Paramètres de la voûte plantaire de jeunes footballeurs maliens U15 et U17

Étude expérimentale conduite au lycée sportif Ben Oumar Sy (LSBOS) de Kabala, à Bamako

Moussa Seydou CISSE[1], Nabila TOUABTI MIMOUNI[2], Almougairata Hamidou MAIGA[3]

1: École doctorale des sciences et technologies du Mali, mscpp.msc@gmail.com.
2: École nationale supérieure en sciences et technologies des sports, El Biar, Alger, Algérie, n.touabti@gmail.com
3: Ministère de l'Éducation nationale, Direction nationale de la pédagogie, Bamako, Mali.
Correspondance : Courriel : mscpp.msc@gmail.com
Téléphone : +223 76 16 91 82

Reçu : 28 septembre 2026 *Accepté : 30 octobre 2026* *Publié : 15 novembre 2026*
Citation : Moussa Seydou CISSE, Nabila TOUABTI MIMOUNI, Almougairata Hamidou MAIGA. Paramètres de la voûte plantaire de jeunes footballeurs maliens U15 et U17 : étude expérimentale conduite au lycée sportif Ben Oumar Sy (LSBOS) de Kabala, à Bamako. ***JMSP Vol. 2, Numéro 2, 2026****, p. 179–190.*

Résumé

Objectif. Décrire les dimensions du pied et la distribution de deux rapports morphométriques chez de jeunes footballeurs maliens, puis examiner l'association entre longueur du pied et hauteur du cou-de-pied.

Méthodes. Une analyse transversale des mesures ide la voûte plantaire a porté sur 20 garçons U15 et U17, âgés de 14 à 16 ans, au lycée sportif Ben Oumar Sy de Kabala, en janvier 2025. La longueur L et la hauteur H ont été mesurées par podométrie selon Friedland. La plantographie selon Tchegin a fourni deux largeurs, G.D. en contact avec le support et B.D. sans contact, au milieu de l'empreinte. Les rapports IVL = 100 × H/L et IVT = G.D./B.D ont été recalculés. Les analyses comprenaient les statistiques descriptives et les corrélations de Pearson et de Spearman.

Résultats. La longueur moyenne était de 25,47 ± 1,17 cm et la hauteur de 6,17 ± 0,97 cm. Leur association était positive (r = 0,617 ; IC à 95 % [0,240 ; 0,832] ; p = 0,0038). L'IVL moyen était de 24,18 ± 3,17 % ; 13 joueurs se situaient entre 21 et 26 %, deux sous 20 % et deux au-dessus de 30 %. L'IVT moyen était de 1,08 ± 0,46, avec une médiane de 1,00 et un coefficient de variation de 42,7 %. Dix joueurs avaient un IVT supérieur à 1.

Conclusion. Les dimensions du pied sont associées, tandis que le rapport plantographique présente une forte dispersion relative. Ces observations constituent un état initial descriptif. Les seuils du protocole ne permettent pas d'établir des diagnostics de pied plat ou creux sans validation méthodologique, et aucun lien avec les blessures n'a été testé.

Mots-clés : pied ; podométrie ; plantographie ; football ; adolescent ; Mali.

Abstract

Objective. To describe foot dimensions and the distribution of two morphometric ratios in young Malian football players, and to examine the association between foot length and instep height.

Methods. This cross-sectional analysis used baseline measurements involving 20 male U15 and U17 players aged 14–16 years at Ben Oumar Sy sports high school, Kabala, in January 2025. Foot length L and instep height H were measured by podometry (Friedland). Footprints provided midfoot contact width G.D. and non-contact width B.D. The ratios IVL = 100 × H/L and IVT = G.D./B.D were recalculated from individual measurements (Tchegin). Analyses included descriptive statistics and Pearson and Spearman correlations.

Results. Mean foot length was 25.47 ± 1.17 cm and mean instep height was 6.17 ± 0.97 cm. These dimensions were positively associated (r = 0.617; 95% CI 0.240–0.832; p = 0.0038). Mean IVL was 24.18 ± 3.17%; 13 players fell within the protocol interval of 21–26%, two below 20% and two above 30%. Mean IVT was 1.08 ± 0.46, with a median of 1.00 and a coefficient of variation of 42.7%. Ten players had IVT values above 1.

Conclusion. Foot dimensions were associated, whereas the footprint ratio showed substantial relative variability. These findings provide a descriptive baseline. Protocol thresholds require methodological validation before clinical flatfoot or high-arch diagnoses can be inferred. Proportional growth and injury risk were not demonstrated.

