



Tai-Jitsu Do et Notions de Biomécanique



Credit photo : Pierre Kerneur et Fabrice Carfantan

Sujet de développement personnel présenté pour le **5eme Dan**
Fekamt. par Stephen Nguyen-Duc

15 Juin 2024

« En mémoire de Roland Hernaez Sensei qui dans ma mémoire de jeune pratiquant à l'époque éclairait toujours son enseignement de précisions biomécaniques »

Sommaire

1/ Pourquoi se présenter au Godan Fekamt ?

2/ Introduction

3/ La Biomécanique : historique

4/ Rappels brefs d'anatomie et de physiologie

- 4.1 Le squelette et les axes
- 4.2 Les mouvements articulaires
- 4.3 Le centre de gravité
- 4.4 Les abdominaux

5/ Rappels de Physique applicables aux arts martiaux

- 5.1 La pression
- 5.2 L'énergie Cinétique
- 5.3 La stabilité
- 5.4 Les Forces centrifuges et centripètes

6/ Eléments de Neurophysiologie applicables à l'étude des gestes et postures

- 6.1 Neurophysiologie des gestes
- 6.2 Neurophysiologie des postures
- 6.3 Neurophysiologie des appuis
- 6.4 De la Neurophysiologie à l'efficacité martiale

7/ Exemples d'application en Tai-Jitsu Do

- 7.1 Les appuis
- 7.2 Les déplacements
- 7.3 Les ancrages
- 7.4 Cas particulier des clés articulaires

8/ Application à la biomécanique du coup de poing direct

9/ Application à la biomécanique du coup de pied direct

10/ Conclusion :

11/ Bibliographie

1/ Pourquoi se présenter au Godan FEKAMT ?

« Il est plus intelligent d'allumer une toute petite lampe que de se plaindre de l'obscurité. Lao Tseu 571 A-JC »

Ma toute première licence en Taï-Jitsu date de 47 ans à un moment où cet Art Martial était en croissance importante et rattaché à la Fédération Française de Taï-Jitsu. Une révélation pour l'adolescent que j'étais à un moment où je m'ennuyais profondément dans la pratique du Judo.

Révélation d'un art Martial efficace, exigeant, diversifié, à la fois physique et mental. Révélation d'un maître exemplaire et charismatique en la personne de Daniel Dubois et de gradés à la fois puissants et techniquement impressionnants, encore proches de notre discipline aujourd'hui comme Joel Tostain, Ahmed Meziane, Richard Freynick et bien d'autres. Avec une pause d'une dizaine d'années pour poursuivre des études supérieures, je n'ai jamais quitté cette discipline et pense pouvoir dire que je ne la quitterai pas tant elle m'a apporté.

Encouragé par mes professeurs, je me présente aujourd'hui à ce 5ème Dan Fekamt. Je n'y cherche ni honneur ni prestige particulier. Je ne crois pas au Dan d'apparat. Je crois à la vertu de l'effort, à l'humilité d'apprendre et découvrir pendant toute sa vie.

J'arrive à un âge avancé où mes capacités physiques déclinent fortement mais espérons-le, mes capacités mentales culminent.

Je crois dans l'intérêt des épreuves et passages pour se donner un but, pour se motiver et in-fine pour progresser. Dans cet exercice, je donnerai donc tout ce que je peux pour honorer mes professeurs. Je suis reconnaissant à la FEKAMT de développer ses cadres, de m'avoir donné un rôle au sein de son bureau directeur et d'avoir donné un vrai sens au Dan Fekamt.

2/ Introduction

En observant attentivement notre pratique au fil des années, je me suis rendu compte qu'il nous fallait quelques semaines pour reproduire approximativement un mouvement d'attaque ou de défense mais des années pour le faire de façon efficace en mobilisant de façon coordonnée l'ensemble de notre corps dans une optimisation de l'utilisation des muscles, segments et appuis.

L'exemple le plus classique étant le coup de poing direct qui peut apparaître comme un mouvement relativement simple à reproduire et copier dans un premier temps mais demande des années pour être accompagné du bon ancrage au sol, de l'impulsion de la hanche et de l'impact voulu.

Quand on ajoute à cela le fait que notre discipline s'appelle précisément le Taï-Jitsu Do littéralement « **Voie des techniques du corps** », il m'a semblé que nous avons une absolue obligation de réfléchir à la façon dont nous mobilisons notre corps, de connaître les limites existantes mais aussi les possibilités physiques que nous pouvons exploiter dans notre pratique.

Ce que je viens de décrire s'analyse précisément par la **biomécanique** qui me semble être de ce fait un élément essentiel d'une self-défense efficace.

Mon propos dans ces quelques lignes qui ne peuvent être qu'une introduction au sujet tant il est vaste sera donc de donner quelques notions simples et quelques exemples d'application de la biomécanique à notre discipline.

3/ Bref historique de la biomécanique

On retrouve des traces d'intérêt pour la biomécanique dans des papyrus égyptiens avant que de retrouver dans les travaux d'Hippocrate (460 avant JC), père de la médecine moderne, les premières preuves de son utilisation dans des applications à but médical. Le développement de la biomécanique a surtout suivi en fait la connaissance de l'anatomie qui s'est faite au fil des siècles au prix des dissections humaines dont les plus connues furent celle de Leonard de Vinci. Ce dernier décrivit d'ailleurs dans l'homme de Vitruve le dessin d'un homme parfait dans toutes ses caractéristiques physiques et dans toutes ses dimensions.



« L'homme de Vitruve » (1492) dessiné par Léonard de Vinci

4/ Rappels d'anatomie et de physiologie

Comme mentionné dans le bref historique précédent, il fut nécessaire d'abord au fil des siècles de parfaitement **comprendre l'anatomie humaine** pour comprendre et maîtriser la biomécanique. Nous proposons un bref résumé des éléments importants

4.1 Le squelette et les axes

Le squelette porte notre corps autour d'un axe central qui est la colonne vertébrale articulée en haut avec la tête et en bas avec les hanches. Les articulations tout au long de cet axe vertical vont être essentielles pour permettant des rotations et définir des postures dans des directions variées.

