratamento clínico e/ou psicológico, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. Não haverá compensação financeira relacionada à sua participação.

Responsabilidade do pesquisador e da instituição: O pesquisador e a instituição proponente se responsabilizarão por qualquer dano pessoal ou moral referente à integridade física e ética que a pesquisa possa sofrer.

Critérios para suspender ou encerrar a pesquisa: Essa pesquisa será suspensa caso se perceba algum risco ou dano à sua saúde não previsto nesse termo de consentimento ou caso seja solicitada, por qualquer motivo, a suspensão pelo comitê de ética em pesquisa que a aprovou.

O estudo será suspenso na ocorrência de qualquer falha metodológica ou técnica observada pelo pesquisador, cabendo ao mesmo a responsabilidade de informar a todos os participantes o motivo da suspensão. O estudo também será suspenso caso seja percebido qualquer risco ou danos à saúde dos voluntários participantes, consequente à pesquisa, que não tenha sido previsto neste termo. Quando atingir a coleta de dados necessária a pesquisa será encerrada.

Demonstrativo de infraestrutura: A instituição onde será feito o estudo possui a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa com ambiente adequado.

Propriedade das informações geradas: Não há cláusula restritiva para a divulgação dos resultados da pesquisa, e que os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para comprovação do experimento. Os resultados serão submetidos à publicação, sendo favoráveis ou não às hipóteses do estudo.

Sobre a recusa em participar: Caso queira, o senhor (a) poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar-se, não sofrendo qualquer prejuízo à assistência que recebe.

Contato do pesquisador responsável e do comitê de ética: Em qualquer etapa do estudo você poderá ter acesso ao profissional responsável, KLAUS RAMBALDI REIS DA SILVA, que pode ser encontrada no telefone (22) 999796949; e-mail: ftklaus@gmail.com. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UNISUAM (CEP-UNISUAM): Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, CEP 21032-060; contato telefone: (021) 3882-9943, E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br.

Se este termo for suficientemente claro para lhe passar todas as informações sobre o estudo e se o senhor (a) compreender os propósitos dele, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e

de esclarecimentos permanentes; você poderá declarar seu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente das propostas do estudo. Uma cópia desse documento será entregue a você.

Campos dos Goytacazes _____ de _____ de _____.

NOME:_____

ASSINATURA:_____

PESQUISADOR RESPONSÁVEL:
ASSINATURA:_____

Apêndice 2 – Ficha de avaliação clínica

Ficha para avaliação fisioterapêutica

Data: ___/___/____

Nome: _____ Idade: _____

Telefone: _____ Estado civil: ( ) solteira ( ) casada ( ) viúva ( ) separada ( ) divorciada

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade: _____

Estado: _____

E-mail: _____

Escolaridade:

Fundamental I ( ) Fundamental II ( ) Médio ( ) Superior ( ) Pós-Graduação ( )

Profissão: _____ Aposentado (a): ( ) SIM ( ) NÃO

Raça/Cor: Branca ( ) Preta ( ) Parda ( ) Indígena ( ) Amarela ( )

Histórico Clínico.

( )Hipertensão ( )Cardiopatias ( )Diabetes ( )AVC prévio ( )Pneumopatias

Medicamentos em uso _____

_____

Estilo de vida:

Etilismo: Sim ( ) Não ( )

Em caso positivo: Frequência _____ Tempo: _____ Tempo que parou: _____

Tabagismo: Sim ( ) Não ( )

Em caso positivo: Frequência M/D _____ Tempo: _____ Tempo que parou: _____

Realiza atividade física: ( ) Sim ( ) Não Qual? _____

Frequência/semana: _____

Sinais Vitais:

Pressão Arterial: _____/_____mmHg Frequência cardíaca: _____bpm

Frequência Respiração: _____ipm SpO2: _____ %

Queixa/Observação: ( ) Não ( ) Sim

Qual:_____

Anexo 1 – Checklist Ético Preliminar

A *Lista de Itens para o Comitê de Ética em Pesquisa* (*CEPlist*) foi elaborada com base na Resolução do Conselho Nacional de Saúde No. 466 de 12 de dezembro de 2012 com o objetivo de melhorar a qualidade das informações dos Protocolos de Pesquisa envolvendo seres humanos que são submetidos à apreciação pelo sistema CEP/CONEP.