Keywords: podometry ; footprint; football; adolescent; Mali.

Introduction

Le football sollicite le pied lors des accélérations, des réceptions, des frappes et des changements de direction. Décrire sa morphologie peut contribuer à caractériser les jeunes joueurs et à organiser leur suivi. Toutefois, une mesure statique ne renseigne pas directement sur le comportement du pied pendant un déplacement. La distinction entre forme anatomique, empreinte au sol et fonction locomotrice est donc indispensable pour interpréter des indices plantaires sans leur attribuer une portée qu'ils ne possèdent pas.

Les travaux sur la posture du pied distinguent généralement les configurations basse, intermédiaire et haute de l'arche longitudinale. Les méthodes employées sont néanmoins diverses : mesures de hauteur, angles, rapports de largeurs ou indices de surface. L'indice de Staheli et l'arche index de Cavanagh et Rodgers illustrent cette diversité méthodologique (Staheli et al., 1987 ; Cavanagh et Rodgers, 1987). Deux instruments visant à décrire l'arche plantaire ne mesurent pas nécessairement le même construit et leurs seuils ne sont pas interchangeables.

Cette question est particulièrement importante chez les adolescents. Dans une étude de 76 enfants âgés de 7 à 15 ans, Sapogovskiy et al. (2023) rapportent de faibles relations entre plusieurs paramètres plantographiques et les critères d'examen clinique. Leur travail décrit également le rapport entre hauteur du cou-de-pied et longueur du pied sous le nom d'indice de Friedland. Il soutient l'intérêt d'une description explicite des repères anatomiques et d'une interprétation prudente des empreintes, sans établir la validité des seuils employés dans la présente série.

Chez les jeunes sportifs, l'intérêt d'un profil morphologique tient autant à la variabilité individuelle qu'aux valeurs moyennes. Un groupe dont les pieds ont des longueurs proches peut présenter des différences plus marquées de hauteur ou de contact plantaire. La moyenne d'un indice ne suffit donc pas à caractériser tous les joueurs. Les distributions, les valeurs extrêmes et les données individuelles apportent des informations complémentaires, particulièrement dans un échantillon de faible effectif.

Les résultats publiés ne permettent pas d'assimiler systématiquement une morphologie à un risque de blessure. La synthèse de Neal et al. (2014) identifie de petites associations entre posture pronatrice et certaines lésions de surutilisation, mais pas pour toutes les pathologies étudiées. De leur côté, Michelson et al. (2002) n'observent pas d'augmentation du risque de lésion du membre inférieur associée au pied plat dans leur cohorte sportive. Ces observations invitent à considérer la morphologie comme une composante éventuelle d'une évaluation multifactorielle.

Les comparaisons entre populations exigent également de tenir compte des outils employés. Abich et al. (2020) rapportent une prévalence du pied plat de 17,6 % chez des écoliers éthiopiens de 11 à 15 ans, évalués à l'aide de l'indice de Staheli. Szeliga et al. (2019) étudient 30 footballeurs de 13 à 18 ans avec, notamment, l'angle de Clarke et l'indice de Wejsflog. Ces travaux constituent des points de comparaison contextuels, mais leurs classifications ne peuvent pas être directement transposées à des rapports calculés avec d'autres segments.

La présente étude porte sur un groupe de jeunes footballeurs du lycée sportif Ben Oumar Sy de Kabala, à Bamako. Elle exploite les mesures initiales d'un programme longitudinal et propose une description locale de la longueur du pied, de la hauteur du cou-de-pied et de deux rapports morphométriques. L'objectif principal est de décrire leur distribution et leur dispersion. L'objectif secondaire est d'examiner l'association entre longueur et hauteur, puis de présenter les effectifs obtenus avec les classes du protocole initial, sans les assimiler à des diagnostics cliniques.

Méthodes

Plan d'étude et cadre

Il s'agit d'une analyse transversale d'une étude sur la voûte plantaire des jeunes footballeurs maliens. Les données ont été recueillies en janvier 2025, au retour des vacances, au lycée sportif Ben Oumar Sy de Kabala, à Bamako.

L'échantillon comprend 20 footballeurs de sexe masculin, appartenant aux catégories U15 et U17 et âgés de 14 à 16 ans. L'unité d'analyse est le joueur, représenté par une observation du pied désigné comme pied d'appui.

