

# **Influence de la modalité du développé couché sur la performance iso-inertielle.**

Influence of bench press exercise modality on the iso-inertial  
performance

**Jidovtseff Boris<sup>1</sup>, Croisier Jean-Louis<sup>1</sup>, Crielaard Jean-Michel<sup>1</sup>**

**1 Département de médecine physique et kinésithérapie-réadaptation.**

Université de Liège.

JIDOVTSEFF Boris

ISEPK - B21

Allée des Sports, 4

B-4000 Liège

Belgique

Tel : 0032 4 366 38 94

E-mail : [B.jidovtseff@ulg.ac.be](mailto:B.jidovtseff@ulg.ac.be)

## **Résumé**

**Introduction :** Ce travail utilise un dynamomètre iso-inertiel afin de comparer le mouvement de développé couché réalisé selon quatre modalités : avec ou sans contre-mouvement et avec ou sans projection de la barre. Les avantages et inconvénients de chaque modalité dans le cadre d'une évaluation musculaire font l'objet d'une analyse critique.

**Synthèse des faits :** Le contre-mouvement favoriserait un étirement et une activation musculaire préalables qui améliorent la vitesse uniquement dans la première partie du développé couché. Il en résulte une vitesse moyenne augmentée et une survenue plus précoce des valeurs maximales. La projection de la barre ne modifie pas la première partie du mouvement mais prolonge la phase de propulsion et retarde probablement l'action frénatrice antagoniste en fin d'extension. Il s'en suit une majoration de la vitesse maximale et de la puissance maximale. La projection de la barre nécessite sa réception qui reste potentiellement dangereuse.

**Conclusion :** Le contre-mouvement et la projection de la barre influencent significativement la performance iso-inertielle du développé couché. Une standardisation s'avère nécessaire dans le cadre de l'évaluation du développé couché.

**Mots clés :** évaluation iso-inertielle, développé couché, contre-mouvement, projection

## **Abstract**

**Introduction:** This study used an iso-inertial dynamometer to investigate the influence of counter-movement and barbell throwing during bench press exercise. A critical analysis of these modalities during muscular evaluation was also performed.

**Methods:** The action of muscle stretch during the counter-movement induced an increase in average velocity and a shortening of the time to reach the peak power and peak velocity. The barbell throwing did not alter the initial part of the movement yet lengthened the propulsive phase and delayed the braking phase. Consequently, maximal power and maximal velocity performances were improved. However, the throwing of the barbell requires its catch when falling down, which could be potentially harmful.

**Conclusion:** The counter-movement and the throwing of the barbell significantly change the iso-inertial performances through a bench press exercise. The modalities of bench press assessment execution would have to be rigorously standardized.

**Key words:** iso-inertial assessment, bench press, counter-movement, throw

## **Introduction**

L'évaluation iso-inertielle apprécie la performance musculaire lors d'un exercice de musculation réalisé avec une charge d'inertie constante. Que ce soit pour déterminer la force maximale (1RM), ou pour évaluer la vitesse gestuelle à une charge définie, l'exercice peut se réaliser selon différentes modalités susceptibles d'influencer le résultat.

Par exemple, le développé couché (DC) inclut habituellement une descente de la barre (phase excentrique) et une montée (phase concentrique). Certains protocoles scientifiques proposent parfois de ne réaliser que la seule phase concentrique [3-5]. Il a été démontré que l'étirement excentrique améliore la performance concentrique subséquente [1, 3-4, 6-7]. Certains résultats apparaissent pourtant contradictoires : au niveau des jambes, le Contre-Mouvement Jump (CMJ) permet de sauter plus haut que le Squat Jump (SJ) [1], alors qu'au niveau des bras le contre-mouvement améliorerait la phase concentrique initiale lors du DC, sans toutefois permettre de lancer la barre plus haut [3-4].

La "finale" du DC peut également se réaliser selon différentes modalités. Classiquement, la barre est maintenue en main. Pour se rapprocher de la dynamique de certains sports, des travaux récents proposent cependant de projeter la barre le plus haut possible en fin d'extension [3-4]. Que ce soit au niveau de la projection ou du contre-mouvement, la modalité du DC s'accompagnerait d'une modification de la performance musculaire qu'il importe de préciser. L'approche rigoureuse de l'évaluation iso-inertielle du DC (ou d'un autre mouvement), devrait tenir compte de l'impact de la modalité utilisée sur la performance musculaire.

