

“La gestion du processus inflammatoire, un levier vers la performance sportive ?”

Baptiste Michalski

2ème année Bachelor en diététique et nutrition sportive

Travail de recherche présenté à :

- Mme Domingues Costa Faria
 - Mme Fellag



EDNH - Paris

Sommaire :

IntroductionPage 2

1 - Les mécanismes du processus inflammatoirePages 3 et 4

2 - La place des nutriments dans le processus de régénérationPages 5 et 6

3 - Quels sont les facteurs extérieurs pouvant agir dans le processus de cicatrisation ?.....Page 7

Conclusion.....Page 8

English review.....Page 9

Annexes.....Page 10

Bibliographie.....Pages 11 et 12

Introduction :

Le muscle squelettique est la plus grande masse du corps humain puisqu'il représente environ 40% de notre poids corporel total. Parfois même plus, pour les athlètes pratiquant des sports de force. Chez ces sportifs, les muscles squelettiques sont en permanente construction/reconstruction : un processus de protéolyse et protéosynthèse. Effectivement, les sports de force engendrent un catabolisme, et nécessitent un anabolisme afin de limiter l'altération de la masse musculaire.

Plus de la moitié des blessures que l'on subit lors de notre pratique sportive est d'ordre musculaire. Les lésions musculaires prennent donc une place majeure dans la médecine du sport.

Certains problèmes peuvent intervenir lors de la guérison de ces blessures, car elles mettent du temps à se soigner totalement. Ceci est préjudiciable, que ce soit pour l'athlète professionnel qui gagne sa vie, par sa pratique sportive et qui est donc dépendant de son corps qui représente son outil de travail, mais aussi pour le sportif amateur, qui a des échéances à venir.

Après la lésion du muscle, celui-ci subit plusieurs phases de guérison et, en fonction du degré de gravité de la blessure, celui-ci peut même subir une fibrose.

Chaque phase de la guérison est unique et chacune peut être optimisée afin de traiter au mieux la blessure subie par l'athlète.

Dans ce travail de recherche, nous allons tout d'abord étudier les mécanismes intervenant dans le processus inflammatoire. Nous mettrons en avant les différentes étapes, avant de détailler les éléments intervenant dans le processus inflammatoire.

Nous allons ensuite préciser l'importance de l'alimentation dans le processus de l'inflammation : qu'est-ce qu'il faudrait favoriser afin d'accélérer le processus inflammatoire, puis à l'inverse, quels seraient les aliments à éviter, qui retarderaient le processus de guérison.

Enfin, nous nous demanderons s'il existe certains facteurs physiologiques qui pourraient agir en faveur, ou contre le processus d'inflammation.

1 - Les mécanismes du processus inflammatoire :

Tout d'abord, notre organisme est constitué de différents muscles, dont les striés squelettiques, composés de cellules polynucléées, qui nous permettent de pouvoir effectuer nos séances de sport, de nous déplacer etc.

Ces muscles contiennent des cellules immunitaires, qui ont pour rôle de défendre l'organisme contre les diverses infections auxquelles on peut être confronté (ex : lésions/virus/bactéries) L'action conjointe des cellules immunitaires et des fibres musculaires va pouvoir enclencher par la suite le processus inflammatoire.

Le processus naturel de guérison lors de lésions de muscles squelettiques est composé de plusieurs phases. Celles-ci suivent cet ordre : la dégénérescence, l'inflammation, la régénération et enfin la fibrose.

En cas de blessure, on assiste à une libération de débris de la matrice extra-cellulaire, en plus de certains éléments intracellulaires, tels que l'ADN, par exemple. L'ensemble de ces molécules porte le nom de DAMP ("Damaged -Associated Molecular Patterns).

La dégénérescence et l'inflammation sont les deux phases qui se produisent dans les premiers jours après la blessure. Il y a déclenchement de cytokines pro-inflammatoires (TNF-alpha...), qui vont permettre de recruter les leucocytes circulants.

Puis la régénération se produit entre 5 et 10 jours après celle-ci.

Les macrophages des muscles squelettiques interviennent suite à l'action conjointe des cellules immunitaires et des fibres musculaires.

Comme le précise l'Inserm : "il en existe 2 types : les macrophages résidants, situés dans les tissus et ceux issus de la moelle osseuse circulant dans le sang (ou "monocytes"), qui sont recrutés dans les tissus en cas d'infection."