Les analyses statistiques ont été réalisées sous Stata puis recalculées et vérifiées sous Python à l'aide des bibliothèques NumPy et SciPy. Elles comprenaient les statistiques descriptives, le calcul des indices plantaires et des coefficients de variation, ainsi que l'analyse des associations par les coefficients de corrélation de Pearson et de Spearman. L'intervalle de confiance à 95 % du coefficient de Pearson a été obtenu par transformation de Fisher. Les tests étaient bilatéraux, avec un seuil de significativité fixé à 0,05.

Participants et critères de sélection

Les critères d'inclusion prévus étaient une licence régulière, une présence à au moins 80 % des séances, l'aptitude médicale à la compétition et l'assentiment du joueur accompagné du consentement éclairé d'un parent ou représentant légal. Les critères de non-inclusion étaient une pathologie chronique, une blessure limitant l'entraînement ou un traitement susceptible de modifier les paramètres physiologiques étudiés dans le programme général.

Le protocole prévoyait également des exclusions secondaires en cas d'interruption, de blessure grave ou de données incomplètes. Ces événements ne sont pas quantifiés pour la présente analyse initiale. Les 20 lignes du tableau individuel comportent toutes les

mesures nécessaires aux deux rapports ; aucune imputation n'a été effectuée. L'échantillon doit par conséquent être considéré comme une série monocentrique, sans représentativité populationnelle démontrée.

Mesures podométriques et plantographies

La longueur du pied, notée L, correspond à la distance entre le repère calcanéen postérieur et l'extrémité de l'orteil le plus long. La hauteur du cou-de-pied, notée H, a été relevée par podométrie. Le matériel décrit comprend un compas d'épaisseur pour la longueur du pied, une équerre et une règle métallique pour la hauteur du pied. Les valeurs sont exprimées en centimètres. La hauteur du cou-de-pied ne doit pas être confondue avec une hauteur naviculaire ni avec une mesure directe de l'arche longitudinale interne.

L'empreinte plantaire du pied d'appui a été obtenue par plantographie. Le segment G.D. représente la largeur de la zone en contact avec le support au niveau du milieu de l'empreinte ; B.D. représente la largeur de la zone sans contact sur la même ligne de mesure, par rapport à la tangente médiale. Toutes les mesures ont été réalisées par la même équipe.

La position exacte, la répartition de la charge, le mode de détermination du pied d'appui, le dispositif d'empreinte, le nombre de répétitions et la résolution des instruments ne sont pas documentés. Aucune estimation de fidélité intra-évaluateur ou inter-évaluateurs n'est disponible. Ces limites de reproductibilité sont prises en compte dans l'interprétation et empêchent d'attribuer l'ensemble de la dispersion observée à des différences biologiques.

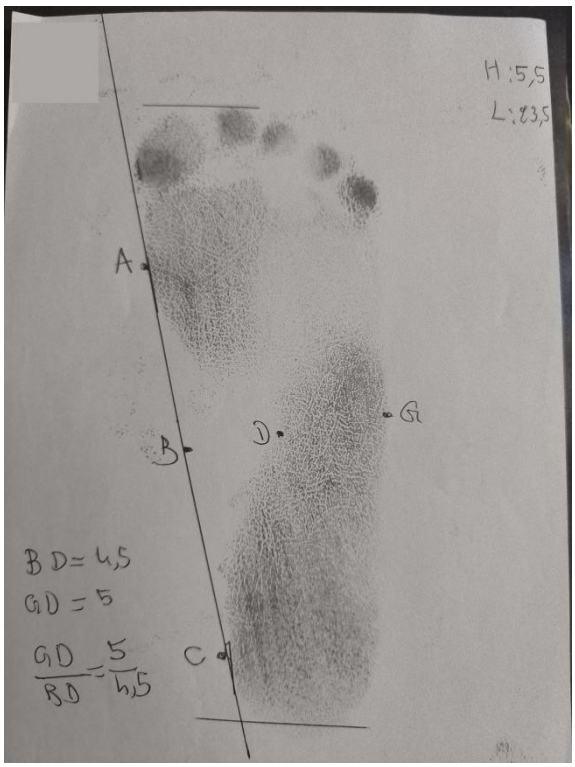

Figure 1. Empreinte plantaire originale du joueur 5 et repères de mesure. La droite A–C est tangente au bord médial ; B–D représente la largeur sans contact (4,5 cm), et D–G la largeur de contact (5,0 cm). Le rapport G.D./B.D. vaut 1,11. H = 5,5 cm ; L = 23,5 cm ; IVL = 23,40 %.