L'optimisation de cette architecture permettra au fil de l'entraînement une progression qui sera propre à chacun. **Le squelette va certes nous imposer des limites par sa rigidité mais cette même contrainte se transforme en avantage quand il s'agit de donner de l'impact à nos techniques d'atemi par exemple.**



4.2 Les mouvements articulaires

Dans notre discipline, la connaissance des mouvements articulaires se révèle absolument nécessaire en particulier dans le travail de clés ou luxations de notre programme technique. Toutes les articulations n'ont pas le même degré de liberté de mouvement qui se résume en 7 principaux types

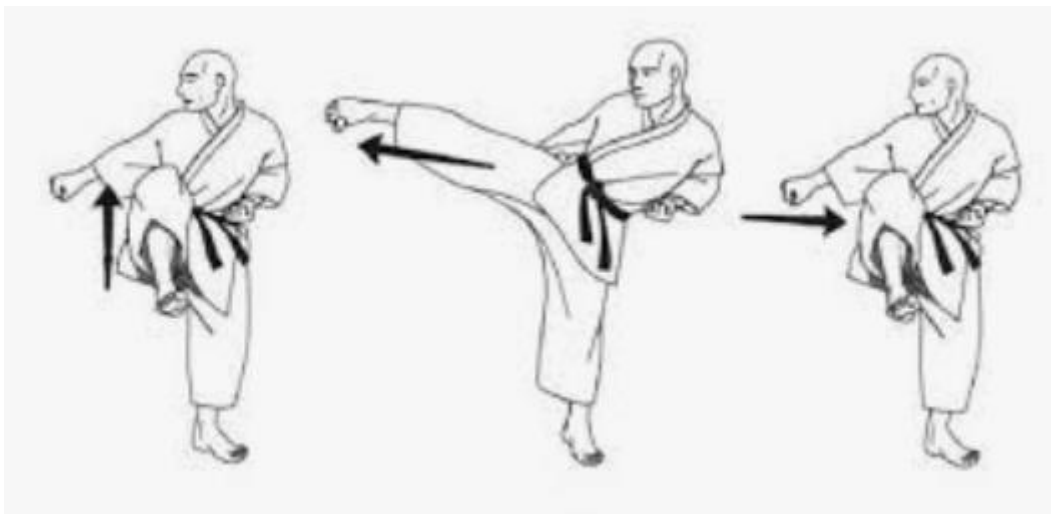
- **Flexion – Extension.** L'exemple le plus courant est le coup de pied direct que nous détaillerons plus loin et qui se réalise dans une séquence de flexion puis d'extension du genou permettant au moment de l'impact un alignement des segments de la jambe et un ancrage sur le pied resté au

sol. La flexion cette fois-ci forcée est aussi abondamment utilisée dans les clés comme on le voit ci-dessous au niveau du poignet voire des doigts dans la clé dite « bec de cygne »



Clé par flexion forcée du poignet dite « bec de cygne »

- **Abduction-Adduction.** L'abduction va correspondre à un mouvement vers l'extérieur d'un segment du corps dont l'exemple est le coup de pied latéral (associant aussi une flexion pour armer) alors que l'adduction ramènera à l'inverse le segment vers le corps. Certaines techniques de balayage issues du judo utilisent abondamment l'adduction.



- **Rotation externe-rotation interne.** Elle correspond au mouvement d'une articulation sur son axe longitudinal. Le mouvement de hanche qui permet d'armer le coup de pied circulaire est un exemple de rotation externe qui d'ailleurs se complète d'une adduction de la jambe et d'une rotation interne du fémur.
- **Pronation-Supination.** La compréhension de ce mouvement est essentielle car utilisé dans nombres de clés du Tai-Jitsu Do et atemis. C'est la rotation du radius et du cubitus qui définit l'un ou l'autre. En supination, le radius est externe par rapport au cubitus et la paume de la main vers l'avant. A l'inverse en pronation le radius passe devant le cubitus. On retrouve cet aspect aussi dans le coup de poing direct du Karaté ou le poing qui frappe effectue un mouvement de pronation alors que l'autre poing lui se met en supination en se retirant sous l'épaule pour absorber l'impact



Clé type 4 eme base avec pronation forcée



Clé type 1er de base avec supination forcée

- **Inversion et éversion.** Ces termes sont assez proches des précédents dans la mécanique du mouvement mais pour la cheville. L'inversion va par exemple orienter le tranchant du pied pour porter l'impact comme on le voit dans le coup de pied latéral.
- **Rétroversion et antéversion.** Ces termes s'appliquent essentiellement au bassin. La rétroversion du bassin va consister à contracter fessiers et abdominaux de manière à provoquer une bascule du bas du bassin vers le haut. L'apprentissage du passage de l'un à l'autre est souvent long mais une fois maîtrisé il assure l'ancrage nécessaire à toutes les techniques et protège grandement le dos.

4.3 Le centre de gravité

Nos professeurs nous enseignent régulièrement de veiller à placer notre centre de gravité à l'endroit voulu pour la réalisation parfaite de la technique mais cela n'est pas nécessairement aisé. En effet à moins de ne pas bouger du tout et d'être parfaitement immobile, notre centre de gravité qui est la composante de la répartition de la masse corporelle en fonction de la posture va continuellement changer.

Il est classique de dire que la position d'équilibre réside dans la **projection verticale du centre de gravité dans le polygone de sustentation** du sujet qui correspond la zone définie par les parties du corps en contact avec le sol. Il est aussi souvent rappelé que plus le centre de gravité sera bas plus la stabilité sera assurée, d'où l'importance rappelée dans les projections du type premier de base par exemple de bien plier les genoux.

