

**République algérienne démocratique et populaire**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**  
**Université Abdelhamid ibn badis**  
**Institut d'éducation physique et sportive**

**Département: entraînement sportif**

**Spécialité : Entraînement et Préparation physique**

**Mémoire de fin d'étude intitulé :**

**Analyse de la condition physique, des actions techniques et des réponses physiologiques lors de combats de judo de différentes durées : influence de l'aptitude aérobie et anaérobie.**

**Réalisé par :**

**Mr Bendjeloul Slahh Eddine**

**Sous la direction de :Dr Belkadi Adel**

**Année universitaire 2022-2023**

## Dédicace

**À mon cher père, ma mère aimante**, mes amis dévoués et mon directeur de thèse, le Dr Belkadi Adel,

Il est impossible pour moi de mettre en mots toute ma gratitude et ma reconnaissance envers chacun de vous. Ce moment de ma vie, marqué par la fin de mes études, est un accomplissement que je partage avec vous tous, car vous avez été les piliers solides de mon parcours.

**Papa et maman**, vous êtes mes plus grands soutiens, mes sources inépuisables d'amour et de courage. Vos encouragements inconditionnels, votre confiance et vos sacrifices ont été les fondements de ma réussite. Vous avez cru en moi lorsque j'ai douté de moi-même, et vous m'avez donné la force nécessaire pour aller de l'avant. Cette dédicace est un témoignage de ma gratitude éternelle envers vous.

**À mes amis fidèles**, vous avez été mes compagnons de route tout au long de cette aventure académique. Vos encouragements, votre soutien moral et notre camaraderie ont rendu ce voyage plus joyeux et mémorable. Nos rires, nos moments de partage et nos discussions passionnées resteront gravés dans mon cœur. Cette dédicace est un hommage à notre amitié indéfectible.

Et enfin, au **Dr Belkadi Adel**, mon directeur de thèse exceptionnel. Votre expertise, votre patience et votre engagement inébranlable envers mes recherches ont été inestimables. Vous avez été un mentor inspirant, guidant mes pas et me poussant à repousser mes limites intellectuelles. Votre soutien constant et vos conseils éclairés m'ont permis de réaliser mes ambitions académiques. Cette dédicace témoigne de ma profonde reconnaissance envers vous.

À vous tous, ma famille et mes amis, ainsi qu'à mon cher directeur de thèse, je vous dédie ce mémoire de fin d'études. Votre présence et votre influence dans ma vie ont façonné mon parcours et m'ont permis d'atteindre cette étape importante. Que cette dédicace soit le témoignage de mon amour, de ma gratitude et de ma reconnaissance éternelle envers chacun de vous.

*Avec toute mon affection,*

## Remerciement

Chers professeurs et enseignants qui ont jalonné tout mon parcours de licence,

Il est difficile d'exprimer à quel point votre influence a été cruciale dans ma formation académique et personnelle. Aujourd'hui, alors que je franchis cette étape importante, je tiens à vous adresser mes sincères remerciements pour votre dévouement, votre expertise et votre soutien inébranlable.

**À vous, mes professeurs**, vous avez été les gardiens du savoir, les guides éclairés qui m'ont transmis les connaissances fondamentales de mon domaine d'étude. Vos cours passionnants, vos conseils avisés et vos encouragements ont nourri ma curiosité intellectuelle et ont façonné ma vision du monde. Vous avez su éveiller en moi la soif d'apprendre et l'envie de repousser mes limites. Je suis profondément reconnaissant de l'impact que vous avez eu sur ma formation.

**À mes enseignants**, vous avez été les acteurs essentiels de mon apprentissage au quotidien. Votre patience, votre bienveillance et votre engagement à nous aider à comprendre les concepts les plus complexes ont été précieux. Vous avez su créer un environnement propice à l'épanouissement de mes compétences et de ma confiance en moi. Je vous suis reconnaissant pour votre soutien indéfectible et votre dévouement à notre réussite.

Enfin, un remerciement spécial au directeur **Pr.Mime Mokhtar** et au **Dr Belkadi Adel**. Votre rôle de directeurs dans mon parcours universitaire a été déterminant. Vos conseils éclairés, votre encadrement attentif et vos encouragements constants m'ont permis de surmonter les obstacles et de me surpasser. Votre expertise et votre passion pour la recherche ont été une source d'inspiration pour moi. Je suis honoré d'avoir pu bénéficier de votre accompagnement précieux tout au long de mon parcours.

À vous tous, mes chers professeurs, enseignants, directeurs et directrices, je tiens à vous exprimer ma gratitude profonde. Vous avez contribué à façonner ma personnalité, mes compétences et mes aspirations. Votre dévouement à l'éducation a été une source d'inspiration constante, et je suis fier d'avoir été votre élève. Je garderai vos enseignements et votre bienveillance dans mon cœur tout au long de ma vie.

*Avec mes sincères remerciements,*

## Résumé

Cette étude vise à caractériser la demande physiologique des combats de judo, qui peuvent varier en durée de quelques secondes à plus de 5 minutes. Nous examinons la relation entre ces réponses physiologiques et le niveau d'aptitude aérobie et anaérobie des athlètes, dans le but d'améliorer les méthodes d'entraînement. Pour cela, 12 athlètes de judo ont participé à 10 sessions d'évaluation. Les athlètes ont été soumis à des combats simulés de judo de différentes durées (1, 2, 3 et 4 minutes) dans des conditions contrôlées, avec des évaluations physiques et des mesures de performance. Les résultats montrent une prédominance du système aérobie dans la fourniture d'énergie pendant les combats, avec une diminution de la contribution des systèmes anaérobies au fil du temps. De plus, des niveaux élevés d'aptitude aérobie et anaérobie sont associés à de meilleures performances pendant les combats. Ces résultats ont des implications importantes pour l'entraînement des judokas afin d'améliorer leur condition physique et leurs compétences techniques pour des combats plus longs et plus intenses.

**Mots-clés:** systèmes de transfert d'énergie ; structure temporelle ; performance physique ; perception subjective de l'effort.

## Abstract

This study aims to characterize the physiological demands of judo matches, which can vary in duration from a few seconds to over 5 minutes. We examine the relationship between these physiological responses and the aerobic and anaerobic fitness levels of athletes, with the goal of improving training methods. To achieve this, 12 judo athletes participated in 10 evaluation sessions. The athletes were subjected to simulated judo matches of different durations (1, 2, 3, and 4 minutes) under controlled conditions, with physical evaluations and performance measurements. The results demonstrated a predominance of the aerobic system in providing energy during matches, with a decrease in the contribution of anaerobic systems over time. Furthermore, higher levels of aerobic and anaerobic fitness are associated with better performance during matches. These findings have significant implications for judo training, aiming to enhance athletes' physical condition and technical skills for longer and more intense matches.

## Liste des tableaux et des figures

### A. Liste des tableaux

N°	Titre	Pages
01	Nomenclature des catégories de poids en judo, ainsi que les limites de masse corporelle pour les athlètes masculins et féminins	09
02	Analyse du temps total et moyen (moyenne $\pm$ écart-type) par séquence de dans trois combats simulés	10
03	Analyse du temps total et moyen (moyenne $\pm$ écart-type) par séquence de dans trois combats simulés (Adapté de MARCON et al., 2010).	13
04	Analyse du temps total et moyen (moyenne $\pm$ écart-type) par séquence de dans trois combats simulés (Adapté de MARCON et al., 2010).	33
05	Résumé des études qui ont mesuré la contribution des trois systèmes de transfert d'énergie (relative et absolue) pendant le combat dans différentes modalités.	38
06	- Réponses physiologiques et de performance dans les tests progressifs pour les membres inférieurs et supérieurs (n = 12) (valeurs en moyenne $\pm$ écart-type).	53
07	Contribution absolue (kJ) et relative (%) des systèmes énergétiques aux tests de Wingate pour les membres inférieurs et supérieurs (valeurs en moyenne $\pm$ écart-type) (n = 12).	53

<b>Table des matières</b>		<b>Page</b>
	<b>Dédicace</b>	<b>II</b>
	<b>Remerciement</b>	<b>III</b>
	<b>Résumé</b>	<b>IV</b>
	<b>Abstract</b>	<b>IV</b>
<b>1.</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>OBJECTIFS</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>HYPOTHÈSE</b>	<b>6</b>
<b>1.</b>	<b>Partie théorique</b>	<b>8</b>
<b>1.1.</b>	<b>Revue de la littérature</b>	<b>8</b>
<b>1.2.</b>	<b>Le combat en judo</b>	<b>9</b>
<b>1.2.1.</b>	<b>Caractérisation de la durée et des actions effectuées lors d'un combat de judo</b>	<b>11</b>
<b>1.2.2.</b>	<b>Période entre la gestion de compétition par les référés</b>	<b>14</b>
<b>2.</b>	<b>Chapitre II : Caractérisation de la demande physiologique</b>	<b>15</b>
<b>2.1.</b>	<b>Caractérisation de la demande physiologique du combat en judo</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1.</b>	<b>Réponses physiologiques lors de matchs de judo simulés et compétitifs</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2.</b>	<b>Concentration de lactate</b>	<b>18</b>
<b>2.1.3.</b>	<b>Consommation d'oxygène</b>	<b>27</b>
<b>2.1.4.</b>	<b>Fréquence cardiaque</b>	<b>29</b>
<b>2.1.5.</b>	<b>Réponses subjectives</b>	<b>32</b>
<b>3.</b>	<b>Chapitre III : Contribution des systèmes de transfert d'énergie</b>	<b>34</b>
<b>3.1.</b>	<b>Performance physique</b>	<b>35</b>
<b>3.2.</b>	<b>Contribution des trois systèmes de transfert d'énergie</b>	<b>37</b>
<b>3.3.</b>	<b>Développement du combat de judo</b>	<b>42</b>
<b>1.</b>	<b>Partie II : Méthodologie de la recherche. Méthode et moyens. Méthode et moyens</b>	<b>43</b>
<b>1.1.1.</b>	<b>Participants</b>	<b>45</b>
<b>1.1.2.</b>	<b>Procédures</b>	<b>45</b>
<b>1.1.3.</b>	<b>Anthropométrie</b>	<b>49</b>
<b>1.1.4.</b>	<b>Évaluation de la condition physique aérobie des membres inférieurs et supérieurs</b>	<b>49</b>
<b>1.1.5.</b>	<b>Protocoles et méthodes pour déterminer la consommation maximale d'oxygène</b>	<b>49</b>
<b>1.1.6.</b>	<b>Batterie de tests de performance</b>	<b>49</b>
<b>1.1.7.</b>	<b>Estimation de la contribution des systèmes énergétiques</b>	<b>51</b>
<b>1.1.8.</b>	<b>Analyse statistique</b>	<b>52</b>
<b>2.</b>	<b>RÉSULTATS</b>	<b>53</b>
<b>2.1.</b>	<b>Caractéristiques générales, aptitude aérobie et aptitude anaérobie</b>	<b>53</b>
<b>2.2.</b>	<b>Réponses de la perception subjective</b>	<b>54</b>
<b>2.3.</b>	<b>Réponses physiologiques dans les différentes conditions, durées et moments du combat La figure 5 montre les données de FC</b>	<b>56</b>
<b>3.</b>	<b>DISCUSSION</b>	<b>57</b>
<b>3.1.</b>	<b>Différentes conditions de combat</b>	<b>58</b>
<b>3.2.</b>	<b>Différentes durées de combat</b>	<b>63</b>
<b>3.3.</b>	<b>Différents moments du combat</b>	<b>68</b>
<b>3.4.</b>	<b>Contribution des systèmes énergétiques dans les combats simulés</b>	<b>72</b>
	<b>Conclusion</b>	<b>78</b>
	<b>References</b>	<b>79</b>
	<b>annexes</b>	<b>86</b>

# Etude Préliminaire

## 1. Introduction :

Le judo est un sport de combat olympique disputé en sept catégories pour chacun des sexes en fonction de la masse corporelle des athlètes. Lors des Jeux olympiques de Londres (2012), les médailles attribuées au judo ont représenté environ 6 % du tableau général des médailles (56 sur 962 possibles) (COMITÉ OLYMPIQUE INTERNATIONAL, 2013), ce qui démontre la représentativité de cette modalité sur la scène sportive mondiale.

Le déroulement du combat peut se faire debout, par des projections de coups, et au sol, par des immobilisations, des clés dans l'articulation du coude et des estrangulations. La durée réglementaire du combat est de quatre minutes pour les hommes et de quatre minutes pour les femmes, qui peuvent être prolongées en cas d'égalité (scores et punitions) dans le temps réglementaire, jusqu'à ce que l'un des athlètes obtienne un score ou jusqu'à ce que l'adversaire soit puni (golden score), et il n'y a pas de limite de temps maximale pour la prolongation (JUDÔ FÉDÉRATION INTERNATIONALE, 2013). Ainsi, la durée du combat peut varier de quelques secondes à une période prolongée. En raison des interruptions constantes qui se produisent pendant le combat, qui sont médiées par l'action de l'arbitre, le judo est considéré comme une modalité intermittente. Au cours d'un seul combat, environ 11 séquences de combat sont exécutées (MARCON et al., 2010), dont la durée de chaque période d'effort et de pause est d'environ 30 s et 10 s, respectivement (FRANCHINI ; ARTIOLI ; BRITO, 2013).

Dans la littérature, certaines études ont tenté de caractériser la demande physiologique du combat de judo à partir de tests intermittents sur cycloergomètre (ARTIOLI et al., 2007 ; FRANCHINI et al., 2003 ; KROGULSKI et al., 1986 ; KROGULSKI ; LUKASZEWSKA, 1989 ; MARKOWSKA et al., 1987 ; MICKIEWITZ ; STARCZENSKA ; BORKOWSKI, 1991) ou dans des tests spécifiques impliquant des actions de

judo (ALMANSBA ; FRANCHINI ; STERKOWICZ, 2007 ; HEINISCH, 1997 ; SANTOS et al., 2010 ; STERKOWICZ, 1995).

Bien que ces études aident à caractériser la modalité et le niveau de condition physique des athlètes, et à comprendre le comportement physiologique lors de stimuli ayant une structure temporelle similaire, la spécificité des actions de la modalité n'est pas prise en compte.

La rareté des études sur la demande physiologique du combat lui-même est due principalement à l'impossibilité d'effectuer divers types de mesures pendant le combat (DETANICO et al., 2012). En raison de cette difficulté, la principale stratégie utilisée par les chercheurs consiste à analyser certaines réponses physiologiques, perceptives et de performance dans des activités utilisées pendant l'entraînement, ou dans des combats simulés et compétitifs.

Dans ce sens, nous mettons en évidence les réponses physiologiques : concentration de lactate [La] (ARTIOLI et al. 2007 ; BONITCH -DOMÍNGUEZ et al., 2010 ; DEGOUTTE ; JOUANEL ; FILAIRE, 2003 ; FRANCHINI et al., 2001a, 2004b ; FRANCHINI ; TAKITO ; BERTUZZZI, 2005 ; LIMA et al., 2004 ; SBRICCOLI et al., 2007 ; SERRANO et al., 2001), la consommation d'oxygène ( $\dot{V} O_2$ ) (AHMAIDI et al., 1999 ; ALMANSBA et al., 2010 ; DE MEERSMAN ; RUHLING, 1997 ; FRANCHINI et al., 2008 ; KANEKO ; IWATA ; TOMIOKA, 1978 ; LECH et al., 2010 ; SUGIYAMA, 1999 ; SZMATLAN-GABRYS et al., 2004) et la fréquence cardiaque (HR) (BONITCH et al, 2005 ; COTTIN ; DURBIN ; PAPELIER, 2004 ; HOUVENAEGHEL et al, 2005 ; KANEKO ; IWATA ; TOMIOKA, 1978 ; SBRICCOLI et al, 2007) ; les réponses de l'appareil locomoteur et de l'appareil respiratoire. la perception subjective de l'effort (CHTOUROU et al., 2013 ; HAJSALEM et al., 2013; SERRANO et al., 2001) ; et les réponses en termes de performance (BONITCH- DOMÍNGUEZ et al., 2010 ; BONITCH-GÓNGORA et al., 2012).

D'après les résultats obtenus dans le cadre des études susmentionnées, la demande physiologique d'un seul combat a été qualifiée d'élevée. Bien que la mesure directe de la contribution des systèmes de transfert d'énergie, ainsi que l'intégration des réponses physiologiques, perceptives et de performance, la structure temporelle et les actions effectuées pendant le combat n'aient pas été directement réalisées, il existe certaines hypothèses concernant la demande physiologique du combat. Pendant les périodes d'effort, l'application du coup implique une action musculaire de puissance. Bien que l'évaluation directe de l'intensité employée dans l'application des coups soit difficile à quantifier, puisque la technique peut être appliquée dans des situations impliquant ou non l'anticipation des mouvements de l'adversaire, il est probable que l'énergie pour accomplir ce type d'action soit soutenue, principalement, par le métabolisme anaérobie alactique. Dans les autres moments du combat, il est probable que le maintien de l'effort soit soutenu par les trois systèmes de transfert d'énergie sous une forme intégrée, avec augmentation temporelle de la contribution relative du système aérobie et réduction concomitante de la contribution relative des systèmes anaérobies. Enfin, le métabolisme aérobie devrait contribuer à la récupération de l'athlète pendant les périodes de pause. Il convient de noter que ces conclusions n'ont pas été testées jusqu'à présent.

La caractérisation de la demande physiologique du combat de judo, soit dans sa durée totale, soit par le fractionnement de cette période, peut contribuer à l'amélioration des méthodes d'entraînement pour la modalité (CALMET, 2007). Le fractionnement du combat est pertinent pour comprendre comment, quand et dans quelle mesure les modifications sont observées dans la demande physiologique au cours de son déroulement, en particulier parce que les modifications observées à la fin du combat ne représentent pas toujours les occurrences typiques.

Au cours de son développement. En outre, les réponses physiologiques, perceptives et de performance du combat doivent éventuellement être associées

aux différentes actions appliquées pendant le combat, ainsi qu'au niveau de condition physique du judoka, une fois qu'il y a une association entre les différentes actions techniques et tactiques accomplies pendant le combat et le profil physiologique de l'athlète (GARIOD et al. 1995).

## 2. OBJECTIFS

L'objectif général de la présente étude était de caractériser la demande physiologique du combat de judo.

Pour faciliter l'élaboration de la réponse à cet objectif, les objectifs spécifiques suivants ont été définis :

- Estimer la contribution des trois systèmes de transfert d'énergie pour couvrir le coût énergétique du combat de judo ;
- Comparer la contribution relative et estimée des trois systèmes de transfert d'énergie dans des combats de durées différentes ;
- Comparer les réponses physiologiques, perceptives, de performance, de structure temporelle et d'action entre différentes conditions de combat
- Comparer les réponses physiologiques, perceptives, de performance, de structure temporelle et d'actions exécutées entre différentes durées de combat (1, 2, 3 et 4min)
- Comparer les réponses physiologiques et les performances à différents moments du combat (avant et après le combat) ;
- Comparer la réponse  $\dot{V}O_2$  entre différents types d'actions de combat (effort et pause) ;
- Vérifier la corrélation entre les niveaux d'aptitude aérobie et anaérobie des athlètes et le pourcentage de baisse de performance ;
- Vérifier la corrélation entre les niveaux d'aptitude aérobie et anaérobie des athlètes et les actions techniques exécutées au combat ;

- Vérifier la corrélation entre les niveaux d'aptitude aérobie et anaérobie des athlètes et les variables de la structure temporelle.

### 3. HYPOTHÈSE

A partir des informations existantes dans la littérature et des objectifs fixés, certaines hypothèses ont été établies. Pour couvrir le coût énergétique du combat de judo, on observera une augmentation temporelle de la contribution du système aérobie avec une réduction concomitante de la participation des systèmes anaérobie alactique et lactique. Bien que des valeurs élevées de [La] (indicateur de la contribution du système anaérobie lactique) soient vérifiées après des combats simulés et compétitifs, on s'attend à ce que ces valeurs soient générées dans les premiers moments du combat. L'augmentation temporelle des valeurs de  $\dot{V} O_2$  sera vérifiée à la fois dans les périodes d'effort et dans les périodes de pause, favorisant ainsi la récupération partielle de l'athlète. Si cette récupération permet de resynthétiser, même en faible proportion, les réserves de CP, on observera le maintien de la contribution relative du système anaérobie alactique.

En ce qui concerne la relation entre les réponses physiologiques et perceptives et le développement temporel du combat, on observe une augmentation des valeurs absolues. Cependant, lorsque les valeurs sont relativisées en taux par minute de combat, on observe un comportement inverse. On pense également que cette réduction de l'augmentation du taux des réponses physiologiques et perceptives s'accompagnera d'une modification de la structure temporelle et des actions techniques. Plus précisément, on pense qu'il se produira une réduction du temps moyen des périodes d'effort et une augmentation de l'occurrence et du temps moyen des périodes de pause. Le maintien de la performance de la puissance des membres inférieurs sera observé puisque l'application du coup, qui se caractérise comme une action de puissance musculaire, sera effectuée avec une faible

## Définition de l'étude

---

fréquence et entrecoupée d'une période qui permet la récupération de cette action musculaire. Cependant, en raison de l'occurrence élevée des actions d'établissement et de maintien de la prise sur l'adversaire, qui requièrent la résistance des membres supérieurs, y compris la force isométrique maximale de la poignée, on observera une diminution de la force isométrique maximale de la poignée et de la résistance musculaire dynamique des membres supérieurs.

La nécessité de mesurer le  $\dot{V} O_2$  pendant le combat, ainsi que les limitations imposées pour que l'athlète évalué dans cette condition ne soit pas projeté par son adversaire, pourraient conduire à des changements dans les réponses physiologiques, la perception, la performance, la structure temporelle et les actions effectuées. On pense que les combats dans la condition sans l'utilisation de mesurer le  $VO_2$  peuvent présenter des réponses plus prononcées par rapport aux contraire .

Enfin, on s'attend à ce que le bon développement de l'aptitude aérobie et anaérobie, mesurée dans les tests de laboratoire, favorise les avantages permettant à l'athlète de répondre à la demande physiologique imposée par la réalisation d'un combat.

# **1. Partie théorique**

## **1.1. Revue de la littérature**

La revue de la littérature de la présente étude a permis de recueillir des informations sur la caractérisation de la demande physiologique du combat de judo et sur les méthodes utilisées pour estimer la contribution des systèmes énergétiques dans les sports de combat.

Pour ce faire, la première partie présente les données de l'analyse de la structure temporelle (du terme anglais time-motion) en considérant la durée totale du combat et la durée de chaque séquence d'effort et de pause (temps moyen). Ensuite, les études qui avaient pour objectif de caractériser la demande physiologique du combat ont été présentées en effectuant des mesures physiologiques, perceptives et de performance dans des combats compétitifs ou simulés.

Dans la deuxième partie, les études visant à estimer la contribution des systèmes énergétiques pendant le combat simulé ont été présentées. Dans ce sujet, les études qui ont réalisé ces mesures dans d'autres sports de combat ont été présentées, une fois que ces mesures, jusqu'à présent, n'ont pas été réalisées dans le combat de judo.

## **1.2. Le combat en judo**

Le développement du judo de combat peut se faire debout ou au sol. Dans le combat debout, l'objectif de l'athlète est de projeter l'adversaire de dos au sol en utilisant des coups de jambe, de bras, de hanche, en raison de la prédominance de l'implication de ces parties du corps pour l'exécution du coup, ainsi que des techniques de sacrifice, qui sont des techniques dans lesquelles l'individu qui accomplit la projection sacrifie son équilibre pour projeter l'adversaire (BROUSSE ; MATSUMOTO, 1999). Compte tenu de la position dans laquelle l'adversaire tombe au sol, du contrôle exercé par l'athlète qui effectue la projection, ainsi que de la force et de la vitesse d'application du coup, l'arbitre du combat attribue une pontuação (yuko, wazari et ippon). Dans le combat au sol, l'athlète peut atteindre la victoire en immobilisant son adversaire

pendant 20s, ou en obtenant des ponctuations intermédiaires avec des immobilisations pendant 10 s (wazari) ; ou encore provoquer le retrait de son adversaire, action qui caractérise le ippon, en appliquant une clé dans l'articulation du coude ou un étranglement.

La victoire est donnée à l'athlète qui obtient le score maximum (ippon), ce qui détermine la fin du combat. Si, à la fin du temps réglementaire du combat, aucun des athlètes n'obtient l'ippon, l'athlète qui a la supériorité de points est déclaré vainqueur. Outre l'ippon, il existe deux autres points valables : le wazari. Deux wazari constituent un ippon, , le score le plus bas qui peut être obtenu, et les autres scores. Par exemple, si l'athlète A obtient un wazari et. En cas d'égalité des scores, les deux athlètes rentre dans le golden score

Dans les compétitions de judo, les athlètes sont séparés par sexe, classe d'âge et catégorie de poids. La règle pour chacune de ces subdivisions est différente, principalement en ce qui concerne la durée du combat. Dans la principale classe d'âge en litige, la catégorie senior (plus de 21 ans), les athlètes masculins et féminins sont divisés en 7 catégories de poids chacune (graphique 1) (FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE JUDÔ, 2010).

