

# » Communication courte

## Isocinétisme : grands principes méthodologiques

### Isokinetics : main methodological principles

FRANCIS DEGACHE (PhD)<sup>1,2,3</sup>, FRANÇOIS FOURCHET (PT, PhD)<sup>4</sup>

1. HESAV Haute Ecole de Santé Vaud, HES-SO Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale, Lausanne, Suisse.
2. Therapeutic and Performance Sports Institute, MotionLab, Lausanne, Suisse.
3. Institut des Sciences du Sport de l'Université de Lausanne, Lausanne, Suisse.
4. Laboratoire d'Analyse du Mouvement, Département de Physiothérapie, Hôpital de la Tour, Meyrin/Genève, Suisse.

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt

#### Keywords

Isokinetic, evaluation, assessment, strengthening, muscle, rehabilitation

#### Mots clés

Isocinétisme, évaluation, bilan, renforcement, muscle, rééducation

#### Abstract

**Introduction:** Muscle strength assessment can be performed in numerous ways and through several contraction regimens. Isokinetics allows a reliable and reproducible measure of the strength of a subject in a given motion range which makes it the gold standard in this area. The concept of isokinetics consists of setting a programmable constant speed with a self-accommodating resistance to the subject's force in each position of the motion range

**Development and discussion:** The isokinetic muscle contraction can be performed in concentric or eccentric dynamic mode and the specificity of these dynamometers allow a real-time adaptation of the resistance developed by the machine to the force produced by the subject, which results in a constant speed.

The isokinetic test is recognized as a dynamic, objective, reliable and reproducible measure.

Some disadvantages exist, however, such as the non-physiological and non-functional aspect of the movement, the in-

#### Résumé

**Introduction:** l'évaluation musculaire peut se faire de multiples façons et sur plusieurs régimes de contraction. L'isocinétisme permet de mesurer de manière fiable et reproductible la force d'un sujet dans une amplitude donnée ; ceci en fait le gold standard en la matière. Le concept même d'isocinétisme consiste à fixer une vitesse constante programmable avec une résistante auto-accommodante à la force du sujet en chaque position de l'amplitude de mouvement.

**Développement et discussion:** la contraction musculaire isocinétique peut se réaliser en mode de contraction dynamique concentrique ou excentrique et la spécificité de ces dynamomètres va permettre une adaptation en temps réel de la résistance développée par la machine à la force produite par le sujet afin que la vitesse demeure constante.

Le test isocinétique présente l'avantage d'être dynamique, objectif, fiable et reproductible.

Certains inconvénients existent néanmoins comme l'aspect non physiologique et non fonctionnel du mouvement, le coût

vestment cost of the equipment and the learning curve of the users (subjects or operators).

The use of isokinetic therefore requires a certain amount of rigor and respect for fundamental rules such as a pre-evaluation history, standardized warm-up and sufficient familiarization, a rigorous set-up of the machine, a standardized evaluation protocol, and an appropriate and relevant use and interpretation of the parameters analyzed.

**Conclusions:** The delivery of reliable and reproducible reports is the first reason to use the isokinetic dynamometer; this tool nevertheless complements muscle strengthening in rehabilitation.

d'investissement du matériel et la courbe d'apprentissage des utilisateurs (sujets ou opérateurs).

Le recours à l'isocinétisme nécessite donc une certaine rigueur et le respect de règles fondamentales comme une anamnèse préalable à l'évaluation, un échauffement standardisé et une familiarisation suffisante, une installation rigoureuse sur la machine, un protocole d'évaluation standardisé, et une utilisation et interprétation adaptées et pertinentes des paramètres analysés.

**Conclusion:** L'établissement de bilans fiables et reproductibles est la première raison de recourir au dynamomètre isocinétique; cet outil constitue également un complément de premier intérêt pour le renforcement musculaire en rééducation.



## 1. Introduction

En préambule à cette communication concernant l'isocinétisme, il convient de rappeler certains principes qui régissent la contraction musculaire. Les principales techniques permettant de quantifier une production de force musculaire sont réalisées en mode statique ou isométrique. Ces techniques ne permettent pas de quantifier la force au cours d'un mouvement ni de déterminer un déséquilibre agoniste/antagoniste. De plus, ces méthodes sont la plupart du temps opérateur-dépendantes, avec une fiabilité et reproductibilité insuffisante et une métrologie somme-toute assez pauvre<sup>(1)</sup>. Ce constat justifie à l'utilisation de méthodes dynamiques fiables, sensibles et reproductibles, telle que l'isocinétisme.