4.4 Les abdominaux

Nous pourrions citer nombre de muscles dans ce document mais pour l'objet de ce travail, il nous a semblé que les abdominaux étaient de loin les plus importants. Ils jouent en effet un rôle sur énormément de mouvements volontaires mais aussi involontaires. Ainsi la qualité de la respiration en dépend mais aussi la stabilité du corps en compensant les déséquilibres sans oublier leur rôle dans l'impact et la mobilisation du tronc et des jambes. L'entraînement régulier des abdominaux est donc essentiel à notre pratique.

5/ Rappels de physique applicables aux arts martiaux

La biomécanique ne peut s'appréhender totalement que par la compréhension des règles physiques qui s'imposent en particulier aux corps en mouvement.

5.1 La pression : $P = \text{Force} / \text{Surface}$. On en déduit aisément que diminuer la surface d'impact est aussi important que développer une force pure. Ceci ouvre beaucoup de champs de réflexion sur l'efficacité qui est souvent à tort vue comme uniquement proportionnelle à la force pure. A force équivalente, un coup de poing porté par une articulation métacarpo-phalangienne est bien plus destructeur qu'une main entière.

5.2 L'énergie Cinétique $E = 1/2MV^2$. Cela rejoint le concept précédent en montrant que dans une certaine mesure, gagner en vitesse de frappe est plus important que développer sa masse musculaire

5.3 Stabilité et mobilité sont inversement proportionnelles. Nous avons vu précédemment l'importance de la stabilité autour de la position du centre de gravité. Une masse importante va ancrer la stabilité pour peu que la position dans le triangle de sustentation soit bonne mais elle va réduire la mobilité. De même la taille peut réduire la stabilité d'où l'obligation de plier les genoux. Il suffit de regarder un combat de sumo pour visualiser le jeu respectif du poids, de la taille et de la mobilité dans la réussite de l'opposition.

5.4 Forces centrifuges et centripètes sont essentielles à connaître tant elles peuvent influencer l'impact final en démultipliant l'accélération. Une simple rotation en fin de technique de projection par exemple amplifie grandement l'efficacité et fatigue moins le corps.

6/ Neurophysiologie des mouvements, gestes et postures

Comprendre la biomécanique c'est d'abord et surtout comprendre la neurophysiologie des mouvements. Nous proposons d'aborder quelques principes importants dans les lignes qui suivent.

6.1 Neurophysiologie des gestes

Comprendre les gestes et postures que nous réalisons dans notre pratique est essentiel pour espérer les améliorer et les optimiser. Ces gestes sont la résultante d'ordres neuro-transmis (spontanés) et cognitifs (appris) mais aussi de facteurs personnels comme notre constitution physique, notre génétique et notre âge.

Joseph Babinski, neurologue français connu pour le signe qui porte son nom (l'inversion du reflexe cutané plantaire) avait montré des 1899 que l'exécution d'un mouvement quel qu'il soit était la résultante de la mobilisation de tous les segments corporels. En effet, de par la loi de l'action et de la réaction, les forces produites par la mobilisation de segments sont transmises le long de la chaîne corporelle.

Un coup de poing n'est donc pas seulement un mouvement du poing et du bras mais bien un mouvement impliquant le corps entier y inclus les membres inférieurs, l'axe vertébral étant à la fois transmetteur mais surtout stabilisateur de l'ensemble.

De façon générale, il faut aussi se souvenir que le mouvement est source de perturbation de l'équilibre ce qui vient en contradiction avec sa réalisation parfaite qui elle, demande un équilibre parfait. Nous touchons donc déjà du doigt l'une des plus grandes difficultés que nous rencontrons en pratique martiale qui est de **réconcilier ces forces contraires.**

Il est donc essentiel de comprendre les bases de biomécanique qui sous-tendent l'exécution du mouvement pour à la fois améliorer sa pratique mais aussi et peut être encore plus important, se protéger de troubles musculo squelettiques qui ne manqueront pas d'arriver si on ne maîtrise pas son mouvement.

6.2 Neurophysiologies des postures

Le maintien de la posture, assise debout ou autre, nécessite un état de contraction musculaire stationnaire qui s'oppose à l'affaissement du corps sous l'effet de la pesanteur et permet le maintien de l'équilibre corporel. **Le nombre de muscles mis en jeu et leur niveau d'activité diffèrent suivant la posture adoptée.** Des 1951, Lundervold a montré que le maintien de la posture assise « redressée » nécessite une activité musculaire plus élevée des muscles extenseurs du rachis par rapport à la posture assise « naturelle » (fig. 2). Cette différence est due à la position du tronc en cyphose dans la posture assise « naturelle » alors que la posture assise « redressée » demande une rigidité volontaire du tronc associée à un effacement de la cyphose vertébrale. La surface de contact entre le sujet et l'assise est réduite en posture assise « redressée » par rapport à la position assise « naturelle » (Moes, 2007). En posture assise « naturelle », cuisses reposant sur l'assise, la masse corporelle est centrée principalement au niveau des ischions alors qu'en posture assise « redressée » la partie proximale des cuisses contribue à l'appui. La projection du centre de gravité est proche des tubérosités ischiatiques en position assise « naturelle » et se situe en avant de celles-ci en position assise « redressée » (Schoberth, 1962). Ainsi, dans cette dernière posture, le bassin tend à basculer vers l'avant. Pour réduire cette rotation du bassin, la posture assise « redressée » nécessite une contraction des muscles extenseurs de la hanche plus importante qu'en posture assise « naturelle » (Åkerblom, 1948).