L'objectif de ce travail consiste :

- d'une part, à définir l'influence du contre-mouvement et de la projection de la barre sur la performance iso-inertielle en DC ;
- d'autre part, à préciser les avantages et inconvénients de chaque technique dans le cadre d'une évaluation fonctionnelle musculaire.

## **Matériel et méthodes**

Vingt-trois sujets masculins, étudiants en éducation physique ou sportifs actifs [âge : 23 ( $\pm$  3) ans ; taille : 182 ( $\pm$  6) cm ; poids : 78 ( $\pm$  7) kg], indemnes de toute pathologie des membres supérieurs, participent à cette expérimentation. Ils réalisent, sur une Smith Machine (Multipower 433, Salter, Espagne), un DC selon quatre modalités différentes. Lors du

développé couché concentrique (DCC), la barre, initialement maintenue au-dessus du thorax, est soulevée le plus vite possible jusqu'à l'extension complète des coudes. Ce mouvement concentrique se réalise également avec une projection de la barre (DCCpr). Lors du développé couché complet (avec contre-mouvement) (DCM), la barre, initialement tenue en position haute, est descendue vers la poitrine, puis remontée le plus vite possible jusqu'à l'extension complète des coudes. Ce mouvement se réalise également avec une projection (DCMpr).

Les quatre exercices sont réalisés en décubitus dorsal, hanches fléchies à 90°, avec un écart des mains qui correspond à la distance entre les deux index lorsque l'abduction des bras et la flexion des coudes atteignent 90°. Lors des mouvements concentriques (DCC et DCCpr), la barre repose initialement sur des taquets, deux doigts au-dessus de la ligne des mamelons. Lors des mouvements complets (DCM et DCMpr), la barre est descendue à vitesse libre avant d'être immédiatement soulevée le plus vite possible. L'essai est annulé et recommencé dans deux circonstances : lorsque la barre percute la poitrine du sujet et lorsque l'amplitude de descente est insuffisante, la tolérance étant fixée à 5 centimètres au-dessus de la poitrine.

Le protocole comporte deux séances espacées d'une semaine. La première permet aux sujets de s'accoutumer aux différentes variantes du DC et au dispositif d'évaluation. La deuxième séance concerne l'évaluation iso-inertielle proprement dite des quatre modalités selon un ordre aléatoire.

Le dynamomètre iso-inertiel [5] utilisé combine un accéléromètre (modèle 3140, IC Sensors, USA) et un capteur de déplacement (modèle PT5DC, Celesco, USA) permettant la mesure du déplacement et de l'accélération de la barre. Un traitement informatique calcule, sur la seule phase concentrique, les paramètres moyens et maximaux de la vitesse ( $V_{moy}$ ,  $V_{max}$ ), et de la puissance ( $P_{moy}$ ,  $P_{max}$ ). Le temps nécessaire pour atteindre chaque valeur maximale est chronométré ( $T_{pmax}$ ,  $T_{vmax}$ ). Le déplacement maximum du mouvement est également mesuré ( $D_{max}$ ). Les sujets réalisent trois essais par modalité et reçoivent comme consigne de mobiliser la barre, d'une masse de 23kg, le plus vite possible. Entre chaque effort, une récupération complète de deux minutes est respectée.

Tous les paramètres sont analysés sur base des moyennes arithmétiques et des écarts-types. L'étude comparative tient compte, pour chaque sujet, du meilleur essai de chaque

modalité. Le test t de Student pour séries appariées détermine la signification statistique des différences entre les paramètres d'une variante du mouvement à l'autre.

## Résultats

La première partie du tableau I présente les performances iso-inertielles mesurées pour chaque modalité. Une étude comparative regroupe ensuite les développés couchés réalisés avec ou sans contre-mouvement d'une part, et les développés couchés réalisés avec ou sans projection d'autre part.

