# ストレスの測定

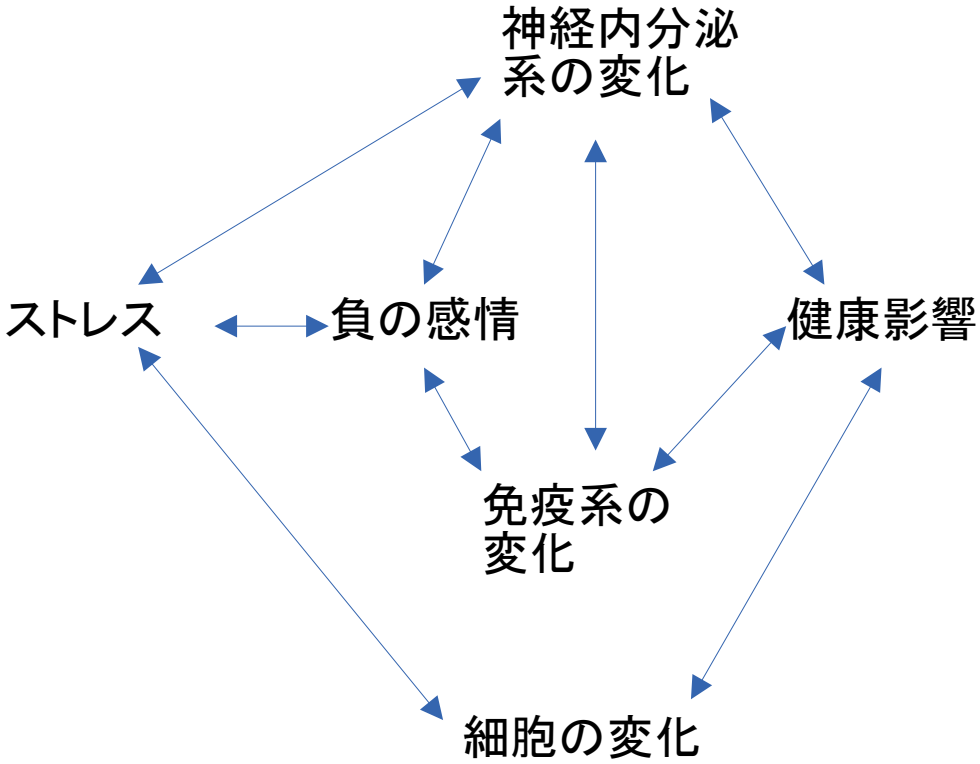
環境・食品・産業衛生学
2026.6.8

# ストレスとは？

- 3つの見方(Aldwin CM “Stress, Coping and Development: An Integrative Perspective, 2nd Ed.”, Guilford Press, 2007, ISBN 9781572308404 )
  - 還元主義：(脳→感情） 外的刺激→身体及び精神への負の影響
  - 相互作用論：(脳→感情←精神） 外部環境変化→知覚→内部環境の恒常性擾乱(の可能性)
  - 取引主義：(脳↔感情↔精神；脳↔精神） 環境からの要求(刺激)が個人の対処能力を超えたときに起こる、個人と環境の間のやりとりの過程
- 能動的ストレス対処
  - 対処したい欲求を断念：防衛機制
  - 欲求のための努力：合理的機制
  - 別の満足に逃げる：代償機制
- うまく機制がとれない＝不適応
- 適応困難＝ストレス状態

# 体内のストレス応答
## （パーソナリティも関与）

- 視床下部-脳下垂体-副腎系(HPA)の応答
  - 脳下垂体からのホルモン分泌：成長ホルモン(GH)、甲状腺刺激ホルモン(TH)、濾胞刺激ホルモン(FSH)、黄体化ホルモン(LH)、黄体刺激ホルモン(LTH)、メラニン細胞刺激ホルモン(MSH)、副腎皮質刺激ホルモン(ACTH)、バソプレッシン、抗利尿ホルモン、オキシトシン
  - 副腎からのホルモン分泌：カテコールアミン類としてエピネフリンとノルエピネフリン、ステロイドとして、コルチコステロイド（コルチゾンとコルチゾール↑）、糖質コルチコイド、鉱質コルチコイド
- 交感神経の活動上昇（→ノルエピネフリン↑）
  - 血圧、心拍、呼吸などが上昇
  - 血糖値上昇
  - 瞳孔拡張
  - 立毛
  - 唾液や粘液分泌減少
  - 血液分布が腸管より脳や筋肉に偏る
  - *逆に、副交感神経が活動上昇すると、消化器系の働きが活発になり、血圧、心拍、呼吸などが低下する
- 行動による応答
  - 不安
  - 苦悩
  - 高度な作業効率維持能力が失われること