D'un point de vue historique et étymologique le néologisme « Isocinétisme », issu du grec ancien, est composé de Isos = égal et de Kinetikos = mouvement. En médecine il est relatif à la vitesse d'un mouvement, effectué à vitesse constante. Ce terme est, dans notre domaine, inséparable du terme « dynamomètre » composé de "dyne" qui vient du Grec Dynamis = force, et de Mètre = mesure. Si l'on en croit les historiens, la notion de dynamomètre ciblé sur une application médicale fait référence à un système isométrique évoqué dans les années 1950 par Hettinger et Muller<sup>(2)</sup>. Il faudra attendre 1967, et la contribution de Hislop et Perrine<sup>(3)</sup> pour voir apparaître les premiers dispositifs prototypes, en situation dynamique, appliqués à l'appareil locomoteur de l'être humain.

En matière d'entraînement et de rééducation, au lieu d'avoir recours au mode traditionnel consistant à appliquer une charge constante à vitesse variable non définie (isotonique), Perrine développa le concept d'isocinétisme consistant à fixer une vitesse constante programmable (approche dynamique) mais avec une résistante auto-accommodante à la force du sujet en chaque position de l'amplitude de mouvement. La légende rapporte que la NASA, à la fin des années soixante, commençant à se préoccuper des effets néfastes d'une exposition prolongée à la micro-gravité chez les astronautes, consulta alors la communauté scientifique afin de fournir une réponse opérationnelle visant à permettre la mesure des forces dynamiques. La NASA

souhaitait une solution avant tout opérationnelle, suggérant par là qu'elle devrait être bien évidemment, précise, reproductible et significative, mais aussi facile à mettre en œuvre sur le terrain. Elle rejeta, les solutions de type laboratoire, requérant des biomécaniciens experts, des modèles musculo-squelettiques sophistiqués et des analyses de résultats longues et complexes. La réponse consista à l'époque en une solution basée sur le principe d'isocinétisme et l'approche retenue fut de type analytique, c'est-à-dire se rapportant à une articulation considérée isolément. Cette solution était presque parfaite, mesurant en continu et précisément les moments de force dynamiques en fonction de la position angulaire, la direction et la vitesse de mouvement. Elle présentait cependant une limite: pour garantir la précision de tous les paramètres physiques caractérisant le mouvement (c'est-à-dire: position, direction, force et vitesse) sans les altérer d'aucune manière (selon le principe fondamental de la métrologie), il fallait se résoudre à en maîtriser un et ce fut la vitesse angulaire. Celle-ci fut choisie constante dans le mouvement considéré isolément, tout en permettant la programmation au gré de l'opérateur dans une plage allant de 0°/sec à 300°/seconde.

Cette ouverture vers l'évaluation fut un élément fondamental de l'histoire isocinétique car elle élargissait l'application du principe d'isocinétisme à ce qui allait devenir son principal facteur de développement, à savoir l'évaluation. Dès 1970, cette solution fut développée et industrialisée par une firme de Long Island (NY USA), leader d'alors du domaine de la rééducation: Cybex (Cybernetic exercice) du groupe Lumex. Cybex commença à commercialiser une solution de rééducation et une solution d'évaluation basées sur le même concept d'isocinétisme, au travers de 2 machines que sont le *Kinetron* pour la rééducation et le *Cybex 1* pour l'évaluation.

## 2. Développement et discussion

L'isocinétisme (en anglais « *isokinetic* ») signifie donc « mouvement à vitesse constante »<sup>(4)</sup>. Ce concept d'isocinétisme recouvre à la fois un mode de contraction musculaire effectuée à vitesse constante (mode isocinétique) et le matériel nécessaire à la réalisation d'un tel type de contraction (dynamomètre isociné-

tique)<sup>(4)</sup>. L'isocinétisme est donc conditionné par une maîtrise de la vitesse afin que cette vitesse soit constante tout au long du mouvement, et cela est permis par un asservissement de la résistance<sup>(5)</sup>. En effet, il y a une adaptation de la résistance à tout instant du mouvement afin que la résistance du dynamomètre soit égale à la force développée par le sujet (auto-adaptation de la résistance)<sup>(4)</sup>.