	Homme (kg)	Femelle (kg)
<b>L igeiro</b>	Jusqu'à 60	Jusqu'à 48
<b>Demi-lumière</b>	Plus de 60 ans et jusqu'à 66 ans	Plus de 48 ans et jusqu'à 52 ans
<b>Lumière</b>	Plus de 66 ans et jusqu'à 73 ans	Au-dessus de 52 et jusqu'à 57
<b>Demi-moyen</b>	Plus de 73 ans et jusqu'à 81 ans	Au-dessus de 57 et jusqu'à 63

**Tableau 1 - Nomenclature des catégories de poids en judo, ainsi que les limites de masse corporelle pour les athlètes masculins et féminins (adapté de FEDERAÇÃO PAULISTA DE JUDÔ, 2013).**

La durée prévue du combat est de quatre minutes pour les hommes et de quatre minutes pour les femmes. Dans des conditions d'égalité de points et de

sanctions, cette période peut être prolongée jusqu'à ce que l'un des athlètes obtienne un point ou une sanction (golden score), et il n'y a pas de limite de temps maximale pour la prolongation (FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU JUDÔ, 2013), ce qui permet à la durée du combat de varier de quelques secondes à une période prolongée. En raison des interruptions constantes qui se produisent pendant le combat en fonction du commandement de l'arbitre du combat, le judo est classé comme une modalité intermittente, composée de plusieurs séquences d'effort et de pause. La description du temps total et moyen, ainsi que les actions exécutées pendant le combat sont présentées ci-dessous.

### **1.2.1. Caractérisation de la durée et des actions effectuées lors d'un combat de judo**

La durée réelle du combat étant variable, certains chercheurs ont cherché à décrire la structure temporelle du combat, certains effectuant une analyse moins détaillée, ne présentant que des données sur le temps moyen par période d'effort (séquence de combat debout et au sol) et les périodes de pause (CASTARLENAS ; PLANAS, 1997 ; GUTIÉRREZ - SANTIAGO et al., 2011 ; MONTEIRO, 1995 ; SIKORSKI et al., 1987 ; STERKOWICZ ; MASLEJ, 1998 ; VAN MALDEREN et al., 2006), tandis que d'autres chercheurs ont segmenté les analyses de la structure de combat en tenant compte des phases et des actions réalisées dans chaque séquence d'effort (MARCON et al., 2010 ; MIARKA et al., 2012).

Franchini, Artioli et Brito (2013), dans une revue de la littérature, ont décrit que pour chaque séquence de combat, le temps d'effort est d'environ 30 s (variation entre 10 et 63 s), tandis que les périodes de pause sont d'environ 10 s (variation entre 1 et 22 s), c'est-à-dire qu'un ratio d'effort et de pause de 2:1 ou 3:1 est généralement observé. En outre, au cours d'un même combat, les athlètes effectuent environ 11 séquences d'effort (MARCON et al., 2010).

Lors de l'évaluation de la reproductibilité intra et inter-évaluateurs dans l'utilisation d'un programme informatique SAATS™ (Structural Analysis of Action and Time in Sports) pour analyser la structure temporelle du combat de judo, Marcon et al. (2010) ont analysé dix athlètes de judo qui ont effectué trois combats simulés séparés par un intervalle de 20 minutes. Les phases de combat prises en compte par les auteurs étaient les suivantes (a) temps de préparation - période pendant laquelle les athlètes se déplacent, observent et se préparent sans contact entre eux ; (b) temps de saisie - période pendant laquelle il y a contact entre les athlètes qui se disputent l'établissement de la meilleure saisie pour l'application ultérieure de la technique ; (c) temps de technique - période pendant laquelle l'athlète exécute une technique ou projette son adversaire pendant le combat debout (déséquilibre et mise en place) ; (d) temps de finition de la technique de projection - moment de la chute où l'athlète analysé tombe au sol, étant possible que les deux athlètes tombent suite à l'application de la technique ; (e) temps au sol - période pendant laquelle le combat s'est déroulé au sol dans le but d'immobiliser ou de finaliser l'adversaire ; (f) temps de pause - période d'interruption du combat définie par l'arbitre.

**Le tableau 2 présente les résultats obtenus lors d'un combat de haut niveau.**

	Préparation	Empreinte	Techniques	Chute	Sol	Pause
<b>Durée totale du combat (s)</b>						
<b>Combat 1</b>	82 ± 10	143 ± 37	4 ± 1	5 ± 2	55 ± 22	51 ± 13
<b>Combat 2</b>	86 ± 6	144 ± 30	5 ± 3	5 ± 2	49 ± 22	51 ± 12
<b>Combat 3</b>	83 ± 6	141 ± 34	4 ± 2	4 ± 2	53 ± 22	53 ± 14
<b>Temps moyen par séquence de combat (s)</b>						
<b>Combat 1</b>	4 ± 1	16 ± 5	1,4 ± 0,3	/	17 ± 12	7 ± 1
<b>Combat 2</b>	4 ± 2	18 ± 3	1,0 ± 0,4	/	9 ± 5	6 ± 2
<b>Combat 3</b>	4 ± 1	17 ± 3	1,7 ± 0,5	/	13 ± 6	7 ± 1

**Tableau 2 - Analyse du temps total et moyen (moyenne ± écart-type) par séquence de dans trois combats simulés (Adapté de MARCON et al., 2010).**

Note : Dans le sol, les valeurs moyennes de 4 séquences sont présentées, tandis que pour les autres variables, les valeurs moyennes se réfèrent à 11 séquences de combat ;\* = valeurs non montrées.

En résumé, il a été observé que le temps de préparation du combat avait une durée moyenne comprise entre trois et cinq secondes ; le temps moyen de la dispute de l'empreinte variait entre 11 et 21 secondes ; l'application des techniques se produisait dans une période extrêmement courte, inférieure à deux secondes ; pour le temps au sol, il a été observé des valeurs proches des valeurs présentées pour la période de la dispute de l'empreinte, cependant avec une fréquence plus faible (seulement dans quatre des 11 séquences de combat) ; et le temps de pause a duré entre six et huit secondes. Bien que les auteurs aient présenté la phase de finalisation de la technique de projection pour l'analyse du combat complet, les données pour chaque séquence de combat n'ont pas été présentées et les auteurs n'ont pas justifié cette absence. D'un point de vue pratique, cette phase pourrait être ajoutée à la phase technique (composée uniquement du déséquilibre et de l'emboîtement), dès lors que l'application de la technique se compose de trois phases : déséquilibre, emboîtement et finalisation de la technique.

Contrairement à l'analyse des combats simulés réalisée par Marcon et al. (2010), Miarka et al. (2012) ont analysé la structure temporelle des combats officiels des compétitions de niveau régional et national, en utilisant le logiciel FRAMI®, qui a été élaboré et validé à cette fin (MIAR KA et al., 2011). Les variables suivantes ont été prises en compte :

- (a) temps de combat - période entre les commandements de début (hajime) et d'arrêt (mate) ou de fin du combat (soremade) prononcés par l'arbitre ;
- (b) temps de combat debout - période pendant laquelle les deux combattants ont mené le combat debout avec l'intention d'appliquer les techniques de projection ;
- (c) temps de mouvement sans contact .

### 1.2.2. Période entre la gestion de compétition par les référés

(d) temps de saisie - période entre l'établissement de la saisie et l'absence de contact entre les adversaires ; (e) temps de combat au sol - période pendant laquelle l'un ou les deux athlètes ont exécuté des techniques au sol ; (f) temps de pause - période entre les commandements d'arrêt et de reprise du combat. Les résultats des analyses sont décrits dans le graphique 3.

	Temps moyen (s)	Temps total (s)
<b>Combattre</b>	30 ± 33	182 ± 109
<b>Combat debout</b>	24 ± 27	148 ± 92
<b>Manipulation sans contact</b>	5 ± 8	32 ± 28
<b>Empreinte</b>	14 ± 15	89 ± 63
<b>Combat au sol</b>	15 ± 14	50 ± 37
<b>Pause</b>	11 ± 10	57 ± 58

**Tableau 3 - Analyse du temps total et moyen (moyenne ± écart-type) de chaque séquence de combat (Adapté de MIARKA et al., 2012).**

On constate qu'il y a une grande variation dans le temps de chaque variable analysée. Par exemple, si l'on considère le temps de combat debout pour chaque séquence d'effort, le temps moyen était de 24 s avec un écart-type de 27 s, c'est-à-dire que l'écart-type était plus élevé que la valeur moyenne de cette variable. Pour la durée totale du combat, on a observé des valeurs moyennes de 189 s avec un écart-type de 109 s, c'est-à-dire que 66% des combats ont duré entre 80 et 298 s. En outre, il n'a pas été observé de pause dans 52 combats (9% des combats analysés) et de combat au sol dans 65 combats (11% des combats analysés).

Outre la description du temps moyen et du temps total, les auteurs ont également présenté des données en pourcentage de chacune de ces variables en tenant compte du temps maximum autorisé par la règle. Ainsi, il a été observé qu'en

moyenne les combats sont terminés en 56% du temps et les pauses représentent 17% ; le combat développé en pied représente 46% du temps maximum alors que pour le combat au sol on a observé des valeurs de 15% ; les athlètes sont restés 10% du temps maximum du combat en développant le mouvement sans contact et 28% en accomplissant l'empreinte au sol. Dans les combats analysés, les auteurs ont rapporté l'occurrence d'une prolongation dans 25% des combats analysés. Enfin, les auteurs ont observé des valeurs médianes de 7 séquences de combat et de pause (variation entre 3 et 12 séquences, représentant le premier et troisième quartiles), On constate qu'il y a une grande variation dans le temps de chaque variable analysée. Par exemple, si l'on considère le temps de combat debout pour chaque séquence d'effort, le temps moyen était de 24 s avec un écart-type de 27 s, c'est-à-dire que l'écart-type était plus élevé que la valeur moyenne de cette variable. Pour la durée totale du combat, on a observé des valeurs moyennes de 189 s avec un écart-type de 109 s, c'est-à-dire que 66% des combats ont duré entre 80 et 298 s. En outre, il n'a pas été observé de pause dans 52 combats (9% des combats analysés) et de combat au sol dans 65 combats (11% des combats analysés).

Outre la description du temps moyen et du temps total, les auteurs ont également présenté des données en pourcentage de chacune de ces variables en tenant compte du temps maximum autorisé par la règle. Ainsi, il a été observé qu'en moyenne les combats sont terminés en 56% du temps et les pauses représentent 17% ; le combat développé en pied représente 46% du temps maximum alors que pour le combat au sol on a observé des valeurs de 15% ; les athlètes sont restés 10% du temps maximum du combat en développant le mouvement sans contact et 28% en accomplissant l'empreinte au sol. Dans les combats analysés, les auteurs ont rapporté l'occurrence d'une prolongation dans 25% des combats analysés. Enfin, les auteurs ont observé des valeurs médianes de 7 séquences de combat et de pause (variation entre 3 et 12 séquences, représentant les premier et

troisième quartiles), et 3 séquences de combat au sol et de pause (1 et 6 séquences, représentant respectivement le premier et le troisième quartile).

Calmet, Miarka et Franchini (2010) ont analysé en détail la phase de saisie (temps moyen par séquence de combat et comportement) des athlètes qui ont gagné 35 combats, soit neuf débutants, 16 intermédiaires et dix experts des deux sexes. Les auteurs ont observé que le nombre et le temps moyen des séquences de saisie étaient égaux pour les athlètes des différents niveaux, cependant, les actions accomplies dans cette période étaient distinctes. Les athlètes débutants, dès le début du combat, saisissaient leurs adversaires, la plupart du temps avec les deux mains, et passaient le plus clair de leur temps à essayer de projeter l'adversaire, l'attaque étant accomplie après une longue période. D'autre part, les athlètes du groupe expert ont présenté un temps plus court entre l'établissement de la saisie et l'entrée du coup, étant le plus grand temps passé dans le mouvement sans contact et essayant d'exécuter la saisie. Ces athlètes ont également présenté une fréquence d'attaques plus faible que les athlètes débutants et intermédiaires.

L'ensemble de ces données, en plus de caractériser la durée de chacune des phases qui composent la dynamique du combat de judo, démontre également que l'effort de combat est caractérisé comme intermittent, l'intensité et la durée des phases qui composent cette activité étant variables.

## **2. Chapitre II : Caractérisation de la demande physiologique**

## **2.1. Caractérisation de la demande physiologique du combat en judo**

La compréhension de la demande physiologique de l'exercice intermittent est difficile à établir. Cette difficulté résulte de la variation observée dans les réponses physiologiques de ce type d'exercice lorsqu'il y a manipulation d'une ou plusieurs variables qui le constituent. Dans le cas du judo, il existe une difficulté supplémentaire due à l'impossibilité de quantifier l'intensité des actions.

Lorsqu'un stimulus unique de courte durée (moins de 30 s) est réalisé à intensité maximale, la resynthèse de l'ATP se fait principalement par les systèmes anaérobies avec une faible contribution du système aérobie (GASTIN, 2001). Cependant, lorsque ce même stimulus supramaximal est répété lors d'un exercice intermittent, la sollicitation des systèmes énergétiques est différente d'un stimulus unique (BUCHHEIT ; LAURSEN, 2013a, b ; GIRARD ; MENDES-VILLANUEVA ; BISHOP, 2011 ; GLAISTER, 2005 ; SPENCER et al., 2005). En outre, il a été suggéré que la contribution relative du système aérobie augmente principalement lorsque l'exercice intermittent est effectué avec de courts intervalles de pause (GASTIN, 2001), de manière plus prononcée lorsque la récupération entre les exercices intermittents est plus courte (GASTIN, 2001), et que la récupération entre les exercices intermittents est plus longue.

Les stimuli sont actifs (DORADO ; SANCHIS -MOYSI ; CALBET, 2004), en plus de la diminution de la contribution anaérobie du lactate lorsque la récupération entre les stimuli est plus courte (GLAISTER, 2005 ; SPENCER et al., 2005). Buchheit et Laursen (2013a) ont décrit dans un article de synthèse que l'entraînement ou l'exercice intermittent à haute intensité peut être prescrit à partir de la manipulation de neuf variables : durée et intensité de l'effort, durée et

intensité de la pause, mode d'exercice, nombre de répétitions, nombre de séries, ainsi que durée et intensité de la pause pour la récupération entre les séries. En manipulant ces variables, certaines études ont démontré des modifications dans les réponses physiologiques pour l'intensité de l'effort (BAKER et al., 2007 ; DURANDT et al, 2006), la durée de l'effort (CHRISTMASS ; DAWSON ; ARTHUR, 1999 ; PRICE ; HALABI, 2005 ; PRICE ; MOSS, 2007 ; WITTEKIND ; MICKLEWRIGHT ; BENEKE, 2011), l'intensité de la pause (BILLAUT ; BASSET, 2007 ; DORADO ; SANCHIS-MOYSI ; CALBET, 2004 ; DUPONT et al, 2010 ; TOUBEKIS ; DOUDA ; TOKMAKIDIS, 2005), la durée de la pause (BAKER et al., 2007 ; GLAISTER et al., 2005) et la relation effort/pause (LITTLE ; WILLIAMS, 2007 ; OLIVER ; ARMSTRONG ; WILLIAMS, 2009). Il convient de mentionner que les études qui ont manipulé ces variables, pour comprendre les réponses physiologiques de l'exercice intermittent, ont utilisé la course ou le cycloergomètre, qui ne sont pas similaires aux gestes du judo, ce qui empêche son application directe pour l'entraînement des athlètes de judo.

Pour comprendre les réponses physiologiques du combat de judo et compte tenu de l'impossibilité d'effectuer de nombreuses mesures pendant le combat (DETANICO et al, 2012), Franchini, Artioli et Brito (2013) ont observé que dans la littérature, les chercheurs intéressés par la compréhension de ces réponses ont utilisé quatre stratégies : (a) déterminer le profil physiologique des athlètes de haut niveau, en les comparant à des athlètes de niveau compétitif inférieur, en observant quelles capacités physiques sont bien développées et quelles capacités physiques discriminent les athlètes de différents niveaux compétitifs ; (b) effectuer une analyse de la structure temporelle pour faire des déductions sur le profil métabolique du combat de judo ; (c) effectuer des mesures physiologiques pendant les activités ou pendant l'entraînement de judo ;

(d) effectuer des mesures physiologiques et de performance pendant des combats simulés et compétitifs.

### **2.1.1. Réponses physiologiques lors de matchs de judo simulés et compétitifs**

Dans ce thème, seules les études qui ont effectué des mesures physiologiques ou de performance lors de combats simulés et compétitifs ont été décrites. Les études qui ont mesuré ces mesures au cours d'activités réalisées pendant l'entraînement des athlètes n'ont pas été décrites.

Cette option a été choisie parce que l'objectif de la présente analyse est de décrire le combat, dont le développement dépend de l'interaction avec l'adversaire (ARTIOLI et al., 2012). Cette option a été réalisée parce que l'objectif de la présente revue est de décrire voir le combat, dont le développement dépend de l'interaction avec l'adversaire (ARTIOLI et al., 2012). La manière la plus proche d'observer le comportement de cette imprévisibilité et de cette interaction est d'observer le combat lui-même, réalisé dans le cadre de compétitions ou de simulations. En outre, nous ne décrivons que les études dont l'échantillon était composé de judokas masculins, objet de la présente étude.

### **2.1.2. Concentration de lactate**

La concentration de lactate [La] a été la mesure physiologique la plus utilisée dans les études visant à comprendre les réponses physiologiques du combat de judo, en randori (forme de développement du combat pendant l'entraînement) (BRANCO et al., 2013), en combat simulé unique (SANCHIS et al., 1991) ou compétitif (OBMIŃSKI et al., 2010), en combats multiples simulés (BONITCH-GÓNGORA et al., 2012) ou compétitifs (SERRANO et al., 2001). La mesure de [La] a été utilisée comme marqueur de l'utilisation du système anaérobie lactique (di PRAMPERO ; FERRETI, 1999). Le graphique 4 présente une synthèse des résultats observés dans les études qui ont effectué cette mesure.

Auteurs (année)	Échantillon	Durée du combat	Opposant	[La] reste (mmol.L <sup>-1</sup> )	pic [La] (mmol.L <sup>-1</sup> )
<b>Randori</b>					
Branco et al. (2013)	10 niveaux national	4 x 5 min PR pendant 5 min	Différents dans chaque	-	1 : 8,0 ± 2,6 2 : 7,7 ± 2,6
	Brésil national et international		Combattre avec une Masse corporelle similaire		3 : 7,1 ± 2,3 4 : 7,6 ± 2,2
<b>Combat simulé unique</b>					
Sanchis et al. (1991)	28 niveaux régional	173 ± 96s	Masse et niveau corporels technique similaire	-	9,98 ± 2,9
Suay et al. (1999)	28 Espagne	Temps réglementaire	Masse et niveau corporels concurrentiel similaire	-	V : 9,53 ± 0,84 P : 10,42 ± 0,72
Franchini et al. (2001b)	17 Brésil	15 min RA et 15 min PR	Masse corporelle similaire (<10%)	RA : 2,1 ± 0,4 PR : 2,2 ± 0,4	RA : 10,3 ± 1,8 PR : 10,0 ± 1,6
Degoutte, Jouanel et Filaire (2003)	16 France	5 min	Niveau technique similaire	1,2 ± 0,1	12,3 ± 0, <sup>8†</sup>
Franchini et al. (2004b)	10 élités Brésil 15 Brésil non élitiste	15 min RA et 15 min PR	Masse corporelle similaire (<10%)	RA : 1,58 ± 0,54 PR : 1,19 ± 0,44 RA : 1,60 ± 1,23 PDS : 1,56 ± 0,66	RA : 9,45 ± 2,36 RP : 10,08 ± 2,14 RA : 12,52 ± 2,81 RP : 12,67 ± 2,85

## Chapitre II :

## Caractérisation de la demande physiologique

Auteurs, année	Échantillon	Durée du combat	Opposant	[La] reste (mmol.L <sup>-1</sup> )	pic [La] (mmol.L <sup>-1</sup> )
<b>Combat simulé unique</b>					
Lima et al. (2004)	11 étudiants universitaires Brésil	1,5 min	-	VG : ~1,74 ± 0,15	VG : ~11,5 ± 0,6
		3 min		VG : ~1.98 ±	VG : ~11.6 ± 1.8
		5 min		0.09 VG : ~1.98 ± 0.22	VG : ~11.6 ± 2.6
Sbriccoli et al. (2007)	6 athlètes olympiques Italie	1 x 5 min 2,5 min avec chaquepartenaire	-	1,4 ± 0,3	10,3 ± 2,6
Detanico et al. (2012)	8 Brésil	1 x 5 min Combat debout uniquement	Masse corporelle similaire (<15%)	-	10,2 ± 3,1
<b>Multiples combats simulés</b>					
Franchini et al. (1998)	6 Jeunes Brésil	3 x 4 min ; Intervalle > 20 min	Différents	1 : 1,6 ± 0,6	1 : 10,24 ± 2,52
				2 : 3,1 ± 1,9	2 : 10,95 ± 3,27
				3 : 4,3 ± 2,1	3 : 9,23 ± 1,70
5 Junior Brésil	4 Senior Brésil				1 : 10,68 ± 1,19
					2 : 10,48 ± 1,32
					3 : 9,80 ± 2,62
					1 : 11,77 ± 3,93
					2 : 11,23 ± 2,17
					3 : 11,20 ±
<b>Auteurs, année</b>					
<b>Échantillon</b>					
<b>Durée du combat</b>					
<b>Opposant</b>					
<b>[La] reste (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>					
<b>pic [La] (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>					
<b>Combat simulé unique</b>					
Lima et al. (2004)	11 étudiants universitaires Brésil	1,5 min	-	VG : ~1,74 ± 0,15	VG : ~11,5 ± 0,6
		3 min		VG : ~1.98 ±	VG : ~11.6 ± 1.8
		5 min		0.09 VG : ~1.98 ± 0.22	VG : ~11.6 ± 2.6
Sbriccoli et al. (2007)	6 athlètes olympiques Italie	1 x 5 min 2,5 min avec chaquepartenaire	-	1,4 ± 0,3	10,3 ± 2,6
Detanico et al. (2012)	8 Brésil	1 x 5 min Combat debout uniquement	Masse corporelle similaire (<15%)	-	10,2 ± 3,1
<b>Multiples combats simulés</b>					
Franchini et al. (1998)	6 Jeunes Brésil	3 x 4 min ; Intervalle > 20 min	Différents	1 : 1,6 ± 0,6	1 : 10,24 ± 2,52
				2 : 3,1 ± 1,9	2 : 10,95 ± 3,27
				3 : 4,3 ± 2,1	3 : 9,23 ± 1,70
5 Junior Brésil	4 Senior Brésil				1 : 10,68 ± 1,19
					2 : 10,48 ± 1,32
					3 : 9,80 ± 2,62
					1 : 11,77 ± 3,93
					2 : 11,23 ± 2,17
					3 : 11,20 ±

## Chapitre II :

## Caractérisation de la demande physiologique

Auteurs, année	Échantillon	Durée du combat	Opposant	[La] reste (mmol.L <sup>-1</sup> )	pic [La] (mmol.L <sup>-1</sup> )
<b>Multiplés combats simulés</b>					
Bonitch-Domínguez et al. (2010)	11 niveau national Espagne	4 x 5 min avec intervalle de 15 min	Masse corporelle similaire (<10%) Classement égal	-	1 : 14,6 ± 4,0 2 : 14,9 ± 4,0 3 : 13,9 ± 2,8 4 : 12,6 ± 3,5
Bonitch-Góngora et al. (2012)	12 niveau national Espagne	4 x 5 min avec intervalle de 15 min	Masse corporelle similaire (<10%)	-	1 : 18,12 ± 4,4 2 : 16,95 ± 3,58 3 : 15,27 ± 4,47 4 : 14,58 ± 3,57
<b>Bataille compétitive unique</b>					
Obmiński et al. (2010)	29 en un concours international	1er combat : 2 - 3,5 min 1er combat : 3,5 - 5 min	Respect des règles compétitif		13,8 ± 2,9 14,8 ± 3,5
<b>Plusieurs combats compétitifs</b>					
Sikorski et al. (1987)	Les participants a la 1986 Coupe <i>Matsumae</i> * Pologne	4 x non identifiées	Respect des règles compétitif		1 : 10,3 ± 4,7 2 : 13,3 ± 2,0 3 : 15,9 ± 1,4 4 : 17,2 ± 1,9

Auteurs, année	Échantillon	Durée du combat	Opposant	[La] reste (mmol.L <sup>-1</sup> )	pic [La] (mmol.L <sup>-1</sup> )
<b>Plusieurs combats compétitifs</b>					
Sikorski et al. (1987)	Participants de Tournois internationaux en 1981-1982 et Championnat national en 1981# Pologne	6 x non identifiées	Respect des règles compétitif	-	1 (n=51) : 13,6 ± 2,3 2 (n=15) : 13,9 ± 2,9 3 (n=22) : 13,2 ± 2,5 4 (n=5) : 13,3 ± 1,0 5 (n=15) : 13,2 ± 1,6 F (n=22) : 13,7 ± 2,6
Serrano et al. (2001)	13 participants de un concours interclubs Espagne	2 ou 3 (y compris le dernier combat où l'athlète a été éliminé)	Respect des règles compétitif	-	10,4 ± 0,6†

En observant le graphique 4, la différence entre les valeurs mesurées est vérifiée. Une seule étude a mesuré le [La] après un randori sans avoir pratiqué auparavant d'autres activités communes à l'entraînement au judo. Branco et al. (2013) ont analysé dix athlètes ayant une expérience nationale et internationale au cours de quatre randori dans le but de vérifier l'association entre la perception subjective de l'effort (PSE), la fréquence cardiaque et le [La]. Les athlètes ont effectué les quatre combats avec des adversaires différents, mais avec une masse

corporelle similaire et entrecoupés d'une période de récupération de cinq minutes. Il convient de mentionner que le randori diffère du combat réel car il s'agit d'une pratique de combat effectuée pendant l'entraînement qui ne nécessite pas la médiation d'un arbitre et dont la durée totale était de quatre minutes dans l'étude susmentionnée. Cette durée est différente de celle du combat de compétition, dont la durée est de quatre minutes de combat sans tenir compte des périodes de pause. Cette caractéristique fait du randori un combat dont les efforts ont un caractère moins intermittent (moins de fréquence et de durée des périodes de pause) que le combat mené en compétition. Les auteurs ont observé des valeurs moyennes entre 7,1 et 8 mmol.L<sup>-1</sup>, les valeurs observées dans les deux premiers combats étant supérieures aux valeurs du quatrième combat. Ces valeurs étaient inférieures à celles observées dans les combats simulés et en compétition, ce qui pourrait s'expliquer par le caractère moins espacé du randori. De plus, la [La] a été mesurée après la fin du combat, ce qui devient une limitation, puisque le pic de cette concentration a été observé dans des périodes supérieures à une min (SERRANO et al., 2001) et qu'elle ne revient pas aux valeurs de repos après 60 min de récupération (DEGOUTTE ; JOUANEL ; FILAIRE, 2003). Comme les auteurs n'ont pas mesuré la [La] avant le début du combat, il est probable que les valeurs étaient élevées depuis le début du combat, ce qui peut avoir compromis la comparaison des valeurs entre les combats.

