放送大学研究年報　第4号 (1985) 85-105 頁
Journal of the University of the Air, No. 4 (1986) pp. 85-105

Latéralisation du pied gauche et du pied droit de l'homme au point de vue «stasiologique»

Yaïchiro HIRASAWA et Nagao USUI

スタシオロジーから見た右足と左足

平沢弼一郎・臼井永男

要　旨

健常人男子2976名，女子2467名，そして異常運動疾患者男子21名を対象として，Stasiology の見地から，直立姿勢および歩行における左足と右足について，その形態的，機能的役割の laterality を検討したところ，以下の三つの結論を得た．

1．両足立ちおよび片足立ちにおいて，左足は右足よりその支持能力が高いことを認めた．
2．歩行における左足は，直立姿勢を常に支持し，右足は運動作用の役割を果たしていることがわかった．
3．ヒトの直立能力において，左足は遺伝，右足は環境による要因を持つことを見出した．

Résumé

Trois conclusions ont été obtenues à partir de l'étude des formes et de la latéralisation dans les fonctions du pied gauche et du pied droit en station verticale et en marche au point de vue «stasiologique» en observant 2976 hommes normaux, 2467 femmes normales et 21 cas masculins de maladies qui font des mouvements anormaux.

1. La capacité de soutien du pied gauche est observée comme superieure à celle du pied droit en station verticale à la fois sur les deux pieds et sur un pied.
2. Il est costaté que le pied gauche en marche soutient tout le temps la station verticale et que le pied droit remplit le rôle de mouvement.
3. Il est découvert que dans la capacité de station verticale humaine, le pied gauche subit des influences de l'hérédité, le pied droit celles du milieu.

I. Preface

L'étymologie du mot «karada» en japonais, c'est «karadachi» qui signifie corps qui se tient debout. Et le caractère chinois «立» qui signifie se tenir debout, c'est l'écriture figurative qui montre l'image d'un homme qui se tient

debout, solidement planté sur ses pieds joints, stable, et qui ne se balance pas.

Il est intéressant que la signification de ce caractère contienne la clef nécessaire pour résoudre l'énigme du mécanisme du maintien de la station verticale et stable.

C'est parce que la station verticale est 1) l'une des définitions importantes de l'homme qui le distinguent des autres animaux, et 2) la base de tous les mouvements.

Ainsi nous avons appelé de ces deux points de vue, les facteurs biologiques et dynamiques, d'un nom générique : capacité de station et nous les avons ensuite évalués quantitativement en tant 1) qu'éléments physiques par rapport à la gravité, et 2) qu'éléments géométriques de chaque partie du corps. En 1970 nous avons appelé ce domaine de la science «la stasiologie[2)]».

Au point de vue «stasiologique», nous avons examiné la station verticale sur les deux pieds ou sur un pied, la marche et la latéralisation des rôles formels et fonctionnels du pied gauche et du pied droit. Voici les conclusions que nous en avons tirées.

II. Appareils de mesure

1. Pédoscope (ANIMA G1820): qui projette la surface de la plante du pied touchant le sol (contact surface of foot sole; CSFS: c'est ainsi que nous le désignons par la suite) et enregistre en même temps l'image du centre de gravité qui y est projeté.
2. Graviregistreur (ANIMA G1804): qui mesure le balancement du centre de gravité au cours de la station verticale. Nous appelons la figure enregistrée électrogravitiogramme; EGG: c'est ainsi que nous le désignons par la suite.
3. Cinématograviregistreur (ANIMA G1810): qui mesure le déplacement du centre de gravité au cours de la marche.
4. Traceur de multipoint X-Y (HTV-C681): qui mesure le mouvement de chaque partie du corps.
5. Analyseur d'aire (HTV-507): qui mesure le changement de la surface du CSFS qui est projetée par le pédoscope.

III. Resultats et Remarques

III-1. L'homme se tient debout sur le pied gauche.

1) Étude élémentaire

a) Le corps et la surface de la plante du pied

Nous avons recherché la corrélation entre le CSFS dans le cas où cent hommes âgés de 20 à 50 ans se tiennent debout à l'aise sur leurs pieds joints, et la hauteur du repère à partir du plancher en station (height of landmark

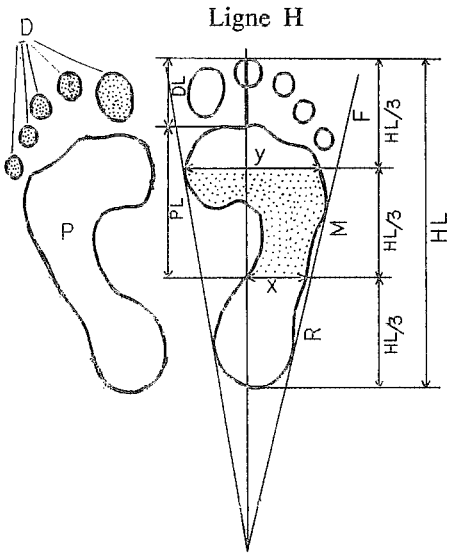


Fig. 1. Analyses géométriques de la surface de la plante au pied touchant le sol.
Ligne H: Ligne HIRASAWA.

from the floor on standing; HLFS: c'est ainsi que nous le désignons par la suite.) par Martin. Nous avons les résultats ci-dessous[1)3)] (figure 1, 2).

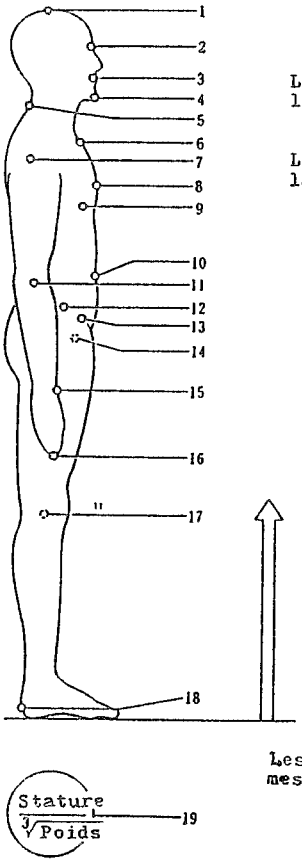
i) Nous avons constaté une corrélation étroite entre la longueur de la ligne H et l'HLFS (au niveau significatif de 1%). En ce qui concerne le coefficient de corrélation, celui du pied gauche est plus grand que celui du pied droit.

ii) En ce qui concerne le coefficient de corrélation entre la ligne Y et l'HLFS, celui du pied gauche est plus grand que celui du pied droit (au niveau significatif de 1%).

iii) Nous avons remarqué qu'il y a une corrélation négative entre le SR_1 (PL/HL) et l'HLFS, également que le coefficient de corrélation du pied gauche est moindre que celui du pied droit. Il s'en suit que si le second doigt du pied droit est long, la stature est longue aussi.

iv) Nous avons remarqué une corrélation négative entre le SR_1 et l'indice du type de corps (stature/$\sqrt[3]{\text{poids}}$) par Sheldon. Et ce qui est le plus corrélatif avec cet indice, c'est le SR_1 du pied gauche. Cela indique que la longueur du seconde doigt du pied gauche et le type de corps par Sheldon sont en rapport étroit.

v) Nous n'avons pas pu remarquer de corrélation entre le rapport P/D et l'HLFS concernant le pied droit malgré notre essai, mais nous avons remarqué une corrélation négative en ce qui concerne le pied gauche et nous avons tiré la conclusion que plus la surface de la



	Pied gauche	Pied droit
Longueur de la ligne H	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	19
Longueur de la ligne Y	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	
SR_1 (PL/HL)	19	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
SR_2 (X/Y)		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
SR_{10} (Y/HL)	3 16 19	8 10 12 13 14
Rapport de P/D	1 2 3 4 6 7 8 9 10 11 12 13 19	
F/M	11 15	
R/M	6 7 8 11 15 16	

Les chiffres indiquent les endroits où les coefficients de corrélation sont grands. ($P<5\%$)

Les chiffres de 1 à 18 indiquent les points mesurés de l'HLFS à partir du plancher en station.