L'image illustre le tracé du protocole. Elle ne constitue pas une preuve de validité anatomique de l'appellation « voûte transversale ». Les dimensions chiffrées proviennent du relevé initial et ne sont pas remesurées sur cette photographie.

Calcul des indices et catégories descriptives

Le premier rapport, appelé indice de la voûte longitudinale IVL dans le protocole, est calculé selon la formule IVL = 100 × H/L. Il est exprimé en pourcentage. La structure de ce calcul correspond à celle de l'indice de Friedland décrite par Sapogovskiy et al. (2023), sous réserve de l'équivalence des repères de mesure. Le terme IVL est conservé pour assurer la continuité avec les données initiales ; il désigne ici un rapport hauteur–longueur et ne constitue pas à lui seul un diagnostic de pied plat ou creux.

Les classes initialement retenues étaient IVL < 20 %, 20 à moins de 21 %, 21 à 26 %, plus de 26 à 30 %, et IVL > 30 %. Leur présentation exhaustive évite de perdre les joueurs situés dans les intervalles intermédiaires. La plage de 21 à 26 % était qualifiée de normale dans le protocole, mais sa source normative et sa validité pour cette population ne sont pas établies. Les catégories sont donc rapportées comme des classes descriptives propres au protocole.

Le second rapport, appelé IVT dans le document initial, est calculé selon la formule IVT = G.D./B.D. Il est sans unité. Les classes employées sont IVT ≤ 1, 1 < IVT ≤ 2 et IVT > 2. La dénomination initiale « indice de voûte transversale » selon «Tchegin». Un rapport de largeurs mesurées au milieu de l'empreinte ne démontre pas, par sa seule construction, qu'il quantifie l'arche transversale de l'avant-pied.

Analyse statistique

Les variables continues sont décrites par leur moyenne, leur écart-type d'échantillon calculé avec le dénominateur n − 1, leur minimum, leur maximum et leur coefficient de variation. La médiane est également présentée pour l'IVT en raison de l'influence possible des rapports élevés. Les effectifs sont accompagnés de leur proportion dans le groupe.

Le coefficient de variation de Zatsiorsky est calculé par CV = 100 × écart-type/moyenne. Il est utilisé pour comparer la dispersion relative des variables positives. Les qualificatifs d'homogénéité employés dans le document initial ne sont pas considérés comme des seuils cliniques validés. Un faible CV décrit une proximité relative des mesures ; il ne démontre ni normalité morphologique, ni équivalence fonctionnelle, ni absence de risque.

L'association entre L et H est examinée par le coefficient de Pearson, avec intervalle de confiance à 95 % obtenu par transformation de Fisher. Le coefficient de Spearman est présenté comme analyse complémentaire de l'association monotone. Les tests sont bilatéraux, avec un seuil de 0,05 ; leur portée demeure exploratoire. Une analyse de sensibilité supplémentaire décrit la moyenne de l'IVT sans sa valeur maximale, sans retirer cette observation de l'analyse principale. Les calculs de vérification ont été réalisés avec Python, NumPy et SciPy.

Considérations éthiques

L'autorisation des responsables du lycée, le consentement libre et éclairé des parents ou représentants légaux et l'assentiment des joueurs ont été obtenus selon le protocole rapporté. La participation était volontaire et le retrait possible à tout moment. Les observations sont présentées sous des identifiants numériques. Le protocole mentionne

le respect de la Déclaration d'Helsinki ; le nom du comité d'éthique, le numéro d'avis et sa date ne sont pas renseignés et doivent être précisés avant soumission.

Résultats

Dimensions du pied et dispersion

Les 20 joueurs disposent d'observations complètes pour les quatre mesures de base. La longueur moyenne du pied est de 25,47 ± 1,17 cm, avec des valeurs de 23,50 à 27,51 cm. La hauteur moyenne du cou-de-pied est de 6,17 ± 0,97 cm, pour une étendue de 5,00 à 8,30 cm. Les largeurs moyennes G.D. et B.D. sont respectivement de 4,85 ± 0,89 cm et de 4,81 ± 0,76 cm. Le tableau 1 rassemble les statistiques descriptives.

La dispersion relative de la longueur est la plus faible, avec un CV de 4,6 %. Les CV de la hauteur, de G.D. et de B.D. sont respectivement de 15,7 %, 18,3 % et 15,9 %. Ainsi, la proximité des longueurs ne s'accompagne pas d'une dispersion comparable pour les autres dimensions. Ces résultats décrivent les mesures du groupe et ne permettent pas d'identifier les facteurs expliquant leurs différences.