De leur côté, les études qui ont analysé la [La] en combat singulier et en simulation ont observé des valeurs moyennes comprises entre 9,45 et 12,67 mmol.L<sup>-1</sup>. La variation des valeurs observées peut être liée aux différences observées en ce qui concerne la méthode de prélèvement et d'analyse de l'échantillon de sang, la durée du combat et les caractéristiques de l'échantillon. Franchini et al. (2004a) ont comparé les valeurs de [La] de 68 échantillons analysés dans deux appareils différents, Yellow Springs et Accusport. Les

auteurs ont observé que, bien que les valeurs soient fortement corrélées, il existe une différence transversale dans les valeurs moyennes : en dessous de 5 mmol.L<sup>-1</sup> (en particulier près de 2 mmol.L<sup>-1</sup>), l'Accusport surestime les valeurs de Yellow Springs ; au-dessus de 5 mmol.L<sup>-1</sup>, l'Accusport sous-estime les valeurs de Yellow Springs. Dans les études décrites dans le tableau 4, il a été vérifié que trois méthodes différentes ont été utilisées pour les analyses.

Yellow Springs (FRANCHINI et al., 2004b), Accusport (LIMA et al., 2004) et la méthode enzymatique.

(SANCHIS et al., 1991). Par ailleurs, il a également été observé que les prélèvements étaient effectués à deux endroits différents : le lobe de l'oreille (SUAY et al., 1999) et le bout du doigt (DEGOUTTE ; JOUANEL ; FILAIRE, 2003). Il est intéressant de noter que le choix de l'endroit du corps où sont prélevés les échantillons de sang a un impact direct sur le [La], les valeurs au bout du doigt étant plus élevées que les valeurs au lobe de l'oreille (DRAPER et al., 2006 ; FORSYTH et FARRALLY, 2000). Bien que l'on observe une variation des valeurs, il est vérifié qu'au cours d'un seul combat simulé, le système glycolytique est modérément ou fortement sollicité (FRANCHINI ; ARTIOLI ; BRITO, 2013), ce qui se traduit par des valeurs élevées de [La].

Sanchis et al. (1991) n'ont pas établi de durée fixe pour le combat simulé et, probablement, ont mis fin au combat lorsque l'un des athlètes a obtenu le ippon. Ainsi, la durée moyenne des combats analysés était de 173 s. Les auteurs ont observé des valeurs proches de 10 mmol.L<sup>-1</sup>, démontrant que lors de la réalisation de combats simulés avec 60% de la durée maximale établie par les règles, les valeurs étaient élevées et proches de celles observées lors de combats simulés d'une durée de cinq minutes. En fait, des valeurs élevées de [La] peuvent être observées au début du combat simulé. Lima et al. (2004), en évaluant 11 athlètes universitaires, avaient pour objectif d'associer le [La] au

temps d'action dans des combats de trois durées différentes. Les auteurs n'ont pas vérifié de différence dans les valeurs de [La] lors de combats d'une durée d'une minute et demie, de trois minutes et de cinq minutes. Comme les athlètes étaient conscients de la durée des combats, les auteurs pensent que l'absence de différence dans le [La] était due au fait que les athlètes mesuraient l'effort des combats, cet effort étant plus intense dans les combats courts et moins intense dans les combats plus longs. Cependant, cette justification est spéculative, car les auteurs n'ont pas effectué d'analyse de la structure temporelle des combats. Par conséquent, il est probable que la plus grande contribution du système anaérobie lactique se produise dans les premiers instants du combat simulé. De plus, des valeurs similaires de [La] ont été observées dans des combats simulés développés uniquement en position debout (DETANICO et al., 2012) et lorsque le combat simulé était réalisé avec deux adversaires différents (un adversaire pour chaque deux minutes et demie de combat) (SBRICCOLI et al., 2007).

Suay et al. (1999) n'ont pas observé de différence dans les valeurs du pic de [La] entre les athlètes espagnols qui ont gagné et perdu un combat simulé. L'absence de différence dans le pic de [La] a également été observée chez les athlètes ayant effectué une récupération active ou passive après un combat simulé, bien que la récupération passive ait entraîné un retrait plus important de la [La] étant donné qu'après 10 et 15 minutes de récupération, les athlètes ayant effectué une récupération active présentaient des valeurs inférieures (FRANCHINI et al., 2001b). Lorsque des athlètes de différents niveaux de compétition ont été comparés (FRANCHINI et al., 2004b), il a été observé que les athlètes d'élite ont présenté des valeurs maximales de [La] inférieures à celles des athlètes non élites, mais cette différence s'est réduite avec l'écoulement du temps (mesures réalisées jusqu'à 15 min post-combat). Selon les auteurs, ce résultat pourrait s'expliquer par une moindre activation de la voie glycolytique chez les athlètes qui présentent un niveau technique supérieur. Il

convient de mentionner que Degoutte, Jouanel et Filaire (2003) ont observé que les valeurs de [La] après 60 min de la fin du combat n'étaient pas revenues aux valeurs de repos, bien que les valeurs moyennes aient été proches (1,2 et 1,8 mmol.L<sup>-1</sup>, respectivement).

Lorsque plusieurs combats simulés ont été réalisés, des valeurs maximales supérieures aux valeurs d'un seul combat simulé ont été observées (BONITCH-DOMÍNGUEZ et al., 2010 ; BONITCH-GÓNGORA et al., 2012). Par exemple, dans le premier combat simulé parmi les quatre réalisés, les valeurs moyennes étaient de 14,6 et 18,1 mmol.L<sup>-1</sup>. Surtout, l'information la plus intéressante que ces études ont présentée est la réduction de [La] au cours des combats simulés. Franchini et al. (1998) ont évalué des judokas appartenant à trois classes d'âge différentes (juvénile, junior et senior) au cours de trois combats de cinq minutes, entrecoupés d'intervalles de plus de 20 minutes. Les auteurs n'ont pas observé de différences dans les valeurs maximales en comparant les différentes classes d'âge et les différents combats. Cependant, les auteurs ont observé des différences dans le [La] mesuré avant le début du combat, le [La] des deuxième et troisième combats étant plus élevé que la valeur du premier combat.

Dans les études menées par Bonitch-Domínguez et al. (2010) et Bonitch-Góngora et al. (2012), les athlètes ont effectué quatre combats de ci nco min entrecoupés de 15 min de récupération. Dans les deux études, des différences dans les valeurs maximales post-combat ont été observées. Bonitch-Domínguez et al. (2010) ont observé que la valeur de [La] après le quatrième combat était inférieure à la valeur du premier combat, mais après 14 min de récupération, aucune différence dans les valeurs n'a été observée, ce qui suggère que l'élimination de [La] se produit dans la même ampleur pour les combats simulés successifs. De leur côté, Bonitch-Góngora et al. (2012) ont observé que les valeurs du premier et du deuxième combat simulé étaient plus élevées dans le

quatrième combat, et cette différence était toujours observée après 14 min de récupération. Cette dernière information contredit les résultats de Bonitch-Domínguez et al. (2010), mais il convient de noter que les valeurs de [La] ne reviennent pas aux valeurs de repos après une période de 15 min (BONITCH-DOMÍNGUEZ et al., 2010 ; BONITCH-GÓNGORA et al., 2012), plus de 20min (FRANCHINI et al., 1998) ou moins de 60 min (DEGOUTTE ; JOUANEL ; FILAIRE, 2003).

Pendant la compétition, la mesure de [La] est plus difficile à réaliser, mais quelques études ont tout de même été menées à cette fin. Obmiński et al. (2010) ont mesuré le [La] de 29 athlètes lors du premier combat d'une compétition internationale. La durée du combat étant variable, les auteurs ont analysé séparément les combats d'une durée comprise entre deux et trois minutes et demie, et les combats d'une durée comprise entre trois minutes et demie et cinq minutes. Les auteurs ont observé que la différence de 1 mmol.L<sup>-1</sup> en valeur maximale entre les combats courts et longs n'était pas significative, bien qu'ils affirment que le nombre de comparaisons effectuées (sept moments de collecte) peut avoir influencé le résultat de l'analyse. Les auteurs ont présenté une information importante : le temps pour observer le pic [La] était différent selon la durée du combat, envoyant que le temps pour observer cette valeur dans les combats courts était presque deux minutes après le temps des combats longs. Les valeurs moyennes observées pour les combats courts et longs étaient respectivement de 13,8 et 14,6 mmol.L<sup>-1</sup>. Ces valeurs se situent dans la fourchette observée pour les combats simulés.

Sikorski et al. (1987) ont évalué le [La] de judokas polonais dans plusieurs combats au cours de différentes compétitions nationales et internationales. Les auteurs ont évalué, en plus de [La], les données relatives à la structure temporelle et ont accordé plus d'importance à la présentation de ces données. En

ce qui concerne [La], les auteurs présentent les données séparément pour une compétition organisée en 1986 et pour les compétitions organisées en 1981 et 1982. Lors de la compétition de 1986, les auteurs ont analysé le [La] dans quatre combats et, apparemment, il y a eu une augmentation des valeurs moyennes tout au long de la compétition, bien que les auteurs ne présentent pas d'informations sur cette différence, ainsi que sur le nombre de combats et le sexe des athlètes qui ont été évalués. En revanche, lors des compétitions organisées en 1981 et 1982, il n'y a apparemment pas eu de différence dans les valeurs moyennes observées dans les quatre combats éliminatoires et dans le combat final. Pour ces compétitions, les auteurs ont présenté le nombre de combats, mais n'ont pas fait référence à l'existence ou non d'une différence entre ces valeurs. Enfin, les auteurs affirment que tous les combats d'une compétition, quel que soit l'ordre, provoquent des modifications métaboliques.

Serrano et al. (2001) ont évalué 13 athlètes lors d'une compétition interclubs sur deux ou trois combats (en fonction de la phase dans laquelle l'athlète a été éliminé). Les combats analysés avaient une durée moyenne de 4,2 min et aucune différence n'a été observée dans le pic [La] entre les différents combats, peut-être parce que les auteurs disposaient d'un petit échantillon et ont regroupé les valeurs de [La] des athlètes ayant accompli deux (huit athlètes) ou trois combats (cinq athlètes), après avoir vérifié que ces valeurs n'étaient pas différentes.

Ainsi, en supposant que le [La] soit indicatif de l'utilisation du système anaérobie lactique pour resynthétiser l'énergie, le combat de judo, qu'il soit simulé ou compétitif, présente une contribution modérée à élevée de ce système. Cette contribution est probablement élevée dès le début du combat et peut varier en fonction du niveau technique des athlètes.

### **2.1.3. Consommation d'oxygène**

Considérant que la mesure de la consommation d'oxygène ( $\dot{V} O_2$ ) est une indication de l'utilisation du système aérobie pour resynthétiser l'énergie et que lors des combats de compétition cette mesure est impossible à réaliser, certaines études ont réalisé cette mesure dans des situations adaptées pour comprendre le comportement de cette variable en combat de judo (AHMAIDI et al., 1999 ; KANEKO ; IWATA ; TOMIOKA, 1978 ; SZMATLAN-GABRYS et al.

al., 2004). Kaneko, Iwata et Tomioka (1978) ont analysé le  $\dot{V} O_2$  de cinq athlètes de judo dans deux situations. Dans la première, les athlètes évalués ont effectué dix randori avec dix adversaires différents. Chaque randori a duré quatre minutes et, par conséquent, la somme de ces randori a totalisé 40 minutes. Le  $\dot{V} O_2$  a également été mesuré à d'autres moments de la séance (dix minutes avant et après l'échauffement ; cinq minutes d'échauffement ; 30 minutes après la fin du randori). Dans la seconde situation, le  $\dot{V} O_2$  a été mesuré au cours de cinq randori d'une durée de quatre minutes, mais entrecoupés d'une période de pause de même durée. Dans cette situation, le  $\dot{V} O_2$  a également été mesuré à d'autres moments de la session expérimentale (dix minutes avant et après l'échauffement ; une minute d'échauffement qui était un randori ; 30 minutes après la fin du randori). Les mesures de  $\dot{V} O_2$  ont pu être effectuées parce qu'un des investigateurs tenait le sac Douglas et suivait le mouvement de l'athlète évalué. Les randori ont été développés uniquement en position debout, car il est impossible d'effectuer ces mesures pendant un combat au sol. En conséquence, les auteurs ont observé que la demande du système aérobie est plus faible dans la séance de randori intermittent que dans le randori exécuté en continu. Il est possible que les périodes de pause prévues dans le cadre du randori intermittent aient entraîné, bien que partiellement, une plus grande resynthèse de la PC et l'élimination des métabolites accumulés, par rapport au randori continu. Bien qu'il s'agisse d'une récupération partielle des systèmes anaérobies, ceux-ci

ont été en mesure de fournir l'énergie nécessaire pendant une période plus longue, réduisant ainsi la nécessité d'une contribution aérobie.

Ahmaidi et al. (1999) ont utilisé un analyseur de gaz portable pour mesurer le  $\dot{V} O_2$  au cours d'un combat simulé de trois minutes avec certaines restrictions imposées en raison de l'utilisation de l'équipement. Les auteurs ont observé une augmentation de la demande du métabolisme aérobie par long combat. En exprimant les valeurs observées de manière relative à la valeur du  $\dot{V} O_2$  maximal mesuré lors d'un test sur bicyclette ergométrique pour les membres inférieurs, ils ont observé 28, 68 et 78% pour les moments une, deux et trois min, respectivement. De leur côté, Szmatlan-Gabrys et al. (2004) ont mesuré le  $\dot{V} O_2$  de cinq athlètes de l'équipe olympique polonaise lors d'une simulation de combat composée uniquement de la phase de contestation des empreintes d'une durée de 5 min et ont présenté les valeurs moyennes observées en proportion de la valeur de  $\dot{V} O_{2max}$  obtenue lors d'un test progressif sur tapis roulant. Bien qu'aucune analyse statistique des données n'ait été réalisée, les auteurs ont montré des valeurs plus élevées dans les troisième et quatrième min ( $93 \pm 6\%$ ) par rapport à la première ( $62 \pm 5\%$ ) et à la cinquième min ( $70 \pm 4\%$ ). Ces données renforcent le fait qu'il est probable qu'il y ait une augmentation de la demande du métabolisme aérobie tout au long du combat pour fournir l'énergie nécessaire, une fois que les périodes de pause sont courtes, ne permettant pas le rétablissement des stocks de CP et l'élimination des métabolites résultant de la glycolyse accumulée pendant le combat.

#### **2.1.4. Fréquence cardiaque**

L'utilisation d'un fréquencemètre pendant les combats de judo en compétition n'est pas autorisée par les règles de ce sport. Ainsi, certaines études visant à comprendre la réponse de la FC en combat de judo ont effectué cette mesure

pendant le randori (BRANCO et al., 2013) et lors de combats simulés (KIM et al., 2011).

Dix athlètes ayant une expérience nationale et internationale ont effectué quatre randori d'une durée de quatre minutes entrecoupés de quarts minutes de récupération passive (BRANCO et al., 2013). Les auteurs ont observé que les valeurs du deuxième randori ( $174 \pm 15$  bpm) étaient inférieures aux valeurs observées dans le troisième randori ( $178 \pm 14$  bpm), sans aucune différence pour le premier randori ( $179 \pm 10$  bpm) et le quatrième randori ( $183 \pm 9$  bpm). On constate donc qu'après un randori, les valeurs moyennes de la FC sont d'environ 170-180 bpm.

Pour les combats simulés, des valeurs proches de celles observées dans le randori ont été vérifiées. Sanchis et al. (1991) ont évalué 26 judokas dans un combat de judo simulé d'une durée moyenne de 173 s par palpation de l'artère carotide pendant 30 s. Dans cette étude, le combat était probablement terminé lorsque l'ippon se produisait. Dans cette étude, le combat était probablement terminé lorsque l'ippon s'est produit. Pour calculer la valeur maximale du combat, les auteurs ont utilisé une équation prenant en compte les valeurs après le combat dans les moments 35, 60 et 120 s. Les valeurs calculées étaient de  $172 \pm 16$  bpm. Ces valeurs n'étaient pas corrélées avec la durée du combat et avec le [La].

Sbriccoli et al. (2007) ont mesuré la FC de six athlètes olympiques de l'équipe italienne lors d'un combat simulé de cinq minutes. Les mesures ont été effectuées pendant le développement du combat et 15 à 20 minutes après la fin du combat, qui a été réalisé avec deux adversaires différents, un pour chaque moitié du combat. Cette stratégie a été adoptée pour maintenir une intensité élevée pendant toute la durée du combat. En incluant les périodes de pause, la durée moyenne des combats était d'environ sept minutes et les valeurs

maximales de la FC pendant le combat étaient de  $180 \pm 11$  bpm, ce qui représentait 95 % de la valeur maximale obtenue lors d'un test maximal sur tapis roulant. Pendant le déroulement du combat, les auteurs ont observé une augmentation accentuée de la FC dans les premiers 90s du combat, avec une élévation plus discrète jusqu'à la fin du combat. En outre, il a été observé que la FC n'était pas réduite pendant les périodes de pause et après 12 minutes environ, les valeurs mesurées étaient équivalentes à 60 % de la FC maximale mesurée lors du test maximal sur tapis roulant. En fait, Ahmaidi et al. (1999) ont vérifié une augmentation de la FC tout au long d'un combat simulé de 3 minutes. Les valeurs moyennes de la troisième ( $166 \pm 18$  bpm) et de la deuxième min ( $161 \pm 18$  bpm) étaient plus élevées que la valeur de la première min ( $130 \pm 22$  bpm).

Kim et al. (2011) n'ont observé aucun changement dans les valeurs de FC mesurées après la fin d'un combat simulé avec deux adversaires différents (un adversaire différent dans chaque moitié du combat) après 8 semaines d'entraînement intermittent de haute intensité. L'absence de changement dans les valeurs de FC a été observée à la fois dans le groupe qui a participé à l'entraînement (GT) et dans le groupe de contrôle (GC), bien que des modifications dans la performance anaérobie de ces athlètes aient été observées. Les mesures ont été effectuées avant le début de l'entraînement (CG :  $177 \pm 9$  bpm ; GT :  $172 \pm 7$  bpm), après quatre semaines d'entraînement (CG :  $176 \pm 8$  bpm ; GT :  $173 \pm 6$  bpm) et après huit semaines d'entraînement (CG :  $175 \pm 7$  bpm ; GT :  $172 \pm 7$  bpm). L'absence de réduction des valeurs de FC pendant les périodes de pause (SBRICCOLI et al., 2007) et après la période d'entraînement (KIM et al., 2011), démontre que la FC a une application limitée pour contrôler l'intensité de l'exercice intermittent, bien qu'elle soit sensible aux différents moments du combat (AHMAIDI et al., 1999 ; SBRICCOLI et al., 2007). Il convient de mentionner que les valeurs maximales obtenues lors du combat simulé sont proches des valeurs obtenues lors de tests maximaux,

principalement dans les derniers moments du combat (AHMAIDI et al., 1999 ; SBRICCOLI et al., 2007).

### **2.1.5. Réponses subjectives**

L'utilisation d'échelles d'effort subjectives pour contrôler l'intégrité de l'effort chez les athlètes est utile en raison de sa facilité d'application et de son faible coût. C'est pourquoi certaines études ont analysé cette variable dans le randori (BRANCO et al., 2013), dans des combats simulés (CHTOUROU et al., 2013 ; FRANCHINI et al., 1998 ; HAJSALEM et al., 2013) et compétitifs (SERRANO et al., 2001). Branco et al. (2013) ont évalué la perception subjective de l'effort (PSE) de dix athlètes de judo après avoir exécuté quatre randori, en utilisant l'échelle CR-10 (Borg 0-10 points ; Category-Ratio Scale). L'objectif de l'étude était de vérifier l'existence d'une relation entre les valeurs de [La], HR et PSE. Après l'accomplissement des quatre combats, les auteurs ont vérifié que l'EPS n'était pas modifié (1er :  $7 \pm 1$  u.a. ; 2ème :  $7 \pm 2$  u.a. ; 3ème :  $6 \pm 2$  u.a. ; 4ème :  $7 \pm 1$  u.a.). En outre, on a observé une corrélation entre le PSE et la FC uniquement dans le deuxième et le troisième randori, sans aucune relation pour les autres combats ; de plus, on n'a observé aucune relation entre le PSE et les valeurs [La]. Les auteurs ont conclu que l'utilisation de l'EPS pour surveiller la charge de travail dans les activités de judo devrait être utilisée avec prudence, bien qu'ils pensent que la petite taille de l'échantillon a influencé les analyses.

Lors de l'évaluation de l'EPS dans des combats simulés d'une durée de cinq minutes à l'aide d'une échelle de 15 points (Borg 6-20), il a été constaté que l'EPS des athlètes était d'environ 15 u.a. (intense) (CHTOUROU et al., 2013 ; HAJSALEM et al., 2013 ). Ces valeurs n'ont pas été modifiées à différents moments de la journée (9h00, 12h30 et 16h00) (CHTOUROU et al., 2013) ; et n'ont pas été modifiées lorsqu'il y avait une restriction de trois heures dans la période de sommeil (HAJSALEM et al., 2013). Franchini et al. (1998) ont

évalué l'EPS (Borg 6-20) de judokas de différentes classes d'âge lors de trois combats simulés séparés par une période de sommeil de plus de 20 minutes. Les données individuelles de chaque combat et de chaque classe d'âge n'ont pas été présentées, mais les auteurs décrivent que l'EPS dans le troisième combat des athlètes de la classe juvénile ( $13 \pm 2$  u.a.) était inférieure aux valeurs des athlètes de la classe junior ( $17 \pm 1$  u.a.), et que les athlètes de la classe junior présentaient des valeurs d'EPS supérieures dans le troisième combat ( $17 \pm 1$  u.a.) par rapport au premier ( $16 \pm 1$  u.a.).

En revanche, dans les combats de compétition, Serrano et al. (2001) ont utilisé les deux échelles mentionnées ci-dessus (CR-10 et Borg 6-20) pour analyser l'EPS des judokas lors du dernier combat de compétition et pendant toute la durée de la compétition. Pour vérifier l'EPS du dernier combat, les chercheurs ont appliqué les deux échelles dix minutes après la fin du combat. Pour l'EPS de la compétition, les mêmes échelles ont été appliquées 30 minutes après la fin du dernier combat. Dans cette situation, l'athlète a été interrogé sur la somme des efforts fournis lors de l'échauffement et au cours de deux ou trois combats. Pour l'analyse de l'EPS du dernier combat, les valeurs moyennes des échelles CR-10 et Borg 6-20 étaient respectivement de 7 u.a. (très fort, variation entre 6 et 8) et de 15 u.a. (un peu lourd à lourd ; variation entre 10 et 17). Ces combats ont duré en moyenne quatre minutes et demie (y compris les périodes de pause) et le

Les valeurs de l'EPS n'étaient pas corrélées avec le temps de combat et le pic de [La]. Pour l'analyse PSE de la compétition, les valeurs moyennes pour les échelles CR -10 et Borg 6-20 étaient respectivement de 7 a.u. (très fort, variation entre 6 et 10) et 15 a.u. (un peu fort à fort ; variation entre 11 et 18). Les combats avaient une durée moyenne de dix minutes, en tenant compte des périodes de pause, et d'un peu plus de quatre minutes (4,2 min) en ne

considérant que le temps de combat. Dans cette situation, les auteurs ont observé une corrélation entre le PSE et le pic de [La].

En observant les études décrites ci-dessus, on constate que l'utilisation de l'EPS pour surveiller l'intensité du combat est contradictoire. En outre, aucune étude n'a été menée pour comparer la réponse de l'EPS dans des combats de compétition de différentes durées et dans différents combats au cours d'une compétition.