	Comparaison des 4 modalités				Influence du contre-mouvement		Influence de la projection	
	DCC	DCCpr	DCM	DCMpr	CC	CM	SS pr	PR
	n=23	n=23	n=23	n=23	n=46	n=46	n=46	n=46
<b>Dmax (m)</b>	0,59±0,06	0,78±0,1 <sup>ac</sup>	0,58±0,05	0,79±0,09 <sup>ac</sup>	0,69±0,13	0,69±0,13	0,59±0,06	0,79±0,09*
<b>Vmoy (m.s<sup>-1</sup>)</b>	1,37±0,16	1,36±0,15	1,42±0,16 <sup>ab</sup>	1,44±0,17 <sup>ab</sup>	1,36±0,16	1,43±0,17*	1,39±0,16	1,40±0,17
<b>Vmax (m.s<sup>-1</sup>)</b>	2,38±0,34	2,50±0,34 <sup>ac</sup>	2,38±0,33	2,53±0,34 <sup>ac</sup>	2,44±0,34	2,45±0,34	2,38±0,33	2,51±0,34*
<b>Tvmax (ms)</b>	302±40 <sup>cd</sup>	319±46 <sup>acd</sup>	258±38	281±45 <sup>c</sup>	311±43	269±43*	280±45	300±49*
<b>Pmoy (w)</b>	331±56	319±39	321±44	328±39	325±48	324±42	326±50	324±39
<b>Pmax (w)</b>	954±223	1003±204 <sup>ac</sup>	921±204	1009±207 <sup>ac</sup>	978±213	965±208	937±212	1006±204*
<b>Tpmax (ms)</b>	262±50 <sup>ab</sup>	272±48 <sup>acd</sup>	207±50	225±57 <sup>c</sup>	267±49	216±54*	234±57	249±57*

**Tableau 1 – Valeurs moyennes et écart-types des paramètres iso-inertiels lors des quatre modalités du développé couché (DCC, DCCpr, DCM, DCMpr). La supériorité significative d'une modalité est présentée dans par des lettres différentes :**

- a = supérieur (p>0,05) à la performance de la modalité DCC ;**
- b = supérieur (p>0,05) à la performance de la modalité DCCpr ;**
- c = supérieur (p>0,05) à la performance de la modalité DCM ;**
- d = supérieur (p>0,05) à la performance de la modalité DCMpr.**

**L'influence du contre-mouvement compare les performances regroupées des mouvements réalisés en concentrique (CC = DCC + DCCpr) à celles des mouvement réalisé avec contre-mouvement (CM = DCM + DCMpr). L'influence de la projection compare les performances regroupées des mouvements réalisés sans projection (SS pr = DCC + DCM) à celles des mouvement réalisés avec projection (PR = DCCpr + DCMpr) : une différence hautement significative (p<0,001) est indiquée par \*.**

La réalisation d'un contre-mouvement améliore significativement la vitesse moyenne (+4,8%, p<0,001), mais n'influence pas la Vmax et la Pmax. Le temps nécessaire pour atteindre les valeurs maximales est par contre nettement diminué. La puissance moyenne ne varie pas d'une modalité d'exécution à l'autre du DC. L'utilisation du contre-mouvement n'augmente pas non plus le déplacement maximum de la barre lorsque celle-ci est projetée. La projection de la barre s'accompagne logiquement d'une augmentation du déplacement maximum, mais aussi de la vitesse (+5,8% ; p<0,001) et de la puissance maximale (+7,4% ;

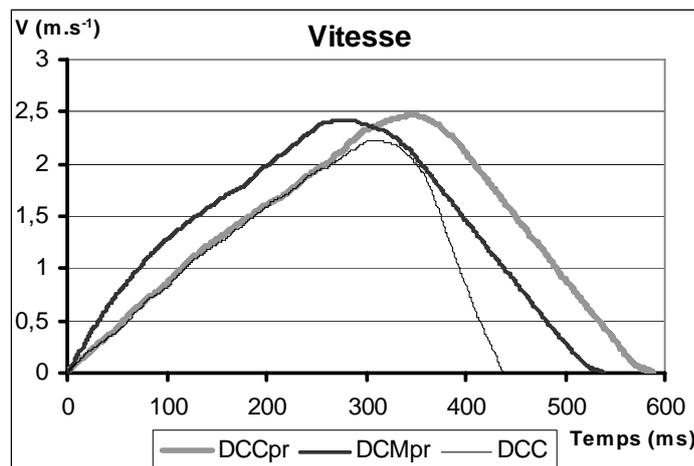
$p < 0,001$ ). Par contre, ni la  $V_{moy}$ , ni la  $P_{moy}$  ne semblent affectées. Le temps nécessaire pour atteindre  $V_{max}$  et  $P_{max}$  augmente lorsque le mouvement comporte une projection.