Tableau 1. Statistiques descriptives des mesures plantaires chez les 20 joueurs.

Paramètre	Moyenne	Écart-type	Min.	Max.	CV (%)
Hauteur du cou-de-pied (cm)	6,17	0,97	5,00	8,30	15,7
Longueur du pied (cm)	25,47	1,17	23,50	27,51	4,6
IVL = 100 × H/L (%)	24,18	3,17	19,23	30,74	13,1
G.D. (cm)	4,85	0,89	3,50	6,53	18,3
B.D. (cm)	4,81	0,76	2,50	5,52	15,9
IVT = G.D./B.D.	1,08	0,46	0,64	2,61	42,7

H : hauteur du cou-de-pied ; L : longueur ; G.D. : largeur de contact ; B.D. : largeur sans contact ; CV : coefficient de variation. Écarts-types calculés avec n − 1.

Association entre longueur et hauteur

La longueur du pied et la hauteur du cou-de-pied sont positivement associées : r de Pearson = 0,617, IC à 95 % [0,240 ; 0,832], p = 0,0038. L'analyse des rangs fournit un résultat concordant, avec ρ de Spearman = 0,600 et p = 0,0052. Les joueurs ayant un pied plus long tendent donc à présenter un cou-de-pied plus haut à la date de mesure. L'intervalle de confiance traduit néanmoins l'incertitude liée à l'effectif.

La moyenne des rapports individuels H/L est de 24,18 %, tandis que le rapport des moyennes vaut 24,23 %. Leur proximité numérique n'établit pas une proportionnalité stricte entre les deux dimensions. De même, l'association transversale observée ne mesure pas une vitesse de croissance et ne permet pas de conclure que la hauteur augmente proportionnellement à la longueur au cours du développement individuel.

Distribution du rapport hauteur–longueur

L'IVL moyen est de 24,18 ± 3,17 %, avec un minimum de 19,23 % et un maximum de 30,74 %. Treize joueurs, soit 65 %, se situent dans la classe 21–26 % du protocole. Deux joueurs présentent des valeurs inférieures à 20 % : 19,23 % et 19,61 %. Un joueur se situe entre 20 et 21 %, avec 20,83 %. Deux joueurs se trouvent au-dessus de 26 % et jusqu'à 30 %, avec 28,00 % et 28,30 %.

Les deux valeurs supérieures à 30 % sont 30,19 % et 30,74 %. Les quatre observations situées dans les classes extrêmes représentent 20 % du groupe. Il s'agit d'un classement numérique selon les limites du protocole, et non d'une fréquence de diagnostics confirmés de pied plat ou creux. Le CV de l'IVL est de 13,1 %, supérieur à celui de la longueur du pied.

Distribution du rapport plantographique

L'IVT moyen est de 1,08 ± 0,46, avec des valeurs allant de 0,64 à 2,61. La médiane recalculée avant arrondi est de 1,0027, soit 1,00 à deux décimales. Dix joueurs ont un IVT ≤ 1, neuf un IVT strictement supérieur à 1 et inférieur ou égal à 2, et un joueur un IVT > 2. Le tableau 2 présente les classes des deux indices, en conservant les 20 observations dans chaque distribution.

Le CV de l'IVT atteint 42,7 %, ce qui en fait le paramètre présentant la plus forte dispersion relative. La valeur maximale, 2,612, appartient au joueur 16 et correspond à G.D. = 6,53 cm et B.D. = 2,50 cm. La deuxième valeur la plus élevée, 1,857, appartient au joueur 14, avec G.D. = 6,50 cm et B.D. = 3,50 cm. Ces deux observations associent une largeur de contact élevée à une largeur sans contact relativement faible.

L'analyse de sensibilité montre que la moyenne de l'IVT passe de 1,076 à 0,996 lorsque la valeur maximale est omise. Ce résultat illustre l'influence d'une observation sur la moyenne d'un petit échantillon ; il ne justifie pas son exclusion. Aucune preuve d'erreur n'étant disponible, le joueur 16 reste inclus dans tous les résultats principaux. Les données individuelles figurent en annexe afin de permettre la vérification des calculs.

Tableau 2. Répartition selon les classes descriptives du protocole.