Ceux-ci ont un rôle primordial dans le processus de régénération musculaire. Ils sont nécessaires à l'élimination des agents pathogènes : capables de phagocytose des particules étrangères, peuvent sécréter des enzymes pour lutter contre ces agents pathogènes et recrutent les cellules immunitaires supplémentaires.

De plus, ils ont un rôle de surveillance et de protection : dès qu'ils perçoivent des perturbations de l'homéostasie tissulaire, alors ils mobilisent des leucocytes sanguins.

Ceux-ci sont nombreux. On compte parmi eux : les mastocytes et les macrophages sanguins, présents dans la partie interstitielle du muscle, ainsi que les neutrophiles, lymphocytes, les monocytes Ly6C+ et monocytes Ly6C- et enfin les éosinophiles, que l'on retrouve dans la circulation sanguine (Cf annexe 1)

Les mastocytes sont d'une importance primordiale dès le déclenchement de la réaction inflammatoire. Leur activation permet la prolifération des myoblastes (ce sont des cellules musculaires satellites, qui sont situées sous la membrane basale des fibres musculaires), tandis que leur inhibition perturbe le recrutement des leucocytes, ainsi que la récupération musculaire.

Soulignons également que l'initiation de l'inflammation est liée à l'activation des cellules myogéniques (cellules satellites et myoblastes).

Effectivement, comme le démontre l'annexe 2, la phase de l'inflammation est composée de plusieurs parties. Tout d'abord, la phase d'initiation de l'inflammation : la libération des DAMP et la mise en activation des mastocytes et macrophages, qui vont libérer des cytokines pro-inflammatoires, (comme la TNF alpha), qui permettra d'infiltrer les neutrophiles sanguins. Vient ensuite le développement de l'inflammation, dans laquelle les monocytes Ly6c+ se transforment en macrophages Ly6c+ et déversent des facteurs pro-inflammatoires, favorisant ainsi le développement des myoblastes. Puis, les macrophages Ly6c+ deviennent des macrophages Ly6c- et déversent des facteurs anti-inflammatoires. Enfin, la résolution de l'inflammation, dans laquelle les macrophages anti-inflammatoires sécrètent des cytokines anti-inflammatoires, favorisant l'apparition de facteurs de croissance (IGF-1, Interleukine 4...), permettant ainsi le développement des fibres musculaires.

Les neutrophiles ont un rôle important dans le processus de régénération des muscles striés squelettiques grâce à leur capacité de phagocytose et à la mobilisation des cellules inflammatoires. L'ensemble de ces 2 événements sont liés à une régénération musculaire réussie.

Notons également la place des éosinophiles au sein de la régénération musculaire. Cette cytokine anti-inflammatoire peut produire de l'IL-4 (Interleukine 4), qui est une glycoprotéine capable de moduler la production de cytokines : lymphocytes T et B, macrophages et fibroblastes. Il s'agit donc d'un excellent agent anti-inflammatoire.

Les monocytes Ly6c- patrouillent les vaisseaux sanguins des vaisseaux sains et les Ly6c+ infiltrer les tissus endommagés.

Après avoir détaillé les étapes du processus inflammatoire et présenté les différentes cellules qui y interviennent, nous allons nous intéresser à l'importance de l'alimentation dans l'inflammation.

2 - La place des nutriments dans le processus de régénération :

La cicatrisation des plaies, implique l'activité d'un réseau de cellules sanguines, de cytokines, de facteurs de croissance. Ceci entraîne une augmentation de l'activité cellulaire, ainsi qu'une intensification de la demande en nutriments.

Dans cette partie, nous allons étudier quels sont ceux à privilégier afin de favoriser la cicatrisation. Effectivement, lorsqu'elle est utilisée à bon escient, la nutrition peut s'avérer être une arme permettant de combattre la douleur et de guérir une blessure.

De nombreux composants nutritionnels jouent une variété de rôles dans le processus de cicatrisation. De la même manière qu'une dénutrition ou une nutrition sous-optimale peuvent altérer la fonction immunitaire, la synthèse de collagène, qui sont des éléments essentiels au processus de cicatrisation.