# **3. Chapitre III : Contribution des systèmes de transfert d'énergie**

### 3.1. Performance physique

Certaines études visaient à analyser les modifications des performances physiques après la réalisation d'un seul combat simulé (CHTOUROU et al., 2013 ; HAJSALEM et al., 2013) ou de plusieurs combats simulés (BONITCH-DOMÍNGUEZ et al., 2010 ; BONITCH-GÓNGORA et al., 2012). La motivation pour mener ces études est de comprendre quelles capacités physiques sont réduites avec la réalisation d'un combat ou d'une compétition, et qui, par conséquent, démontrent qu'elles sont nécessaires pendant le combat.

Haj Salem et al. (2013) ont analysé l'effet d'un seul combat simulé sur la performance du test de Wingate des membres inférieurs (puissance maximale - PP ; et puissance moyenne - PM) et sur la force maximale isométrique de la poignée (FIMPM) dans deux conditions différentes chez 21 judokas. Dans l'une des conditions, les athlètes ont effectué les tests avec une restriction de sommeil de 4 heures et dans l'autre condition, aucun traitement n'a été appliqué. Les tests ont été effectués avant et 5 minutes après la fin du combat. Les auteurs ont observé une réduction de la performance du FIMPM après le combat par rapport à la valeur avant le combat. Cependant, la période de restriction du sommeil n'a pas eu d'effet sur le FIMPM. Le PP et le PM ont tous deux été réduits après le combat. En outre, la période de restriction du sommeil a entraîné une réduction de la PP et de la MP, aux deux moments du test (avant et après le combat).

Les mêmes tests ont été appliqués à dix judokas par Chtourou et al. (2013) afin d'évaluer l'effet de la réalisation d'un combat simulé à différents moments de la journée (9h00, 12h30 et 16h00) sur le FIMPM et la performance au test de Wingate. Les résultats sont similaires à ceux observés par HajSalem et al. (2013). Il y a eu une réduction de la Les performances des FIMPM, PP et PM après le combat ont diminué par rapport aux valeurs avant le combat, à tous les moments analysés. Cette réduction était plus accentuée à 16h00 par rapport aux

autres moments. De plus, les valeurs pré-combat de l'IMPMPF, PP et PM à 9h00 étaient inférieures aux valeurs observées à 16h00.

La modification des performances du FIMPM a également été évaluée dans des combats multiples simulés par Bonitch-Góngora et al. (2012). A cette occasion, les auteurs ont évalué 12 judokas dans quatre combats de cinq minutes séparés par 15 minutes de récupération passive. Un effet des combats successifs a été observé sur les valeurs pré-combat dans les mains dominante et non dominante (1ère > 3ème et 4ème), mais aucun effet sur les valeurs post-combat. L'effet du nombre de combats a été observé, les valeurs de pré-combat des premier, troisième et quatrième combats étant plus élevées que les valeurs de post-combat dans la main dominante. Dans la main non dominante, une réduction des valeurs post a été observée par rapport aux valeurs pré seulement dans le premier combat. De plus, les auteurs ont observé des corrélations négatives entre le FIMPM maximum et le pic de [La] et [La] 14 min après la fin du combat. Ces résultats démontrent que la modification du FIMPM dans les mains dominantes et non dominantes se produit différemment dans plusieurs combats de judo simulés.

En analysant une autre variable de la performance physique, le même groupe d'auteurs (BONITCH-DOMÍNGUEZ et al,2010) a mené a étude pour vérifier le comportement de la puissance des membres inférieurs avant et après plusieurs combats simulés. Douze judokas ont été évalués lors de quatre combats simulés de cinq minutes, séparés par 15 minutes de récupération passive. Avant et après chaque combat (intervalle de 30 secondes), les athlètes ont été soumis à un test de puissance des membres inférieurs. Pour ce test, les judokas ont effectué un mouvement complet d'extension du genou (180°), à partir d'une position de genou fléchi à 90°. La charge utilisée a été établie lors d'un test préliminaire et représentait la meilleure charge permettant à l'athlète de développer la valeur de

puissance la plus élevée. Contrairement à ce qui a été observé avec le MPM FI, aucune différence n'a été observée entre les différents combats et entre les différents moments (avant et après le combat).

Il est possible que les actions de puissance des membres inférieurs effectuées pendant les combats, en particulier pour l'application des coups, soient effectuées à une faible fréquence et entrecoupées d'une période d'intervalle qui permet la récupération de cette capacité physique (FRANCHINI ; ARTIOLI ; BRITO, 2013). Par ailleurs, les athlètes ont constamment besoin d'une résistance de force isométrique pour maintenir le contact avec l'adversaire en appliquant la prise. Pour cette réquisition fréquente de la résistance de la force isométrique pendant le combat, on observe, par conséquent, une réduction de la FIMPM. Cela vaut la peine Il convient de noter qu'aucune étude n'a été menée dans le but d'analyser les modifications de la performance lors de combats de différentes durées, ce qui serait intéressant pour comprendre à quel moment du combat les modifications, lorsqu'elles existent, se produisent. Contribution des systèmes de transfert d'énergie.

### **3.2. Contribution des trois systèmes de transfert d'énergie**

En judo, jusqu'à présent aucune étude n'a eu pour objectif de vérifier la contribution des trois systèmes de transfert d'énergie pendant le combat. Certaines études n'ont effectué que la mesure du  $\dot{V} O_2$  dans des combats simulés (AHMAIDI et al., 1999) tandis que d'autres ont vérifié la contribution des trois systèmes de transfert d'énergie lors de l'accomplissement d'un test spécifique (FRANCHINI et al., 2011a) et dans des activités qui impliquaient des actions spécifiques de la modalité (FRANCHINI et al., 2008 ; FRANCHINI ; PANISSA ; JULIO, 2013). Ces études ont contribué à la caractérisation de la demande physiologique du combat, mais ne répondent pas aux changements dans la

dynamique des actions qui sont réalisées, puisque ces actions sont médiées par l'interaction avec l'adversaire, qui sont moins prévisibles.

Malgré la difficulté imposée pour effectuer certaines mesures pendant l'exécution de tout sport de combat, en particulier la mesure du  $\dot{V} O_2$ , certaines études ont apporté quelques modifications à la dynamique du combat simulé pour assurer la sécurité de l'évalué et de l'équipement, et ont estimé la contribution des trois systèmes énergétiques en karaté (BENEKE et al., 2004 ; DORIA et al., 2009) , en taekwondo (CAMPOS et al., 2012) et en boxe (DAVIS ; LEITHÄUSER ; BENEKE, 2014). La synthèse des résultats de ces études est présentée dans le tableau 2.

**Tableau 2 - Résumé des études qui ont mesuré la contribution des trois systèmes de transfert d'énergie (relative et absolue) pendant le combat dans différentes modalités.**

	Durée de l'accord	Aérobique	Anaérobique allactique	Anaérobique acide lactique
Contribution relative (%)				
<b>Karaté(Benekeetal.,2004)</b>	180s	78±6	16±5	<b>6±2</b>
<b>Karaté(Doriaetal.,2009)</b>	1x240s	~70*	~20*	<b>~10*</b>
<b>Taekwondo(Camposetal.,2012)</b>	1x3(120s) #	66±6	30±6	<b>4±2</b>
<b>Boxe(Davis,Leithäuseret Beneke,2014)</b>	1x3(120s) #	86*	10*	<b>4*</b>
Contribution absolue (kJ)				
<b>Karaté(Benekeetal.,2004)</b>	180s	262±78	52±12	<b>20±9</b>
<b>Karaté(Doriaetal.,2009)</b>	1x240s	226±20	43±11	<b>36±10</b>
<b>Taekwondo(Camposetal.,2012)</b>	1x3(120s) #	120±22	54±21	<b>8±5</b>
<b>Boxe(Davis,Leithäuseret Beneke,2014)</b>	1x3(120s) #	<b>526±57</b>	<b>58±14</b>	<b>26±7</b>

Note : \* écart-type dans le graphique ou non montré ;#: un combat a été mené, composé de trois personnes.

séries de deux minutes entrecoupées d'une pause d'une minute (valeurs moyennes  $\pm$  écart-type).

Beneke et al. (2004) ont évalué dix athlètes de karaté de niveau national et international lors de quatre combats simulés. Comme l'un des athlètes n'a terminé que le premier combat, qu'un athlète n'a pas pu effectuer le quatrième combat, qu'un athlète s'est blessé et qu'il y a eu une défaillance technique de l'équipement, les auteurs ont estimé la contribution des trois systèmes énergétiques dans 36 combats d'une durée de 3 min (durée totale de  $267 \pm 61$  s) et avec un ratio effort/pause de 2:1 (18 et 9 s, respectivement).

L'intervalle entre les combats a été établi en fonction de ce qui a été observé lors du championnat national de l'année au cours de laquelle l'étude a été réalisée : entre le premier et le deuxième combat était de  $17 \pm 2$  min ; entre le deuxième et le troisième combat était de  $15 \pm 1$  min ; et entre le troisième et le quatrième combat était de  $9 \pm 1$  min.

Pour estimer la contribution des systèmes aérobie, anaérobie lactique et anaérobie alactique, les auteurs ont utilisé respectivement le  $\dot{V} O_2$  pendant le combat soustrait des valeurs au repos, la différence entre le pic et le repos [La] et la phase rapide de l'excès de  $\dot{V} O_2$  post- exercice. Les résultats ont montré que le combat entraînait un coût énergétique d'environ 335 kJ et que la contribution la plus importante des systèmes énergétiques provenait du système aérobie (78 %), suivi des contributions des systèmes anaérobie alactique (16 %) et anaérobie lactique (6 %). En outre, on a observé une réduction de la contribution du système anaérobie lactique lors du quatrième combat par rapport à la contribution du système anaérobie alactique. avec le second, et similitude pour les valeurs de  $\dot{V} O_2$  ( $41,3 \pm 13,1$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) et la contribution relative du système aérobie ( $78 \pm 6\%$ ) entre les combats.

Doria et al. (2009) ont également cherché à estimer la contribution des systèmes énergétiques dans le combat de karaté. De plus, les auteurs ont effectué ces mesures pendant l'accomplissement du kata (présentation d'une séquence de mouvements sans opposition) chez des athlètes masculins et féminins, en utilisant la même méthodologie que l'étude de Beneke et al. (2004). L'une des limites de cette étude était la taille de l'échantillon, qui était constitué de 12 athlètes italiens, six hommes et six femmes, répartis entre le groupe qui a exécuté le kumité et le groupe qui a exécuté le kata, c'est-à-dire que chaque groupe était composé de trois athlètes. Le kumité du groupe masculin a duré 240 secondes avec un coût énergétique d'environ 305 kJ. La contribution relative des systèmes aérobie, anaérobie lactique et anaérobie était respectivement d'environ 70, 20 et 10 %. Ces valeurs sont similaires à celles observées par Beneke et al. (2004), prouvant la prédominance du métabolisme aérobie pour transférer l'énergie nécessaire à la réalisation d'un combat de karaté. De plus, les valeurs moyennes de  $\dot{V} O_2$  du combat ( $34,9 \pm 3,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) représentaient 72% des valeurs observées lors d'un test progressif ( $48,5 \pm 6,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).

Campos et al. (2012) ont estimé la contribution des systèmes énergétiques dans un combat simulé de taekwondo en utilisant une méthodologie similaire aux études menées par Beneke et al. (2004) et Doria et al. (2009). Pour ce faire, dix athlètes de niveau national et international ont été évalués dans un combat simulé constitué de trois rounds de deux minutes entrecoupés d'une minute de récupération. L'adversaire ne se défendait que lui-même et effectuait les actions de pas pour garantir sa sécurité et ne pas endommager le matériel. Dans ces conditions, les auteurs ont observé un ratio d'une action de haute intensité pour sept actions de basse intensité (pause et step), soit un coût énergétique d'environ 181 kJ. La contribution relative des systèmes aérobie, anaérobie alactique et anaérobie lactique était respectivement de 66, 30 et 4%. Lorsque la contribution des systèmes est présentée par tour, nous avons remarqué une augmentation

temporelle de la contribution aérobie, les valeurs du tour 1 ( $98 \pm 15$  kJ) étant inférieures aux valeurs des tours 2 ( $127 \pm 14$  kJ) et 3 ( $134 \pm 18$  kJ). Le comportement inverse s'est produit avec la contribution du système anaérobie lactique. De plus, on a observé une augmentation des valeurs moyennes de  $\dot{V} O_2$  dans les deuxième ( $52.1 \pm 5.9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) et troisième séries ( $53.4 \pm 5.9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) par rapport à la première série ( $44.4 \pm 6.2$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>).

Davis, Leithäuser et Beneke (2014) ont évalué 10 boxeurs novices effectuant des exercices de boxe comprenant des séquences de coups de poing et des mouvements défensifs en trois rounds de 2 min, séparées par un intervalle de 1 min. La dépense énergétique totale, la contribution relative de chacun des trois systèmes énergétiques et les valeurs de  $\dot{V} O_2$  ont été calculées. Les valeurs de  $\dot{V} O_2$  ont augmenté avec le temps, les valeurs du round 1 ( $42.6 \pm 4.9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) étant inférieures aux valeurs des rounds 2 ( $47.5 \pm 5.5$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) et 3 ( $47.2 \pm 7.2$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). Par rapport aux périodes d'effort, les périodes de récupération ont été marquées par une réduction des valeurs de  $\dot{V} O_2$ , mais les valeurs après le deuxième round ( $40,9 \pm 4,8$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) étaient plus élevées que les valeurs du premier round ( $38,0 \pm 4,2$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). Le coût énergétique du combat était de  $608,6 \pm 81,8$  kJ, correspondant à  $84 \pm 8\%$  de la  $\dot{V} O_{2max}$ . La contribution relative du système aérobie était plus faible au premier round qu'aux rounds 2 et 3, représentant environ 87 % de la dépense énergétique totale du combat ( $526,0 \pm 57,1$  kJ). La contribution relative des systèmes anaérobies alactique et lactique était respectivement de 10 et 4 %. De plus, il a été observé une réduction de la contribution du système anaérobie lactique entre les combats 1 et 3.

Les études présentées précédemment (BENEKE et al., 2004 ; CAMPOS et al., 2012 ; DAVIS ; LEITHÄUSER ; BENEKE ; 2014 ; DORIA et al., 2009), dans leur ensemble, démontrent la prédominance du système aérobie dans les sports

de combat. Il convient de noter que malgré la prédominance du système aérobie, les actions qui définissent l'issue des combats sont réalisées dans un court laps de temps et sont soutenues, probablement, par les systèmes anaérobies. Par conséquent, un athlète qui présente un bon développement de la condition aérobie n'aura pas nécessairement un avantage dans le résultat du combat.

### **3.3. développement du combat de judo**

Ainsi, sur la base de la revue de la littérature, il est plausible de suggérer qu'au cours du développement du combat de judo, il y a une contribution importante des trois systèmes énergétiques. De plus, il est possible que la contribution relative du système anaérobie soit supérieure à ce qui a été observé en karaté et en taekwondo, une fois que le [La] du combat de judo est supérieur aux valeurs observées dans ces modalités (BENEKE et al., 2004 ; BONITCH - DOMÍNGUEZ et al., 2010 ; CAMPOS et al., 2012). Cependant, le comportement temporel de la contribution relative de chacun de ces systèmes au cours du développement du combat de judo, qui présente des variations dans la durée totale, n'a pas encore été clarifié. En outre, établir la relation entre les réponses physiologiques, perceptives, de performance et de structure temporelle, des actions techniques exécutées et les niveaux d'aptitude aérobie et anaérobie des athlètes peut contribuer à la compréhension de la demande physiologique du combat et à l'amélioration des méthodes d'entraînement.

le développement du combat de judo englobe plusieurs aspects essentiels, notamment les compétences techniques, la condition physique et la stratégie tactique. En ce qui concerne les compétences techniques, les judokas s'entraînent assidûment pour maîtriser les différentes techniques de projection, d'immobilisation, d'étranglement et de clé articulaire (Kano, 2010). Ils cherchent à affiner leur précision, leur vitesse et leur coordination, en utilisant des méthodes d'entraînement spécifiques pour chaque technique (Kashiwazaki,

2004). La condition physique joue également un rôle crucial dans le développement du combat de judo. Les judokas doivent développer leur force musculaire, leur endurance cardiorespiratoire et leur souplesse pour pouvoir exécuter les techniques avec efficacité et résister aux efforts physiques intenses pendant les combats (Franchini et al., 2013). Enfin, la stratégie tactique est fondamentale pour réussir dans le combat de judo. Les judokas apprennent à lire et à anticiper les mouvements de leurs adversaires, à identifier les moments opportuns pour appliquer leurs techniques, et à s'adapter en fonction des forces et des faiblesses de chaque adversaire (Harrison et al., 2018). En intégrant ces différents aspects - compétences techniques, condition physique et stratégie tactique - les judokas peuvent développer leur efficacité et leur compétitivité sur le tatami, atteignant ainsi leur plein potentiel en combat (Sarmiento et al., 2013).

**1. Partie II : Méthodologie de la  
recherche.  
Méthode et moyens.**

## **1.1. Méthode et moyens**

### **1.1.1. Participants**

Douze athlètes de judo présentant les caractéristiques suivantes ont participé à cette étude : (a) masse corporelle :  $74,3 \pm 10,5$  kg ; (b) taille :  $175,1 \pm 5,3$  cm ; (c) âge :  $21 \pm 3$  (d) pourcentage de graisse :  $11,7 \pm 1,5\%$  ; (e) temps d'entraînement hebdomadaire :  $120 \pm 45$  min ; (f) expérience dans le sport :  $14 \pm 2$  ans.

Les athlètes ont accepté de participer volontairement à l'étude après avoir lu et signé un formulaire de consentement. Pour être inclus, l'athlète devait appartenir à la catégorie junior ou senior, participer à des compétitions officielles au niveau des championnats d'Algérie national et international au cours des trois dernières années, être ceinture marron ou noire et s'entraîner à une fréquence égale ou supérieure à quatre séances par semaine. Les athlètes appartenant à la catégorie lourde (plus de 100 kg), qui présentaient des blessures les privant totalement de leur routine d'entraînement pendant une période supérieure à 8 semaines, qui réduisaient leur masse corporelle et qui utilisaient des drogues, des suppléments et/ou des médicaments susceptibles de modifier leurs performances ne pouvaient pas être inclus.

### **1.1.2. Procédures**

Au cours des deux premiers jours d'évaluation, les athlètes ont été soumis à quatre tests de laboratoire (panneau A de la figure 1) pour déterminer la puissance aérobie ( $\dot{V} O_{2peak}$  dans le test (déduite par le seuil anaérobie dans le test maximal), de la puissance anaérobie (déduite par la puissance maximale dans le test de Wingate) et de la capacité anaérobie (déduite par la puissance moyenne dans le test de Wingate) effectuées en cycloergomètre dans la version

pour les membres supérieurs et inférieurs, en plus des mesures anthropométriques.

Lors de chacune des deux journées d'évaluation, un test de Wingate et un test progressif ont été effectués, avec un intervalle d'au moins 30 minutes entre les deux et en changeant de segment corporel, c'est-à-dire un test pour les membres supérieurs et un autre pour les membres inférieurs. Les mesures de composition corporelle ont été effectuées le premier jour de l'évaluation. L'ordre d'exécution des tests a été déterminé de manière aléatoire et à la fin du deuxième jour d'évaluation, après les tests de Wingate et les tests progressifs, il a été procédé à une familiarisation avec les tests de performance qui ont été appliqués au cours des séances suivantes, avant et après chaque combat. Ces tests ont été réalisés dans le Laboratoire des déterminants de l'énergie dans le sport (LABOPAPS), situé à L'institut d'éducation physique ét sportive de Mostaganem.







Ensuite, chaque athlète a effectué cinq combats dont la durée variait (1, 2, 3 et 4 minutes), ces affrontements étant réalisés avec le même adversaire et répétés dans trois conditions, soit un total de 15 combats (figure 1). La condition sans l'utilisation de l'analyseur de gaz a été conduite avec l'objectif de simuler un combat, se rapprochant du combat réel, sans imposer aucune restriction aux athlètes qui ont été évalués en même temps. Pour que le  $\dot{V} O_2$  puisse être mesuré pendant le combat, un seul des athlètes a pu être évalué et certaines limitations ont été imposées pour la sécurité de l'évaluation et de l'équipement. Afin de quantifier l'impact de l'utilisation de l'analyseur de gaz et des limitations imposées dans la condition sur les variables d'intérêt, une troisième condition de combat a été menée. Dans cette condition, les mêmes limitations imposées ont été reproduites, mais l'athlète a combattu sans l'équipement.

Chaque jour d'évaluation, les athlètes ont effectués deux combats à 60 minutes d'intervalle. Avant et après les combats sans l'utilisation de l'analyseur de gaz, des échantillons de sang ont été prélevés dans les veines antécubitales pour une analyse biochimique. Avant et après l'accomplissement des 15 combats, une batterie de tests de performance a été réalisée pour évaluer la force isométrique maximale des mains dominantes et non dominantes, la puissance musculaire des membres inférieurs et l'endurance musculaire dynamique des membres supérieurs.

Les combats de la condition sans utilisation de l'analyseur de gaz ont toujours été les premiers combats effectués dans chaque session, n'étant randomisés que dans la durée, de sorte que les modifications biochimiques causées par l'exécution d'un combat précédemment effectué ne pouvaient pas influencer les analyses biochimiques. Il a été demandé aux athlètes de rester à jeun pendant 3 heures afin de minimiser l'effet postprandial sur les marqueurs biochimiques analysés. L'ordre des combats de la condition avec l'analyseur de gaz et de la simulation de l'utilisation de l'analyseur de gaz a été randomisé en ce qui

concerne la condition et la durée. L'intervalle entre toutes les sessions était d'au moins 48 heures. Tous les combats ont été effectués sur les tatamis de l'école d'éducation physique et de sport de l'université de Mostaganem

### **1.1.3. Anthropométrie**

Après la mesure de la masse corporelle et de la taille, les plis cutanés des points suivants ont été mesurés trois fois, en rotation, à l'aide d'un pied à coulisse Harpenden (John Bull Instruments, Royaume-Uni) : triceps, sous-scapulaire, abdominal, supra-iliaque, cuisse frontale et jambe médiane. Les diamètres osseux suivants ont également été mesurés à l'aide de pieds à coulisse (Sanny, Brésil) : biépicondylienne fémorale et humérale, thorax antéropostérieur, thorax transversal, biacromial et biiliocrystal. Les circonférences suivantes ont été mesurées à l'aide d'un mètre ruban (Institut de São Paulo, Brésil) : bras détendu, poignet, thorax, cuisse proximale, jambe médiane et cheville. Le pourcentage de graisse a été estimé selon le protocole proposé par Drinkwater et Ross (1980).

### **1.1.4. Évaluation de la condition physique aérobie des membres inférieurs et supérieurs**

Les athlètes ont été soumis à deux tests progressifs pour évaluer la puissance et la capacité aérobie des membres inférieurs et supérieurs suivant les protocoles décrits ci-dessous.

### **1.1.5. Protocoles et méthodes pour déterminer la consommation maximale d'oxygène**

Pendant le test, la respiration  $\dot{V} O_2$  et la fréquence cardiaque ont été enregistrées à l'aide de l'appareil de mesure de la fréquence cardiaque.

### **1.1.6. Batterie de tests de performance**

Avant et six minutes après la fin des combats, des tests de performance ont été effectués pour évaluer la force isométrique maximale de la poignée, la puissance des membres inférieurs et l'endurance musculaire dynamique des membres

supérieurs. La période de six minutes était nécessaire en raison des conditions d'utilisation de l'analyseur de gaz, car les athlètes devaient rester avec l'équipement pendant cette période (voir le sujet sur l'estimation de la contribution des systèmes énergétiques). Tous les athlètes ont été familiarisés avec les tests physiques afin d'éviter l'effet d'apprentissage des tests, 10 minutes après la fin des tests de laboratoire lors de la deuxième session.

Le test de préhension (JOHNSON ; NELSON, 1969) a été appliqué pour évaluer la force isométrique maximale de préhension des mains à l'aide du dynamomètre Jamar ®. L'ajustement palmaire de chaque athlète a été enregistré et reproduit dans toutes les séances. Pour l'exécution du test, l'athlète reste debout, les bras placés le long du corps. Au signal de l'évaluateur,

l'athlète a effectué la force de préhension maximale de la main droite sans soutenir et fléchir le bras. La même procédure a été effectuée avec la main gauche. Chaque athlète a effectué trois tentatives avec chaque main, séparées par un intervalle d'une minute, et la valeur la plus élevée observée a été notée. Chaque athlète a été interrogé sur le côté dominant pour le combat (droitier ou gaucher) et les variables suivantes ont été enregistrées à partir des résultats du test : force isométrique maximale de la main dominante (FIMPMD ; kgf) et force isométrique maximale de la main non dominante (FIMPMD ; kgf).

Pendant l'intervalle de 1 min du test de préhension, la puissance musculaire des membres inférieurs a été évaluée par le test de saut vertical avec contre-mouvement avec l'application my jump sur un téléphone iPhone, .

Pour l'exécution du test, le sujet se tenait à distance de 2 mètres et, au signal de l'évaluateur, exécutait une flexion des genoux, suivie d'un saut, en gardant les genoux en extension. Les athlètes ont effectué une tentative après chacune d'entre elles et la valeur la plus élevée observée entre les deux tentatives a été

enregistrée. À partir des résultats du test, la variable suivante a été enregistrée : hauteur du saut vertical (SV ; cm).