SR est le ratio de station.

Fig. 2. Corrélation entre le CSFS et l'HLPS.

plante du pied touchant le sol (excepté la partie des doigt) est large par rapport à celle des doigts du pied touchant le sol, plus la stature est longue.

b) La plante du pied gauche est plus large que celle du pied droit.

La surface moyenne du CSFS du pied gauche est de 106,9 cm^2, celle du pied droit est de 105,5 cm^2. De là on peut dire que la surface du CSFS du pied gauche est plus large que celle du pied droit (avec une différence significative).

Et parmi ces personnes, soixante et une ont le pied gauche plus large que le pied droit, alors que trente neuf ont le pied droit plus large que le pied gauche.

Par contre, les rapports P/D, F/M, R/M n'ont pas respectivement de différence significative entre les deux pieds.

Or, en ce qui concerne la déviation standard du rapport P/D, celle du

pied droit est beaucoup plus grande que celle du pied gauche. Ce qui signifie que le pied droit a une différence individuelle par rapport au pied gauche.

Et quand à la longueur moyenne de la ligne H, celle du pied gauche est de 22,3 cm, celle du pied droit est de 22,1 cm; quant à la longueur moyenne d'Y, elle est la même pour les deux pieds: 8,5 cm; la longueur moyenne d'X du pied gauche est de 3,7 cm, celle du pied droit est de 3,6 cm. Entre les longueurs moyennes de la ligne H des deux pieds et aussi entre celles de l'X, respectivement il y a une différence significative.

En ce qui concerne la déviation standard de la surface du CSFS, celle du pied gauche est moindre que celle du pied droit, ainsi on peut y remarquer une grande différence individuelle. Nous avons remarqué une différence significative entre les SR_1 des deux pieds.

Soixante-quatre personnes ont la longueur de la ligne H du pied gauche plus longue que celle du pied droit. Pour dix-neuf personnes, c'est le contraire. Dix-sept personnes ont la même longueur de la ligne H pour les deux pieds.

En ce qui concerne la longueur X, cinquinte-trois ont la longueur X du pied gauche plus longue que celle du pied droit. Pour trente-huit personnes, c'est le contraire. Neuf personnes ont la même longueur d'X entre les deux pieds.

M. Baba[4] dit à propos de la différence de la longueur des deux pieds que les moyennes totales n'ont pas, pour les hommes et aussi pour les femmes, de différence significative, mais qu'on peut remarquer entre les deux moyennes dans chaque division de la longueur du pied droit divisé en intervalles de 5 mm, chez une partie des hommes, une différence significative, ce qui signifie que la longueur du pied gauche est plus longue que celle du pied droit.

c) Celui qui a la plante du pied plus large est plus habile à se tenir debout.

Nous avons fait adopter sur le pédoscope muni du graviregistreur, la station verticale à l'aise (bequem Haltung; bH: c'est ainsi que nous le désignons par la suite) bH_1, puis la station la plus penchée (aufrechte Geradehaltung; aG: c'est ainsi que nous le désignons par la suite) aG_1 et puis la première posture bH_2, et ensuite la station la plus renversée aG_2, et puis après pour la troisième fois la première posture bH_3. Dans chaque cas, nous avons fait regarder un point de repère se situant au niveau des yeux[5)6)] (voir tableau 1)

Or, le domaine total de stabilité, c'est le domaine le plus grand où l'on puisse coserver une station stable pendant plus de 20 secondes quand on déplace le centre de gravité activement en avant et en arrière. La diffusion de la posture bH, c'est la différence entre le G% maximum et le G% minimum de la posture bH (G%: position du centre de gravité par rapport au talon, donnant 100 à la longueur du pied). La stabilité est le rapport de la diffusion de la posture bH au domaine total de stabilité.

On voit sur le tableau 1 la corrélation entre la capacité de maintien de

Tableau 1. Corréiation entre le CSFS et la capacité de station

Valeur mesurée de la plante de pied \ Capacité de station		Domaine totale de stabilité		Diffusion de la posture bH		Stabilité	
		Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés	Yeux ouverts	Yeux fermés
bH_1	Yeux ouverts	−0.1251	−0.0288	−0.1572	−0.0803	−0.1292	−0.1278
	Yeux fermés	−0.0240	0.0399	−0.2105*	0.0327	−0.1993*	−0.0236
Longueur du pied		0.0539	−0.0593	−0.0004	−0.0343	−0.0113	−0.0125
Ligne H	Droit	0.1035	0.0063	0.0309	−0.0762	−0.0105	−0.0734
	Gauche	0.0770	−0.0232	−0.0296	−0.0784	−0.0518	−0.0614
y	Droit	−0.0684	0.0080	−0.2048*	−0.0973	−0.1904	−0.0906
	Gauche	0.0483	0.0394	−0.2117*	−0.0470	−0.2447*	0.0430
SR 1	Droit	−0.1593	−0.1629	−0.0992	−0.0494	−0.0604	0.0086
	Gauche	−0.0559	−0.1074	0.0472	0.0313	0.0779	0.0640
SR 9	Droit	−0.2702**	−0.1630	−0.2237*	−0.0125	−0.1781	−0.0484
	Gauche	−0.2338*	−0.1905	−0.2410*	0.0063	−0.1901	0.0663
RS 10	Droit	−0.1432	0.0100	−0.2567*	−0.0811	−0.2251*	−0.0792
	Gauche	−0.0248	0.0598	−0.2623**	0.0128	−0.2812**	−0.0016
CSFS	Yeux ouverts	−0.0957	−0.1041	−0.2853**	−0.0522	−0.2719**	−0.0102
	Yeux fermés	−0.1464	−0.1332	−0.3040**	−0.0839	−0.2714**	−0.0180
P/D	Droit	−0.1253	−0.1149	0.3241**	0.0894	0.3343**	0.1362
	Gauche	−0.0699	0.0321	0.0531	0.0048	0.0626	0.0250
F/M	Droit	0.2244*	0.0203	0.0547	0.0098	0.0290	0.0051
	Gauche	0.1753	−0.0007	0.2327*	−0.0249	0.2001*	−0.0240
R/M	Droit	0.2919**	0.0488	0.2112*	0.0673	0.1586	0.0541
	Gauche	0.2068*	0.0268	0.2669**	0.0262	0.2151*	0.0119

* est ce dont la non-corrélation est néglisée avec le niveau significatif de 5%.
** est ce dont la non-corrélation est négligée avec le niveau significatif de 1%.