Il faut également souligner que toutes ces blessures n'ont pas le même degré de sévérité (par exemple, une brûlure est différente de l'escarre, d'un ulcère...). Néanmoins, peu importe le type de blessure, la nutrition sera commune à tous pour optimiser le processus de guérison.

Il est également important de catégoriser 2 types de nutriments :

- Ceux qui seront nécessaires que s'ils sont déficitaires. Dans cette situation, des carences nutritionnelles entravent le processus normal de guérison
- Ceux, dits essentiels afin d'optimiser le processus de guérison, jouant un rôle thérapeutique.

Pour commencer, nous allons étudier l'importance de certains micronutriments, notamment certaines vitamines.

Plusieurs études ont démontré que certaines vitamines : C (acide ascorbique), et A (rétinol) sont impliquées dans toutes les étapes de la cicatrisation des plaies.

Dans la phase inflammatoire, la vitamine C est nécessaire pour l'apoptose et l'émission des neutrophiles.

De plus, la vitamine C contribue à la synthèse, la maturation et la dégradation du collagène. Soulignons également que des carences de cette vitamine ont un impact sur la phase de maturation en altérant la production de collagène et la formation de cicatrices.

Après une blessure, les taux d'acide ascorbique diminuent. Il faudra donc privilégier des aliments riches en vitamine C (certains fruits rouges, les kiwis, la goyave...)

La vitamine A est connue pour stimuler la croissance épithéliale, les fibroblastes, la synthèse de collagène. Il existe de nombreuses études qui démontrent l'effet physiologique de la vitamine A sur des plaies aiguës ou chroniques.

Quant aux macronutriments, certains sont essentiels pour favoriser la cicatrisation.

Les protéines alimentaires en font partie : certains acides aminés, notamment la glutamine et l'arginine, ont un impact direct sur la réparation des plaies et la fonction immunitaire, et favorisent la prolifération cellulaire.

Plusieurs études ont démontré le rôle des lipides dans le traitement de la cicatrisation des plaies cutanées, notamment les acides gras insaturés : acide linoléique, alpha-linolénique, et oléique.

Ces études sont encore en cours mais démontrent que ces lipides interviennent dans la phase inflammatoire, en agissant directement sur la production de cytokines pro-inflammatoires.

Il a également été démontré que l'association de plusieurs nutriments, notamment l'arginine et l'acide alpha-linolénique (oméga 3) peut se révéler être plus efficace dans le processus de cicatrisation. Effectivement, bien que ces 2 nutriments aient des effets différents, indépendamment l'un de l'autre (arginine : fonction immunitaire et prolifération cellulaire; acide alpha-linolénique : cicatrisation des plaies et action sur la production de cytokines pro-inflammatoires), leur combinaison affecte les résultats dans la cicatrisation des plaies et des infections.

Les effets de cette combinaison pourraient même aller plus loin, en agissant directement sur les maladies cardio-vasculaires et du diabète.

Des résultats plus précis doivent être établis afin d'établir un diagnostic sur les combinaisons optimales de nutriments.

Cependant, certains facteurs agissent contre le processus de cicatrisation, notamment en cas de dénutrition. Effectivement, un faible apport alimentaire entraîne une immunodéficience, soit une déficience du système immunitaire, qui ne peut plus résister, en cas d'infection, ainsi qu'une cicatrisation plus lente des plaies.

Des études ont montré que les produits laitiers peuvent favoriser l'inflammation, du fait de leur haute teneur en acides gras saturés. Cependant, ceci n'est vrai qu'en fonction de la quantité de produits consommés.

Maintenant que nous avons mis en avant la place de la nutrition dans le processus de régénération, nous allons nous intéresser aux facteurs autres que l'alimentation pouvant avoir des effets sur le processus de cicatrisation.

3 - Quels sont les facteurs extérieurs pouvant agir dans le processus de cicatrisation ?

Nous avons étudié, jusqu'à présent, les facteurs nutritionnels qui jouent en la faveur de la cicatrisation, ainsi que ceux qui peuvent la retarder. Nous allons maintenant nous demander si certains éléments extérieurs peuvent intervenir dans les processus de cicatrisation.

Diverses études ont démontré que l'épiderme devient plus fine, fragmentée avec l'âge. Ces changements structurels engendrent un remodelage altéré des fibres de collagène, ainsi qu'une rigidité accrue.