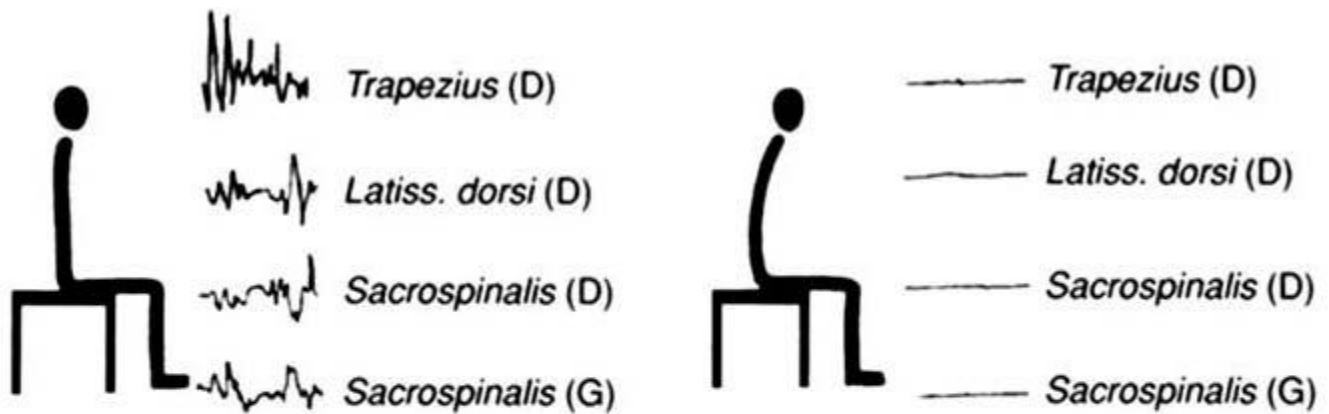


Fig. 2. — Activité électromyographique des muscles extenseurs du tronc en postures assises « redressée » (gauche) et « naturelle » (droite) : muscles trapezius (portion cervicale), latissimus dorsi et sacrospinalis droit (D) et gauche (G) (au niveau de L2 et L3) (d'après Lundervold, 1951).

Electromyographic activity of trunk extensor muscles in « upright » (left) and « naturally » (right) seated postures : trapezius (cervical section), latissimus dorsi and sacrospinalis right (D) and left (G) muscles (at levels L2 and L3) (Lundervold, 1951).

Un autre exemple est présenté en figure 3 montrant la variation des activités des muscles du plan postérieur lesquelles s'opposent à l'affaissement du corps vers l'avant pour les deux postures debout « commode » et « au garde-à-vous ». Pour la posture debout commode, le muscle soleus présente un niveau d'activité élevé, compris entre 12 et 22 % de leur force maximale volontaire selon les sujets. Ces valeurs sont à rapprocher du temps limite, c'est-à-dire du temps maximal pendant lequel une force peut être maintenue. Ce temps limite est considéré comme infini si l'intensité de la force est inférieure à 15-20 % de la force maximale volontaire (Scherrer, 1981). Or, pour certains sujets, l'activité du soleus, en posture debout commode, excède 20 %, ce qui peut occasionner une fatigue (Okada, 1972).

Ceci permet de mieux comprendre pourquoi les positions d'attente (garde ou yoi) demandent un tonus musculaire pour garder la tonicité nécessaire à ce qui va suivre.

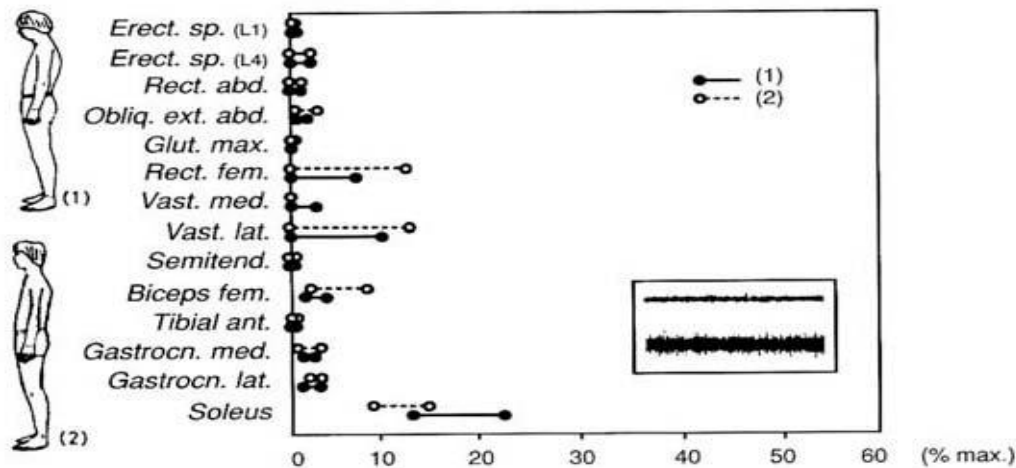


Fig. 3. — Activité électromyographique des muscles du tronc et des membres inférieurs en postures debout « commode » (1) et au « garde-à-vous » (2). Les muscles enregistrés sont les muscles extenseurs du tronc (*erector spinae*), fléchisseurs du tronc (*rectus abdominis*, *obliquus externus*), extenseur de la hanche (*gluteus maximus*), fléchisseur de la hanche (*rectus femoris*), extenseurs du genou (*vastus medialis et lateralis*), fléchisseur du genou (*semitendinosus et biceps femoris*), fléchisseur dorsal de la cheville (*tibialis anterior*) et fléchisseur plantaire de la cheville (*gastrocnemius et soleus*). Le niveau d'excitation est exprimé en pourcentage de la valeur maximale (abscisse) obtenue au cours d'épreuves tests (d'après Okada, 1972).

Electromyographic activity of trunk and lower limb muscles in « naturally » (1) and « upright » standing postures. Recorded muscles are trunk extensor (erector spinae) and flexor (rectus abdominis, obliquus externus) muscles, hip extensor (gluteus maximus) and flexor (rectus femoris) muscles, knee extensors (vastus medialis and lateralis) and flexor (semitendinosus and biceps femoris) muscles, ankle dorsal flexor (tibialis anterior) and plantar flexor (gastrocnemius and soleus) muscles. Excitation level is expressed as a percentage of the maximum value (abscissa) obtained during experimental trials (Okada, 1972).