Enfin, la résistance musculaire dynamique des membres supérieurs a été évaluée par le test de répétition à la barre à l'aide du judogi (FRANCHINI et al, 2011b) n'a été effectué qu'une seule fois. L'athlète a effectué sa prise sur le judogi et a exécuté le plus grand nombre de répétitions correctes, en fléchissant et en étendant complètement les coudes. Les résultats du test ont permis d'enregistrer la variable suivante : nombre maximal de répétitions d'haltères dans le judogi (NMRJ ; nombre).

### **1.1.7. Estimation de la contribution des systèmes énergétiques**

Pour estimer les systèmes aérobie, anaérobie lactique et anaérobie alactique dans les combats et les tests de Wingate, le  $\dot{V} O_2$  pendant l'activité, le delta [La] et la phase de la chute rapide de l'excès de  $\dot{V} O_2$  après l'exercice (EPOC rapide), respectivement. Ces mêmes ont été appliquées dans les combats de taekwondo (CAMPOS et al., 2012), de karaté (BENEKE et al., 2004) et de boxe (DAVIS ; LEITHÄUSER ; BENEKE, 2014).

La contribution du système aérobie a été estimée par le  $\dot{V}O_2$  mesuré tout au long de l'étude. période de combat et le test de Wingate. Les valeurs ont été exprimées par rapport aux valeurs de repos attendues pour la durée de l'activité (ligne de base). Pour établir les valeurs de référence du  $\dot{V}O_2$ , une valeur fixe de 4,5 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> a été considérée comme utilisée dans des études qui ont utilisé la même méthodologie pour estimer la contribution des systèmes dans les sports de combat (BENEKE et al., 2004 ; DAVIS ; LEITHÄUSER ; BENEKE, 2014). Les valeurs de  $\dot{V}O_2$  respiratoire ont été interpolées toutes les secondes et l'intégrale de la surface a été calculée dans le programme Origin 6.0 (Microcal Software Inc., Massachusetts, États- Unis d'Amérique).

**1.1.8. Analyse statistique**

Les statistiques descriptives ont permis de calculer les moyennes et les écarts types de toutes les variables dépendantes. La comparaison de toutes les variables dépendantes obtenues dans les combats et dans la contribution des systèmes d'alimentation au test de Wingate a été effectuée avec une analyse de modèle mixte pour les mesures répétées.

Dans tous les modèles, on a supposé que les athlètes étaient un facteur aléatoire et que les facteurs fixes étaient les suivants : la condition (trois niveaux - sans l'utilisation de l'analyseur de gaz, et simulant l'utilisation de l'analyseur de gaz), la durée (5 niveaux - 1, 2, 3 et 4 min), le moment (2 niveaux - avant et après), le type de système de transfert d'énergie (3 niveaux - aérobie, anaérobie lactique et anaérobie alactique), le segment corporel (2 niveaux - membres inférieurs et membres supérieurs) et le type d'action (2 niveaux - effort et pause). Selon la variable dépendante comparée, les combinaisons possibles de facteurs fiables, y compris les interactions entre les facteurs, étaient les suivantes : durée ; condition et durée ; durée et moment ; type de système de transfert d'énergie et durée ; type de système de transfert d'énergie et segment corporel ; condition, durée et moment.

Parmi les nombreuses interactions possibles, seules les différences significatives présentant un intérêt pour les objectifs de l'étude ont été décrites : interaction entre la condition et la durée - même condition et durées différentes ou conditions différentes et même durée ; interaction entre la condition et la durée - même condition et durées différentes ; interaction entre la condition et la durée - même condition et durées différentes ; interaction entre la condition et la durée.

condition et moment - même condition et moments différents ou conditions différentes et même moment ; interaction durée et moment - même durée et moments différents ou durées différentes et même moment ; type de système de transfert d'énergie et interaction durée - même système de transfert d'énergie et

durées différentes ou système de transfert d'énergie différent et même durée ; type de système de transfert d'énergie et interaction segment corporel - même système de transfert d'énergie et segments corporels différents ou système de transfert d'énergie différent et même segment corporel.

Dans toutes les analyses,  $p < 0,05$  a été adopté comme niveau de signification. Pour toutes les comparaisons par paires qui présentaient une valeur significative, l'ampleur de l'effet a été calculée à l'aide du test  $d$  de Cohen, qui a été classé comme suit : entre 0 et  $< 0,2$  - insignifiant ;  $> 0,2$  et  $< 0,6$  - petit ;  $> 0,6$  et  $< 1,2$  - modéré ;  $> 1,2$  et  $< 2,0$  - grand ;  $> 2,00$  et  $< 4,0$  - très grand;  $>$  plus de 4,0 - presque parfait (HOPKINS, 2015). Les tests de corrélation ont été réalisés à l'aide du logiciel Statistical Package for Social Sciences 22.0

## 2. RÉSULTATS

Pour des raisons d'organisation, les résultats sont présentés ci-dessous en sous-sections.

### 2.1. Caractéristiques générales, aptitude aérobie et aptitude anaérobie

Les données obtenues dans les tests progressifs pour les membres inférieurs et supérieurs pour la caractérisation de l'aptitude aérobie des athlètes sont présentées dans le tableau 3.

**Tableau 3 - Réponses physiologiques et de performance dans les tests progressifs pour les membres inférieurs et supérieurs (n = 12) (valeurs en moyenne ± écart-type).**

	Membres inférieurs	Membres supérieurs
Puissance aérobie maximale (MAP) (W)	237 ± 40	139 ± 28
Puissance correspondant à L <sub>An</sub> (W)	164 ± 35	88 ± 22
Puissance de L <sub>An</sub> (% de la PAM)	69 ± 8	63 ± 9
$\dot{V}$ Pic d'O <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	50,66 ± 7,17	37,94 ± 3,54
$\dot{V}O_2$ PL <sub>An</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	32,93 ± 4,90	25,57 ± 3,95
$\dot{V}O_2$ PL <sub>An</sub>	66 ± 9	67 ± 6
FC maximale (bpm)	188 ± 7	182 ± 14
PL <sub>An</sub> HR (bpm)	160 ± 6	148 ± 12
HR PL <sub>An</sub> (bpm) (% de la HR maximale)	85 ± 4	81 ± 5
Perception subjective de l'effort final (w.a.)	20 ± 0	20 ± 0
[La] finale (mmol.L <sup>-1</sup> )	8,25 ± 1,85	8,25 ± 2,05

Le tableau 5 présente les données relatives à la contribution absolue et relative des systèmes énergétiques obtenus lors des tests de Wingate pour les membres inférieurs et supérieurs.

**Tableau 4 - Contribution absolue (kJ) et relative (%) des systèmes énergétiques aux tests de Wingate pour les membres inférieurs et supérieurs (valeurs en moyenne ± écart-type) (n = 12).**

	Membres inférieurs	Membres supérieurs
<b>Valeurs absolues (kJ) *</b>		
<b>Aérobie</b>	19 ± 4	15 ± 6
<b>Lactique anaérobie£</b>	36 ± 6	36 ± 8
<b>Alactique Anaérobie£</b>	47 ± 20	31 ± 10
<b>Valeurs relatives (%)</b>		
<b>Aérobie</b>	20 ± 6	19 ± 5
<b>Lactique anaérobie£</b>	36 ± 7‡	44 ± 7‡
<b>Alactique Anaérobie£</b>	44 ± 12	38 ± 7

Notes : £ : effet du système, différent de l'aérobie (p < 0,05) ; \* : effet du segment corporel, différence entre les membres supérieurs et inférieurs (p < 0,05) ; ‡ : effet d'interaction entre le système et le segment corporel, différent de l'aérobie pour les membres inférieurs et supérieurs (p < 0,05).

Pour la contribution absolue des systèmes de transfert d'énergie dans les tests de Wingate, on a observé l'effet du type de système ( $F_{2,10} = 40,88$  ;  $p < 0,001$ ), avec des valeurs plus faibles du système aérobie par rapport au système anaérobie lactique ( $p < 0,001$  ;  $d = 2,9$  - très grand) et au système anaérobie alactique ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,7$  - grand). En outre, un effet du segment corporel a été observé ( $F_{2,10} = 8,58$  ;  $p = 0,015$ ), des valeurs plus élevées étant observées dans les membres inférieurs par rapport aux membres supérieurs ( $p = 0,015$ ;  $d = 0,5$  - petit). Cependant, aucun effet d'interaction entre le segment corporel et le type de système n'a été observé ( $F_{2,9} = 2,29$ ,  $p = 0,157$ ).

Pour la contribution relative des systèmes de transfert d'énergie dans les tests de Wingate, on a observé l'effet du type de système ( $F_{2,10} = 59,96$  ;  $p < 0,001$ ), les valeurs du système aérobie étant inférieures à celles du système anaérobie lactique ( $p < 0,001$  ;  $d = 3,1$  - très grand) et du système anaérobie alactique ( $p = 0,006$  ;  $d = 2,8$  - très grand). En outre, on a observé un effet d'interaction des facteurs segment corporel et type de système ( $F_{2,9} = 4,33$  ;  $p = 0,048$ ), les valeurs du système aérobie étant inférieures aux valeurs du système anaérobie lactique à la fois pour les membres inférieurs ( $p < 0,001$  ;  $d = 2,5$  - très grand) et pour les membres supérieurs ( $p < 0,001$  ;  $d = 4,1$  - presque parfait). Cependant, aucun effet du segment corporel n'a été observé ( $F_{2,11} = 0,14$  ;  $p = 0,711$ ).

## **2.2. Réponses de la perception subjective de la récupération et de l'effort dans différentes conditions et durées de combat**

Pour la perception subjective de la récupération, aucun effet de la condition ( $F_{2,140} = 1,85$  ;  $p = 0,165$ ), de la durée ( $F_{4,141} = 2,24$  ;  $p = 0,067$ ) ou de l'interaction des facteurs condition et durée ( $F_{8,140} = 0,97$  ;  $p = 0,460$ ) n'a été observé.

## Chapitre 02 :

## RÉSULTATS de la recherche

Notes : échelle Borg 6-20 ; \* : effet de la durée, différent d'un combat d'une durée de 1 min ( $p < 0,05$ ) ; # : effet de la durée, différent d'un combat d'une durée de 2 min ( $p < 0,05$ ).

Pour le PSE, un effet post-combat de la durée a été observé ( $F_{4,142} = 36,30$  ;  $p < 0,001$ ), les valeurs du combat de 1 min étant inférieures à celles observées dans les combats de 2 ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,8$  - modéré), 3 ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,5$  - grand), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,9$  - grand) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,9$  - grand) ; les valeurs du combat de 2 min étaient inférieures à celles obtenues dans les combats de 3 ( $p = 0,002$  ;  $d = 0,8$  - modéré), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,3$  - grand) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,3$  - grand). Cependant, il n'y a pas eu d'effet de la condition ( $F_{2,142} = 0,48$  ;  $p = 0,618$ ), ni d'effet d'interaction des facteurs condition et durée ( $F_{8,142} = 0,74$  ;  $p = 0,656$ ).

Pour le taux d'augmentation de l'EPS, on a observé un effet de la durée ( $F_{4,77} = 12,76$  ;  $p < 0,001$ ), les valeurs du combat de 1 min étant plus élevées que celles observées dans les combats de 2 ( $p = 0,005$  ;  $d = 0,3$  - petit), 3 ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,4$  - petit), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,9$  - modéré) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,3$  - grand), de même que les valeurs du combat de 2 min étaient plus élevées que celles observées dans le combat de 5 min ( $p = 0,016$  ;  $d = 3,6$  - très grand). Cependant, aucun effet de la condition n'a été observé ( $F_{2,100} = 0,97$  ;  $p < 0,381$ ), ni aucun effet d'interaction de la condition avec la durée ( $F_{8,125} = 0,82$  ;  $p = 0,590$ ).

### 2.3. Réponses physiologiques dans les différentes conditions, durées et moments du combat La figure 5 montre les données de FC obtenues à la fin du combat dans différentes conditions et durées.

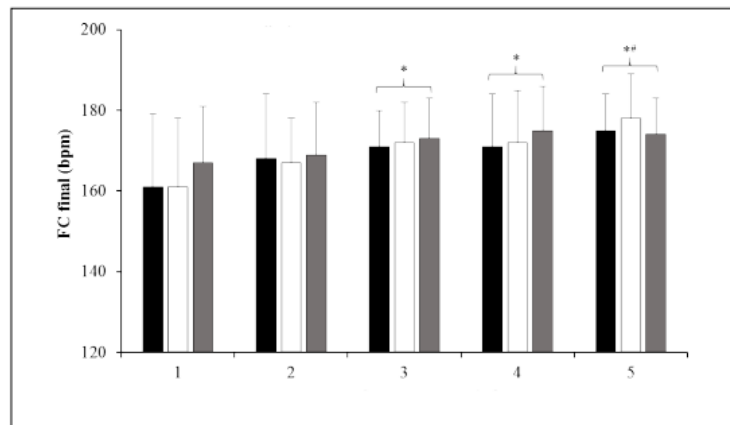


Figure 5 - Fréquence cardiaque finale (bpm) dans les différentes conditions de combat et durées (min) (valeurs en moyenne  $\pm$  écart-type) (n = 12).

Notes : \* : effet de la durée, différent d'un combat d'une durée de 1 min ( $p < 0,05$ ) ; # : effet de la durée, différent d'un combat d'une durée de 2 min ( $p < 0,05$ ).

Pour le HR, l'effet de la durée a été observé ( $F_{2,124} = 9,95$  ;  $p < 0,001$ ), les valeurs du combat de 1 min étant inférieures à celles observées dans les combats de 3 ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,7$  - modéré), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,7$  - modéré) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,0$  - modéré). 0,001 ;  $d = 0,7$  - modéré) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,0$  - modéré), de même que les valeurs du combat de 2 min étaient inférieures à celles observées dans le combat de 5 min ( $p = 0,006$  ;  $d = 0,7$  - modéré). Cependant, aucun effet de la condition n'a été observé ( $F_{2,123} = 1,07$  ;  $p = 0,346$ ), ni l'effet d'interaction des facteurs condition et durée ( $F_{8,124} = 0,74$  ;  $p = 0,656$ ).

Performance dans les tests physiques dans différentes conditions, durées et moments de combat

La figure 7 montre les données obtenues pour la force de préhension isométrique maximale de l'échantillon.

Les mains dominantes (FIMPMD) et non dominantes (FIMPMND) dans des conditions, des durées et des moments différents.

Pour le FIMPMD, un effet de la condition a été observé ( $F_{2,299} = 14,22$  ;  $p < 0,001$ ), les valeurs dans la condition de VO2 Max étant plus élevées que dans la condition avec VO2 Max ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,1$ ) et la simulation de VO2 Max ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,3$  - petit). Cependant, aucun effet de la durée ( $F_{4,299} = 0,75$  ;  $p = 0,560$ ), du moment ( $F_{1,299} = 3,05$  ;  $p = 0,082$ ) ou de l'interaction des facteurs condition et durée ( $F_{8,299} = 1,94$  ;  $p = 0,053$ ), condition et temps ( $F_{2,299} = 0,37$  ;  $p = 0,693$ ), durée et temps ( $F_{4,299} = 0,33$  ;  $p = 0,855$ ), et condition, temps et temps ( $F_{8,299} = 0,18$  ;  $p = 0,993$ ).

Pour le FIMPMND, un effet de condition a été observé ( $F_{2,299} = 13,31$  ;  $p < 0,001$ ), les valeurs dans la condition VO2 Max étant plus élevées que dans la condition avec VO2 Max ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,1$  - insignifiant) et la simulation de VO2 Max ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,2$  - insignifiant). Cependant, aucun effet de la durée ( $F_{4,299} = 0,78$  ;  $p = 0,540$ ), du moment ( $F_{1,299} = 1,06$  ;  $p = 0,303$ ) ou de l'interaction des facteurs condition et durée ( $F_{8,299} = 1,25$  ;  $p = 0,271$ ), condition et temps ( $F_{2,299} = 1,32$  ;  $p = 0,268$ ), durée et temps ( $F_{4,299} = 1,55$  ;  $p = 0,189$ ), et condition, durée et temps ( $F_{8,299} = 0,41$  ;  $p = 0,916$ ).

## Chapitre 02 :

## RÉSULTATS de la recherche

Structure temporelle, actions techniques et notation dans les différentes conditions, durées et moments du combat La figure 10 montre le taux du nombre de séquences debout et au sol par min de combat (uniquement pour la condition de VO2 Max) (nombre.min<sup>-1</sup>) dans différentes durées. Les figures 11 et 12 montrent les données de l'analyse de la structure temporelle des combats, en considérant le temps moyen de chaque variable (relative à chaque séquence de combat), dans différentes conditions et durées. Réactions de la contribution des systèmes énergétiques lors d'un combat simulé

La figure 15 présente les données relatives à la contribution absolue des systèmes énergétiques pendant les combats au cours desquels les athlètes ont combattu à l'aide de VO2 Max pendant différentes durées.

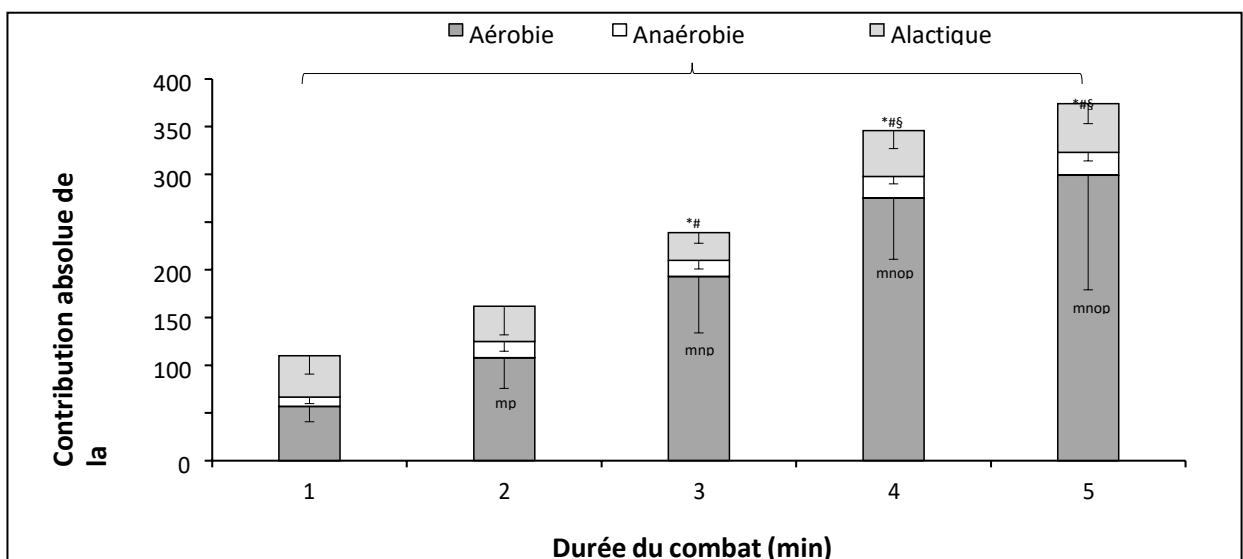


Figure 15 - Contribution absolue (kJ) des systèmes énergétiques dans les combats de différentes durées (valeurs en moyenne  $\pm$  écart-type) (min) (n = 12).

Notes : <sup>1</sup> : effet du système énergétique, le système aérobie est différent du système anaérobie lactique et alactique ( $p < 0,05$ ) ;

\* : effet de la durée, différent du combat d'une durée de 1 min ( $p < 0,05$ ) ; # : effet de la durée, différent du combat d'une durée de 2 min ( $p < 0,05$ ) ; § : effet

de la durée, différent du combat d'une durée de 3 min ( $p < 0.05$ ) ; <sup>m</sup> : effet d'interaction entre le type de système et la durée, différent de la contribution du système aérobie dans le combat d'une durée de 1 min ( $p < 0.05$ ) ; <sup>n</sup> : effet d'interaction entre le type de système et la durée, différent de la contribution du système aérobie dans le combat de 2 min ( $p < 0,05$ ) ; <sup>o</sup> : effet d'interaction entre le type de système et la durée, différent de la contribution du système aérobie dans le combat de 3 min ( $p < 0,05$ ) ; <sup>P</sup> : effet d'interaction entre le type de système et la durée, différent de la contribution des systèmes anaérobies lactique et alactique dans le combat de 2, 3, 4 et 5 min ( $p < 0,05$ ).

Pour la contribution absolue des différents systèmes de transfert d'énergie, on a observé l'effet du type de système ( $F_{2,60} = 162,16$  ;  $p < 0,001$ ), la contribution du système aérobie étant plus élevée que celle du système anaérobie lactique ( $p < 0,001$  ;  $d = 2,0$  - très grand) et alactique ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,7$  - grand). Un effet de durée a également été observé ( $F_{4,117} = 32,03$  ;  $p < 0,001$ ), la dépense énergétique du combat de 1 min étant inférieure à celle observée dans les combats de 3 durées ( $p$

$= 0,001$  ;  $d = 0,7$  - modéré), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,9$  - modéré) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,9$  - modéré) ; les valeurs du combat de 2 min étaient inférieures à celles observées dans les combats de 3 ( $p = 0,014$  ;  $d = 0,3$  - faible), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,7$  - modéré) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,7$  - modéré) ; la

La contribution du système aérobie dans le combat de 3 min était inférieure à celle observée dans les combats d'une durée de 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,3$  - petit) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,4$  - petit). De plus, il y avait une interaction des facteurs type de système et durée ( $F_{8,125} =$

$19,11$  ;  $p < 0,001$ ), la contribution du système aérobie dans le combat de 1 min étant inférieure aux valeurs observées dans les combats de 2 ( $p = 0,034$  ;  $d = 2,0$  - très grand), 3 ( $p < 0,001$  ;  $d = 3,2$  - très grand), 4 ( $p$

< 0.001 ;  $d = 4.7$  - presque parfait) et 5 ( $p < 0.001$  ;  $d = 2.8$  - très grand) ; la contribution du système aérobie dans le combat de 2 min était inférieure à celle des combats de 3 ( $p < 0.001$  ;  $d = 1.8$  - grand), 4 ( $p < 0.001$  ;  $d = 3,3$  - très grande) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 2,2$  - très grande) ; la contribution du système aérobie dans le combat de 3 min était inférieure à celle des combats de 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,3$  - grande) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,1$  - modérée). Les valeurs du système aérobie étaient plus élevées que celles du système anaérobie lactique dans les combats 2 ( $p < 0,001$  ;  $d = 3,9$  - très grand), 3 ( $p < 0,001$  ;  $d = 4,2$  - presque parfait), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 5,5$  - presque parfait) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 3,2$  - très grand) ; ainsi que les valeurs du système aérobie étaient plus élevées que les valeurs du système anaérobie alactique dans les combats de 2 ( $p < 0,001$  ;  $d = 2,3$  - très grand), 3 ( $p < 0,001$  ;  $d = 3,9$  - très grand), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 4,8$  - presque parfait) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 2,9$  - très grand).

La figure 16 présente les données relatives à la contribution des systèmes énergétiques pendant les combats au cours desquels les athlètes ont utilisé VO2 Max pendant différentes durées. Pour la contribution relative des systèmes énergétiques, on a observé l'effet du type de système ( $F_{2,46} = 1000.69$  ;  $p < 0.001$ ), étant observé une plus grande contribution relative du système aérobie par rapport à l'anaérobie lactique ( $p < 0.001$  ;  $d = 6.2$  - presque parfait) et alactique ( $p < 0.001$  ;  $d = 4.0$  - très grand) ; une plus grande contribution relative de l'anaérobie alactique par rapport à l'anaérobie lactique ( $p < 0.001$  ;  $d = 1.3$  - grand). Il a été observé un effet d'interaction des facteurs type de système et durée du combat ( $F_{8,105} = 25.82$  ;  $p < 0.001$ ) étant la contribution du système aérobie dans le combat de 1 min inférieure aux combats de 2 ( $p < 0.001$  ;  $d$  La contribution du système aérobie dans l'exercice de 2 minutes était inférieure à celle des exercices de 3 ( $p = 0,015$  ;  $d = 1,1$  - modéré) et de 4 minutes ( $p = 0,026$  ;  $d = 1,1$  - modéré) ; la contribution du système aérobie dans l'exercice de 2 minutes était inférieure à celle des exercices de 3 ( $p = 0,015$  ;  $d = 1,1$  - modéré) et de 4 minutes ( $p = 0,026$  ;  $d = 1,1$  - modéré) ; la contribution du système aérobie dans l'exercice de

## Chapitre 02 :

## RÉSULTATS de la recherche

2 minutes était supérieure à celle des exercices de 3 ( $p = 0,015$  ;  $d = 1,1$  - modéré) et de 5 minutes ( $p = 0,001$  ;  $d = 3,2$  - très grand).