Indice	Classe	Effectif	Proportion
IVL	< 20 %	2	10 %
IVL	20 à < 21 %	1	5 %
IVL	21 à 26 %	13	65 %
IVL	> 26 à 30 %	2	10 %
IVL	> 30 %	2	10 %
IVT	≤ 1	10	50 %
IVT	> 1 à 2	9	45 %
IVT	> 2	1	5 %

Chaque distribution totalise 20 joueurs. Ces classes ne constituent pas des diagnostics cliniques ; les seuils normatifs restent à documenter.

Discussion

Portée des observations principales

Cette série met en évidence une faible dispersion de la longueur du pied et une variabilité plus importante des autres dimensions et rapports. Le résultat central est donc la coexistence de longueurs relativement proches et de profils morphométriques différents. L'IVL moyen se situe dans la plage centrale du protocole, mais les classes ne doivent pas être considérées comme une classification clinique validée. L'IVT présente la plus grande dispersion, et sa moyenne est sensible à la valeur maximale.

L'association entre longueur et hauteur est cohérente avec une covariation des dimensions du pied entre joueurs. Elle ne permet toutefois pas d'établir un mécanisme de croissance. Tous les participants ont été mesurés à un seul moment et les informations sur la maturation ne sont pas disponibles. Une interprétation développementale nécessiterait des mesures répétées, une datation précise des observations et la prise en compte de l'âge ou d'indicateurs de maturation.

L'homogénéité apparente d'une dimension ne peut pas davantage être étendue à la fonction du pied. La présente étude ne comporte ni analyse dynamique, ni test de performance, ni mesure des pressions plantaires. Les résultats ne permettent donc pas de conclure à une meilleure propulsion, à une absorption plus efficace des chocs ou à une stabilité supérieure chez les joueurs appartenant à la classe centrale d'IVL.

Validité des indices et prudence diagnostique

La portée d'un indice dépend de sa définition, de la fidélité de sa mesure et de la validité de ses seuils. Ici, le rapport H/L est calculable et vérifiable, mais les repères exacts de hauteur doivent être explicités. Le rapprochement avec l'indice de Friedland concerne la formule ; il ne suffit pas à valider une plage de normalité. Appliquer des normes provenant d'un autre repère anatomique ou d'une autre position de mesure pourrait modifier artificiellement la classification des joueurs.

La même réserve s'applique au rapport G.D./B.D. Sa définition opérationnelle est conservée, mais son interprétation en termes de voûte transversale reste à établir. L'empreinte présentée situe les segments au niveau du médio-pied. Il serait donc prématuré d'affirmer que la moitié des joueurs présente un aplatissement transversal de l'avant-pied. Le résultat démontré est plus limité : dix observations dépassent la valeur 1 pour ce rapport de largeurs.

Cette distinction modifie également la lecture des valeurs extrêmes. Les expressions « pied plat » et « pied creux » supposent une évaluation dont la validité dépasse celle d'une classe numérique non documentée. Les joueurs ayant un IVL inférieur à 20 % ou supérieur à 30 % peuvent être identifiés pour une vérification des mesures, mais aucune décision clinique ne découle automatiquement de ces seuils. La confirmation par un examen approprié reste nécessaire si une question clinique se pose.

Comparaison avec les études antérieures

Les résultats africains et sportifs cités dans l'introduction permettent de situer la question, sans autoriser une comparaison directe des fréquences. Chez les écoliers étudiés par Abich et al. (2020), la classification reposait sur l'indice de Staheli, alors que notre rapport principal utilise une hauteur et une longueur. Présenter 10 % d'IVL bas comme une prévalence directement comparable aux 17,6 % de pieds plats de cette étude confondrait deux définitions de cas.

Szeliga et al. (2019) ont étudié un groupe de jeunes footballeurs avec une évaluation bilatérale et des méthodes distinctes pour les arches longitudinale et transversale. La différence d'instruments, l'étendue d'âge et le recueil d'informations sur les blessures limitent le rapprochement avec notre série. Leur travail montre surtout l'intérêt de relier une description morphologique à des mesures fonctionnelles et à une histoire sportive, ce qui n'a pas été réalisé ici.

Une future comparaison gagnerait à utiliser un protocole commun et des indicateurs reconnus, tels que l'indice de Staheli ou l'arch index de Cavanagh et Rodgers (1987), lorsque la qualité et l'échelle des empreintes le permettent. Ces indices ne peuvent pas être reconstitués à partir des seuls segments G.D. et B.D. ; des mesures supplémentaires de largeur ou de surface seraient requises. Leur absence ne doit pas être compensée par une équivalence supposée entre formules.