Ces deux exemples mettent en évidence que le seul maintien d'une posture nécessite un coût musculaire variable suivant la posture adoptée. Ainsi, en situation de mouvement d'attaque ou défense et même en position de garde statique, la posture va solliciter significativement tous les segments et muscles de l'organisme.

Sans aller trop loin pour l'objet de ce travail dans la physiologie de ces mouvements, il est probable que le système nerveux dispose d'une **représentation interne de l'orientation des segments corporels les uns par rapport aux autres et de leurs relations par rapport à ce qui les entoure**. Cette idée de représentation de la posture au niveau du système nerveux central est accréditée par plusieurs études (Massion, 1998 ; Hlavacka, Krizkova, & Horak, 1995 ; Collins & De Luca, 1993). Cette représentation contiendrait précisément les propriétés biomécaniques et géométriques des segments corporels. Il y a donc une forme de « **géolocalisation** » dans l'espace en continu parfaitement orchestrée par notre Système nerveux central.

Nous réalisons d'ailleurs de façon régulière dans nos cours des mises en situation avec les yeux bandés qui permettent de travailler pratiquement cette géolocalisation corporelle.

Ce système tiendrait compte du contexte sensoriel et cognitif dans lequel se trouve l'opérateur et du but que celui-ci s'est fixé. Il permettrait d'évaluer et de prédire les conséquences d'une action future entre autres sur le maintien de l'équilibre. Le deuxième niveau, le « système opératif », est l'étage d'exécution. Il correspondrait aux mécanismes de contrôle réactif responsables de l'adaptation rapide. Il interviendrait sous la dépendance du premier niveau. Il sélectionnerait les commandes motrices et aurait la possibilité de les corriger rapidement à partir des informations sensorielles issues de l'extérieur afin d'adapter l'activité posturale aux contraintes immédiates de l'exécution (Lestienne & Feldman, 2002).

Il est assez facile d’imaginer comment tout cela peut influencer tous les mouvements et postures utilisées au Tai-Jitsu Do. Mélange savant d’équilibre et de mouvement, notre pratique martiale ne se trouve accomplie et réussie que lorsque que l’on est capable de maîtriser cette chaîne neuromusculaire complexe en même temps que la géolocalisation en continu de notre corps. L’exécution d’un kata parfaitement maîtrisé est un exemple parfait de la visualisation de ces situations.

Il est particulièrement intéressant de noter aussi que la biomécanique nous enseigne que la posture initiale adoptée par le sujet, avant le début du mouvement volontaire, influe sur le développement de l’activité musculaire de la chaîne posturale et en conséquence sur celle de la chaîne focale. Ainsi lors de l’élévation unilatérale d’un membre supérieur, l’activité des muscles fléchisseurs du genou présente une intensité plus importante lorsque le sujet se trouve en posture debout *versus* posture assise ou allongée et celle des muscles extenseurs du cou et de la colonne lombaire plus élevée pour les postures assise dos droit et debout (Van der Fits, 1998).

Goutal, Lino et Bouisset (1994), et Bouisset et Zattara (1987) ont observé que la vitesse maximale d’un pointage effectué avec la main augmente, en posture debout, de la condition pieds joints à la condition pieds normalement écartés. Cette différence s’explique en considérant le pourcentage des masses corporelles pouvant être accéléré c’est-à-dire la mobilité de la chaîne posturale. En effet, le rapprochement des membres inférieurs revient fonctionnellement à réduire la mobilité de l’articulation du bassin et donc à limiter la dynamique de la chaîne posturale. Ainsi la force externe déployée dépend étroitement de la dynamique développée par la chaîne posturale. Dès lors, ces observations montrent clairement que l’efficacité du mouvement est fonction de la contre-perturbation pouvant être développée. Nous verrons en particulier dans les coups de pieds que cet aspect est très important.

Nous y voyons aussi une illustration parfaite de la biomécanique de la **position de garde** qui si elle est mal réalisée va nuire au mouvement volontaire qui suit qu’il s’agisse d’un déplacement ou d’un atemi.



Une position de garde stable et maîtrisée va permettre d’améliorer la séquence dynamique qui suit.

6.3 Neurophysiologie des appuis

Lors de l'exécution d'un mouvement volontaire, les forces issues de la chaîne focale se propagent le long de la chaîne posturale et sont transférées jusqu'aux surfaces d'appui. Les ajustements posturaux progressent à partir des surfaces d'appui. Le principe de l'action et de la réaction, connu aussi comme la troisième loi de Newton, exprime ce fait : une personne ne peut exécuter de mouvement volontaire efficace que si elle développe avec son environnement des forces ou des moments résultants d'intensité égale et de sens opposé aux forces appliquées par le corps du fait de la contraction des muscles. Dans *La marche des animaux*, écrit il y a plus de deux mille trois cents ans, Aristote avait déjà formulé ce précepte : « ... l'être qui se meut change de lieu en s'appuyant toujours sur le support qui est en dessous de lui... » Il témoigne de l'importance des surfaces d'appuis dans la réalisation d'un mouvement volontaire.

Il est remarquable de noter que notre système nerveux avec l'appoint de nos muscles va s'adapter aux surfaces et mettre en place automatiquement une marge de sécurité réduisant le risque de glissade ou de perte d'équilibre. Elle ne peut cependant être totale mais largement suffisante pour aborder des situations de déséquilibre importantes que ce soit au titre du sol ou de la cinétique du déplacement.

6.4 De la neurophysiologie à l'efficacité martiale

L'ensemble des approches expérimentales brièvement abordées dans ce texte aident à une meilleure compréhension des phénomènes neurophysiologiques et biomécaniques présents lors de l'exécution d'un mouvement volontaire. La distinction faite entre la chaîne focale, la chaîne posturale et les caractéristiques des surfaces d'appui permet de mieux comprendre leurs interactions permanentes pour assurer l'équilibre postural et in-fine la réalisation du mouvement désiré. Elle permet aussi de faire émerger l'étroite dépendance du mouvement volontaire avec les caractéristiques des surfaces d'appuis.