Les recherches menées au sujet du vieillissement et du processus de cicatrisation des plaies indiquent que des retards de cicatrisation peuvent avoir lieu, avec l'âge. On observe également un phénomène de sénescence cellulaire, qui est défini, selon l'Inserm, comme : "l'affaiblissement des capacités d'un individu inhérent à l'altération progressive des tissus de son organisme et celle de son psychisme". Celui-ci entraîne une altération du remodelage des fibres de collagène.

Effectivement, le vieillissement entraîne de nombreux changements, qui affectent tous les systèmes physiologiques du corps, y compris le système immunitaire, qui a un impact considérable sur le système musculo-squelettique.

Notamment au niveau des cellules souches hématopoïétiques. Celles-ci assurent une production équilibrée de toutes les cellules sanguines tout au long de la vie. En vieillissant, elles perdent progressivement leur potentiel d'auto-renouvellement et de régénération.

Avec l'âge, le système immunitaire connaît de nombreux changements.

Une étude menée par l'Inserm confirme qu'il existe des modifications du système immunitaire avec l'âge : "le nombre de monocytes et de macrophages d'un sujet âgé est relativement comparable à celui d'un sujet jeune". Le profil des monocytes tend vers un profil plus inflammatoire.

De plus, les fonctionnalités des neutrophiles sont également altérées : leurs capacités de phagocytose est altérée, les télomères raccourcissent...

Cependant, le vieillissement de ces cellules peut être réversible, grâce à l'alimentation, comme nous l'avons prouvé précédemment.

Conclusion :

Enfin, nous venons de voir que le processus inflammatoire fait intervenir de nombreuses cellules, qui agissent toutes successivement ou en même temps, afin de procéder à la guérison.

Chaque sportif, amateur ou professionnel, peut être confronté au risque de blessure.

En effet, une étude récente menée par le journal Public Health Emergency Collection estime qu'en athlétisme, $\frac{2}{3}$ des athlètes vont connaître au moins 1 blessure sur une saison sportive.

Une blessure vient bien plus loin qu'une douleur physique : elle est aussi d'ordre psychologique et peut avoir des impacts non négligeables chez les sportifs :

-“Vais-je un jour pouvoir revenir à mon niveau ?”, “Ou même, revenir tout court...?”

Il peut parfois être nécessaire de s'entourer de psychologues sportifs, ou même de préparateurs mentaux.

Il est important de préciser que l'athlète est doté d'une mémoire musculaire, qui lui permettra, même après plusieurs mois d'arrêt, de revenir à son niveau, voire même de s'améliorer. Cependant, il faudra que celui-ci fasse preuve de patience avant que ceci se produise.

Nous pouvons ainsi nous demander par la suite, au bout de combien de temps après la blessure, l'athlète pourra retrouver son niveau d'avant ? Existe-t-il des facteurs qui permettraient au sportif de retrouver son meilleur niveau, en moins de temps ? Et si oui, quels sont-ils ?

English review :

My work research is focus on the inflammatory process for athletes.

In a first time, I am explaining all the process which takes place when an athlete is injured.

The natural inflammatory process consists of several phases : degeneration, inflammation, regeneration and fibrosis.

Degeneration and inflammation are the phases which takes place only several days after the injury. They produce pro-inflammatory cytokines, which will activate circulating leukocytes.

Then, regeneration takes place between 5 and 10 days after injury.

Macrophages intervene thereafter : they are necessary for elimination of pathogens thanks to phagocytosis. When they perceive disturbances in tissue homeostasis, they mobilize leukocytes. They are many : mast cells releases the inflammatory reaction; neutrophils are able to phagocytosis and mobilize inflammatory cells; eosinophils can handle cytokins production (T and B lymphocytes) : they are a good anti-inflammatory agent.

Furthermore, I am explaining which diet is good in order to improve inflammation.

C and vitamin contribute to synthesis, degradation and maturation of collagen. Moreover, it is needed for apoptosis and the emission of neutrophils.

Amino acids promote cell proliferation and impact wound repair.

Polyunsaturated fatty acids have an effect on the pro-inflammatory step : they can produce pro-inflammatory cytokines.

However, several factors, like denutrition are harmful inflammation : this leads to immunodeficiency, which prevents the immune system from acting against inflammation.