### **Discussion**

L'objectif de ce travail consistait à vérifier l'influence des modalités d'exécution du DC sur la performance iso-inertielle. La réalisation d'un contre-mouvement modifie significativement plusieurs paramètres iso-inertiels. Ainsi, la vitesse moyenne apparaît majorée alors que les valeurs maximales de vitesse et de puissance surviennent plus tôt dans le mouvement. La descente préalable de la barre provoque un étirement dynamique musculaire (surtout du grand pectoral) qui améliore la performance concentrique. Ce phénomène, communément appelé cycle étirement-détente, résulte probablement de la combinaison de plusieurs facteurs [1,6-7]. Une quantité d'énergie élastique serait accumulée dans les composantes élastiques en série du muscle et puis restituée sous forme de travail mécanique lors du raccourcissement musculaire [1,6]. L'étirement préalable modifierait également la configuration des têtes de myosine, favorisant une contraction plus efficace [7]. Une contraction musculaire anticipative dans la phase excentrique permettrait, dans certains cas, un développement supérieur de la force au début du travail concentrique [3-4, 6-7]. Par ailleurs, l'étirement dynamique stimulerait un réflexe d'étirement, responsable d'une activation musculaire supplémentaire se sommant à l'activité volontaire [6]. Enfin, l'étirement préalable augmenterait la raideur du système musculo-tendineux. Les forces issues de la contraction musculaire seraient transmises plus rapidement au niveau des segments osseux, justifiant de meilleures performances au début du mouvement.

D'après la littérature, le bénéfice du contre-mouvement se manifeste surtout au début de la phase concentrique sans réellement influencer la fin du mouvement [3, 6]. La figure 1 illustre pour un sujet, l'évolution de la vitesse lors d'un développé couché réalisé dans trois conditions différentes (DCC, DCCpr, DCMpr). L'analyse des courbes DCCpr et DCMpr suggère que le contre-mouvement améliore la performance dans la première partie du DC. Les vitesses maximales restent similaires mais apparaissent plus précocement lors du contre-mouvement. Le cycle étirement-détente provoquerait un déplacement des courbes vers la gauche, réduisant ainsi  $T_{pmax}$  et  $T_{vmax}$  sans toutefois affecter  $P_{max}$  et  $V_{max}$  (Figure 1). Il ne permet pas de lancer la barre plus haut. Ces résultats, contradictoires avec ce que l'on observe au niveau des jambes [1], confirment l'étude de Cronin et al. [3] qui ne décrit aucun effet bénéfique du cycle étirement-détente sur la puissance et la vitesse

maximale lors du DC. L'amplitude et la durée du mouvement, plus importante lors d'un DC que lors d'un CMJ, explique probablement pourquoi l'effet bénéfique du contre-mouvement se dissipe avant la fin de l'extension [3]. Dans un mouvement de grande amplitude comme le DC, le développement d'une puissance et d'une vitesse maximale élevées dépendrait plus des capacités individuelles de force-vitesse que de la capacité à utiliser le cycle étirement-détente [3].



**Figure 1 – Evolution de la vitesse au cours d'un développé couché réalisé par un même sujet selon trois modalités différentes : concentrique (DCC), concentrique avec projection (DCCpr) et complet avec projection (DCMpr)**

Par ailleurs, il a été démontré que l'effet bénéfique du contre-mouvement varie selon différents facteurs : la vitesse de la phase excentrique, la charge utilisée, le niveau d'étirement, la composition musculaire, et même le niveau de force [3, 6-7]. L'évaluation du DC avec contre-mouvement reste problématique à plus d'un titre :

1. l'amplitude et la vitesse de la phase excentrique devraient idéalement être standardisées, ce qui apparaît peu évident ;
2. le contre-mouvement, même standardisé, induit une amélioration de la performance variable selon les charges utilisées ;
3. comparativement au mouvement concentrique, l'apprentissage technique s'avère plus difficile ;
4. plusieurs essais doivent être régulièrement recommencés (lorsque la barre touche la poitrine, ou lorsque le contre-mouvement survient trop précocement), augmentant le risque de fatigue.

L'évaluation iso-inertielle concentrique apparaît plus rigoureuse. L'utilisation du contre-mouvement reste toutefois intéressante pour l'étude du cycle étirement-détente et de certains aspects de l'entraînement.