A *CEPlist* é preenchida pelo pesquisador principal do projeto antes de sua submissão para ser anexada na Plataforma Brasil como "Outros" documentos. O pesquisador preencherá o número da página onde consta a referida informação. Caso o item não se aplique, deverá ser preenchido com "NA".

a) Documentos obrigatórios		**Páginas**
a.1. Termos	a) Termo de Anuência da instituição proponente redigido em papel timbrado, datado e assinado por representante	
	b) Termo(s) de Anuência da(s) instituição(ões) coparticipante(s) redigido(s) em papel timbrado, datado(s) e assinado(s) por representante	
	a) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	
	b) Termo de Assentimento Livre e Esclarecido	
	c) Termo de Autorização para Uso de Dados secundários	
a.2. Cronograma	a) Cronograma detalhado quanto às etapas do projeto de pesquisa	
a.3. Orçamento	a) Orçamento detalhado quanto à aplicação dos recursos	
	b) Citação do(s) patrocinador(es) da pesquisa	
a.4. Declarações	a) Declaração de Instituição e Infraestrutura redigido em papel timbrado, datado e assinado por representante	
	b) Declaração de Pesquisadores	
	c) Declaração de Patrocinador	
a.5. Dispensa	a) Justificativa para dispensa do Termo solicitada pelo pesquisador responsável ao Sistema CEP/CONEP	
b) Projeto de pesquisa (PP)		**Páginas**
b.1. Introdução	a) Fundamentação em fatos científicos, experimentação prévia e/ou	

	pressupostos adequados à área específica da pesquisa	
b.2. Materiais e Métodos	a) Métodos adequados para responder às questões estudadas, especificando-os, seja a pesquisa qualitativa, quantitativa ou quali-quantitativa	
	b) Cálculo e/ou justificativa do tamanho da amostra	
	c) Critérios de inclusão e exclusão bem definidos	
	d) Procedimento detalhado de recrutamento dos participantes	
	e) Local(is) de realização da(s) etapa(s) da pesquisa	
	f) Períodos de *wash-out* ou uso de placebo justificados e com análise crítica de risco	
	g) Explicação detalhada e justificada dos exames e testes que serão realizados	
	h) Manutenção dos dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob guarda e responsabilidade do pesquisador principal, por 5 anos após o término da pesquisa	
	i) Critérios detalhados para suspender e encerrar a pesquisa	
b.3. Apêndices e Anexos	a) Questionário(s) para coleta de dados	
c) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)		**Páginas**
c.1. Informações Obrigatórias	a) Título do projeto abaixo do título do Termo	
	b) Informações prestadas em linguagem clara e acessível ao participante	
	c) Justificativa e os objetivos claros e bem definidos	
	d) Procedimentos e métodos detalhados a serem utilizados na pesquisa	
	e) Possibilidade de inclusão (sorteio) em grupo controle ou experimental	
	f) Possíveis desconfortos e riscos decorrentes da participação na pesquisa	
	g) Possíveis benefícios decorrentes da participação na pesquisa	
	h) Providências e cautelas a serem empregadas para evitar e/ou reduzir efeitos e condições adversas que possam causar dano	