For the last part, I want to forward which factors, beyond diet are aging on inflammatory processes.

Aging alters the remodeling of collagen fibers, and the immune system.

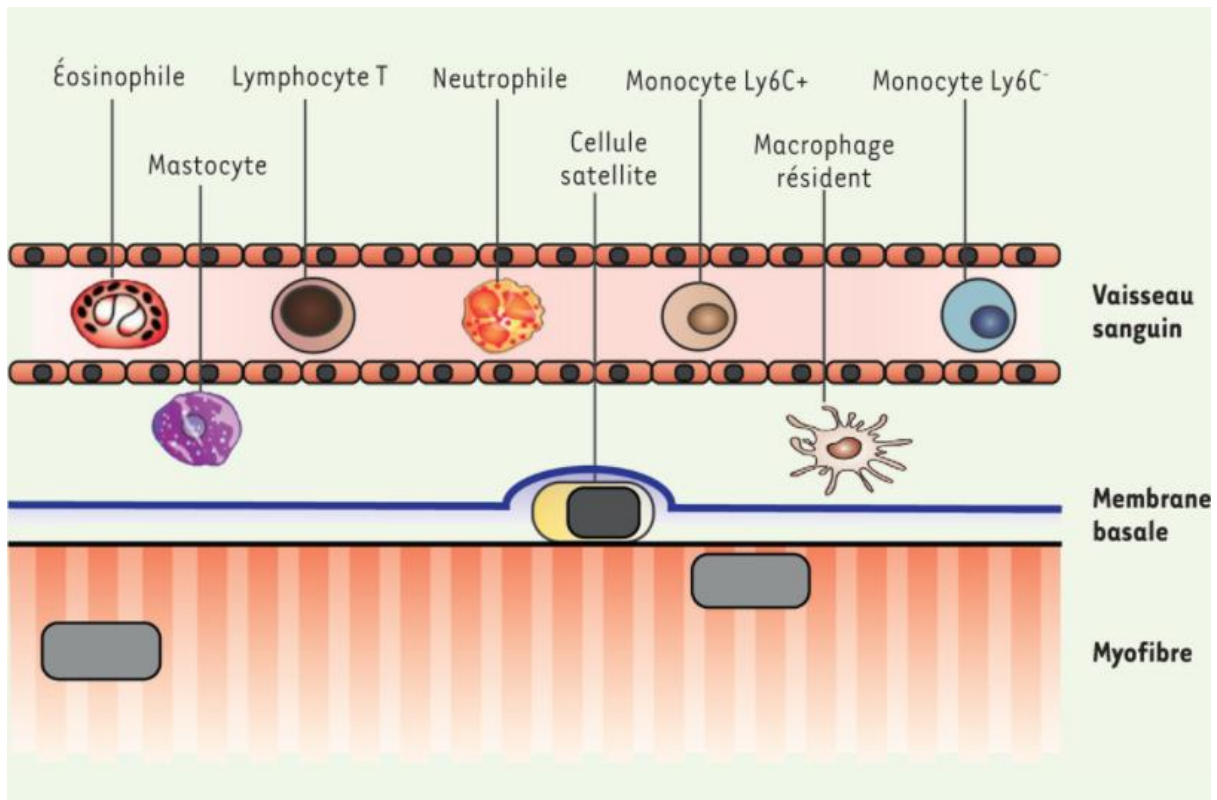
However, cells aging can be reversible thanks to diet.

To conclude, there is a big majority of professional athletes or amateurs, who injured in their season.

They can have big sporting deadlines : that's why I asked myself : are there any factors which could allow injured athletes to regain his or her best level ? And if there is, what are they ?