# 環境ストレスの例

- 混雑 → 複雑なタスクを完了することが難しい、ポジティブな社会関係を維持するのが難しい
- 騒音曝露 → 聴覚弁別能力低下 → 読んで獲得する内容の減少
- 近隣環境条件が悪い場所での居住

**Figure 9.1** Long Waits and Crowded Buses at a School in Singapore

*Source*: Tan, 2012.

出典：Frumkin H (ed.) Environmental Health: From Global to Local. 3rd Ed. 2016

# ストレスの測定

- ストレッサーの測定
  - ストレスを与える外部環境として不快指数、作業時間、タスク量など
  - ストレスフルライフイベントのチェックリスト
- 直接「あなたは多くのストレスを感じていますか」と1つの質問だけでストレス認知を評価することも可能だが、ストレッサーとストレス応答のどちらについて答えるか不明
- ストレス応答の測定
  - 脳波、脳血流量、心電図：定量的測定が難しい
  - 生体試料の分析：唾液アミラーゼ、唾液中コルチゾール、唾液中クロモグラニンA、唾液中IgA、汗のコルチゾール等（血液採取はどうしても侵襲的になるため、唾液や汗が良い）
  - 心拍ゆらぎ
  - 質問紙（ストレス認知を含む）
- ストレス対処の測定
  - 質問紙

# ストレスフルライフイベント(1)

- 戦争体験のチェックリスト（Aldwin 2007, Table 5-1より抄訳）
  - あなたは戦闘の哨戒などの非常に危険な義務についたことがありますか
  - これまで敵に包囲されたことがありますか
  - これまで敵に撃たれたことがありますか
  - あなたの部隊ではどれくらいの割合の人が殺されるか負傷するか行動中に行方不明になりましたか
  - 1回の戦闘中、どれくらいの頻度で誰かが撃たれるのを見ましたか
  - どれくらいの頻度であなたは死傷の危機に陥りましたか

# ストレスフルライフイベント(2)

- 社会再適合尺度からの例（Aldwin 2007, Table 5-2より抄訳）、カッコ内は人生を変える程度
  - 配偶者の死(100)
  - 離婚(73)
  - 別居(65)
  - 投獄(63)
  - 近しい家族の死(63)
  - 怪我や病気(53)
  - 結婚(50)
  - 仕事をクビになる(47)
  - 退職(45)
  - 離婚調停(45)
  - 家族の健康状態の変化(44)
  - 妊娠(40)
  - 性生活の困難(39)
  - 新しい家族の獲得(39)
  - 転職(39)

# ストレスフルライフイベント(3)

- 慢性的なストレスを与える項目の例（Aldwin 2007, Table 5-3より抄訳）
  - 一度にあまりに多くのことを処理しようとしている
  - あなた自身か子供が必要としているものを買うための十分なカネがない
  - 上司や同僚との諍いが多い
  - 転職したいができそうにない
  - 配偶者との諍いが多い
  - 子供が欲しいができない
  - 社会生活を送るのに十分な時間がない
  - 自分が襲撃されたり強盗にあったりするのではないかと頻繁に恐れている
  - 住んでいる場所の環境汚染が酷い
  - キリスト教会（あるいは他の宗教）が多くを要求しすぎる
  - 健康状態が悪いか遠からず死にそうな親がいる

# ストレスフルライフイベント(4)

- 日常の悩み事の例（Aldwin 2007, Table 5-4より抄訳）
  - 仕事の同僚と問題を抱えている
  - 上司か指導者から悩まされている
  - 食事を用意しようとしている
  - やることが多すぎる
  - 余暇を楽しむ時間が足りない
  - 邪魔が入ることが多すぎる
  - 隣人とトラブルがある
  - 家族と過ごす時間が足りない
  - 日用品が値上がりしている
  - 服薬したら副作用があった
  - 寝不足
  - 孤独を感じている
  - 自分を表現できていない