la stabilité et le CSFS. Nous avons obtenu les résultats que voici.

i) Quant à la longueur de la ligne H et le SR_1, les deux pieds n'ont pas de corrélation avec chaque article des capacités de maitien de la stabilité.

ii) Nous avons remarqué des corrélation entre le SR_{10} (Y/HL) du pied droit et, la diffusion, la stabilité et l'inclination de la posture bH (au niveau significatif de 5%). Et nous avons remarqué une corrélation importante entre

le pied gauche et, la diffusion et la stabilité de la posture bH (au niveau significatif de 1%). C'est à dire que plus on a une forme oblongue du CSFS, plus on a une diffusion large et une mauvaise stabilité. Et c'est surtout en rapport avec la forme du CSFS du pied gauche.

iii) Nous avons remarqué qu'il y a une corrélation importante entre le CSFS et, la diffusion et la stabilité de la station bH (au niveau significatif de 1%), et que plus on a un CSFS large, plus on a une petite diffusion et une bonne stabilité. Nous avons déjà dit dans 1)-b), comparant le CSFS du pied droit avec celui du pied gauche, que la surface de la plante du pied gauche est plus large avec une différence significative. Il s'en suit que le pied gauche est meilleur que le pied droit au point de vue de la capacité de soutient.

d) La station sur le pied gauche est plus stable que celle sur le pied droit.

Nous avons mesuré le CSFS avec le pédoscope, l'EGG avec le graviregistreur, de 5 étudiants et 5 étudiantes qui se spécialisent en éducation physique, et qui ont, d'abord, regardé un point de mire éloigné de 2m en avant au nieau des yeux et se sont tenus debout sur leurs pieds joints à l'aise pendant 20 secondes, puis sur le pied gauche et sur le pied droit respectivement pendant 10 secondes. Et puis nous avons mesuré les mêmes choses en faisant fermer les yeux aux sujets de l'expérience.

En ce qui concerne la surface du CSFS dans le cas de la station verticale sur les deux pieds avec les yeux ouverts, le pied gauche a 99,92 cm^2 et le pied droit a 90,66 cm^2. La surface de la plante du pied gauche est plus large que celle du pied droit (au niveau significatif de 1%).

Pour la surface du CSFS dans le cas de la station verticale sur un pied, le pied gauche a 103,16 cm^2, le pied droit a 102,21 cm^2. Celle du pied gauche est un peu plus large, mais n'a pas de différence significative.

En comparant les croissances des CSFS de chaque pied dans le cas de la station verticale sur les deux pieds et dans le cas de la station verticale sur un pied, nous avons remarqué que la croissance du CSFS du pied droit est plus grande (au niveau sigsignificatif de 5%).

En ce qui concerne la surface de balancement de l'EGG, elle est de 2,79 cm^2 dans le cas de la station verticale sur les deux pieds avec les yeux ouverts, et de 4,39 cm^2 dans le cas de la station verticale sur les deux pieds avec les yeux fermés, et il y a 1,6 cm^2 de croissance pour les yeux fermés, mais nous n'avons pas remarqué de différence significative. Pourtant, dans le cas de la station verticale sur le pied gauche, elle est de 6,46 cm^2 avec les yeux ouverts, et de 15,98 cm^2 avec les yeux fermés (au niveau significatif de 5%), et dans le cas de la station verticale sur le pied droit, elle est respectivement de 7,80 cm^2, et de 21,97 cm^2, et nous avons remarqué une différence significative (au niveau significatif de 1%). En plus, en ce qui concerne la surface de balancement de l'EGG dans le cas de la station verticale avec les yeux ouverts ou fermés,

pour 7 personnes sur 10, elle est moins grande dans le cas de la station verticale sur le pied gauche que dans le cas de la station verticale sur le pied droit. Cela, ainsi que le résultat de la différence du CSFS entre les deux pieds, indique un aspect de la fonction de régularisation dont le pied gauche constitue l'axe principal.

La distance totale de déplacement de la gravité dans le cas de la station verticale sur les deux pieds avec les yeux ouverts, est de 214,4 mm: celle avec les yeux fermés est de 255,7 mm. Celle avec les yeux fermés est plus longue (au niveau significatif de 5%). Celle dans le cas de la station verticale sur le pied gauche avec les yeux ouverts est de 366,3 mm, celle avec les yeux fermés est de 702,7 mm. Celle-ci est plus longue. Dans le cas de la station sur le pied droit, elle est respectivement de 433,3 mm et de 735,3 mm. Celle dans le cas de la station verticale sur le pied gauche ainsi que celle sur le pied droit avec les yeux fermés sont plus longues qu'avec les yeux ouverts (au niveau significatif de 0.1%). Nous n'avons pas remarqué qu'il ait une différence significative entre les distances totales de déplacement du centre de gravité au cours de la station verticale sur chaque pied, mais les personnes qui ont cette distance la moins longue dans le cas de la station verticale sur le pied gauche sont au nombre de 8 sur 10 (avec les yeux ouverts), de 5 sur 10 (avec les yeux fermés).

e) Le pied gauche et le pied droit dans le cas de la station verticale pendant 60 minutes

Nous avons mesuré les changements de l'EGG, la fréquence des pulsations et la fréquence des respirations, en faisant tenir en station verticale pendant 60 minutes sur le graviregistreur 5 étudiants et 5 étudiantes qui sont tous membres d'un club de sport. En plus, avant et après leur station pendant 60 minutes, nous avons examiné l'aspect du changement du CSFS[7)8)]. Également nous avons fait tenir debout huit étudiants qui appartiennent au club de judo universitaire dans la position de posture naturelle pendant 60 minutes.

En registrant en même temps l'EGG, la fréquence des respirations, la fréquence des pulsations à l'oscillographe à pointe traçante, nous avons enregistré à chaque minute l'EGG à l'enregistreur X-Y. Et nous avons aussi enregistré à chaque minute les symptômes subjectifs de la fatigue et de la douleur, que nous leur faisions exprimer, en nous rapportant à la figure de la surface séparée du corps de J. Sobotta.

Nous appelons les membres du club de sport groupe A, ceux du club de judo groupe B. Nous avons remarqué que la position du centre de gravité dans le groupe A ainsi que dans le groupe B se déplacait vers le talon, c'est-à-dire en arrière avec l'écoulement du temps, et qu'elle se situait à gauche de la ligne centrale des deux pieds. C'est à dire que la position du centre de gravité, donnant 100 à la longueur du pied, dans le groupe A se situe à 1,32%

à gauche de la ligne centrale des deux pieds; dans le groupe B, 1,35% à gauche de la ligne centrale des deux pieds. Et ces positions ne changent guère durant les 50 minutes suivantes. Après ce temps elle se déplace vers la ligne centrale dans le groupe A; au contraire dans le groupe B, elle passe encore à gauche de la ligne centrale. On peut interpréter ce phénomène comme un geste pour dissiper la fatigue causée par la station verticale, et la différence entre le phénomène dans le groupe A et celui noté dans le groupe B se comprend comme provenant de la différence de la posture des deux pieds.