Ainsi, la contraction musculaire isocinétique est une contraction en condition dynamique qui peut se réaliser soit en mode de contraction concentrique (avec raccourcissement du muscle), soit en mode de contraction excentrique (avec allongement du muscle), durant laquelle la vitesse de contraction sera identique tout au long du mouvement. Cela est rendu possible grâce aux spécificités des dynamomètres isocinétiques qui vont permettre une adaptation en temps réel de la résistance développée par le dynamomètre à la force produite par le sujet afin que la vitesse soit toujours constante. Par conséquent, si le sujet ne produit pas de force, le dynamomètre n'oppose pas de résistance, et il n'y a pas de déplacement. Lors d'un mouvement, le sujet ne pourra jamais réaliser un mouvement plus rapidement que ce qui a été prédéterminé par le dynamomètre, mais plus le sujet produit de force plus le dynamomètre développe une résistance opposée, et l'inverse est aussi vraie. Ce concept a été imaginé en assimilant le dynamomètre isocinétique à un train qui avance à vitesse constante<sup>(4)</sup> : si la résistance opposée par le train est égale à la force de poussée produite par le sujet, ce dernier ne pourra pas le faire accélérer. Lorsque le sujet avance à la même vitesse que le train, sa force de poussée est nulle, et lorsqu'il essaye d'avancer à une vitesse supérieure à celle du train, il garde alors toujours la même vitesse (celle du train), mais sa force est d'autant plus grande qu'il tente d'augmenter sa vitesse (son effort).

### a. Avantages et inconvénients en pratique clinique

L'évaluation musculaire isocinétique est à ce jour le « *gold standard* » de l'évaluation musculaire en mode dynamique<sup>(4-7)</sup>. Par rapport aux autres modes d'évaluation, il a l'avantage d'être dynamique (par rapport aux évaluations isométriques : testing manuel et dynamométrique) et objectif par rapport aux évaluations subjectives (testing manuel). Mais il possède aussi un certain nombre d'avantages par rapport aux autres modes de contraction dynamique (notamment le mode isotonique)<sup>(4)</sup>. Il permet une mesure de la force musculaire objectivable par des données quantitatives chiffrées telles que le moment de force maximum et les ratios antagoniste/agoniste, qui sont les paramètres les plus utilisés à ce jour. Ces paramètres vont permettre d'évaluer les capacités de production de force maximale d'un sujet pour un groupe musculaire donné, et de les comparer au groupe musculaire antagoniste, au côté controlatéral, à d'autres valeurs précédemment mesurées chez le même sujet, ou encore aux valeurs d'autres sujets. Ces mesures sont fiables, et très reproductibles<sup>(4,7)</sup>. Cette reproductibilité dépend de certaines caractéristiques intrinsèques des dynamomètres mais aussi de la rigueur d'installation et de suivi du protocole par les expérimentateurs<sup>(4)</sup>. Ainsi, les dynamomètres isocinétiques ne sont pas des objets « magiques » qui permettent de rapporter des données reproductibles, mais ils permettent une rigueur dans la réalisation de l'évaluation qui permettra d'obtenir des données très reproductibles.

Dans le contexte spécifique d'une évaluation isocinétique, il est aussi à noter que la trajectoire du mouvement ainsi que son amplitude et sa vitesse angulaire vont être contrôlées ; cela fait partie des nécessités pour que le paramètre de force musculaire soit l'unique inconnue de l'évaluation musculaire, et que celle-ci puisse être déterminée. Ainsi, cette évaluation musculaire isocinétique va pouvoir explorer les caractéristiques musculaires en lien avec les relations tension-longueur et force-vitesse du muscle.

La résistance développée par le dynamomètre étant asservie, adaptée à la force produite par le sujet, lors d'une contraction isocinétique et de son évaluation, il y a une notion de sécurité<sup>(4-7)</sup>. En effet, si le sujet arrête son effort, pour n'importe quelle raison (inattention, peur, blessure, appréhension...), le dynamomètre ne développera plus de résistance car le sujet ne produira plus de force. Ainsi, l'auto-adaptation de la résistance tout au long de l'amplitude permet de placer le sujet dans une situation de sécurité et de confort durant l'évaluation ou le réentraînement isocinétique. Ce n'est pas le cas lors d'une évaluation musculaire isotonique où la charge que doit soulever le sujet est toujours présente même si le sujet arrête son effort<sup>(4)</sup>.

Cependant, certains inconvénients ont été rapportés qui sont liés (i) au mode de contraction et aux mouvements eux-mêmes qui ont été décrit comme non physiologiques et non fonctionnels, (ii) à certains paramètres métrologiques tels que l'utilisation de filtres et la présence d'artefacts, et (iii) surtout au coût d'investissement du matériel (dynamomètre isocinétique) et à la courbe d'apprentissage des utilisateurs<sup>(4-7)</sup>.