- modéré) ; la contribution du système anaérobie alactique dans le combat de 1 min était plus élevée que dans les combats de 2 ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,6$  - grand), 3 ( $p < 0,001$  ;  $d = 3,0$  - très grand), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 3,1$  - très grand) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 2,8$  - très grand). En outre, la contribution relative du système aérobie était supérieure à celle du système anaérobie lactique dans les combats de durée 1 ( $p < 0,001$  ;  $d = 5,3$  - presque parfait), 2 ( $p < 0,001$  ;  $d = 6,0$  - presque parfait) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 2,8$  - très grand). presque parfait), 3 ( $p < 0,001$  ;  $d = 6,5$  - presque parfait), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 21,7$  - presque parfait) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 15,5$  - presque parfait) ; la contribution relative du système aérobie était supérieure à la contribution du système anaérobie alactique dans les combats de durée 1 ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,3$  - grand), 2 ( $p < 0,001$  ;  $d = 4,0$  - très grand), 3 ( $p < 0,001$  ;  $d = 5,5$  - très grand), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 5,5$  - très grand) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 15,5$  - presque parfait). 0,001 ;  $d = 5,7$  - presque parfait), 4 ( $p < 0,001$  ;  $d = 16,0$  - presque parfait) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 11,1$  - presque parfait) ; la contribution du système anaérobie alactique était plus élevée que la contribution du système anaérobie lactique dans les combats d'une durée de 1 ( $p < 0,001$  ;  $d = 3,6$  - très grand) et 2 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,3$  - grand). Cependant, aucun effet de la durée du combat n'a été observé ( $F_{4,97} = 0,00$  ;  $p =$

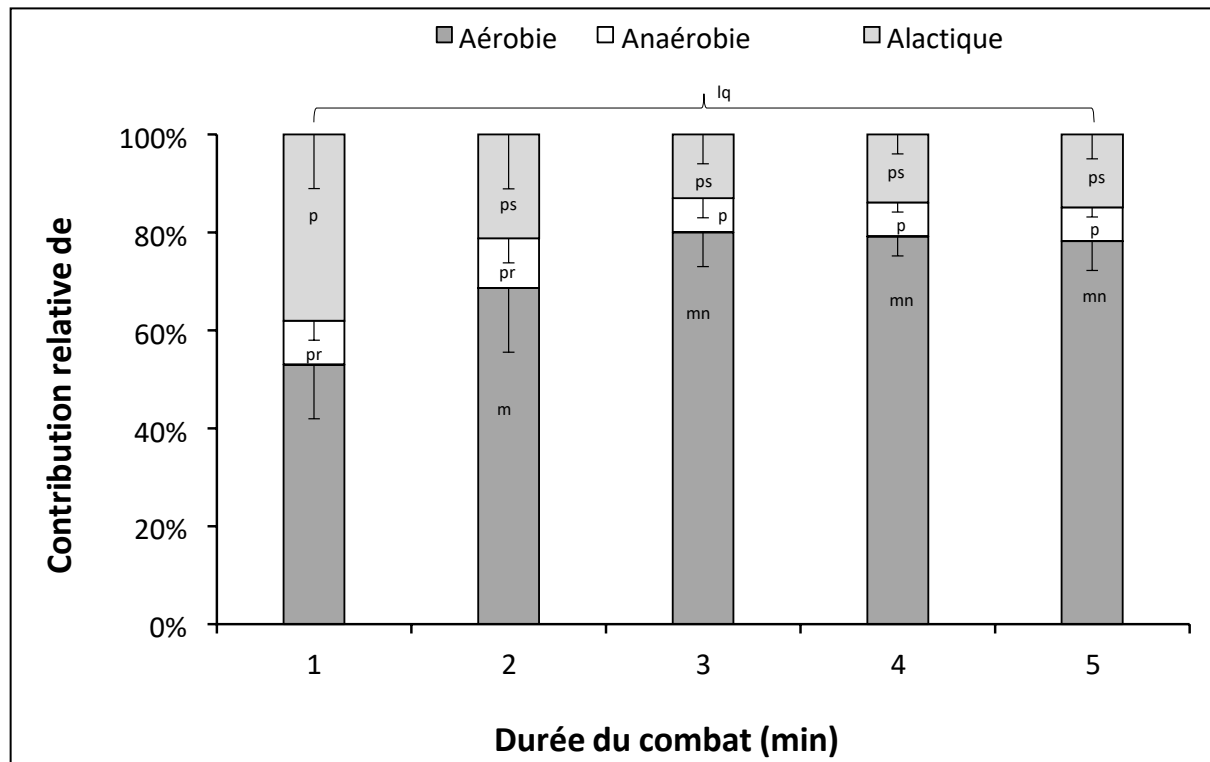


Figure 16 - Contribution relative (%) des systèmes énergétiques dans les combats de différentes durées (min) (valeurs en moyenne  $\pm$  écart-type) (n = 12).

Notes : <sup>l</sup> : effet du système énergétique, système aérobie différent du système anaérobie lactique et alactique ( $p < 0,05$ ) ; <sup>q</sup> : effet du système énergétique, système anaérobie alactique différent du système anaérobie lactique ( $p < 0,05$ ) ; <sup>m</sup> : effet d'interaction entre le type de système et la durée, différent de la contribution du système aérobie dans l'effort de 1 min ( $p < 0,05$ ) ; <sup>n</sup> : effet d'interaction entre le type de système et la durée, différent de la contribution du système aérobie dans l'effort de 2 min ( $p < 0,05$ ) ; <sup>P</sup> : effet d'interaction entre le type de système et la durée, le système aérobie est supérieur aux systèmes anaérobie lactique et alactique dans les combats de 1, 2, 3, 4 et 5 min ( $p < 0,05$ ) ; <sup>r</sup> : effet d'interaction entre le type de système et la durée, système anaérobie alactique supérieur au système anaérobie lactique dans les combats de 1 et 2 min ( $p < 0,05$ ) ; <sup>s</sup> :

effet d'interaction entre le type de système et la durée : différent de la contribution du système anaérobie alactique dans le combat de 1 min ( $p < 0,05$ ). La figure 17 présente les données relatives au coût de l'énergie en fonction de la durée du combat dans les conditions d'utilisation de  $VO_2$  Max pendant différentes durées.

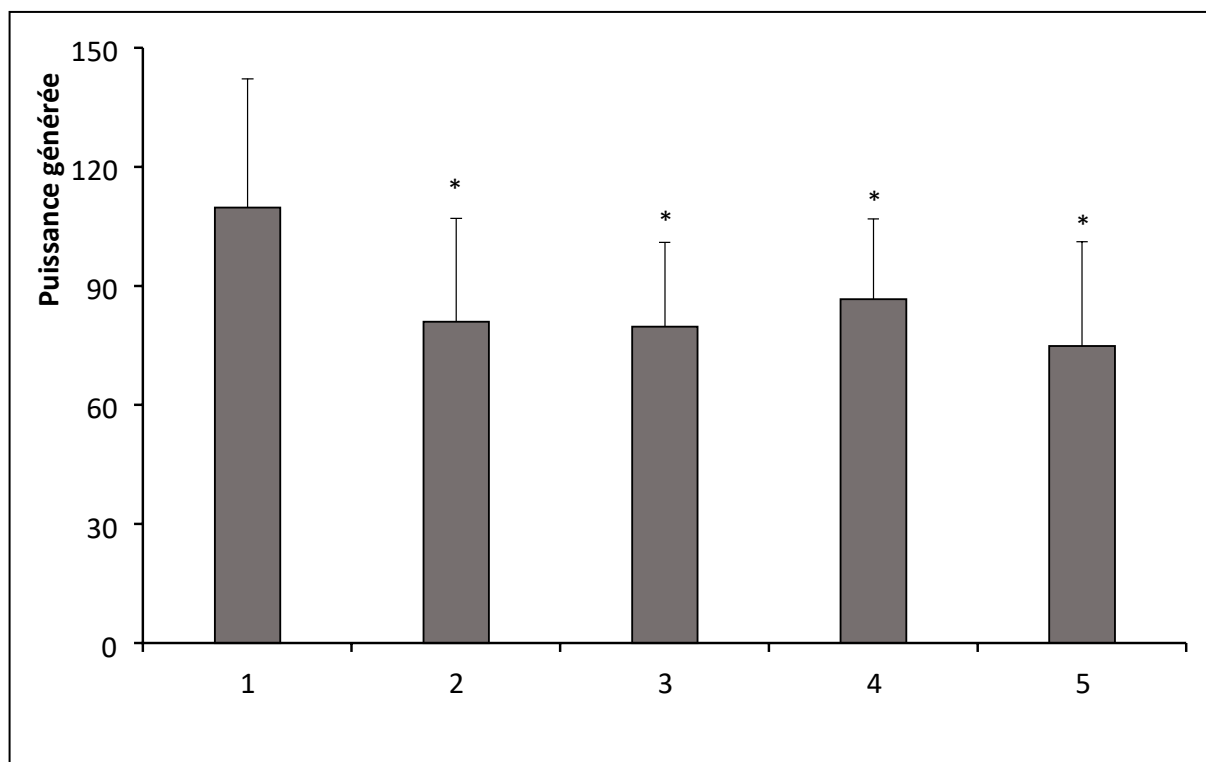


Figure 17 - Puissance générée par minute de combat (kW) dans des combats de différentes durées (min) (valeurs en moyenne  $\pm$  écart-type) ( $n = 12$ ).

Notes : \* : effet de la durée, différent du combat à une durée de 1 min ( $p < 0,05$ ).

Pour la puissance générée par min de combat on a observé l'effet de la durée du combat ( $F_{4,37} = 5,40$  ;  $p = 0,002$ ) étant les valeurs de combat de 1 min supérieures aux valeurs de combat de 2 ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,0$  - modéré), 3 ( $p = 0,004$  ;  $d = 1,1$  - modéré), 4 ( $p = 0,013$  ;  $d = 0,9$  - modéré) et 5 min ( $p < 0,001$  ;  $d = 1,1$  - modéré).

La figure 18 présente les données de consommation d'oxygène dans les périodes d'effort et de pause dans l'état avec l'utilisation de  $VO_2$  Max dans différentes durées, ayant comme références plusieurs marqueurs métaboliques des tests progressifs.

Corrélations entre le niveau d'aptitude aérobie et anaérobie et les variables du combat de 4 minutes

Les corrélations significatives suivantes ont été observées entre les indices de puissance aérobie et les variables du combat de 5 minutes de utiliser VO<sub>2</sub> Max : (1)  $\dot{V} O_2 \text{ pic}$  .

Membres inférieurs ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) était négativement corrélée avec le pourcentage de baisse du nombre de répétitions à la barre en judogi (%) ( $r = -0,62$  ;  $p = 0,033$  ; fort) ; (2) la puissance aérobie maximale des membres inférieurs (W) était positivement corrélée avec le taux de frappes de jambes ( $\text{nombre}.\text{min}^{-1}$ ) ( $r = 0,69$  ;  $p = 0,013$  ; forte), le temps moyen de combat debout

( $r = 0,70$  ;  $p = 0,012$  ; très forte), le temps moyen de mouvement de contact (s) ( $r = 0,68$  ;  $p = 0,012$  ; très forte) ; (3) la puissance aérobie maximale des membres inférieurs (W) était positivement corrélée avec le taux de frappe des jambes ( $\text{nombre}.\text{min}^{-1}$ ) ( $r = 0,70$  ;  $p = 0,011$  ; très fort), et négativement avec le pourcentage de baisse du nombre de répétitions avec haltères dans le *judogi* (%) ( $r = -0,70$  ;  $p = 0,011$  ; très fort) et le

taux de séquence de combat debout ( $\text{nombre}.\text{min}^{-1}$ ) ( $r = -0,83$  ;  $p = 0,001$  ; très fort) ; (3) la puissance aérobie maximale des membres supérieurs (W)

était positivement corrélée avec le taux de coups de jambe ( $\text{nombre}.\text{min}^{-1}$ ) ( $r = 0,74$  ;  $p = 0,006$  ; très forte), la durée moyenne du combat debout (s) ( $r = 0,72$  ;  $p = 0,009$  ; très forte), la durée moyenne des mouvements de contact (s) ( $r = 0,74$  ;  $p = 0,006$  ; très forte), la durée moyenne de la prise (s) ( $r = 0,70$  ;  $p = 0,012$  ; très fort), le temps moyen de combat au sol ( $r = 0,58$  ;  $p = 0,048$  ; fort) et négativement avec le pourcentage de baisse du nombre de répétitions d'haltères dans le *judogi* (%) ( $r = -0,65$  ;  $p = 0,022$  ; fort) et le taux d'enchaînement du combat debout ( $\text{nombre}.\text{min}^{-1}$ ) ( $r = -0,83$  ;  $p = 0,001$  ; très fort). Les corrélations significatives suivantes ont été observées entre les indices de la capacité aérobie et les variables du

## Chapitre 02 :

## RÉSULTATS de la recherche

combat de 5 min de utilisation de l'analyseur à gaz : (1) la puissance associée au seuil anaérobie des membres inférieurs (W) était positivement corrélée avec le taux de frappe de jambes (nombre.min<sup>-1</sup>) ( $r = 0,70$  ;  $p = 0,011$  ; très forte), le temps moyen de combat debout (s) ( $r = 0,80$  ;  $p = 0,002$  ; très forte), le temps moyen de mouvement de contact (s) ( $r = 0,80$  ;  $p = 0,002$  ; très forte), le temps moyen de mouvement de contact (s) ( $r = 0,80$  ;  $p = 0,002$  ; très forte).

= 0,72 ;  $p = 0,008$  ; très fort), le temps moyen de capture (s) ( $r = 0,82$  ;  $p = 0,011$  ; très fort), et négativement avec le taux de séquence de combat debout (nombre.min<sup>-1</sup>) ( $r = -0,76$  ;  $p = 0,004$  ; très fort) ; (2) la puissance associée au seuil anaérobie du membre supérieur (W) était positivement corrélée avec le taux de frappe de la jambe (nombre.min<sup>-1</sup>) ( $r = 0,66$  ;  $p = 0,021$  ; forte), le temps moyen de lutte debout (s) ( $r = 0,81$  ;  $p = 0,001$  ; très forte), le temps moyen de mouvement de contact (s) ( $r = 0,85$  ;  $p = 0,001$  ; très forte), le temps moyen de rattrapage (s) ( $r = 0,81$  ;  $p = 0,001$  ; très forte) ; (2) la puissance associée au seuil anaérobie des membres supérieurs (W) était positivement corrélée avec le taux de frappe des jambes (nombre.min<sup>-1</sup>) ( $r = 0,76$  ;  $p = 0,005$  ; très fort), le temps moyen de combat au sol (s) ( $r = 0,67$  ;  $p = 0,018$  ; fort) et négativement avec le taux de séquence de combat debout (nombre.min<sup>-1</sup>) ( $r = -0,83$  ;  $p = 0,001$  ; très fort).

Les corrélations suivantes ont été observées entre les indices de puissance anaérobie et les variables du combat de 5 minutes de utilisation de VO<sub>2</sub> Max : (1) la puissance maximale des membres supérieurs (W.kg<sup>-1</sup>) était positivement corrélée avec le taux de coups de jambe (nombre.min<sup>-1</sup>) ( $r = 0,70$  ;  $p = 0,012$  ; très forte), la durée moyenne du combat au sol (s) ( $r = 0,59$  ;  $p = 0,046$  ; forte), et négativement avec le pourcentage de baisse du nombre de répétitions de l'haltère dans le judogi ( $r = -0,77$  ;  $p = 0,004$  ; très forte).

Les corrélations suivantes ont été observées entre les indices de la capacité anaérobie et les variables de l'effort de 5 min de l'utilisation de VO<sub>2</sub> Max : (1) la puissance

## **Chapitre 02 :**

## **RÉSULTATS de la recherche**

moyenne des membres inférieurs (W.kg-1) était négativement corrélée avec le pourcentage de chute du nombre de répétitions à la barre en judogi ( $r = -0.58$  ;  $p = 0.047$  ; fort) ; (2) la puissance moyenne des membres supérieurs (W.kg-1) était négativement corrélée avec le pourcentage de chute du saut vertical (%) ( $r = -0,62$  ;  $p = 0,031$  ; fort), le pourcentage de chute du nombre de répétitions à la barre en judogi ( $r = -0,76$  ;  $p = 0,004$  ; très fort) et le taux de coups de hanche (nombre.min-1) ( $r = -0,60$  ;  $p = 0,041$  ; fort).

### 3. DISCUSSION

Pour des raisons d'organisation et de compréhension, la section de discussion a d'abord présenté les résultats entre les différentes conditions de combat, puis les résultats entre les différentes durées et moments de combat. Les interactions observées ont été discutées en même temps que les effets principaux. Enfin, les résultats concernant le coût énergétique du combat, compte tenu des différents systèmes de transfert d'énergie, ont été discutés.

Avant d'entamer la discussion des résultats obtenus lors de la conduite des combats, il est important de discuter de l'état initial des athlètes. La conception de la présente étude impliquait la performance de

15 combats qui se sont déroulés sur huit jours différents. Entre les différents combats effectués dans la même journée, un intervalle de 60 min a été donné pour que les athlètes puissent récupérer et, principalement, pour que les valeurs de [LA] reviennent aux valeurs de repos, proches des valeurs observées avant le premier combat. Cet objectif a été effectivement atteint, dès lors qu'il n'a pas été observé de différences entre les valeurs d'avant-combat entre les différentes conditions et durées.

En ce qui concerne la récupération (évaluée sur l'échelle de perception de la récupération), aucun effet de la condition, de la durée et de l'interaction de ces facteurs n'a été observé, ce qui indique que les athlètes ont commencé les combats dans des conditions de récupération similaires. De plus, les athlètes ont rapporté, en moyenne, des scores entre 7 (entre modérément et bien récupéré) et 9 (entre bien récupéré et très bien récupéré). L'échelle PSR (LAURENT et al., 2011) est un outil d'application facile et c'est la raison pour laquelle son utilisation a été choisie. Après avoir vérifié que tous les athlètes présentaient un bon état de récupération et que les valeurs de [La] étaient similaires avant de commencer les combats, il est possible de discuter des résultats obtenus lors de la réalisation des combats en considérant

uniquement les différentes conditions et durées et en excluant les influences possibles de l'état de récupération initial.

### 3.1. Différentes conditions de combat

À la fin des combats, il a été demandé aux athlètes d'indiquer l'ESP du combat. Ces données ont été présentées en valeurs absolues et en taux d'augmentation par minute de combat. En comparant les trois conditions de combat, aucune différence n'a été observée. Les valeurs PSE (absolues et taux) des combats dans la condition VO2 Max pouvaient être plus élevées que les valeurs des autres conditions, une fois que dans les conditions avec analyseur de gaz et simulant l'utilisation de VO2 Max, l'athlète évalué pouvait projeter son adversaire, mais ne pouvait pas être projeté, étant Il n'est autorisé qu'à porter le coup. Cette contrainte pourrait offrir à l'athlète évalué une économie d'effort pour défendre les actions de l'adversaire, entraînant une réduction de l'EPS final par rapport à la situation dans laquelle il devait faire un effort pour défendre les coups de l'adversaire. En fait, le temps moyen de défense dans cette condition était inférieur aux valeurs observées dans les autres conditions ; cependant, cette différence n'a pas influencé les valeurs finales de l'EPS dans cette condition.

Contrairement à une possible économie d'effort, perçue par la réduction du temps moyen de défense, une autre différence possible qui n'a pas été confirmée serait liée à la supériorité des valeurs de PSE de la condition avec VO2 Max par rapport aux autres conditions, puisque l'inconfort causé par le masque pourrait provoquer des valeurs élevées de PSE. Cette supposition a été établie car les personnes effectuant le même type d'exercice anticipent la perception de fatigue lorsqu'elles utilisent un masque pour capter les gaz par rapport à une situation où elles ne l'utilisent pas ; en outre, ces personnes signalent l'inconfort du masque comme la cause de la fin de l'exercice (RECH ; MIYAHIRA ; NAVARRO, 2007). Cependant, il est possible que l'athlète, connaissant la demande physiologique du combat dans sa durée totale, et

réalisant un effort plus important que celui qu'il peut supporter pour accomplir cette tâche, ait réduit l'intensité des efforts tout au long du combat. Ces modifications possibles peuvent ne pas avoir été reflétées dans l'EPS finale du combat, qui représente l'ensemble des modifications physiologiques et psychologiques (BORG, 1982). En ce qui concerne les compétitions de course à pied de moyenne et longue distance, il existe des informations selon lesquelles les athlètes ajustent leur rythme de vitesse (d'où le terme de stratégie d'allure) pendant la course, en tenant compte de la distance parcourue et de l'ESP équivalente au moment, qui est basée sur leurs expériences antérieures (TUCKER, 2009 ; TUCKER ; NOAKES, 2009) afin d'atteindre les valeurs maximales de l'ESP vers la fin de la course (TUCKER, 2009). Si les athlètes de cette étude ont perçu un effort plus important que celui qu'ils auraient normalement ressenti au même moment du combat, il est possible qu'ils aient élaboré une stratégie pour accomplir la tâche. Ainsi, si l'on considère l'analyse de la structure temporelle des combats, dans la condition où les athlètes ont combattu en utilisant VO2 Max, le temps moyen d'empreinte et, par conséquent, le temps moyen de combat debout ont été plus importants par rapport à la condition de VO2 Max. En d'autres termes, lors d'une séquence de combat debout, les athlètes ont passé plus de temps à effectuer la saisie, ce qui a prolongé la durée moyenne du combat debout. Le temps moyen d'application des coups et le taux du nombre et de la variation des coups appliqués par minute de combat auraient également pu être réduits en tant que stratégie.

Cependant, contrairement aux résultats concernant la réduction du temps moyen de défense, celle-ci n'a pas été observée. Apparemment, la stratégie utilisée par les athlètes pour réduire l'intensité des efforts a consisté à modifier leurs actions, plus précisément le type de coup porté : ils ont porté un plus grand nombre de coups de jambe (par rapport aux conditions VO2 Max) et un plus petit nombre de coups de bras (par rapport aux conditions VO2 Max et simulant l'utilisation de VO2 Max) et de coups de sacrifice (par rapport à la condition VO2 Max), de modification du

nombre de coups de hanche. La réduction du nombre de coups sacrifiés dans la condition avec VO<sub>2</sub> Max a probablement été causée par la limitation de l'utilisation du masque, parce que les athlètes auraient dû rapprocher le visage du tronc de l'adversaire pendant l'application du coup, ce qui aurait pu les blesser ou même endommager l'équipement, bien qu'aucune restriction pour l'application de ce type de coup n'ait été imposée par les évaluateurs. Il a été observé que l'augmentation du nombre de frappes avec les jambes s'accompagnait d'une réduction du nombre de frappes avec les bras. Ces résultats sont similaires à ceux démontrés par Franchini et al. (2008) lorsqu'ils comparent les techniques de bras (seoi-nage), de hanche (harai-goshi) et de jambe (o-uchi-gari), mais en fixant le temps d'activité (5 min) et le nombre d'entrées (1 entrée avec projection toutes les 15s) pendant le nage-komi. Le coût L'énergie, le  $\dot{V}O_2$  et la contribution relative des systèmes anaérobie et aérobie alactique étaient plus élevés dans la technique du bras par rapport à la technique de la jambe. Franchini, Panissa et Julio (2013) ont comparé la dépense énergétique d'athlètes de judo lors de l'exécution de 9 protocoles d'exercices complets en utilisant trois structures temporelles différentes d'effort et de pause et dans trois techniques différentes. Les trois techniques utilisées étaient les mêmes que dans l'étude de Franchini et al. (2008). Dans leurs résultats, les auteurs ont observé que l'application de frappes sur les jambes a un coût énergétique inférieur à celui des frappes sur les bras, de aucune différence pour les frappes sur les hanches. Ainsi, il est possible que les athlètes aient appliqué un plus grand nombre de frappes de jambes afin d'économiser de l'énergie et de pouvoir supporter la demande physique du combat dans sa totalité.

Une batterie de tests visant à évaluer les modifications des capacités physiques utilisées pendant le combat a été appliquée cinq minutes avant et six minutes après la fin du combat. Aucune différence n'a été observée entre les conditions pour les valeurs de saut vertical. En revanche, les valeurs de la force isométrique maximale de préhension de la main dominante et non dominante, et le nombre de répétitions de

la barre au judogi étaient différents entre les conditions, les valeurs des conditions avec VO2 Max et simulant l'utilisation de VO2 Max étant inférieures aux valeurs de la condition de VO2 Max. La supériorité de VO2 Max dans la condition de VO2 Max peut être attribuée au temps moyen de prise plus court observé dans cette condition par rapport à la condition avec VO2 Max. L'établissement de la prise dans le judogi de l'adversaire nécessite à la fois la force isométrique maximale des mains pour tenir l'adversaire et l'endurance de la force isométrique et dynamique des membres supérieurs (FRANCHINI ; ARTIOLI ; BRITO, 2013). Comme les athlètes sont restés moins longtemps à effectuer la prise de VO2 Max, l'usure de la force isométrique maximale des mains et l'endurance de la force des membres supérieurs n'ont peut-être pas été réalisées avec la même ampleur.

Toujours en ce qui concerne l'analyse de la structure temporelle, le temps de pause moyen dans les combats de la condition avec VO2 Max était plus élevé que les valeurs observées dans les autres conditions. Cette constatation s'explique par le fait que, pendant les périodes de pause, il était nécessaire d'effectuer quelques ajustements du masque sur le visage de l'athlète lorsqu'il y avait des interférences, causées par le contact entre les athlètes. Ces interférences devaient être effectuées pour garantir une acquisition correcte des données et ne pouvaient pas être évitées.

Enfin, les modifications des valeurs du temps moyen de capture, de pause et de défense, du nombre de coups de jambe et de bras, ensemble, ont provoqué des modifications physiologiques entre les conditions, démontrées, spécifiquement, par les valeurs du taux d'augmentation du delta de [La] : les valeurs de la condition avec VO2 Max étaient inférieures aux valeurs des conditions de VO2 Max et simulant l'utilisation de VO2 Max, et les valeurs de la condition simulant l'utilisation de VO2 Max étaient inférieures aux valeurs de la condition de VO2 Max. En effet, l'interaction des facteurs condition et durée a montré que les différences entre les conditions n'étaient observées que dans le combat d'une minute. La [La] a été utilisée

comme indicateur de l'utilisation du système anaérobie lactique (BUCHHEIT ; LAURSEN, 2013b ; DI PRAMPERO ; FERRETTI, 1999).