	i) Formas de acompanhamento e assistência a que terão direito os participantes da pesquisa para atender complicações e danos decorrentes, direta ou indiretamente, da pesquisa	
	j) Garantia de plena liberdade ao participante da pesquisa, de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização	
	k) Garantia de manutenção do sigilo e da privacidade dos participantes da pesquisa durante todas as fases da pesquisa	
	l) Garantia de que o participante da pesquisa receberá uma via do Termo	
	m) Garantia de ressarcimento e como serão cobertas as despesas tidas pelos participantes da pesquisa e dela decorrentes	
	n) Explicita a garantia de indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa	
	o) Esclarecimento sobre a possibilidade de inclusão do participante em grupo controle ou placebo, explicitando, claramente, o significado dessa possibilidade	
	p) Compromisso de encaminhar os resultados da pesquisa para publicação em meio científico	
	q) Declaração do pesquisador responsável que expresse o cumprimento das exigências da Resolução No. 466/2012	
	r) Declaração do pesquisador responsável de que os resultados dos exames e/ou dados da pesquisa serão de responsabilidade dos pesquisadores	
c.2. Pesquisador	a) Consta, em todas as folhas e vias do Termo, o endereço e contato telefônico ou outro, dos responsáveis pela pesquisa	
c.3. Comitê de Ética	a) Consta, em todas as folhas e vias do Termo, o endereço e contato telefônico ou outro, do CEP	
c.4. Participante	a) Há espaço para o nome do participante e/ou responsável legal e local para sua assinatura	

d) Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)		**Páginas**
d.1. Apresentação	a) Há termo de consentimento dos responsáveis com anuência dos menores de idade ou legalmente incapazes	

Anexo 2 – Declaração de Instituição Coparticipante

Campos dos Goytacazes, 12 de agosto de 2025.

Declaro estar ciente da coparticipação na pesquisa, CORRELAÇÃO ENTRE POSTURA, BALANÇO CORPORAL E FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA EM INDIVÍDUOS COM ESPONDILITE ANQUILOSANTE: UM ESTUDO OBSERVACIONAL

O projeto será realizado em parceria com a Policlínica Tereza Rambaldi
Pesquisador Principal: Klaus Rambaldi Reis da Silva
CPF: 072146547-17
Telefone: (22) 999796949 E-mail: ftklaus@gmail.com

Diretora clínica
Dra. Luna Rambaldi Reis da Silva Mucci

Assinatura: _____

Instituição Proponente: Centro Universitário Augusto Motta/UNISUAM
Grande Área de Conhecimento (CNPq): Área 4: Ciências da Saúde
Área predominante: 4.08.00.00-8: Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Propósito Principal do Estudo: Clínico

Instituição Coparticipante:
Policlínica Tereza Rambaldi
Rua: Barão da Lagoa Dourada, N° 352, Centro. Campos dos Goytacazes/RJ
CNPJ: 05.759.435/0001-38

Responsável: _____

Anexo 3 – Comprovante de submisssão



[Rheumato] Manuscript ID: rheumato-4613537 - Manuscript Resubmitted External Caixa de entrada ×

Rheumato Editorial Office ter., 3 de nov., 06:17 (há 4 dias)
para mim, Klaus, Guilherme, Luciano, Patrícia, Cesar, Estêvão

Dear Professor Lopes,

Thank you very much for resubmitting the modified version of the following manuscript:

Manuscript ID: rheumato-4613537
Type of manuscript: Article
Title: Assessment of Sagittal Vertical Alignment in Individuals with Axial Spondyloarthritis and Its Association With Static Sway and Handgrip Strength
Authors: Klaus Rambaldi Reis da Silva, Guilherme Salles de Escobar Gonçalves, Luciano Matos Chicayban, Patrícia Junqueira Ferraz Baracat, Cesar Antonio Luchesa, Estêvão Rios Monteiro, Agnaldo José Lopes *
Received: 22 Sep 2026
E-mails: klaussilva@isecensa.edu.br, guilhermesalles.dr@gmail.com, lucianochicayban@gmail.com, baracat.pat@gmail.com, cesarluchesa@fag.edu.br, e.rios.monteiro@souunisuam.com.br, alopes@souunisuam.com.br

https://susy.mdpi.com/user/manuscripts/review_info/902a5edc1d0efabe463ccf01865a0427

A member of the editorial office will be in touch with you soon regarding progress of the manuscript.

Kind regards,
Rheumato Editorial Office
Postfach, CH-4020 Basel, Switzerland
Office: Grosspeteranlage 5, CH-4052 Basel
Tel. +41 61 683 77 34 (office)
E-mail: rheumato@mdpi.com
https://www.mdpi.com/journal/rheumato/