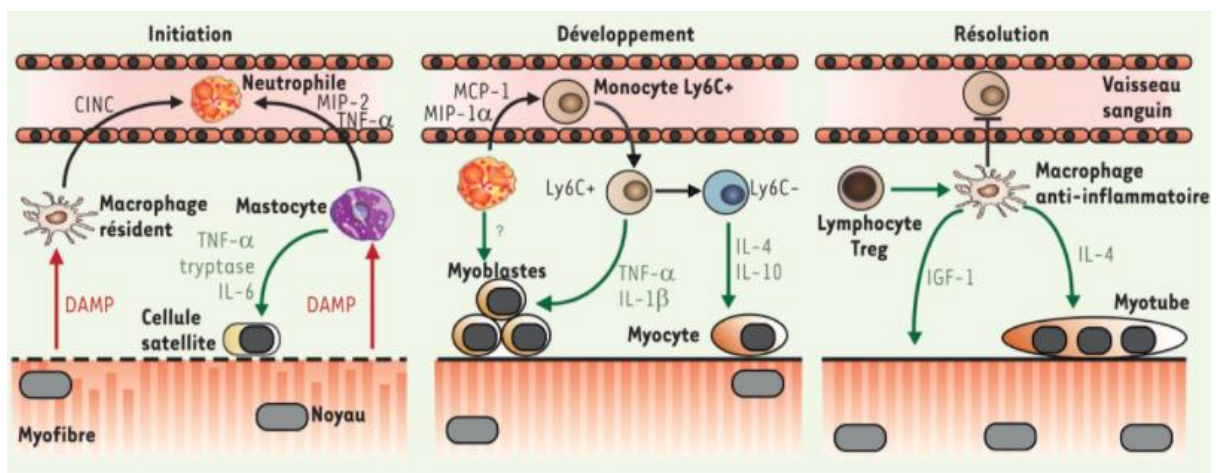
Table des annexes :

Annexe 1 :



Sebastien S.Dufresne, J.Frenette, Nicolas A.Dumont, 2016 : https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2016/07/medsci20163206p591/F1.html

Annexe 2 :



Sebastien S.Dufresne, J.Frenette, Nicolas A.Dumont, 2016 : https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2016/07/medsci20163206p591/F2.html

Bibliographie :

Garett and Best, 1994 et Kaariainen et Al, 2000 :
<https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/3-s2.0-B9780123694102500747/first-page-pdf>

J.Pillon, J.Billan, A.Klip, 2013 :
<https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpendo.00553.2012>

https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2016/07/medsci20163206p591/medsci20163206p591.html#:~:text=Entre%20la%20fibre%20musculaire%20et,%20une%20blesure%20%5B1%5D.

M.Lecuit : <https://presse.inserm.fr/les-macrophages-residents-et-recrutes-orchestrent-la-defense-du-foie-contre-les-infections/17571/>

Prelovsek et Al, 2006 : <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/muscle-regeneration>

W.Shen, 2006 :
<https://www.proquest.com/openview/5604b5e7835c1290e7e6813558d12767/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

A M Quain, N M Khardori, 2015 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27447105/>

J K.Stechmiller, 2010 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20130158/>

J W Care, 2011 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21841710/>

J.Moores, 2013 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24796079/>

M.Barchitta, A.Maugeri, G.Favara, R.Magnano San Lio, G.Evola, A.Agodi, G.Basile, 2019 :
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30841550/>

G.Sibbald, Elizabeth.A Ayello, 2019 :
https://journals.lww.com/aswcjournal/Fulltext/2019/10000/Nutrition_and_Wound_Healing_E_at_Well_Live_Well.1.aspx

P-M Canoves, A L Serrano, 2015 :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1043276015001381>

C P Jara, N F Mendes, T P Do Prado, E P De Araujo, 2020 :
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32320357/>

D MacKay, Alan L Miller, 2003 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14653765/>

J W Aleksander, Dorothy M Supp, 2014 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25371851/>

- J K Stechmiller, B.Childress, L Cowan, 2005 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16207646/>
- M J Blair, J D Jones, A E.Woessner, K P.Quinn, 2020 :
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31993254/>
- Amir A.Sadighi Akha, 2018 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30114401/>
- L.Müller, S Di Benedetto, G.Pawelec, 2019 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30888648/>
- H.Yamakawa, D.Kusumoto, H.Hashimoto, S.Yuasa, 2020 :
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32155842/>
- C.Vors, C.Gayet-Boyer, M-C.Michalski, 2015 :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007996014001710#>
- G.De Haan, S S.Lazare, 2018 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29141947/>
- H.Vallet, T.Fali, D.Sauce, 2019 :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0248866318306416>
- A.Raynaud-Simon, B.Lesourd, 2000 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11195844/>
- D E R.Warburton, C W.Nicol, S S D.Bredin, 2006 : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16534088/>