La surface du CSFS après 60 minutes croît pour les deux pieds, pourtant la raison de croissance du pied droit est plus grande que celle du pied gauche. On comprend que le pied droit aide le pied gauche fatigué qui est le pied soutenant. Cela suggère avec le résultat de la croissance du CSFS dans le cas de la station verticale sur les deux pieds et sur un pied, que nous avons indiqué plus haut dans 1)-d), le mécanisme de la station verticale qui a comme axe principal le pied gauche.

En ce qui concerne aux symptômes subjectifs de la fatigue, la douleur est ressentie d'abord comme fatigue à la cuisse basse droite, puis comme douleur à la plante du pied gauche. Avec le temps l'endroit, où les personnes examinées ressentent la douleur et l'indiquent comme notable, se déplace au talon du pied droit, à la cuisse basse gauche, au rein droit, et à l'épaule droite.

f) L'ébranlement du corps et, le pied gauche et le pied droit

Nous avons attaché des LED d'un diamètre de 6 mm à dix-neuf endroits de corps du sujet examiné, et l'avons fait tenir debout sur ses pieds joints avec les yeux ouverts et puis fermés respectivement pendant 20 minutes sur le pédoscope. Et nous avons mesuré en même temps l'ébranlement du corps, l'EGG et le CSFS. Nous avons mis en place les têtes de deux appareils de photo perpendiculairement entre eux et aussi par rapport aux LED qui ont été attachés à dix-neuf endroits. Nous indiquons l'ébranlement de droit et de gauche par X, celui d'avant et d'arrière par Y, celui de dessus et de dessous par Z[9)10)].

Il y a deux personnes examinées; un étudiant âgé de 23 ans qui se spécialise en éducation physique; et un homme âgé de 50 ans.

Les vagues ont été enregistrées à l'oscillographe à pointe traçante à six canaux. Nous avons mesuré les amplitudes des vagues de plus de 0,5 mm de haut et les intervalles de temps d'une pointe à l'autre.

Avec la figure 3, nous montrons les rapprochement des deux cas, l'un, les yeux ouverts, l'autre, les yeux fermés, des ébranlements du corps et des déplacements du centre de gravité par la moyenne des amplitudes des vagues. Nous avons remarqué alors que l'amplitude croît davantage quand on ferme les yeux que quand on les ouvre. Parmi les dix-neuf endroits, la cinquième vertèbre lombaire a la différence d'ébranlement minimum, et nous pouvons

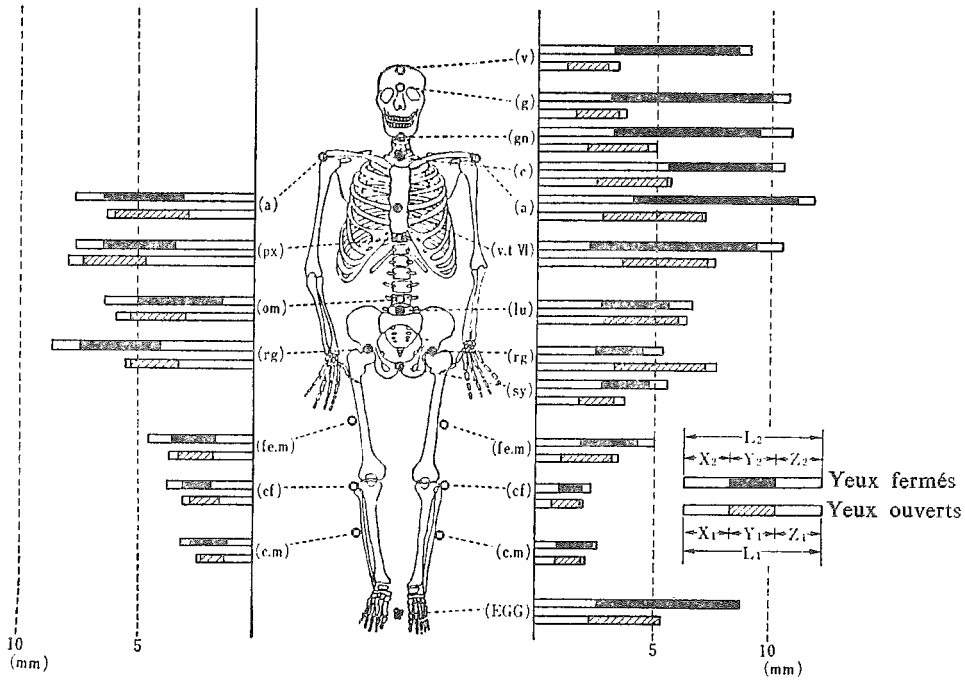


Fig 3. Amplitude du balancement du corps.

penser qu'elle remplit un rôle important pour conserver la station verticale.

Ce qui est le plus remarquable ici, c'est que l'ébranlement de l'articulation des hanches de la jambe gauche dans le cas de la station avec les yeux fermés est moindre que dans le cas de la station avec les yeux ouverts surtout en ce qui concerne la direction d'avant et d'arrière. Par contre, l'ébranlement de l'articulation des hanches de la jambe droit dans le cas de la station avec les yeux fermés est beaucoup plus grand que celui dans le cas de la station avec les yeux ouverts; et notamment l'acroissement de la direction d'avant et d'arrière est remarquable. Et en comparaison avec l'accroissment de l'ébranlement de l'acromion droit dans le cas de la station avec les yeux fermés, celui de l'acromion gauche est remarquablement grand.

Il s'en suit que réfléchissant sur l'ébranlement du corps comme un élément géométrique, on voit que le mécanisme de la mise en station solide et supérieure du pied gauche correspond aux résultats que nous avons obtenu en analysant le CSFS et l'EGG comme un élément physique. En plus on peut penser que la cinquième vertèbre lombaire partage le dessus et le dessous du corps lors de la station verticale, et remplit le rôle de point de «stabilisation» pour maintenir la posture stable du dessus et du dessous du corps.