Lorsque les valeurs de [La] sont comparées entre les combats officiels et simulés, les valeurs des combats officiels sont plus élevées que les valeurs des combats simulés, d'environ 3 mmol.L<sup>-1</sup>, et il est suggéré que cette différence est causée par la réduction du nombre d'actions intenses qui sont effectuées pendant le combat simulé (FRANCHINI ; ARTIOLI ; BRITO, 2013). Bien qu'il soit difficile d'établir laquelle de ces modifications de la structure temporelle et des actions a causé la réduction du delta de [LA], il est possible de supposer que la suggestion de Franchini, Artioli et Brito (2013) est plausible pour les comparaisons entre les conditions de la présente étude. Ainsi, dans les combats de la condition avec VO2 Max, le nombre d'actions de haute intensité pourrait être inférieur aux valeurs observées dans les conditions de VO2 Max et simulant l'utilisation de VO2 Max.

En effet, dans les combats de la condition VO2 Max, le nombre de coups de bras a montré une tendance à la supériorité par rapport à la condition avec VO2 Max, de différence pour la condition simulant VO2 Max. En outre, le temps de défense moyen de la condition avec analyseur était inférieur aux valeurs des autres conditions. Bien qu'il ne soit pas possible d'affirmer que seules l'application de coups et la défense sont classées comme des actions de haute intensité, car il n'existe aucun moyen de mesurer directement l'intensité des actions, mais en supposant cette limitation, les valeurs plus élevées de [LA] pourraient être associées au nombre plus élevé de coups de bras portés dans les conditions simulant VO2 Max et de l'utilisation de VO2 Max (tendance) par rapport à la condition avec l'utilisation de VO2 Max, puisque Franchini, Takito et Bertuzzi (2005) ont démontré une corrélation positive entre le nombre de coups de bras portés et les valeurs de [LA] lors d'un combat simulé ( $r = 0,85$ ).

### 3.2. Différentes durées de combat

Pour chacune des conditions testées dans la présente étude, cinq combats ont été réalisés avec des durées distinctes de 1, 2, 3, 4 et 4 minutes, dans le but de décrire le comportement des changements physiologiques et perceptifs résultant des actions exécutées pendant le combat. La description de ces changements physiologiques et perceptifs dans des combats fragmentés par rapport à la durée totale est une approche intéressante pour la compréhension des moments où les modifications se produisent pendant le combat et pas seulement après sa fin. Cette déduction peut présenter des conclusions erronées de la demande de combat puisque les actions sont additionnées et ne reflètent pas les actions de chaque période de combat fragmenté.

Cette approche a été utilisée dans les sports de combat à la fois dans des modalités qui impliquent plusieurs rounds (taekwondo - CAMPOS et al., 2012) et dans des combats développés en un seul round (jiu-jitsu - ANDREATO, 2014). Lorsque ce type de conception est utilisé, une précaution à prendre en compte est l'occultation du temps de combat pour l'évalué. La durée du combat ne peut pas être connue par les athlètes car ils pourraient doser leurs efforts : dans des durées plus courtes, ils pourraient réaliser un combat plus intense et dans des durées plus longues, un combat moins intense.

Certaines variables analysées dans la présente étude, principalement les variables de la structure temporelle et des actions réalisées présentaient, au préalable, des différences en fonction de la durée des combats, étant donné que les durées sont distinctes et que les valeurs sont additionnées. Par exemple, le temps total de combat debout du combat de 1 min est toujours plus court que la valeur observées en 2, 3, 4 et 5 min ; à leur tour, les valeurs de la même variable sont plus élevées que les valeurs des combats de durée inférieure (1, 2, 3 et 4 min). Ainsi, la comparaison de certaines variables pour les différentes durées ne devient pertinente que lorsqu'elles sont relativisées afin de ne pas tenir compte des différences déjà existantes entre les durées, c'est-à-dire  $1 < 2 < 3 < 4 < 5$ . Par conséquent, les variables de la structure

temporelle considérant le temps total du combat et le nombre absolu de coups portés n'ont pas été présentées dans la section Résultats et n'ont pas fait l'objet d'une discussion. La discussion n'a donc porté que sur le temps moyen par séquence de combat (temps écoulé entre le début du combat et une interruption). Pour certaines variables, les valeurs absolues et les taux d'augmentation par minute ont été examinés ensemble.

Le PSE obtenu à la fin du combat a présenté une augmentation progressive en accord avec l'augmentation de la durée du combat, se situant, en moyenne, entre les scores 10 (entre facile et relativement facile) et 16 (entre fatigant et très fatigant). Les valeurs rapportées pour des combats de 1 (entre facile et relativement facile) et 2 min (légèrement fatigant) différaient des valeurs rapportées pour les autres durées (entre plus que légèrement fatigant et moins que très fatigant). Un résultat similaire a été observé pour les différences entre les taux d'augmentation de l'EPS par minute, avec toutefois une direction opposée dans le comportement : les valeurs rapportées ont diminué avec le développement de la lutte. Il convient de souligner que ces résultats relatifs à l'effet de la durée étaient similaires dans les différentes conditions.

Initialement, il a été suggéré que les valeurs PSE étaient modifiées par l'intensité de l'effort d'une tâche donnée (BORG, 1982). Toutefois, ces dernières années, il a également été suggéré que les changements dans les valeurs PSE sont sensibles à la durée de l'effort (PINHEIRO ; VIANNA ; PIRES, 2014). Cette hypothèse est née de la constatation que les personnes s'exerçant à des charges constantes et, par conséquent, à la même intensité d'effort, présentaient une augmentation des valeurs de l'EPS au fil du temps (PIRES et al., 2011b). Cette constatation suggère que la comparaison des valeurs de l'ESP dans des activités réalisées à des durées différentes peut entraîner un biais. Ainsi, un moyen d'appréhender l'ampleur réelle de la modification de la perception et pas seulement l'accumulation des valeurs de la durée précédente est de relativiser ces valeurs par le temps de combat, à travers le taux d'augmentation de l'EPS par min.

Par conséquent, on observe que l'intensité de l'effort perçu par les athlètes est réduite avec le développement du combat, étant les plus grandes modifications perçues dans les moments initiaux du combat. Cette observation peut indiquer qu'il y a une réduction de l'intensité des efforts appliqués avec le développement du combat, parce que l'athlète, réalisant sa fatigue, ne maintient pas la même intensité d'effort, de manière à soutenir la demande physique totale du combat.

Une autre explication possible de l'apparition de réponses plus prononcées dans les premiers moments du combat pourrait être due aux adaptations physiologiques nécessaires à la transition de l'état de repos à l'état d'effort au début de l'exercice.

De même, nous avons le delta de [AL] présenté sous forme absolue et relative. En observant uniquement les valeurs absolues, on pourrait déduire qu'il y a une augmentation des valeurs du delta de [AL] et donc une augmentation de la demande du métabolisme anaérobie lactique pour générer de l'énergie. Cependant, les valeurs absolues représentent la somme de ce qui a été accumulé tout au long du combat. Dans la présente étude, les taux d'augmentation du delta du [LA] des combats avec une durée de 1 min étaient plus importants que les valeurs observées dans les autres durées, démontrant qu'avec le développement du combat la contribution du système anaérobie lactique est réduite, étant ce comportement similaire dans les trois conditions.

Ainsi, les déductions concernant la demande anaérobie élevée en lactate basées sur les valeurs élevées présentées à la fin du combat doivent être présentées avec prudence, car il faut considérer que cette contribution est plus importante au cours des deux premières minutes du combat. Cette affirmation peut être renforcée par les résultats de Lima et al. (2004) pour les combats simulés et Obmiński et al. (2010) pour les combats de compétition, puisque les deux études ont vérifié que le [La] d'un combat de courte durée (une minute et demie) (LIMA et al. (2004) et de durée moyenne (entre deux et trois minutes et demie) (OBMIŃSKI et al, 2010) ne diffère

pas des combats de longue durée, et aucune différence n'a été observée entre les combats de courte et de moyenne durée (LIMA et al., 2004).

Une autre réponse physiologique mesurée lors des combats était la FC immédiatement après la fin du combat. L'utilisation de la FC comme marqueur de la demande du métabolisme aérobie dans les activités intermittentes de haute intensité est limitée (BUCHHEIT ; LAURSEN, 2013a), car la réponse de la FC présente un retard par rapport à la réponse du  $\dot{V} O_2$  (SEILER ; HETLELID, 2005 ; SEILER ; SJURSEN, 2004) et ne représente qu'une des composantes du métabolisme aérobie (débit cardiaque et, par conséquent,  $\dot{V} O_2$ ). Cependant, dans l'impossibilité d'accéder au  $\dot{V} O_2$ , la FC a été utilisée comme marqueur de l'intensité des combats de judo simulés en vue du système aérobie (KIM et al., 2011 ; SBRICCOLI et al., 2007). Comme les valeurs de la FC au repos n'ont pas été enregistrées, il n'a pas été possible de calculer les taux d'augmentation de la FC par minute de combat. Ainsi, les changements de cette variable pendant le combat ont été présentés en tenant compte uniquement des valeurs absolues. De cette manière, il a été observé que, indépendamment de la condition de combat, les valeurs des combats d'une durée de 1 et 2 min étaient inférieures aux valeurs observées dans les autres durées, c'est-à-dire qu'à partir de la deuxième min, il semble exister une augmentation de la FC par minute. demande du métabolisme aérobie. Ces résultats étaient similaires à ceux d'Ahmaidi et al. (1999) dans un combat simulé de trois minutes, les valeurs de la première minute de combat étant inférieures à celles des deuxième et troisième minutes, et à ceux de Sbriccoli et al. (2007) dans un combat simulé de cinq minutes, une augmentation accentuée des valeurs étant observée dans les 90 premières secondes du combat et discrète jusqu'à la fin de celui-ci.

Une discussion plus détaillée sur la réduction possible de la contribution du système lactico- anaérobie à partir de l'effort de 2 min en même temps que l'augmentation de la FC dans la même période est présentée dans la sous-section Discussion traitant de la contribution des systèmes énergétiques ensemble.

Si l'on considère l'effet de la durée des combats dans l'analyse de la structure temporelle des combats, il n'y a des différences que dans le temps moyen du mouvement de contact ( $2 > 4$  min), de la transition (seulement pour la condition de l'utilisation de  $VO_2$  Max) ( $1 > 5$  min) et de la pause ( $1 > 5$  min), et dans le temps moyen du mouvement de contact ( $2 > 4$  min).

$< 2, 3, 4$  et  $5$  min ;  $2 < 5$  min). Il convient de mentionner que l'effet de la durée du combat sur le temps moyen de pause et de mouvement de contact était similaire dans les différentes conditions. Cette observation devrait permettre d'élaborer la stratégie de l'athlète pour terminer le combat en tenant compte de sa demande physiologique. Avec l'installation de la fatigue, l'athlète doit profiter des moments de pause pour récupérer, en retardant le temps de retour à 1 a position qui permet à l'arbitre de reprendre le combat. Ces résultats sont similaires à ceux de Monteiro (1995) qui a observé une augmentation du temps moyen de pause à partir de la première minute dans un combat de 4 minutes.

Les taux par min de combat du nombre de frappes (totales et segmentées en jambe, bras, hanche et sacrifice), du nombre de séquences debout et du nombre de séquences au sol n'ont pas été modifiés avec la durée du combat, démontrant que les athlètes tendent à maintenir un schéma d'application de frappes par min de combat (en moyenne deux frappes) et qu'il y a un schéma pour la quantité de séquences. D'autre part, le taux du nombre de coups de poing différents appliqués par minute de combat a été modifié par la durée du combat. Dans le combat de 1 min, quelle que soit la condition observée, les athlètes ont appliqué plus de coups de poing différents par rapport aux valeurs des combats de 4 et 5 min. Cette observation devrait être due au fait que dans la première minute de combat, les athlètes sont plus reposés et, par

conséquent, choisissent d'essayer de surprendre leurs adversaires en utilisant une plus grande variété de techniques.

En ce qui concerne l'effet de la durée du combat et des capacités physiques mesurées, il a été observé un effet uniquement pour le nombre de répétitions de la barre en judogi, les valeurs du combat de 4 min étant inférieures aux valeurs obtenues dans les combats de 3 et 5 min, en toutes les conditions. Cette observation indique que les actions qui dépendent de la résistance musculaire dynamique des membres supérieurs ont été plus sollicitées dans le combat de 4 min. Comme cette différence a été observée pour les combats de 3 et 5 min, cela pourrait suggérer qu'il y a eu une réduction de l'intensité des actions qui dépendent de cette capacité physique dans la troisième min, une augmentation de cette intensité dans la quatrième min et une réduction dans la dernière min du combat. Cette supposition de la réduction de l'intensité dans la dernière minute peut être soutenue par la réduction des valeurs de  $\dot{V}O_2$  max au cours de la même période. Cependant, aucun comportement similaire n'a été observé dans aucune variable de la structure temporelle ou des actions effectuées. Cependant, l'intensité réelle des actions ne peut être quantifiée pendant le combat, ce qui rend impossible de comprendre quelle modification de l'intensité du combat a causé ce comportement distinct de la baisse de l'endurance musculaire dynamique des membres supérieurs.

### **3.3. Différents moments du combat**

Considérant que la demande du type d'action musculaire pourrait être distincte entre les différents segments du corps pendant le combat, et que cela provoquerait des réponses distinctes dans la performance de la puissance musculaire des membres inférieurs, de la force isométrique maximale de la poignée et de la résistance musculaire dynamique des membres supérieurs, ces variables physiques ont été évaluées avant et après les combats.

En fait, les modifications de chacune de ces capacités physiques étaient distinctes : maintien de la performance de la force isométrique maximale de la poignée de la main dominante et non dominante, réduction de la résistance musculaire dynamique des membres supérieurs et augmentation de la puissance musculaire des membres inférieurs. Il convient de mentionner que l'application des tests de performance a eu lieu 6 minutes après la fin du combat, le test de répétition de la barre en judogi ayant été appliqué 9 minutes après la fin du combat. Cet intervalle est une limitation de la conception expérimentale et a été établi pour que ces variables puissent être comparées entre les différentes conditions de combat, étant donné qu'après la fin des combats dans la condition avec l'utilisation de VO2 Max, l'athlète devrait être au repos pendant cette période pour effectuer les mesures physiologiques. Cette limitation peut avoir affecté l'ampleur des changements de performance, mais elle a été reproduite pour tous les combats et aucun effet d'interaction entre le moment et la durée n'a été observé, c'est-à-dire que tous les changements résultant de l'effet du moment de l'application des tests ont été similaires pour toutes les durées.

Pour la puissance musculaire des membres inférieurs, l'hypothèse a été émise que la réalisation du combat ne favoriserait pas une réduction de cette capacité physique, ce qui corrobore l'hypothèse selon laquelle la réalisation du combat ne favoriserait pas une réduction de la capacité musculaire des membres inférieurs.

Ainsi, avec les résultats de Bonitch-Domínguez et al. (2010), étant donné que la fréquence des actions qui nécessitent cette capacité physique est faible, ce qui permet à l'athlète de récupérer pendant le combat. En outre, Detanico et al. (2015) ont montré que la réduction de cette capacité physique ne se produit que dans les deuxième et troisième combats d'une séquence de trois combats successifs de 5 min, entrecoupés de 15 min de pause passive. En effet, dans la présente étude, la réduction n'a pas été observée, cependant, après la fin du combat, il a été observé une augmentation des indices de cette capacité physique, c'est-à-dire que les athlètes ont amélioré leur performance après le combat. Il est possible de suggérer une

explication à ce résultat : les actions musculaires des membres inférieurs effectuées pendant le combat ont agi comme une activité de conditionnement et ont généré un effet de potentialisation après l'activation. Dans la littérature, différentes activités de conditionnement ont été testées pour améliorer le développement de la puissance musculaire dans une activité ultérieure (GOUVÊA et al., 2013 ; WILSON et al., 2013). Cette amélioration est connue sous le nom de potentialisation post-activation - PAP, et le principal mécanisme explicatif de l'apparition d'un tel phénomène est l'augmentation de la phosphorylation de la chaîne légère de myosine, qui sensibiliserait l'interaction de l'actine avec la myosine pour la contraction musculaire (SALE, 2002). Les activités de conditionnement qui favorisent la PAP sont celles réalisées à des charges modérées (entre 60 et 84% de 1 RM), en séries multiples et avec un intervalle modéré entre le conditionnement et l'action principale (7 et 10 min) (WILSON et al., 2013), caractéristiques similaires à celles présentes dans le combat de judo (charge élevée pour l'application du coup ; réalisé en séries multiples) et utilisées dans le plan expérimental de cette étude (durée de l'intervalle).

L'exécution d'un combat peut être considérée comme une activité de conditionnement, pour le développement de la PAP, comme l'ont démontré Chiodo et al. (2011) pour le taekwondo et Silva et al. (2014) pour le jiu-jitsu. Chiodo et al. (2011) ont évalué la puissance musculaire des membres inférieurs des athlètes de l'équipe italienne de taekwondo pendant le championnat national et ont observé qu'après le combat, les athlètes présentaient une amélioration d'environ 8 % par rapport aux valeurs d'avant le combat. De leur côté, Silva et al. (2014) ont évalué la puissance musculaire d'athlètes de jiu-jitsu au cours de trois combats successifs, entrecoupés d'une période d'intervalle de 14 minutes, et ont également observé qu'après le combat, les athlètes amélioraient leur performance d'environ 3 % par rapport aux valeurs d'avant le combat. A l'inverse, en raison de la forte demande d'endurance de force des membres supérieurs pour établir et maintenir la prise sur l'adversaire, on pensait qu'une réduction de ces capacités physiques serait observée.

Cette hypothèse a été partiellement acceptée, car puisqu'il a été observé une réduction de la résistance musculaire dynamique des membres supérieurs, toutefois de modification de la force isométrique maximale de la poignée dominante et non dominante. On suppose que l'intervalle entre la fin du combat et l'application des tests a permis à l'athlète de récupérer en ce qui concerne la force isométrique maximale de la prise manuelle, réfutant les résultats existants dans la littérature démontrant une diminution de cette capacité physique à la fin du combat de judo (BONITCH-GÓNGORA et al., 2012). A son tour, bien qu'évaluée avec un intervalle approximatif de 9 min, l'endurance musculaire dynamique des membres supérieurs, inférée par le nombre maximum de répétitions à la barre en judogi, a été réduite après l'accomplissement du combat. La sollicitation de cette capacité physique au cours d'un combat de judo n'a pas été mesurée jusqu'à présent. Cependant, il est possible de déduire que ces résultats corroborent ceux obtenus avec d'autres modalités de combat dans le domaine (jiu-jitsu et lutte olympique) (NILSSON et al., 2002 ; ANDREATO, 2014). Dans ces études, les athlètes ont indiqué que la musculature de l'avant-bras était le principal point de fatigue après l'accomplissement du combat.

Enfin, Degoutte, Jouanel et Filaire (2003) ont indiqué que les métabolismes lipidique et protéique fournissaient l'énergie nécessaire à l'accomplissement du combat de judo, en particulier grâce au régime à faible ingestion d'hydrates de carbone et aux adaptations résultant de l'entraînement et du stress métabolique. Ainsi, pour tenter de confirmer ces résultats et d'observer à quels moments cette contribution du métabolisme lipidique et protéique s'est produite, les concentrations de glucose, de triacylglycérol, de protéines totales sériques et d'acides gras libres ont été mesurées avant et après les différents combats.

Pour les réponses métaboliques du glucose, des acides gras libres, des protéines totales et du triacylglycérol, aucune modification n'a été observée pour les acides gras libres, tandis que des modifications du moment ont été observées pour les

protéines totales et le triacylglycérol, les valeurs avant le combat étant inférieures aux valeurs après le combat. Pour le glucose, on a observé une interaction entre la durée et le moment, les valeurs avant le combat étant inférieures aux valeurs après le combat pour les durées de 4 et 4 minutes, et les valeurs après le combat pour la durée de 4 minutes étant supérieures aux valeurs des autres durées. Par conséquent, pendant le combat, la disponibilité des protéines totales et du triacylglycérol était plus grande, tandis que pour le glucose, l'augmentation s'est produite spécifiquement au cours des quatrième et cinquième minutes. En extrapolant les données métaboliques pour la performance du combat, nous pouvons observer qu'à ce même moment il y a eu une chute de la résistance musculaire dynamique des membres supérieurs, ce qui démontre l'installation de la fatigue à ce moment du combat. Par conséquent, cette augmentation de la glycémie après 4 minutes de combat peut s'être produite dans la tentative de l'organisme d'augmenter la disponibilité sanguine de cette substance.

### **3.4. Contribution des systèmes énergétiques dans les combats simulés**

Jusqu'à présent, la présente étude était la seule à quantifier la dépense énergétique et la contribution absolue et relative des trois systèmes de transfert d'énergie au cours d'un combat de judo, à la fois dans sa durée totale et dans des durées fragmentées. Dans la littérature il n'existe que des informations sur les valeurs de  $\dot{V} O_2$  lors de combats simulés (KANEKO ; IWATA ; TOMIOKA, 1978 ; SZMATLAN - GABRYS et al., 2004), dans les randori effectués de manière continue ou intermittente, et le coût énergétique dans les activités impliquant des actions spécifiques à une modalité, calculé à partir de la contribution des trois systèmes de transfert d'énergie (FRANCHINI et al., 2008 ; FRANCHINI ; PANISSA ; JULIO, 2013).

La dépense énergétique totale du combat de judo de 5 min était de 374 kJ (~75 kW), et il a également été observé une augmentation progressive des valeurs absolues en

fonction de la durée du combat, tandis que pour les valeurs relatives par min de combat, une réduction a été observée. D'autres études ont utilisé une méthodologie similaire à la présente étude pour quantifier la dépense énergétique et la contribution relative des systèmes de transfert d'énergie dans d'autres sports de combat (BENEKE et al., 2004 ; CAMPOS et al., 2012 ; DAVIS ; LEITHÄUSER ; BENEKE, 2014 ;

DORIA et al, 2009). Les valeurs absolues observées pour le combat de judo sont légèrement supérieures aux valeurs observées en karaté (~334 kJ, BENEKE et al, 2004 ; ~305 kJ, DORIA et al, 2009), mais inférieures aux valeurs observées en taekwondo (~544 kJ, CAMPOS et al, 2012) et en boxe (680 kJ, DAVIS ; LEITHÄUSER ; BENEKE, 2014).

La comparaison directe des valeurs absolues est limitée car, bien que ces sports soient des modalités de combat, ils présentent des différences en ce qui concerne les caractéristiques de la structure temporelle (nombre de rounds et temps total de combat). En comparant les valeurs relatives pour les minutes de combat (uniquement le temps d'effort), on constate que le combat de judo présente des valeurs inférieures à celles observées dans les autres modalités (karaté : 112 kW, BENEKE et al, 2004 ; 76 kW, DORIA et al, 2009 ; taekwondo : 91 kW, CAMPOS et al, 2012 ; et boxe : 112 kW, DAVIS ; LEITHÄUSER ; BENEKE, 2014). Ce Phénomène pourrait s'expliquer par la différence de structure temporelle entre les modalités des combats. Les combats de taekwondo et la boxe sont composés de 3 rounds entrecoupés d'une minute de récupération. Au cours de cette période de récupération d'une minute, les systèmes anaérobies récupèrent partiellement et peuvent contribuer dans une plus grande proportion aux premiers instants du round suivant. Comme les systèmes anaérobies peuvent libérer une plus grande quantité d'énergie par période de temps que les systèmes aérobie, cette augmentation - même si elle est faible - expliquerait pourquoi les valeurs relatives de la puissance générée sont plus élevées dans les combats de taekwondo et de boxe que dans ceux de judo. Comme la durée réglementaire du combat de karaté (3 min) est inférieure à celle du combat de judo (5

min), il est possible d'affirmer que l'intensité du combat de karaté est supérieure, ce qui se traduit par une plus grande puissance générée.

De plus, la puissance générée par le min du combat de judo (~75kW) par rapport aux valeurs générées dans les tests de Wingate pour les membres inférieurs et supérieurs représentait, approximativement, 37% et 45%, respectivement. L'infériorité des valeurs du combat de judo par rapport aux valeurs des tests de Wingate est due à l'intensité supérieure des efforts utilisés dans les tests, qui sont exécutés à l'intensité la plus élevée possible. En outre, il a été observé que la contribution des systèmes anaérobies était supérieure à la contribution aérobie dans les tests de Wingate, alors qu'un comportement opposé a été observé dans le combat de judo. Si l'on considère que les systèmes anaérobies peuvent libérer un taux d'énergie plus élevé que le système aérobie (GAITANOS et al., 1993), cela expliquerait pourquoi la puissance générée dans ces tests est le double de la puissance générée dans le combat de judo.