L'efficacité d'un mouvement volontaire dépend de la dynamique posturale développée, laquelle est fonction des conditions initiales. Le secret de la biomécanique y réside pour une grande partie et donc probablement aussi le secret de l'efficacité de notre pratique martiale faite d'appuis de postures et de mouvements.

7/ Exemples d'application en Tai-Jitsu Do

7.1 Les appuis

Nous savons que dans notre pratique martiale, le positionnement de nos surfaces de contact au sol influence énormément l'équilibre et aussi l'impact de nos atemis. Comme montré ci-dessous l'appui le plus efficace est celui qui se fera sur le **bol du pied**. A l'inverse un appui sur l'ensemble du pied retirera de la mobilité et un appui sur le talon pourra entraîner un déséquilibre.



Des appuis fermes même entrecoupés de phases de déplacement vont servir à la fois la stabilité et l'efficacité. Pour cette dernière par exemple le fait d'avoir un appui ferme va permettre de relier le mouvement au sol et donc d'utiliser la gravité terrestre qui va amplifier l'impact.

Dans notre pratique en dojo, nous sommes grandement aidés par la proprioception des orteils au sol qui nous permet de sentir le contact sans avoir à regarder nos pieds en permanence.

7.2 Les Déplacements

Nous savons à quel point ils sont essentiels à notre pratique du Tai-Jitsu Do qu'il s'agisse d'esquives ou de mouvements accompagnant les techniques. Le déplacement étant par essence un déséquilibre au début, la maîtrise du déplacement des appuis en fonction des masses déplacées vu dans le paragraphe précédent va être essentielle à son efficacité.

De façon spontanée on pourrait penser naturel de se déplacer linéairement en posant d'abord le talon puis le reste du pied avec le transfert du poids du corps associé. C'est probablement la meilleure façon d'être contrôlé car non seulement l'équilibre sera précaire mais le poids du corps sur l'ensemble du pied ne permettra pas une riposte rapide.

Les principes de base issus de la biomécanique sont les suivants :

- Se déplacer toujours en appui sur le bol du pied et jamais sur l'ensemble du pied (et encore moins sur le talon)
- Ne jamais lever les 2 pieds en même temps dans un déplacement en sautillerment par exemple. La vulnérabilité d'une perte d'équilibre serait maximale dans ce cas
- - Plusieurs petits pas sont moins risqués qu'un grand. Ceci se retrouve aussi ne course à pied où l'augmentation de la fréquence est plus efficace que l'amplitude du pas.
- Conserver les genoux en légère flexion pour que l'ensemble de votre déplacement se fasse sur le même axe horizontal (effet des « montagnes »)
- C'est l'ensemble du corps qui bouge donc pas seulement le ou les membres effecteurs faute à perdre la rigidité et l'efficacité. On peut se rappeler par exemple que lorsque on exécute la sortie par clé du premier mouvement de base, c'est le corps dans sa rotation qui provoque la luxation et pas le bras seul.

7.3 Les ancrages

Ils font souvent la différence visuelle entre un pratiquant chevronné et un débutant tant ils réclament travail et répétition.

L'ancrage peut être symbolisé par la ligne de force imaginaire qui relie les appuis à l'endroit où la force doit s'exercer en passant par les muscles, tendons et segments du corps. Pour être efficace cet ancrage devra toujours être une ligne continue sans interruption.

Un exercice pédagogique intéressant de recherche d'amélioration d'ancrage dans le dojo consiste à positionner un bâton au niveau de la ceinture de deux pratiquants face à face et de leur demander de

pousser leur partenaire par le simple effet du déplacement. Vous serez surpris de voir qu'un pratiquant plus léger mais mieux ancré peut ainsi assez facilement faire reculer un pratiquant plus lourd.



7.4 Cas particulier des clés articulaires

La **clé articulaire** est largement utilisée dans notre discipline et consiste à amener l'articulation au maximum de son amplitude. On retrouve les principes énoncés précédemment sur les mouvements articulaires. On peut distinguer les clés par la direction de la force exercée sur l'articulation et par l'emplacement anatomique qui se trouvera contraint :

- flexion;
- extension ou hyperextension;
- torsion
- Parfois par combinaison de plusieurs de ces mouvements en même temps.

Les clés de bras visent les articulations de l'épaule et du coude. Les clés de jambe ciblent le genou. Il existe aussi des clés de cheville, de poignet, voire de doigts. Les clés de cou s'attaquent, elles, aux vertèbres cervicales et de ce fait doivent être exécutées avec beaucoup de précaution.

Sur un plan biomécanique, son exécution demandera d'associer 3 éléments complémentaires : un point d'appui, une force et un bras de levier.

La manipulation de l'articulation entraîne une douleur progressive en fonction de la force appliquée, mais si elle est réalisée trop violemment, peut entraîner diverses lésions d'où l'importance de comprendre parfaitement les mécanismes en jeu.