2) La surface de la plante du pied gauche et du pied droit des Japonais

Nous montrons dans la figure 4 les résultats que nous avons obtenus en

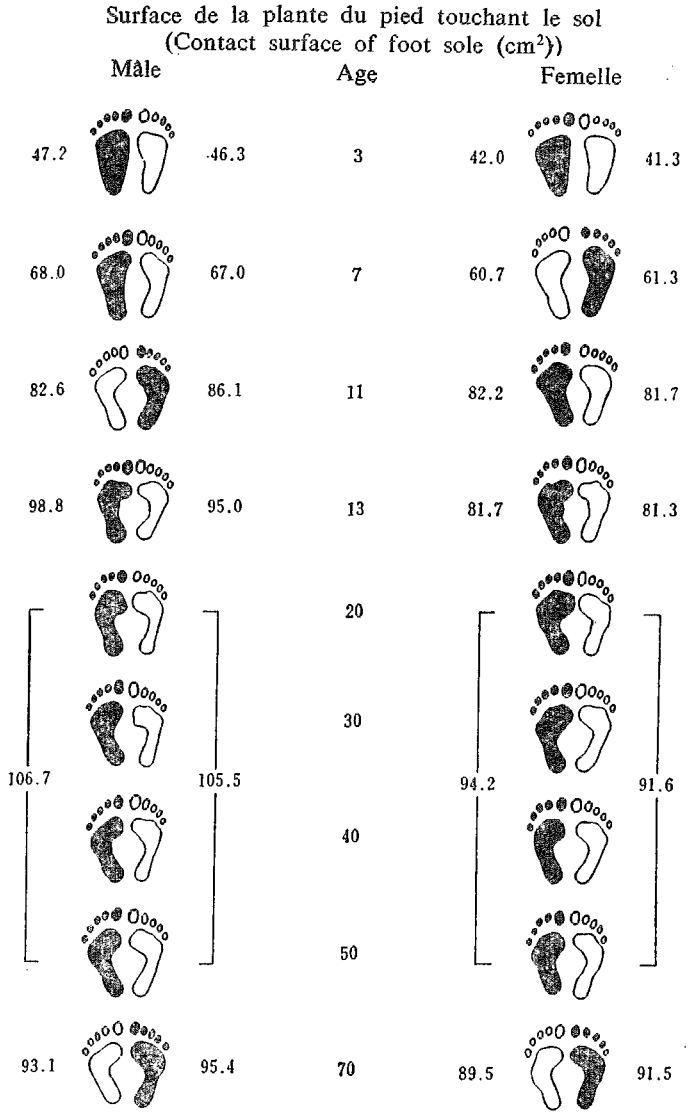


Fig. 4. Changement du CSFS.

mesurant le changement avec l'âge de la surface du CSFS de personnes âgées de 2 à 96 ans. Notre enquête porte sur 2517 hommes et 2273 femmes[11].

Ce qu'on retire de cette figure, c'est que de 20 à 60 ans, les hommes et les femmes ont la plante du pied gauche plus large que celle du pied droit. Nous n'avons pas remarqué qu'en dessous de 20 ans et en dessus de 60 ans il y ait quelque différence significative. Il s'en suit qu'à l'âge où l'on est le plus actif dans sa vie, le pied gauche est l'axe principal et remplit un rôle indis-

ponsable dans la vie sosiale et familiale.

3) La jambe gauche et la jambe droit dans les cas de dystrophie musculaire progressive

Nous avons fait une enquête sur le processus évolutif du symptôme des cas de DMP au point de vue de la capacité de station verticale. Les sujets examinés sont 21 personnes qui souffrent de la DMP du type Duchenne, et sont capables de se tenir debout, âgés de 5 à 11 ans à l'hôpital national de Shimoshizu. Dans ce cas, la posture des deux pieds a une largeur la plus étroite et capable de soutenir la station verticale pendant 20 minutes. Nous avons mesuré l'EGG et le CSFS dans ces conditions.

En ce qui concerne la difficulté de l'étape 1 et de l'étape 2, le rapport P/D du pied gauche est de 8, 7, celui du pied droit est de 8, 6. Elle n'a pas indiqué de valeur au-dessous de 5, 5. Concernant la difficulté de l'étape 3 et l'étape 4, le rapport du pied gauche est 3, 6; celui du pied droit 3, 2 et la plupart sont au-dessous de 5, 5. Cela signifie qu'avec la progression de l'atrophie du groupe des muscles de station, il se produit une contraction des tendrons d'Achille. Et cela montre clairement la progression du symptôme caractéristique de la DMP qui est le cas des pieds bots équins. Il est étonnant que ce symptôme arrive d'abord au pied droit et puis au pied gauche chez plus de 80 pour cent des examinés.

Or, la caractéristique de la manière de se tenir debout des cas de DMP, c'est en résumé la charge en avant, la charge sur un seule pied et l'élargissement de la surface soutenante principale de la plante du pied. Lorsque P/D devient inférieur à 5, 5, la surface de la plante soutenante principale du pied devient double de celle dans le cas de la station sur les pieds joints, on est enclin à ne plus pouvoir conserver la station avant d'avoir quelques mois.

4) Le pied gauche et le pied droit au point de vue de la capacité de station verticale chez quatre-vingts couples de jumeaux

Dans la génétique d'aujourd'hui, on comprend que tous les hommes ont des gènes différents et que les jumeaux monozygotes sont les seules personnes qui ont les mêmes gènes. De sorte que la différence entre deux jumeaux monozygotes vient du milieu.

Nous avons essayé d'élucider, en examinant le CSFS et l'EGG, quelles influences l'hérédité et le milieu imposent sur la capacité de station verticale de 70 couples de jumeaux monozygotes et de 10 couples de jumeaux dizygotes, tous âgés de 12 ans à 16 ans. Dans la figure 5, A indique le frère aîné ou la sœur aînée, B le frère dadet ou la sœur cadette.

En ce qui concerne la ligne H, la longueur d'Y, l'angle de pied et la surface du CSFS de 70 couples des jumeaux monozygotes, nous avons remarqué dans tous les articles une très grande corrélation pour le pied gauche et

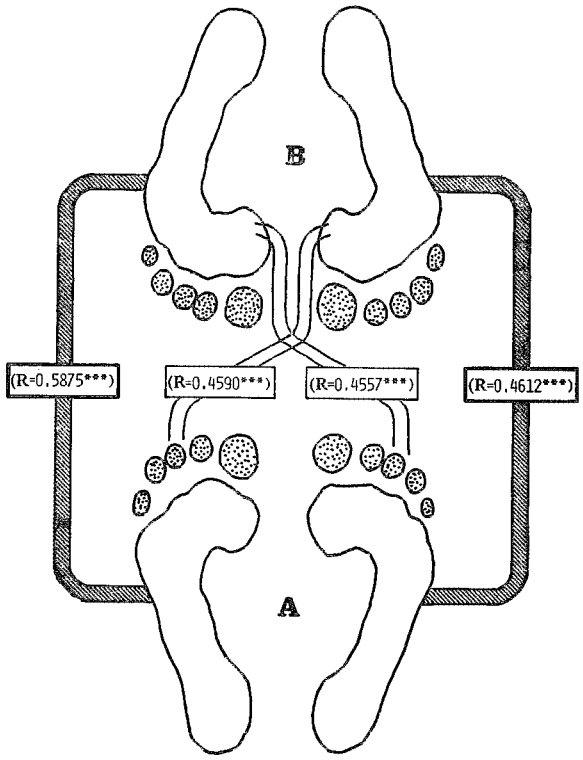


Fig. 5. Coefficients de corrélation de P/D.

pour le pied droit (au niveau significatif de 0,1%).

Nous avons remarqué, en examinant chaque corrélation de la longueur X, que les coefficients de corrélation sont petits et qu'il y a des différences entre le pied gauche et le pied droit. Il s'en suit qu'on peut présumer que le CSFS, la longueur H, la longueur Y, l'angle de pied ont d'agissants facteurs héréditaires, et que la longueur X est influencée par le milieu en raison de la grande diffusion des différences individuelles.

Aussi pour P/D, nous avons remarqué une corrélation au niveau significatif, pourtant le coefficient de corrélation entre les pieds gauches d'A et ceux de B, et le coefficient de corrélation entre les pieds droit d'A et ceux de B sont moins grands que le coefficient de corrélation entre les pieds gauches d'A et les pieds droits de B, et celui entre les pieds droits d'A et les pieds gauches de B (au niveau significatif de 0,1%). Cela, on peut le considérer comme un des phénomènes de miroir souvent observés chez les jumeaux monozygotes (figure 5).