La projection de la barre lors d'un DC augmente et retarde les valeurs maximales de la vitesse et de la puissance. Ces résultats suggèrent que la barre est accélérée sur une partie plus importante de la phase concentrique. Un travail récent souligne que la projection de la barre s'accompagne non seulement d'une amélioration de la vitesse maximale mais aussi de la vitesse moyenne [4]. Le calcul utilisé pour apprécier la puissance et la vitesse moyenne pourrait différer d'une étude à l'autre. Dans notre travail, le traitement informatique apprécie ces deux paramètres sur toute la phase ascendante de la barre. Lorsque la barre est projetée,  $V_{moy}$  et  $P_{moy}$  intègrent la phase de suspension de la barre (qui s'accompagne d'une diminution de la vitesse et de la puissance). Interrompre l'enregistrement lorsque la barre quitte les mains semble idéal mais techniquement impossible. Sans cette particularité,  $P_{moy}$  et  $V_{moy}$  seraient probablement majorés lors du travail avec projection, rejoignant ainsi les résultats de Cronin et al. [4].

La figure 1, comparant un DC concentrique réalisé avec (DCCpr) ou sans (DCC) projection, confirme que l'augmentation initiale de la vitesse est identique dans les deux mouvements. La projection prolongerait cette augmentation de vitesse, justifiant une valeur maximale plus tardive et majorée. Un phénomène identique s'observe pour la puissance. Ces résultats concordent avec la littérature [4]. La proportion de la phase propulsive serait supérieure lorsque la barre est lancée. Inversement, le blocage de la barre s'accompagnerait d'une phase frénatrice plus importante. En fait, lors de chaque mouvement, l'anticipation de la phase finale (bloquer ou projeter la barre) engendrerait une programmation motrice différente selon que la barre est bloquée ou projetée. L'élaboration du schéma moteur dépendrait de l'anticipation du mouvement plutôt que du mouvement réellement rencontré dans l'effort [2]. Lorsque l'intention est de garder la barre en main, la programmation motrice favoriserait en fin d'extension une action frénatrice antagoniste couplée d'un relâchement agoniste. Par contre, si la projection de la barre constitue l'élément volontaire du geste, la programmation motrice prolongerait l'action propulsive (activation des agonistes et relâchement des antagonistes). L'activation réflexe des antagonistes, provoquée par leur

étirement dynamique, surviendrait tout de même en fin d'extension, afin de protéger les tissus articulaires et musculaires contre la contraction violente des agonistes [2].

La biomécanique du DC avec projection reproduit la dynamique des actions musculaires des lancers et des sports de raquette. Cette modalité apparaît ainsi particulièrement appropriée pour évaluer la fonction musculaire dans des conditions proches de la compétition. Malheureusement, les mouvements de projection s'accompagnent généralement d'une réception de la barre, sollicitant intensément les muscles propulseurs en excentrique et favorisant potentiellement la survenue de lésions musculaires. Par ailleurs, les forces d'amortissement de chaque répétition pourraient occasionner divers microtraumatismes. Certaines machines sont idéalement munies de freins électromagnétiques qui bloquent la barre en position haute. Généralement, l'évaluation iso-inertielle avec projection reste couplée à une réception de la barre, potentiellement dangereuse à charges élevées. En conséquence, nous préférons une évaluation classique sans lâcher la barre.

### **Conclusion**

Le contre-mouvement améliore la performance dans la première partie du mouvement, alors que la projection augmente et retarde les paramètres maximaux. L'évaluation iso-inertielle sera préférentiellement réalisée en concentrique. La projection de la barre reste conseillée si le matériel permet de bloquer celle-ci en position haute. Dans le cas contraire, il s'avère plus prudent, surtout avec des charges élevées, de réaliser un mouvement concentrique en conservant la barre en main.

### **Bibliographie**

1. Bosco C. Evaluation de la force par le test de Bosco. Rome : Stampa Sportiva ; 1992.

2. Collet C. Mouvement et cerveau. Neurophysiologie des activités physiques et sportives. Paris : Deboeck Université ; 2002
3. Cronin JB, McNair PJ, Marshall RN. Magnitude and decay of stretch-induced enhancement of power output. Eur J Appl Physiol 2001 ; 84 : 575-581.
4. Cronin JB, McNair PJ, Marshall RN. Force-velocity analysis of strength-training techniques and load: implications for training strategy and research. J Strength Cond Res 2003 ; 17 : 148-55.
5. Jidovtseff B., Croisier J.L., Lhermerout C., Serre L., Sac D., Crielaard J.M. The concept of iso-inertial assessment: reproducibility analysis and descriptive data. Isok Exerc Sci 2006, sous presse.
6. Komi PV. Stretch-shortening cycle. In : Komi PV, éd. Strength and power in sport. Oxford : Blackwell Science Ltd ; 2003. p184-202.
7. Van Ingen Schenau GJ, Bobbert MF, De Haan A. Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle ? J Appl Biomech 1997 ; 13 : 389-415.