Malgré ces inconvénients, l'évaluation musculaire isocinétique reste à ce jour le « *gold standard* » de l'évaluation de la force musculaire, et si dans le cadre d'une prise en charge rééducative, le rééducateur a besoin d'une évaluation objective de la force musculaire, le recours à ce type d'évaluation nous semble recommandé.

### b. Approche méthodologique de l'évaluation musculaire isocinétique

Il convient d'être très rigoureux dans la procédure de réalisation des évaluations musculaires isocinétiques afin que les mesures soient valides, fiables, reproductibles et comparables.

Les fondamentaux de l'évaluation musculaire isocinétique garantissant de cette rigueur sont<sup>(4)</sup> :

- Une anamnèse préalable à l'évaluation musculaire isocinétique qui permet de déterminer ou confirmer l'indication de l'évaluation, dépister d'éventuelles contre-indications (Tableau 1), et recueillir des éléments qui vont être utiles à l'interprétation des résultats.
- Un échauffement standardisé qui est indispensable afin que le sujet soit prêt à produire un effort maximal sans risque.
- Une installation rigoureuse sur le dynamomètre isocinétique prenant en compte le type de dynamomètre (toujours le même pour comparer les valeurs), la position du sujet, du segment de membre évalué et leur stabilisation, permettant un alignement

parfait de l'axe de rotation articulaire et du dynamomètre dans le plan et le mouvement voulu. La position doit mettre le sujet en situation de confort, de confiance, indolore, sans risque de lésion et/ou d'aggravation d'une éventuelle pathologie durant l'effort, tout en étant au plus proche des positions physiologiques d'utilisation de l'articulation, du membre ou des groupes musculaires évalués.

– Un protocole d'évaluation standardisé et suivi rigoureusement incluant les conditions d'expérimentation (le plus possible identiques afin qu'elles ne soient pas un facteur de variation de la mesure), le choix des amplitudes articulaires, des modes de contraction, des vitesses angulaires, du nombre de séries et répétitions, des durées de récupération, de la prise en compte de la correction de gravité, des encouragements et feedback. Les amplitudes articulaires doivent être suffisantes pour que le sujet puisse atteindre la vitesse définie et son moment de force maximum. Les modes de contractions choisis doivent permettre l'exploration la plus large possible des caractéristiques du muscle, de même que les vitesses angulaires doivent permettre d'explorer les caractéristiques de la relation force-vitesse tout en étant proches du mouvement physiologique, et atteignables et non dangereuses pour le sujet. Concernant le choix du nombre de répétitions, il est conseillé de réaliser 3 répétitions pour les vitesses lentes, 5 pour les vitesses intermédiaires et 10 pour les vitesses rapides en concentrique, et de 3 à 5 répétitions en excentrique<sup>(4-7)</sup>.

– Une utilisation et interprétation adaptées et pertinentes des paramètres analysés. Cette interprétation doit prendre en compte le contexte clinique, les caractéristiques du sujet, la variabilité de la mesure isocinétique et la différence potentielle entre les deux côtés liée à la latéralité; des exemples sont fournis plus bas dans cet article. Le paramètre le plus souvent analysé est le moment de force maximum ou pic de couple (Peak Torque). Afin de bien l'interpréter il faut prendre en compte plusieurs notions telles que le poids du sujet (par la normalisation de la valeur du moment de force maximum au poids de corps du sujet), l'ampli-

tude du mouvement et la durée d'exercice (par l'utilisation des paramètres du « travail » et de la « puissance »). Cependant, ces paramètres sont sous-utilisés en pratique et moins documentés que les autres paramètres disponibles<sup>(5-7)</sup>.

### c. Interprétation et utilisation de l'évaluation musculaire isocinétique dans la pratique

A l'issue d'une évaluation musculaire isocinétique, il convient donc de réaliser une interprétation des données mesurées et de produire un compte-rendu. Les notions clés à y faire apparaître sont les informations sur le sujet et l'examineur, ainsi que les conditions du déroulement du test et bien sûr les résultats de celui-ci<sup>(4)</sup>.

Sur ce dernier point, l'interprétation des chiffres est primordiale (analyse quantitative m) comme notamment :

– Le pic de couple du quadriceps à 60°/s en concentrique qui doit au minimum se situer à 3 fois le poids du corps en kg (Ex. Pic de couple supérieur ou égal à 180N.m pour un poids de corps de 60kg).