En ce qui concerne la position du centre de gravité dans le cas de la station verticale sur les deux pieds pendant 20 secondes et la surface de ba-

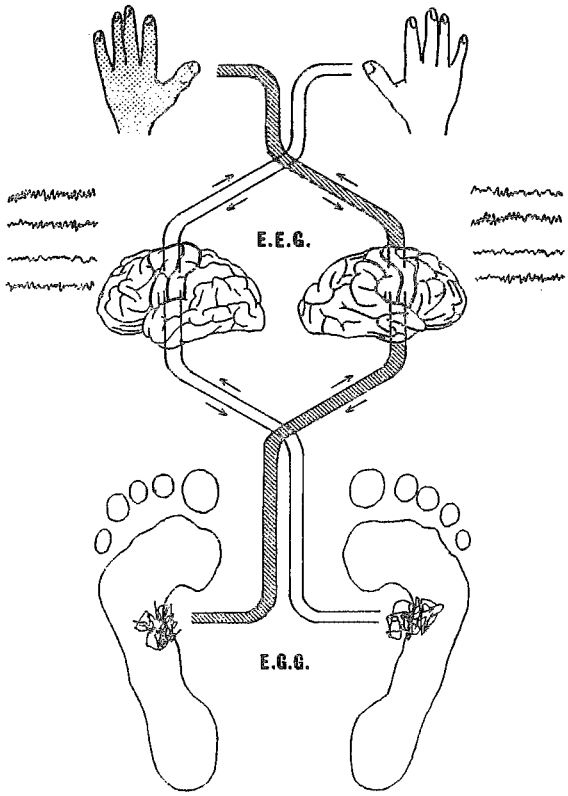


Fig. 6. Relation entre la faculté de l'hémisphère droit et la station sur le pied gauche.

lancement, nous avons remarqué de part et d'autre une corrélation importante (au niveau significatif de 1%).

En ce qui concerne la position du centre de gravité dans le cas de la station verticale sur le pied gauche pendant 10 secondes (au niveau significatif de 0,1%) et la surface de balancement (au niveau significatif de 1%), nous avons remarqué une très grande corrélation, mais pour la station sur le pied droit, nous n'avons remarqué, ni d'un côté ni de l'autre, de corrélation significative.

M. Nomura, qui est membre de notre équipe de recherches, a noté le résultat à partir de l'analyse des vagues de l'EGG; il a remarqué une grande corrélation concernant l'hémisphère droit de l'encéphale, mais concernant l'hémisphère gauche de l'encéphale, il n'a pas remarqué de corrélation distincte. Sur ce point M. Inoué a rapporté le même résultat[12]. On peut concevoir qu'il y ait une relation très importante de l'interaction parmi le domaine sensoriel, le domaine moteur et la capacité de station verticale (figure 6).

Chez les personnes normales, nous avons reconnu qu'entre le pied gauche

et le pied droit il y a une différence significative en ce qui concerne la capacité de maintien, mais nous sommes parvenus à présumer que chez les jumeaux monozygotes, la manière de maintenir la station verticale sur le pied gauche est décidée par l'hérédité.

Analysant les formes des vagues de l'EGG, nous avons remarqué une grande corrélation entre l'intervalle de la direction de droite et de gauche (au niveau significatif de 2%) et l'amplitude (au niveau significatif de 1%), mais pas de corrélation concernant le balancement en avant et en arrière.

On conçoit que le balancement en avant et en arrière soit réglé par les névraxes, celui de gauche et de droite par les nerfs périphériques. On peut en conclure que si nous n'avons pas remarqué de corrélation concernant le balancement, c'est qu'il y a une différence dans la domination des nerfs.

C'est à dire que chez les jumeaux monozygotes, la stabilité des émotions est la même chez les deux, pourtant les caractéristiques des relations humaines ou la sociabilité ne sont pas les mêmes, et cela est à postériori. Et dans l'encéphale, les anomalies de fonction, la concentration d'attention, le degré de maturité d'émotion se superposent en partie, et on peut noter que la différence d'émotion est projetée comme celle de la concentration d'attention dans l'EGG. Pourtant cela reste à l'étage des hypothèses, et il faut encore des données des examens nombreux, et cela deviendra une question importante.

III-2. L'homme marche sur le pied gauche.

1) Recherche fondamentale

a) Le pied gauche et le pied droit en marche stationnaire

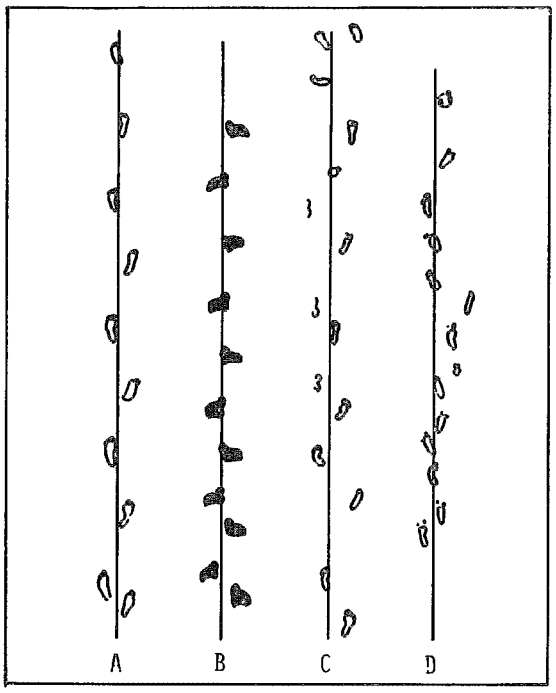
L'étude porte sur 6 personnes normales; nous les avons fait piétiner sur le pédoscope avec la même vitesse réglée sur le rythme du métronome (1 pas par seconde) et nous avons les résultats ci-dessous.

Quant au temps pendant lequel un pied touche le sol, chez une personne sur 6, les deux pieds ont eu le même temps, mais chez les 5 autres personnes, le pied gauche a eu un temps plus long que le pied droit. Cela signifie qu'au cours du piétinement, le temps de soutien par le pied gauche est plus long, et que la capacité de soutien du pied gauche est supérieure à celle du soutien du pied droit.

b) Le pas du pied gauche et celui du pied droit

L'expérience porte sur 30 hommmes et 30 femmes qui sont tous adultes; nous leur avons fait effectuer sur le cinématograviregistreur une marche réglée qui est celle de la marche au pas dont la longueur est celle du pied, et la marche libre, et nous avons obtenu les résultats ci-dessous.[13)14)]

Dans le cas où les examinés se mettent à marcher à partir de la station verticale sur leurs pieds joints, le premier pas par le pied droit est plus long que celui par le pied gauche. La marche réglée et la marche libre montrent la



(Gilles de la Tourette, 1885)

A =Normal

B =Paralysie spasmodique

C, D =Ataxie cérébelleuse

Fig. 7. Type de marche sur la ligne droite.

même tendance indépendante de la distinction de sexe. Ici même on peut concevoir que la capacité de soutien du pied gauche a la supériorité.

c) La marche sur la ligne droite et, le pied gauche et le pied droit

L'étude portant sur 60 étudiants et 60 étudiantes d'université, nous les avons fait marcher selon les conditions ci-dessous; A: marcher le pied droit posé en position libre, le pied gauche sur la ligne droite; B: marcher le pied gauche posé en position libre, le pied droit sur la ligne droite; C: marcher les deux pieds posés alternativement sur la ligne droite. Nous avons examiné laquelle de ces trois marches est la plus facile à effectuer. Nous avons obtenu le résultat unanime qu'il est facile de marcher dans la condition A.