Franchini, Panissa et Julio (2013) ont soumis 10 athlètes de judo à 9 protocoles d'exercices expérimentaux impliquant l'entrée de trois frappes distinctes, dans trois structures d'effort et de pause, et ont quantifié la dépense énergétique. Ces protocoles ont été égalisés par le temps total d'activité (3 min) et exécutés à l'intensité maximale possible (all-out). La dépense énergétique moyenne de ces protocoles a varié entre 314 et 348 kJ. Les valeurs observées dans ces protocoles sont proches de celles observées dans le combat de judo de la présente étude. Cependant, même s'il s'agit d'actions réalisées en combat, cette comparaison est limitée par l'intensité d'effort variable du combat par rapport à l'intensité maximale des protocoles, ainsi que par la durée totale du combat de 5 min et des protocoles expérimentaux de 3 min. En effet, pour une même durée d'effort, les protocoles à fond ont entraîné des valeurs de dépense énergétique plus élevées que les valeurs de combat de 3 min (en moyenne 239 kJ).

Enfin, si l'on considère qu'en combat officiel, les athlètes effectuent probablement plus d'actions à haute intensité que dans les protocoles simulés (FRANCHINI ; ARTIOLI ; BRITO, 2013), la dépense énergétique du combat réel devrait être plus élevée que les valeurs observées dans la présente étude. En effet, Davis, Leithäuser et Beneke (2014) ont constaté que les valeurs de [LA], de FC et le nombre d'actions effectuées lors de combats de boxe réalisés avec l'utilisation d'un analyseur de gaz étaient inférieures aux valeurs observées lors de combats officiels. Les auteurs ont estimé que ces différences résultant de la limitation de la méthode de calcul de la contribution relative des systèmes énergétiques favorisaient une sous-estimation des valeurs. Ils ont donc proposé un ajustement des valeurs relatives de la contribution du système aérobie (de 86% à 85%), du système anaérobie lactique (de 4% à 6%) et du système anaérobie alactique (de 10% à 9%). Bien que l'effort des auteurs soit louable, les ajustements rapportés doivent être clarifiés et testés, car il n'y a aucun moyen d'établir directement les relations que les auteurs ont supposées. Il convient de mentionner que, malgré tout, on a observé une contribution supérieure du système aérobie par rapport aux systèmes anaérobies.

Il est nécessaire de considérer que les limitations imposées et nécessaires pour la réalisation des combats avec l'utilisation de VO2 Max ont entraîné certaines modifications dans les réponses physiologiques, dans la structure temporelle et dans les actions exécutées. D'après la discussion présentée ci-dessus, l'intensité du combat réalisé avec l'utilisation de VO2 Max était inférieure à celle du combat de l'utilisation de VO2 Max (qui simulait le combat réel), qui à son tour est inférieure à celle du combat compétitif. Cela montre que les valeurs de la dépense énergétique et la contribution absolue des systèmes de transfert d'énergie, en particulier la contribution du métabolisme anaérobie, ont été sous-estimées dans la présente étude. Cependant, ces limitations imposées étaient nécessaires pour réaliser cette description physiologique du combat, comme cela a été fait dans d'autres sports de combat qui avaient le même objectif que la présente étude (BENEKE et al., 2004 ;

CAMPOS et al., 2012 ; DAVIS ; LEITHÄUSER ; BENEKE, 2014 ; DORIA et al., 2009).

Cependant, il convient de mentionner qu'aucune de ces études n'a exécuté de condition simulant un combat officiel avec les mêmes athlètes pour vérifier les différences possibles qui pourraient affecter les résultats observés. Enfin, il est possible que le comportement de la contribution relative des trois systèmes ne soit pas modifié dans un combat de judo accompli à une intensité plus élevée, une fois que tous les systèmes seraient plus recrutés du point de vue absolu. Ainsi, l'interprétation des données de la contribution des systèmes de transfert d'énergie dans le combat de judo doit tenir compte des limitations qui ont été présentées ci-dessus. De plus, considérant que les modifications des valeurs absolues de la contribution des systèmes sont influencées par la différence dans la durée des combats et que les valeurs absolues

En raison de la grande influence de la masse corporelle des athlètes, la discussion se concentrera sur les données relatives à la contribution relative des systèmes énergétiques.

On a observé une supériorité de la contribution relative du système aérobie par rapport aux systèmes anaérobies dans toutes les durées de combat. En outre, on a également observé une différence entre la contribution des systèmes anaérobies, la contribution du système anaérobie alactique étant supérieure à celle du système anaérobie lactique, en particulier dans les combats d'une durée de 1 et 2 minutes. La prédominance de la contribution du système aérobie pour fournir le coût énergétique du combat de judo a été observée dès la première minute de combat. En comparant le même système de transfert d'énergie entre les différentes durées, il a été vérifié une augmentation progressive de la contribution relative du système aérobie avec le développement du combat (de 53% à 80%) avec une réduction concomitante de la contribution du système anaérobie alactique (de 38% à 15%) et une stabilité de la contribution relative du système anaérobie lactique (entre 7 et 10%).

La plus grande contribution du système aérobie à la fourniture d'énergie pour les modalités de combat, également caractérisées par l'intermittence, a été décrite pour le karaté (BENEKE et al. 2004 ; DORIA et al., 2009), le taekwondo (CAMPOS et al., 2012) et la boxe (DAVIS ; LEITHÄUSER ; BENEKE, 2014). Dans les combats de taekwondo, la supériorité de la contribution relative du système aérobie a été observée dans le premier des trois rounds effectués et est restée supérieure dans les autres rounds, avec une réduction concomitante de la contribution relative du système anaérobie lactique entre le premier et le troisième round. Davis, Leithäuser et Beneke (2014) ont également observé la supériorité de la contribution du système aérobie dans le premier round d'un combat de boxe composé de trois rounds. Cette supériorité de la contribution du système aérobie s'est accrue dans les autres rounds avec une réduction concomitante de la contribution du système anaérobie lactique tout au long des rounds.

Le développement de l'aptitude aérobie des athlètes de judo a été signalé comme important pour aider la demande physiologique imposée par le combat, une fois que des valeurs élevées permettent à l'athlète de maintenir l'intensité élevée des efforts, parce qu'elles retarderaient le processus de fatigue, en plus de faciliter la récupération entre les périodes d'effort et entre les combats (CASTARLENAS ; SOLÉ, 1997). En effet, les valeurs suivantes ont été observées des valeurs élevées de  $\dot{V} O_2$  dans les périodes de pause, ces valeurs étant plus élevées que les valeurs des périodes d'effort, peut-être pour favoriser la resynthèse des stocks de PC utilisés pendant la période d'effort. En outre, dans la présente étude, il a été vérifié que les valeurs les plus élevées de la condition aérobie et anaérobie fournissent des avantages aux athlètes pour répondre à la demande physiologique du combat : association négative avec la baisse de la performance. de l'endurance musculaire dynamique des membres supérieurs ; association positive avec le temps moyen des périodes d'effort et le taux du nombre de coups de jambe.

**CONCLUSION**

D'après les résultats de la présente étude et compte tenu des limites décrites, il est possible de conclure que

Les trois systèmes de transfert d'énergie contribuent ensemble à répondre à la demande d'énergie du combat de judo. La contribution relative des trois systèmes se fait différemment, la contribution du système aérobie étant supérieure à celle du système anaérobie, dès la première minute de combat ;

Les principaux changements physiologiques ([La] et HR) et perceptifs se produisent dans les premiers instants du combat et, par la suite, il y a un maintien de ces variables ;

Au fur et à mesure que le combat progresse, l'athlète conserve la structure temporelle et les actions réalisées pendant les périodes d'effort, mais il y a une augmentation du temps moyen des périodes de pause ;

Au fur et à mesure du combat, on observe une diminution de la résistance musculaire dynamique des membres supérieurs, un maintien de la force isométrique maximale de la poignée et une amélioration de la puissance musculaire des membres inférieurs ;

Des niveaux plus élevés d'aptitude aérobie et anaérobie des athlètes de judo, en général, sont associés à l'application de plus de coups de jambe par minute de combat, à la prolongation du temps moyen des périodes d'effort et à une baisse moindre de la performance de l'endurance musculaire dynamique des membres supérieurs.

**Références**

1. Adel, B., Abdelkader, B., Alia, C., Othman, B., Mohamed, S., & Houcin, A. (2019). The Effect of High-Intensity Exercise on Changes of Blood Concentration Components in Algerian National Judo Athletes. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 59(2).
2. AGOSTINHO, M. F. et al. Training perceived intensity and performance changes quantification in judo. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v.29, n.6, p.1570- 7, 2015.
3. AHMAIDI, S. et al. Oxygen uptake and cardiorespiratory responses during selected fighting techniques in judo and kendo. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*. v.9, n.2, p. 129-139, 1999.
4. ANDREATO, L. V. et al. Brazilian jiu-jitsu simulated competition part I: Metabolic, hormonal, cellular damage and heart rate responses. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v.29, n.9, p.2538-2549, 2015.
5. ANDREATO, L. V. et al. Physiological responses and rate of perceived exertion in Brazilian jiu-jitsu athletes. *Kinesiology*. v.44, p.173-181, 2012.
6. ANDREATO, L.V. et al. Psychological, physiological, performance and perceptive responses to Brazilian jiu-jitsu combats. *Kinesiology*. v.46, n.1, p.44-52, 2014.
7. APPLE, F. S.; HELLSTEN Y.; CLARKSON P. M. Early detection of skeletal muscle injury by assay of creatine kinase MM isoforms in serum after acute exercise. *Clinical Chemistry*. v.34, p.1102-1104, 1988.
8. ARAÚJO et al. Cardiac autonomic modulation in judo athletes: evaluation by linear and non-linear method. *Sport Science for Health*. p.1-6, 2016.
9. BALSOM, P. D.; EKBLÖM, B.; SJODIN, B.; Enhanced oxygen availability during high intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentrations in blood. *Acta Physiologica Scandinavica*. v.150, p.455-456, 1994.
10. BASSET J. D. R.; HOWLEY. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science & Sports Exercise*. v.32, p.70-84, 2000.
11. BAURMET, M.; BRECHTEL, L.; LOCK, J.; HERMSDORF, M.; WOLFF, R.; BAIER, V.;
12. BAYATI, M. et al. A practical model of low-volume high intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble "all-out" sprint interval training. *Journal of Sports Science and Medicine*. v.10, p.571-576, 2011.
13. Beboucha, W., Belkadi, A., Benchehida, A., & Bengoua, A. (2021). THE ANTHROPOMETRIC AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF YOUNG ALGERIAN SOCCER PLAYERS. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 61(1).

14. BELKADI, A., Alia, C., & Mohammed, Z. (2020). Algerian Judo Competition Modality and its Impacts on Upper and Lower Limbs Strength Perseverance and Limitations. *Orthopedics and Sports Medicine: Open Access Journal*, 3(4), 293-299.
15. Belkadi, A., Benchehida, A., Benbernou, O., & Sebbane, M. (2019). Competencies and training needs and its impact on determining the professional skills of Algerian elite coaches. *International Journal of Physical Education, Fitness and Sports*, 8(3), 51-61.
16. Belkadi, A., Othman, B., Mohamed, S., M, B. H., Gleyse, J., Adel, B., ... Gleyse, J. (2015). Contribution to the Identification of the Professional Skills Profile of Coaches in the Algerian Sport Judo System. *International Journal of Sports Science*, 5(4), 145-150.
17. Benbernou, O., Bennama, F., Belkadi, A., Boukchiche, S., & Koutchouk, S. M. (2022). Analysis of the Professional Competency Indicators of University Physical Trainer Students. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 62(1), 53-71.
18. Benhammou, S., Mourot, L., Coquart, J., Belkadi, A., Mokkedes, M. I., & Bengoua, A. (2022). The 180/20 intermittent athletic test: A new intermittent track test to assess the maximal aerobic speed in middle-distance runners. *Revista andaluza de medicina del deporte*, 15(1), 6-11.
19. Benhammou, S., Mourot, L., Mokkedes, M. I., Bengoua, A., & Belkadi, A. (2021). Assessment of maximal aerobic speed in runners with different performance levels: Interest of a new intermittent running test. *Science & sports*, 36(5), 413-e1.
20. Berria, M., Bachir, K., Eddine, S. N., & Adel, B. (2018). Study of LDH adaptations associated with the development of Speed endurance in basketball players U19. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 7(3), 35-43.
21. BOGUSZEWSKA, K.; BOGUSZEWSKI, D.; BUŚKO, K. Special judo fitness test and biomechanics measurements as a way to control of physical fitness in young judoists. *Archives of Budo*. v.6, n.4, p.205-210, 2010.
22. BONATO, M. et al. Aerobic training program for the enhancements of HR and O<sub>2</sub> off-kinetics in elite judo athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. v.55, n.11, p.1277-84, 2015.
23. BONITCH, J. et al. Validating the relation between heart rate and perceived exertion in a judo competition. *Medicina Dello Sport*. v.58, n.1, p. 23-28, 2005.
24. BONITCH-DOMÍNGUEZ, J. et al. Changes in peak leg power induced by successive judo bouts and their relationship to lactate production. *Journal of Sports Sciences*. v.28, n.14, p.1527-1534, 2010.
25. BONITCH-GÓNGORA, J. G. et al. The effect of lactate concentration on the handgrip strength during judo bouts. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v.26, n.7, p.1863-1871, 2012.
26. BORG, G. Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. São Paulo: Editora Manole, 2000.

27. BRANCCACIO, P.; LIMONGELLI, F.; MAFFULLI, N. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*. v.81, p.209-230, 2007.
28. BRANCCACIO, P.; LIMONGELLI, F.; MAFFULLI, N. Monitoring serum enzymes in sport.
29. BRANCCACIO, P.; MAFFULLI, N.; BUONAURO, R.; LIMONGELLI, F. Serum Enzyme
30. BRANCO, B. H. M. et al. Association between the rating of perceived exertion, heart rate and blood lactate in successive judo fights (randori). *Asian Journal Sports Medicine*. v.4, n.2, p.125-130, 2013.
31. BRANCO, B. H. M.; NARDO-JÚNIOR N. Composição corporal e risco de hipertensão em judocas de Maringá/PR. *Revista de Educação Física da Universidade Estadual de Maringá (edição especial)*. v.18, p.285-288, 2007.
32. BUCHHEIT, M.; LAURSEN B. P. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*. v.43 p.313-338, 2013b.
33. BUCHHEIT, M.; LAURSEN B. P. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. Part 1: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*. v.43 p.313-338, 2013a.
34. BUNSAWAT, K.; WHITE, D. W.; KAPPUS, R. M.; BAYNARD, T. Caffeine delays cardiac autonomic modulation related to performance and physiological responses following a supramaximal judo test? *Plos One*. v.8, n.10, p.1-11, 2013.
35. Cherara, L., Belkadi, A., Mesaliti, L., & Beboucha, W. (2022). Characteristics of Handgrip (Kumi-Kata) Profile of Georgian Elite Judo Athletes. *GYMNASIUM*, 23(1), 54-66.
36. CONTI ESTEVES, J. V.; FRANCHINI, E. The effects of hyperbaric oxygen therapy on post-training recovery in jiu-jitsu athletes. *Plos One*. March, p.1-11, 2016.
37. ESSA, A. et al. High intensity ultraendurance promotes early release of muscle injury markers. *British Journal of Sports Medicine*. v.42, p.589-93, 2008.
38. M.; STEINMAN R. C. Comparison of spontaneous vs. metronome guided breathing on assessment of vagal modulation using RR variability. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*. v.280, p.1145-50, 2001.
39. Mokhtar, M., Adel, B., & Wahib, B. (2019). The effects of tow protocol cold water immersion on the post match recovery and physical performance in well-trained handball players. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, (6), 288-295.
40. MORAES, S. M.; ARTIOLI, G. G.; FRANCHINI, E. Análise temporal, perda rápida de peso e respostas bioquímicas durante uma competição oficial de judô. VI Congresso de Ciência do Desporto e V Simpósio Internacional de Ciência do Desporto, Faculdade de Educação Física, UNICAMP, 2015.
41. Reability of resting and postexercise heart rate measures. *International Journal of Sports Medicine*. v.32, p.598-605, 2011. *Sports Medicine*. v.33, n.7, p.517-538.

42. VOSS, A. Heart rate variability, blood pressure variability and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*. v.16, p.412-417, 2006.
43. Yacine, Z., Othmane, B., Adel, B., Mohamed, S., Aabdelkader, B., & Lalia, C. (2020). Functional movement screening as a predictor of injury in highly trained female's martial arts athletes. *Polish Hyperbaric Research*, 71(2), 67-74.
44. Youcef, K., Mokhtar, M., & Adel, B. (2022). effects of different concurrent training methods on aerobic and anaerobic capacity in u 21 soccer players. *Sports Science & Health/Sportske Nauke i Zdravlje*, 12(1).
45. BROWNLEE, K. K.; MOORE, A. W.; HACKNEY, A. C. Relationship between circulating cortisol and testosterone: Influence of physical exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*. v.4, p.76-83, 2005.
46. BURGOMASTER, K. A. et al. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of Applied Physiology*. v.98, p.1985 - 1990, 2005.
47. BYRNE, C.; TWIST, C.; ESTON, R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: Theoretical and applied implications. *Sports Medicine*. v.34, p.49-69, 2004.
48. CALLISTER, R. et al. Physiological and performance responses to overtraining in elite judo athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v.22, n.6, p.816-824, 1990.
49. CALLISTER, R. et al. Physiological characteristics of elite judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*. v.12, p.196-203, 1991.
50. CALMET, M. Developing ecological research in judo. *Perceptual and Motor Skills*. v.105, n.2, p. 646-648, 2007.
51. CASTARLENAS, J.L.; PLANAS, A. Estudio de la estructura temporal del combate de judo. *Apunts: Educación Física y Deportes*. n.47, p.32-39, 1997.
52. CHAMERA, T. et al. Could biochemical liver profile help to assess metabolic response to aerobic effort in athletes? *Journal of Strength and Conditioning Research*. v.28, n.8, p.2180-2186, 2014.
53. COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, Lawrence Erlbaum, 1988.
54. COTTIN, F.; DURBIN, F. PAPELIER, Y. Heart rate variability during cycloergometric exercise or judo wrestling eliciting the same heart rate level. *European Journal of Applied Physiology*. v.91, p.177-184, 2004.
55. COUTTS, A.J. et al. Practical tests for monitoring performance, fatigue and recovery in triathletes. *Journal of Science in Medicine and Sport*. v.10, n.6, p.372-381, 2007.
56. CREER, A. R. et al. Neural, metabolic and performance adaptations to four week of high intensity sprint interval training in trained cyclists. *International Journal of Sports Medicine*. v.25, p.92-98, 2004.

57. CIPRYAN, L.; LAURSEN, P. B.; PLEWS, D. J. Cardiac autonomic response following high-intensity running work-to-rest interval manipulation. *European Journal of Sport Science*. November, v.2, p.1-10, 2015 [epub ahead of print].
58. DEGOUTTE, F.; JOUANEL, P.; FILAIRE, E. Energy demands during a judo match and recovery. *British Journal of Sports Medicine*. v.37, n.3, p.245-249, 2003.
59. DEL VECCHIO, F. B.; DIMARE, M.; FRANCHINI, E.; SCHAUN, G. Z. Physical fitness and maximum number of all-out hikidashi uchi-komi in judo practitioners. *Medicine Dello Sport*. v.67, n.3, p.383-96, 2014.
60. DENADAI, B. S. et al. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. v.37, n.10, p.1551-1556, 2004.
61. DETANICO, D.; DAL PUPO, J.; FRANCHINI, E.; DOS SANTOS, S. G. Relationship of aerobic and neuromuscular indexes with specific actions in judo. *Science & Sports*. v.27, p.16-22, 2012.
62. DETANICO, D.; DAL PUPO, J.; FRANCHINI, E.; DOS SANTOS, S. G. Effects of successive judo matches on fatigue and muscle damage markers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v.29, n.4, p.1010-16, 2015.
63. DRINKWATER D. T., ROSS W. D. Anthropometric fractionation of body mass. In: Ostin M., Beunen G., Simo J. (eds.) *Kinanthropometry II*. University Park Press, Baltimore, pp. 177-189, 1980.
64. DUFOUR, D. R.; LOTT, J. A.; NOLTE, F. S.; GRETCH, D. R.; KOFF, R. S.; SEEFF, L. B. Diagnosis and monitoring of hepatic injury I. Performance characteristics of laboratory tests. *Clinical Chemistry*. v.46, n.12, p.2027-2049, 2000.
65. ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology*. v.586, p.11-23, 2008.
66. FARZAD, B. et al. Physiological and performance changes from the addition of a sprint interval program to wrestling training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v.25, p.2392-2399, 2011.
67. FILAIRE, E. et al. Anxiety, hormonal responses and coping during a judo competition. *Aggressive Behavior*. v.27, p.55-63, 2001.
68. FILAIRE, E. et al. Psychophysiological stress in judo athletes during competitions. *Journal of Medical Physical Fitness*. v.41, p. 263-268, 2001a.
69. FILLIPPIN, F. B.; REIS, K.; CEMIN, L.; DUZZIONI, M.; HERMES, E. M.; SOUZA, L. C. Novo intervalo de referência para Alanina Aminotransferase Usando o Sistema Automatizado de Bioquímica Dade Behring Ar Dimension. *NewsLab*. v.65, p.148-160, 2004.
70. FLEURY LABORATÓRIOS. Disponível em: <<http://www.fleury.com.br/medicos/educacao-medica/manuais/manual-de-provas-funcionais/Pages/appendice-valores-de-referencia-e-fatores-de-conversao.aspx>> acesso em 07 de março de 2016.

71. FONSECA, R. M. et al. Efeitos crônicos do treinamento de exercícios intermitentes de alta intensidade. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*. v.9, n.1, p.99-112, 2010.
72. FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*. v.9, n.1, p.101-106, 2007.
73. FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v.30, n.7, p.1164-1168, 1998.
74. FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise testing. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v.15, n.1, p.109-115. 2001.
75. FRANCHINI, E. et al. Características fisiológicas em testes laboratoriais e resposta da concentração de lactato sanguíneo em 3 lutas em judocas da classe Juvenil-A, Júnior e Sênior. *Revista Paulista de Educação Física*. v.12, n.1, p.5-16, 1998.
76. FRANCHINI, E.; TAKITO, M. Y.; BERTUZZI, R. C. M. Morphological, physiological and technical variables in high-level college judoists. *Archives of Budo*. v.1, n.1, p.1-7, 2005a.
77. FRANCHINI, E.; NUNES, A. V.; MORAES, J. M.; DEL VECCHIO, F. B. Physical fitness
78. and anthropometrical differences between elite and non-elite judo players. *Biology of Sport*. v.22, n.4, p.315-28, 2005b.
79. FRANCHINI, E.; NUNES, A. V.; MORAES, J. M.; DEL VECCHIO, F. B. Physical fitness and anthropometrical profile of the Brazilian male judo team. *Journal of Physiological Anthropology*. v.26, n.2, p.59-67, 2007.
80. FRANCHINI, E., VECCHIO, F. B. *Preparação física para atletas de judô*. São Paulo: Phorte Editora, 2008. 183p.
81. FRANCHINI, E.; STERKOWICZ, S.; MEIRA, C.M.; GOMES, F. R.; TANI, G. Technical variation in a sample of high-level judo players. *Perceptual and Motor Skills*. v.106, n.3, p.859-69, 2008a.
82. FRANCHINI, E.; TAKITO, M. Y.; BERTUZZI, R. C. M.; KISS, M. A. Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *European Journal of Applied Physiology*. New York, v.107, p.377 - 383, 2009a.
83. FRANCHINI, E.; DEL VECCHIO, F. B.; STERKOWICZ, S. A special judo fitness test classificatory table. *Archives of Budo*. v.5, p.127 - 129, 2009b.
84. FRANCHINI, E.; STERKOWICZ, S.; SZMATLAN-GABRYS, U.; GARNYS, M. Energy system contribution to the Special Judo Fitness Test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. v.6, n.3, p.334-343, 2011.
85. FRANCHINI, E. et al. Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Medicine*. Auckland, v. 41, n. 2, p. 147-166, 2011a.

86. FRANCHINI, E.; MIARKA, B.; MATHEUS, L.; DEL VECCHIO, F. B. Endurance in judogrip strength tests: comparison between elite and non-elite judo players. *Archives of Budo*. v.7, n. 1, p. 1-4, 2011b.
87. FRANCHINI, E.; STERKOWICZ, S.; SZMATLAN-GABRYS, U.; GARNYS, M. Responseletter. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. v.7, p.308-309, 2012.
88. FRANCHINI, E.; ARTIOLI, G. G.; BRITO, C. J. Judo combat: time-motion analysis and physiology. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. v.13, n. 3, p.626-643, 2013a.
89. FRANCHINI, E.; PANISSA, V. L.; JULIO, U. F. Physiological and performance responses to intermittent uchi-komi in judo. *Journal of Strength and Conditioning Research*. v. 27, p.1147-1155, 2013b.
90. GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*. v.31, n.10, p.725-741, 2001.
91. GARIOD, L.; FAVRE-JUVIN, A.; NOVEL, V.; REUTENAUER, H.; MAJEAN, H.; ROSSI, A Evaluation du profit energetique des judokas par spectroscopie RMN duP31. *Science & Sports*. v.10, n. 4, p. 201-207, 1995.
92. GIBALA, M. J. et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *Journal of Physiology*. v.575, p. 901–911, 2006.
93. HALSON, S. L.; JEUKENDRUP, A. E. Does Overtraining exist? An analysis of Overreaching and Overtraining Research. *Sports Medicine*. v.34, n.14, p.967-981.
94. HAWLEY, J. A. Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. *Clinical Experimental Pharmacology and Physiology*. v.29, p.218-222, 2002.