Variabilité et influence des rapports élevés

La dispersion de l'IVT doit être interprétée à la lumière de sa structure mathématique. À largeur de contact identique, une diminution de B.D. augmente le rapport. Lorsque le dénominateur est faible, une petite variation de mesure peut avoir un effet relativement important. Les valeurs élevées peuvent donc refléter une morphologie particulière, une différence de mise en charge, une incertitude de tracé ou une combinaison de ces éléments.

La diminution de la moyenne après omission de la valeur maximale confirme sa sensibilité à cette observation. La médiane, très proche de 1, décrit plus directement le centre de la distribution sans effacer l'hétérogénéité. Il convient de présenter simultanément la moyenne, la médiane et l'étendue, plutôt que de retenir la statistique qui appuie le mieux une interprétation. L'analyse principale doit conserver toutes les observations tant qu'une erreur de mesure ou de saisie n'est pas démontrée.

Les données disponibles ne permettent pas d'attribuer cette variabilité à la génétique, à la maturation, au volume d'entraînement, au terrain ou aux crampons. Ces facteurs peuvent constituer des hypothèses de recherche, mais ils n'ont pas été mesurés dans cette analyse. La mesure répétée des mêmes joueurs, dans des conditions standardisées, serait nécessaire pour distinguer stabilité individuelle, évolution réelle et variabilité instrumentale.

Implications pour le suivi sportif

Le principal apport pratique est la constitution d'un état initial traçable. Les mesures peuvent servir de point de départ à des comparaisons ultérieures, à condition que le protocole soit suffisamment standardisé. Une variation d'indice ne devra être interprétée comme une évolution que si elle dépasse l'incertitude de mesure et si les conditions de recueil restent comparables. La présente étude ne fournit pas encore cette incertitude ni un seuil de changement pertinent.

Les observations morphologiques ne justifient pas, à elles seules, une restriction sportive ou une correction systématique. Michelson et al. (2002) n'ont pas identifié le pied plat comme facteur de risque dans leur cohorte, tandis que Neal et al. (2014) soulignent le caractère spécifique et généralement faible des associations observées pour certaines lésions. L'interprétation des indices doit ainsi rester associée au contexte individuel et aux éventuels symptômes, sans annoncer un risque de blessure qui n'a pas été mesuré.

Un suivi prospectif pourrait associer les mesures du pied à une description de l'exposition à l'entraînement, des plaintes et des blessures, avec des définitions fixées

avant le recueil. Une mesure bilatérale permettrait également d'étudier les asymétries. Ces propositions prolongent les limites identifiées ; elles ne constituent pas des interventions dont l'efficacité aurait été démontrée par les résultats actuels.

Forces et limites

La disponibilité des données individuelles est une force de cette série : elle permet de reproduire les statistiques, de vérifier les rapports et d'identifier l'influence des observations extrêmes. L'étude apporte également une description d'un groupe sportif malien et utilise des mesures de terrain simples. La transparence sur les formules et sur les catégories permet de distinguer ce qui relève du calcul de ce qui dépend encore d'une validation méthodologique.

Les limites principales sont l'effectif de 20 joueurs, le recrutement dans un seul établissement et l'absence de groupe de comparaison. Le nombre de participants sollicités, les caractéristiques des non-participants et les dates de naissance individuelles ne sont pas disponibles. Les résultats ne peuvent être généralisés ni à tous les jeunes footballeurs maliens ni aux adolescentes. La faible taille de l'échantillon limite également la précision des estimations et les possibilités d'analyses ajustées.

Les informations sur la masse corporelle, la taille, la maturation, l'ancienneté sportive et les expositions ne sont pas intégrées. La latéralité n'est pas détaillée et seule une observation par joueur est disponible. L'absence de répétitions empêche d'estimer la fidélité des mesures. Enfin, les seuils du protocole et l'attribution méthodologique du rapport G.D./B.D. restent à documenter. Ces réserves limitent essentiellement l'interprétation clinique ; elles n'annulent pas la description arithmétique des données.

Conclusion

Chez ces 20 footballeurs masculins U15 et U17, la longueur du pied est relativement peu dispersée et présente une association positive avec la hauteur du cou-de-pied. Le rapport H/L moyen est de 24,18 ± 3,17 %, tandis que le rapport plantographique G.D./B.D. est de 1,08 ± 0,46 et montre une variabilité plus marquée. Treize joueurs appartiennent à la classe 21–26 % du premier rapport et dix dépassent 1 pour le second.