Nous avons fait la même expérience portant sur 157 lycéens, et 41,4% des lycéens répondent que c'est A; 28%, B; le reste, C.

La figure 7, tracée par Gilles de la Tourette, montre les positions des pieds au cours de la marche sur une ligne droite.[15] Selon cette figure, A montre la marche normale, où le pied gauche foule la ligne droite, les autres sont des marches anormales: B indique des cas de paralysie spasmodique: C et D montrent des cas d'ataxie cérébelleuse.

On peut en conclure que le fait qu'on marche en dirigeant le pied gauche directement dans le sens de la marche, ainsi que le résultat que le CSFS du pied gauche est plus large dans le cas de la station verticale sur les pieds joints et que la station sur le pied gauche est plus stable que celle sur le pied droit, indiquent qu'on marche en faisant du pied gauche l'axe de marche. On peut donc penser que la position du pied gauche en marche est un critérium pour diagnostiquer une marche anormale.

2) Le marche est le déplacement de la station verticale.

Avec des étudiants, 5 hommes et 5 femmes qui se spécialisent en éducation physique, nous avons mesuré le changement du CSFS et l'EGG en enregistrant le déplacement des genoux dans le cas où ils se mettent à marcher à partir de la station verticale.[16]

Examinant, au moment du commencement de la marche, l'ordre du changement du CSFS, du temps de commencement du déplacement du centre de gravité et du temps de commencement du déplacement de la positon des genoux, nous avons remarqué que c'est d'abord le temps de commencement du déplacement du centre de gravité, puis celui des genoux et puis le changement du CSFS, et nous n'avons pas remarqué de différence entre le pied gauche et le pied droit.

Et nous avons remarqué aussi que dans le cas où l'homme se met à marcher en faisant le premier pas du pied droit, il y a une différence concernant le changement du CSFS en comparaison avec le cas où l'on se met à marcher en faisant le premier pas du pied gauche. C'est à dire que, comme la figure 8 le montre, nous avons remarqué la tendance du pied droit à se détacher plus doucement que le pied gauche. On peut penser que cela présente un rapport profond avec l'accroissement du CSFS au cours de la station verticale sur un seul pied et avec l'accroissement du CSFS du pied droit au cours de la station verticale pendant 60 minutes que nous avons dit à I-1. Et nous avons encore remarqué le phénomène passager de détachement du sol pendant lequel la surface des orteils du pied du premier pas diminue environ de moitié après 0,2 seconde. Le changement de la surface, surtout du premier orteil, est d'un penchant décroissant remarquable, dû à un phénomène que l'on considère comme le signe de Babinski.

On peut conclure, en réflechissant synthétiqument sur ces phénomènes de de la marche, que le pied gauche remplit tout le temps un rôle principal en tant que pied de soutien pour maintenir la station verticale, et exerce la

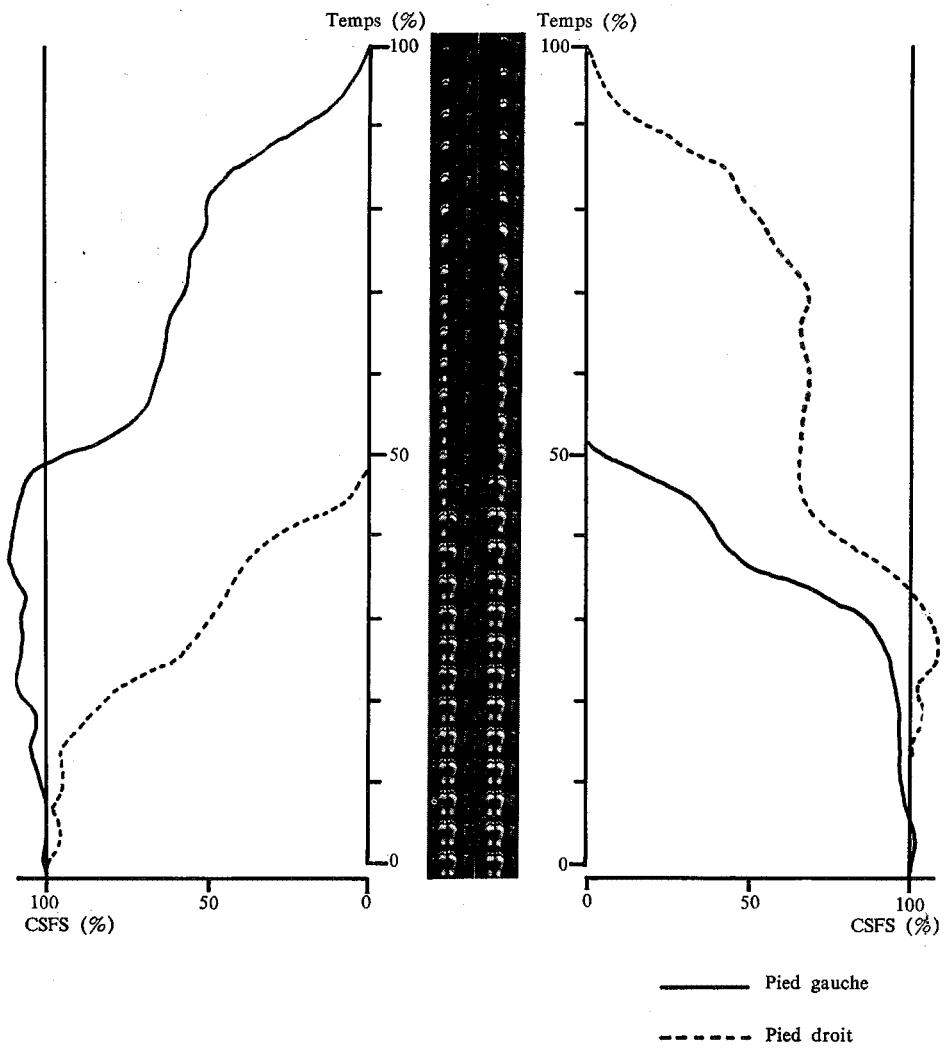


Fig. 8. Changement du CSFS en marche.

fonction d'indiquer la direction de la marche, alors que le pied droit remplit le rôle d'auxiliaire du pied gauche et aussi a une fonction dirigeante dans le mouvement de déplacement. On peut en présumer que quand on court ou saute, on retrouve les mêmes principes dans les fonctions du pied gauche et du pied droit que quand on marche.

M. F. Shorter, champion de marathon d'autrefois, dit qu'il court avec la jambe gauche. Nous pensons que ce propos est digne d'être remarqué comme propos intéressant pour élucider les principes des mécanismes de la marche, de la course, du saut et des postures du corps dans tous les mouvements.