Clé articulaire du poignet par flexion forcée

8/ Application à la biomécanique du coup de poing direct

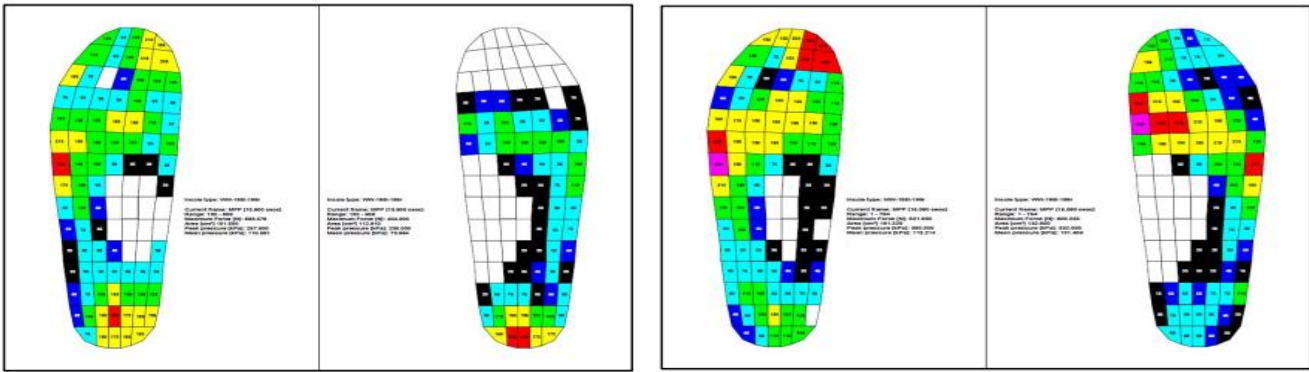


Nous utilisons fréquemment ce coup de poing soit en tant qu'ateami précurseur soit en tant qu'ateami final. Nous allons appliquer ici toutes les règles de biomécanique vues précédemment pour lui donner son efficacité.

- Nous avons d'abord vu dans la neurophysiologie que le mouvement dynamique prend son premier ancrage dans le mouvement statique. Il faut donc une **garde ou posture de départ stable et forte** pour que le poing soit efficace. Il est un fait qu'avec les années, on peut donner des atemis tout en se déplaçant voire en sautillant mais il est douteux qu'ils soient efficaces sans un long travail d'ajustement.
- Nous avons aussi vu que tous les segments interagissent avec l'effecteur distal qui est le poing dans ce cas. Il faut donc impérativement une position qui suive **la ligne de force entre le poing et le sol**.

Une étude particulièrement intéressante présentée au 23eme congrès de mécanique de Lille en 2017 a mesuré les appuis au sol par des capteurs entre les débutants et les experts. Dans le cas de la frappe directe au poing du débutant, nous pouvons observer qu'il y a de grandes différences entre la pression plantaire distribuée sur le pied droit et sur le pied gauche, et que la distribution du poids est plus grande vers le talon, dans la situation où celle-ci devrait être distribuée sur la pointe du pied.

Au fil de l'entraînement nous voyons sur la seconde figure que la pression plantaire est plus équilibrée et se distribue aussi sur la pointe de pied. Ceci confirme bien l'importance de l'appui plantaire au moment du coup de poing.



Appuis plantaires du débutant et de l'expert lors du coup de poing direct

- Nous savons aussi que tout déplacement provoque une instabilité qui doit être compensée par un **appui plantaire approprié** (sur le bol du pied) et un **centre de gravité en projection et en hauteur approprié**. Les genoux doivent aussi être légèrement fléchis pour la même raison.
- Le bassin se projettera en **rétroversion** par contraction des abdominaux et fessiers préservant ainsi le dos et donnant ainsi un meilleur ancrage.
- Il y aura probablement une **pronation du bras et surtout de l'avant-bras** pour amplifier l'impact et provoquer la percussion.
- Une **mobilisation des muscles et en particulier des abdominaux** entraînant la rotation du bassin sera nécessaire pour assurer son efficacité
- Enfin la **surface de frappe sera le plus petit possible** pour assurer une pression maximale sur la cible comme vu dans les lois physiques.

Nous voyons donc bien qu'un geste qui peut apparaître comme relativement simple au premier abord est l'occasion d'appliquer nombre de règles de biomécanique pour être à la fois maîtrisé et efficace. S'ajoute à cela le fait que ces exigences ne sont pas nécessairement toutes compatibles entre elles : Stabilité ou mobilité ? Force ou vitesse ? Précision ou impact ? d'où la nécessité de travailler notre biomécanique pour inverser ce problème et la raison de ces nombreuses années de travail avant que de maîtriser parfaitement le geste.

9/ Application à la biomécanique du coup de pied direct



Nous savons que la perfection est rare dans les coups de pieds tant la coordination biomécanique est complexe et exigeante. L'enchaînement mettant de plus en jeu de fréquentes perturbations de notre triangle de sustentation et donc des déséquilibres qu'il convient de compenser.

Le coup de pied traditionnel que nous enseignons est généralement une succession de plusieurs phases

- **Un temps de préparation**
- **Un temps d'armement**
- **Un temps de frappe**
- **Un second temps d'armement** pour éventuellement enchaîner une seconde frappe.

Le temps de préparation est essentiel. Comme nous l'avons vu c'est le garant de l'efficacité et de la stabilité future. L'appui et l'ancrage au sol sont maîtrisés tant pour l'équilibre que pour la puissance future de l'impact. Afin que les lignes de force soient optimisées comme vu précédemment il sera toujours préférable que le pied d'appui soit orienté vers la cible et non ouvert vers l'extérieur. Même si cette ouverture contribue à la meilleure stabilité, elle diminue l'efficacité du coup de pied.

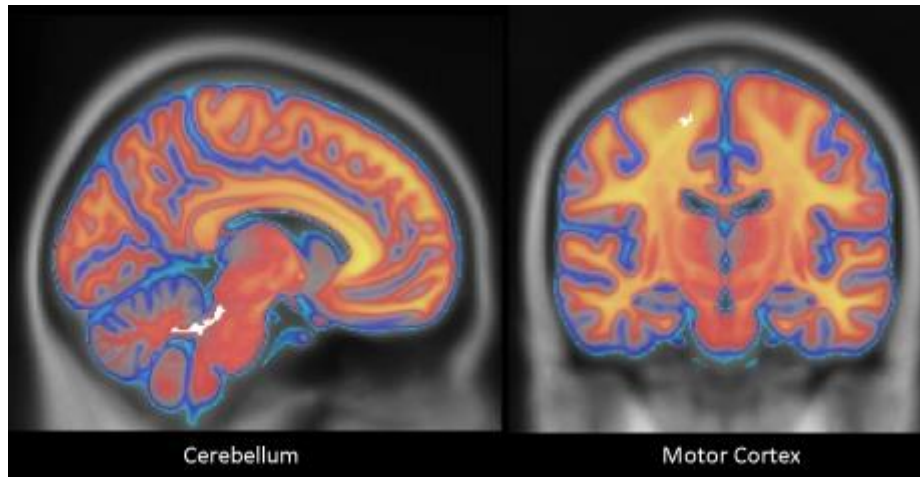
Le temps d'armement va mettre en jeu la flexion de la jambe amenant le genou dans la ligne du corps accompagné d'une rétroversion unilatérale du bassin. Le pied est à la verticale du genou pour maximiser la distance à la cible. Les orteils sont en extension maximale pour libérer le bol du pied qui sera la zone de frappe.