Ces résultats constituent une description morphométrique initiale. Ils ne démontrent ni une croissance proportionnelle, ni une fréquence clinique de pieds plats ou creux, ni un risque de blessure. La priorité pour la suite de cette recherche est de préciser les repères et les références méthodologiques, de documenter la reproductibilité et d'associer les mesures répétées à des informations fonctionnelles et sportives. Cette démarche permettra de donner aux observations une interprétation plus solide.

Déclarations

Approbation éthique : autorisation institutionnelle, consentement parental et assentiment rapportés ; comité, référence et date de l'avis à renseigner par les auteurs.

Financement : déclaration à renseigner par les auteurs. Conflits d'intérêts : déclaration à renseigner par chaque auteur. Contributions : répartition des rôles à confirmer selon la taxonomie demandée par la revue.

Disponibilité des données : les mesures individuelles utilisées pour les calculs sont présentées en annexe sous identifiants numériques. Les conditions d'accès à d'éventuelles données complémentaires doivent être précisées par les auteurs.

Références

Abich Y, Mihiret T, Akalu TY, Gashaw M, Janakiraman B. Flatfoot and associated factors among Ethiopian school children aged 11 to 15 years: a school-based study. PLoS One. 2020;15(8):e0238001. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238001.

Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. Journal of Biomechanics. 1987;20(5):547–551. https://doi.org/10.1016/0021-9290(87)90255-7.

Michelson JD, Durant DM, McFarland E. The injury risk associated with pes planus in athletes. Foot & Ankle International. 2002;23(7):629–633. https://doi.org/10.1177/107110070202300708.

Neal BS, Griffiths IB, Dowling GJ, Murley GS, Munteanu SE, Smith MMF, et al. Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: a systematic review and meta-analysis. Journal of Foot and Ankle Research. 2014;7:55. https://doi.org/10.1186/s13047-014-0055-4.

Sapogovskiy AV, Ovechkina AV, Abramov IA, Agranovich OE, Shubina AI, Budkevich TG. Footprint analysis in flatfoot assessment. Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery. 2023;11(1):67–74. https://doi.org/10.17816/PTORS121335.

Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch: a survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. Journal of Bone and Joint Surgery American Volume. 1987;69(3):426–428. https://doi.org/10.2106/00004623-198769030-00014.

Szeliga E, Bac A, Kaczor S. The evaluation of foot arch and the distribution of foot-to-ground contact forces in young football players as well as their impact on the occurrence of injuries. Advances in Rehabilitation. 2019;33(4):13–18. https://doi.org/10.5114/areh.2019.89822.

Annexe

Données individuelles utilisées pour les calculs

Joueur	H (cm)	L (cm)	IVL (%)	G.D. (cm)	B.D. (cm)	IVT
1	6,00	26,00	23,08	5,50	5,00	1,10
2	6,00	25,00	24,00	4,53	5,00	0,91
3	7,00	25,00	28,00	5,20	4,50	1,16
4	7,00	27,51	25,45	5,53	5,50	1,01
5	5,50	23,50	23,40	5,00	4,50	1,11
6	8,30	27,00	30,74	4,00	5,50	0,73
7	6,00	24,00	25,00	4,00	5,50	0,73
8	5,50	23,50	23,40	4,50	5,00	0,90
9	5,00	26,00	19,23	5,50	4,30	1,28
10	8,00	26,50	30,19	4,00	5,30	0,75

Joueur	H (cm)	L (cm)	IVL (%)	G.D. (cm)	B.D. (cm)	IVT
11	7,50	26,50	28,30	4,00	5,00	0,80
12	6,00	26,00	23,08	4,00	5,50	0,73
13	6,70	26,00	25,77	4,00	5,52	0,72
14	5,50	25,00	22,00	6,50	3,50	1,86
15	5,50	25,00	22,00	6,00	4,50	1,33
16	5,50	25,10	21,91	6,53	2,50	2,61
17	6,00	25,00	24,00	4,50	4,50	1,00
18	5,00	24,00	20,83	3,50	5,50	0,64
19	5,00	25,50	19,61	5,00	4,50	1,11
20	6,40	27,20	23,53	5,30	5,00	1,06

Source : tableau individuel du document initial. IVL = 100 × H/L ; IVT = G.D./B.D. Les statistiques sont calculées avant l’arrondi des rapports ; les indices individuels sont affichés à deux décimales. Aucun joueur n’a été exclu de l’analyse principale.