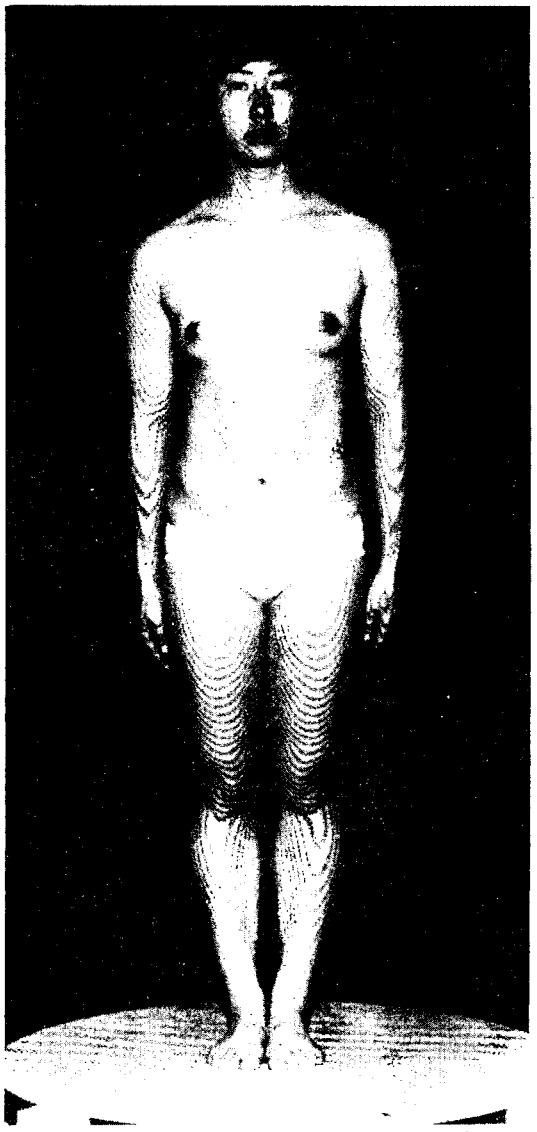


Photo 1. Latéralisation du pied gauche et du pied droit par le moiré.

IV. Conclusion

Trois conclusions ont été obtenues à partir de l'étude des formes et de la latéralisation dans les fonctions du pied gauche et du pied droit en station verticale et en marche au point de vue «stasiologique» en observant 2976 hommes normaux, 2467 femmes normales et 21 cas masculins de maladies qui présentent des mouvement anormaux.

1. La capacité de soutien du pied gauche est observée comme supérieure à celle du pied droit en station verticale à la fois sur les deux pieds et sur un pied.
2. Il est constaté que le pied gauche en marche soutient tout le temps la station verticale et que le pied droit remplit le rôle de mouvement.
3. Il est découvert que dans la capacité de station verticale humaine, le pied gauche subit des influences de l'hérédité, le pied droit celle du milieu.

V. Postface

On dit que l'origine de la station verticale et de la marche de l'homme sur ses deux pieds est le problème le plus grand dans le domaine de l'anthropologie. Plutôt, il se pourrait qu'il soit exact de dire que ce problème n'est guère résolu. Pourtant quoique ce soit difficile, il va sans dire que c'est un problème important quand on réfléchit sur l'essence de l'homme.

Et puis, on n'a pas encore trouvé du point de vue ontogénétique quels sont les principes du fonctionnement des mécanismes qui maintiennent la posture de la station verticale chez les hommes. Du moment que ces chôses-là ne sont pas éclaircies, nous pensons qu'il est impossible d'éclairer tous les mouvements dont le point de départ est la marche, car, comme le dit Aristote au début de sa *Génération des Animaux*,[17] "les mouvements ne sont fondé que sur la station".

Évidement, la posture de la station verticale de l'homme est différente de la phase de la station du corps rigide, pourtant on doit penser qu'elles sont les mêmes en principe. C'est le point de départ de la «stasiologie».

De ce point de départ, essayant d'éclaircir le fonctionnement du maintien de la posture de la station verticale chez l'homme, nous avons obtenu la conclusion que le pied gauche est supérieur au pied droit, concernant le fonctionnement de la station verticale chez l'homme et celui de tous ses mouvements.

Qu'est-ce qui constitue ce mécanisme? On peut penser deux choses pour cela: l'une est l'équlible dynamique qui dépend par example de la position du foie et de son poids; l'autre est la latéralisation de l'hémisphère gauche et de l'hémisphère droit du cerveau. Si cela provient de cette cause-là, il faut l'examiner au point de vue de l'hominisation de l'homme et il faut également l'éclaircir au point de vue ontogénétique. Si ce mécanisme provient de cette cause-ci, en ce qui concerne le fait que l'homme se tient debout sur le pied gauche et donc que l'homme se tient debout grâce à l'hémisphère droit du cerveau, on doit alors établir la domination nerveuse de l'hémisphère droit du cerveau et de la jambe gauche.

Remerciements

Nous sommes très heureux de joindre ici nos remerciements envers tous ceux qui nous ont aidés pour la rédaction de cet article, notamment professeur adjoint à l'Université SHUJITSU Monsieur Téruhiko MATSUDA et professeur adjoint à l'Université des Ondes (télévisée et radiodiffusée), Madame Kéiko IDO.

Références

1) Yaïchiro Hirasawa (1967). Étude de la posture de la station verticale. Annales de l'Université de Shizuoka. 89-100.
2) Yaïchiro Hirasawa (1970). Stasiologie. Étude de l'éducation physique. 15 (15).
3) Yaïchiro Hirasawa (1976). Stasiologie. Clinique oto-rhino-laryngologique. 69, 1260-1269.
4) Kazuro Baba (1979). Étude stasiologique sur les formes des pieds des Japonais. Médecine de Kurumé. 42 (6), 505-558.
5) Yaïchiro Hirasawa (1967). Sur la surface de la plante du pied touchant le sol et la stabilité de la station. Médecine de Mié. IV (6), 2241-2257.
6) Yaïchro Hirasawa (1978). Stasiologie. Rapport sur l'étude des malades de mouvements anormaux. 27-44.
7) Yaïchiro Hirasawa (1973). Évaluation quantitative de la manière de se tenir debout de l'homme. Equilibrium Res., 32, 124-133.
8) Hidéyuki Tanaka (1973). Sur les techniques de projection du judo (5). Annales de l'Université de Shizuoka. No. 9. 77-106.
9) Yaïchiro Hirasawa (1977), Remarques d'un point de vue tridimensionnelle sur le balancement du corps et le centre de gravité. Equilibrium Res., 36, 52-53.
10) Y. Hirasawa (1973, 1976, 1977). Study on Human Standing Ability. (1)-(3). Agressologei.
11) Yaïchiro Hirasawa (1979). Sur la capacité de station verticale des Japonais. Revue de l'Humanité. 87 (2). 81-92.
12) Éïji Inoué (1962) Penchants héréditaires dans les différences individuelles de l'électro-encéphalogramme. Progrès des Nerfs. 7 (3), 579-589.
13) Taïji Tsukimura (1972). Plante des pieds et position du centre de gravité. Orthropédie Clinique. 7(1), 23-24.
14) Yaïchiro Hirasawa (1972). Qu'est-ce cue la marche de l'homme? Biothèque. 3(5), 365-371.
15) Laurence, C., MchHenry, Jr. (1972). Histoire de la neurologie. 203; traduit pricipalment par Yasuo Toyokura.
16) Nagao Usui (1977). Étude élémentaire sur la marche de l'homme. Equilibrium Res., 36, 53-54.
17) A. L. Peck. (1963). Aristotle XII. Generation of Animals, Harvard.

(Reçu: le 30 Décembre 1986)