– Le ratio ischio-jambiers/quadriceps des pics de couple qui doit se situer aux alentours de 63% en concentrique à 60°/s et augmenter avec la vitesse (en faveur des ischio-jambiers donc).

– La force du couple quadriceps/ischio-jambiers côté lésé qui doit dépasser 80% de celle mesurée du côté sain afin de permettre un retour au sport progressif après rupture du ligament croisé antérieur, et atteindre ou dépasser le 100% afin d'autoriser le retour à la performance et la décharge complète du sportif.

– La variance des résultats qui ne doit pas excéder les 10-15% pour que ceux-ci soient considérés comme exploitables.

Enfin une analyse qualitative des courbes peut aussi se révéler instructive pour le clinicien. La courbe de force du quadriceps en concentrique à 60°/s doit en général avoir une allure de « montagne au sommet un peu arrondi ». Il est fréquent de retrouver dans les syndromes fémoro-patellaires par exemple une « gorge creusée » à la place de ce sommet arrondi et représentant une brutale sidération du quadriceps au niveau de l'arc douloureux en extension; cette donnée aiguillera le praticien lors de sa rééducation.

### 3. Conclusion

L'utilisation des dynamomètres isocinétiques apparaît être un complément de premier intérêt dans la rééducation, pour le renforcement musculaire, et ce non seulement de par la possibilité de développer une force maximale tout au long d'une amplitude articulaire choisie, mais aussi grâce aux possibilités de contrôle de différents paramètres comme l'intensité et le volume des exercices, la position, la vitesse, le mode de contraction ou la résistance proposée. En outre les dynamomètres isocinétiques offrent la possibilité d'utiliser, en le contrôlant et avec sécurité, le mode de contraction excentrique, très bénéfique au niveau du gain de force musculaire et pour guider la cicatrisation et la régénération musculaire et tendineuse. L'établissement de bilans fiables et reproductibles est bien sûr la seconde utilisation

Contre-indications relatives	Contre-indications absolues
Douleur invalidante	Processus pathologique évolutif
Hydarthrose importante ou récidivante	Fracture non consolidée
Lésion ligamentaire récente	Pathologie cardio-vasculaire non équilibrée (angor, hypertension artérielle)
Epilepsie	contre-indiquant tout effort
Lésion cutanée	
Incontinence urinaire d'effort *	
Eventration *	
Grossesse	

> Tableau 1: Contre-indications relatives et absolues de l'isocinétisme, d'après l'Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé (ANAES) en 2001 [6].

majeure de ces dynamomètres, comme largement décrit dans cet article; sans oublier d'autres applications moins connues mais très efficaces comme le travail sur le gain d'amplitude articulaire ou la rééducation de cette composante essentielle de la proprioception que constitue la kinesthésie.

---

## Implications pour la pratique

- L'isocinétisme demeure le gold standard pour l'évaluation de la force musculaire. Pouvoir y recourir est toujours un plus afin d'affiner un diagnostic.
- Les tests isocinétiques sont fiables, reproductibles et sans risques pour le patient s'ils sont correctement conduits.
- Les règles d'installation et de familiarisation doivent être respectées.
- L'interprétation quantitative et qualitative des résultats est l'élément clé et doit toujours être mise en perspective avec l'examen clinique.
- L'évaluation isocinétique ne représente pas une panacée pour autant car les matériels sont très onéreux et ne testent que des fonctions très analytiques de nos patients.

---

## Références

- 1 Stone C.A. , Nolan B. , Lawlor P.G., and Kenny R.A. Hand-held dynamometry: tester strength is paramount, even in frail populations. *J Rehabil Med*, 2011. 43(9): 808-11.
- 2 Hettinger T. and Muller E.A. Muscle capacity and muscle training. *Arbeitsphysiologie*, 1953. 15(2): 111-26.
- 3 Hislop H.J. and Perrine J.J. The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther*, 1967. 47(2): 114-7.
- 4 Edouard P. and Degache F. Guide de l'évaluation musculaire isocinétique Des concepts aux conditions sportives et pathologiques. 2016.
- 5 Davies G. A Compendium of Isokinetics in Clinical Usage and Rehabilitation Techniques. 4th Editio. Onalaska, Wisconsin, USA: : S & S Publishers 1992.
- 6 ANAES. Les appareils d'isocinétisme en évaluation et en rééducation: Intérêt et Utilisation. 2001.
- 7 Dvir Z. Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications. 2nd editio. Tel-Aviv: Churchill Livingstone 2004.