Au moment de la frappe, la jambe d'appui fortement ancrée au sol va exercer une poussée qui se répercute à la jambe qui frappe par l'intermédiaire du bassin en rétroversion. Nous voyons encore ici à quel point chacune des composantes de la biomécanique ont leur importance. Le maximum d'impact de ce coup de pied quand il est parfaitement réalisé est sur l'angle de 90 ° c'est-à-dire sur des frappes au milieu du corps. L'entraînement et surtout la maîtrise des appuis et ancrages peut néanmoins permettre une puissance comparable sur des angles plus aigus. Les abdominaux et le quadriceps seront contractés avant que de finir sur un bref relâchement musculaire souvent inconscient au moment de l'extension forcée du genou. Ce coup de pied dans sa forme traditionnelle se termine effectivement avec la jambe parfaitement tendue et sans ce bref relâchement il pourrait y avoir des traumatismes importants du genou.

Le temps de réarmement ramène par une simple flexion la jambe à son point d'armement sans baisser le genou pour garder la puissance de cet angle droit si une deuxième frappe était nécessaire.

10/ Conclusion

La première conclusion de cette brève revue de la biomécanique appliquée à notre discipline est **l'humilité**. Nous sommes loin de tout savoir sur la biomécanique et l'origine de l'efficacité développée par chacun dans les arts martiaux. Nous avons néanmoins déjà des confirmations rassurantes de la valeur de l'entraînement et de l'amélioration constante au fil de notre pratique. Une étude de L'Imperial Collège de Londres a ainsi suggéré en 2012 des différences dans les scanners du cerveau de 24 pratiquants experts et débutants en particulier au niveau de la substance blanche pouvant avoir un lien avec l'impact de leurs coups. Sachant que la substance blanche est riche en fibres de transmission de signal, l'hypothèse est qu'au fil de l'entraînement le cervelet développe des connections neuronales plus efficaces. Un monde fascinant qu'il convient d'approfondir et d'étudier.



Scanners de pratiquants experts montrant un développement de substance blanche au niveau du cervelet et du cortex cérébral

La biomécanique est aujourd'hui largement étudiée en médecine du sport en particulier et est passée en quelques années du domaine du sport de haut niveau à des fins de haute performance pour aujourd'hui toucher tous les pratiquants, ce qui est une excellente chose. Elle a d'ailleurs été utilisée largement pour fabriquer des protections adaptées qu'il s'agisse de gants, casques ou plastrons. Il est en effet assez simple de modéliser les frappes une fois que l'on maîtrise leur biomécanique et donc en miroir d'anticiper la façon d'absorber le choc.

La deuxième conclusion est la **vertu pour tous de connaître quelques notions de biomécanique** pour la pratique de notre art martial Le Tai-Jitsu Do. J'ai personnellement beaucoup appris pour ma propre pratique grâce à ce travail :

- Elle corrige les mauvaises positions et améliore l'efficacité de nos mouvements
- Elle est un support pédagogique pour tous les professeurs car permet d'expliquer au plus grand nombre le pourquoi de toutes les exigences de posture que nous professons
- Elle permet de mieux comprendre comment notre corps évolue avec le temps et avec les années et ainsi optimiser notre parcours de vie dans les arts martiaux
- Elle permet de développer un échauffement réellement appliqué aux techniques utilisées
- Enfin et surtout, sa bonne compréhension évite de faire des mouvements dangereux et donc protège notre intégrité physique en évitant les blessures.

Toutes ces raisons font selon moi de la biomécanique une connaissance que chaque pratiquant en particulier gradé devrait s'approprier dans sa pratique du Tai-Jitsu Do.

Cette obligation de connaissance nous l'avons aussi évidemment pour parfaitement honorer cet art martial dit des « Techniques du corps ».

11/ Références

1. L'analyse du mouvement de quelques variables mécaniques de la technique « Mawashi Geri. 2022. Ahmed Ali Chachou-Laboratoire des dimensions cognitives et perceptions appliquées en science de l'entraînement sportif ISSN : 2392-5442 ESN : 2602-540X
2. Bartlett, CraJ. Payton and Roger M. (2007) Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise. ISBN 0-203-93575-6
3. Roberts et al. "Individuals differences in expert motor coordination associated with white matter microstructure in the cerebellum" Cerebral cortex, 15 Aug.2012.doi :10.1093/cercor/Bhs219
4. L'efficacité de l'art martial du Krav-Maga par l'étude de la biomécanique des techniques D. MIU, D. M. VISANb , D. BUCUR , R. L. PETRE , I. GROSU 23eme congres de Mécanique , Lille 2017
5. Les mécanismes neurophysiologiques du mouvement base pour la compréhension du geste. C. Gaudéz. M.Aptel . Institut national de recherche et de sécurité, Département Homme au travail, rue du Morvan, CS 60027, 54519 Vandœuvre cedex, France. E-mail : clarisse.gaudez@inrs.fr. Le Travail Humain, tome 71, no 4/2008, 385-404
6. La biomécanique du combat. 2021 Bertrand Kron
7. Traité de Biomécanique Mécanique articulaire et tissulaire. Georges Dalleau, Paul Allard Editions PUF