# 唾液中の成分分析（個人差大）

https://doi.org/10.1254/fpj.129.80

- ストレス→神経内分泌系刺激→血液中濃度上昇→唾液への分泌も増加（交感神経系の活動が盛んになると余計に分泌が増加するものも）
  - コルチゾール：古くから測定されてきた物質。運動負荷でも心理的ストレスでも上昇。血中濃度が高いので唾液中濃度も高くEIA等で測定しやすい（血清濃度と唾液濃度に正の相関：https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.10.026）
  - クロモグラニンA：副腎髄質クロム親和性細胞や交感神経から分泌されるタンパク質の一種で精神的ストレスを反映（運動負荷では上がらないが人前での発表や運転で上がる： 臨床検査技師国試前にコルチゾールは不変だがクロモグラニンAは有意に上昇したという論文[伊藤ら: 臨床検査技師国家試験が受験学生に及ぼすストレスの影響. 生物試料分析, 29: 375-378, 2006]）。https://www.tytlabs.co.jp/en/japanese/review/rev343pdf/343_017nakane.pdf EIA等で測定。矢内原研究所のYK-070というキットだと2日かかるが1プレートで41検体測定可能
  - アミラーゼ：交感神経系の直接神経作用と，ノルエピネフリン作用の両作用で分泌される（実験的に心理的ストレスを与えると、コルチゾールより先に上昇：https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.02.018）ニプロの機械が便利（アマゾンでも購入可能＞https://www.amazon.co.jp/dp/B071DLJSNY/）
- ストレス→免疫系刺激→血液中濃度上昇→唾液への分泌も増加
  - IgA：マインドフルネスを高める介入の前後で、質問紙でのストレスレベルが有意に低下し、同時に唾液中IgAは有意に上昇（https://doi.org/10.3390%2Fijerph19106226）。EIA等で測定

# 汗のコルチゾールの分析

- Kinnamon D et al. (2017) Portable biosensor for monitoring cortisol in low-volume perspired human sweat. *Sci Rep* 7, 13312. https://doi.org/10.1038/s41598-017-13684-7
- 汗のコルチゾールレベルは8-140 ng/mLと報告されている
- ナノレベルの穴が空いた膜状のバイオセンサーで、電気化学的インピーダンス分析機で1-500 ng/mLのコルチゾールを検出可能
- ウェアラブルデバイスとして迅速に検出可能に
  https://gigazine.net/news/20210210-sweat-measure-stress/
  https://www.atx-research.co.jp/contents/2021/02/20/epfl-xsensio
- Ding Y et al. (2024) Integrated mental stress smartwatch based on sweat cortisol and HRV sensors. *Biosens Bioelectron*, 265, 116691 https://doi.org/10.1016/j.bios.2024.116691
- Shen Y et al. (2026) Fully integrated wearable microfluidic device for molecularly imprinted electrochemical and cascade catalysis colorimetric analysis of cortisol and glucose in sweat. *Biosens Bioelectron*, 291, 118050 https://doi.org/10.1016/j.bios.2025.118050

# 心拍ゆらぎ

http://id.nii.ac.jp/1001/00203882/
https://doi.org/10.5136/lifesupport.22.105

- 心拍は交感神経と副交感神経両方の拮抗支配
- 心拍のゆらぎは自律神経のバランスを反映
- 心拍数の拍動間隔(RRI)の5分間時系列（心電図やウェアラブル端末で測定可能）をスペクトル解析して周波数成分を抽出
  - 低周波成分(LF)は血圧調節系のリズムを反映し、主に交感神経の働きを反映。暗算など精神的ストレスで増加
  - 高周波成分(HF)は呼吸の影響を受け、主に副交感神経支配
  - LF/HF比やLF/(LF+HF)が交感神経系の活動の指標
  - RRIの標準偏差はストレス状態で低く、リラックス状態で高い
- RRIのポアンカレプロットの長軸短軸比(L/T)が小さいこともストレス状態を示す
- チェック・マイハートというLFやHFを自動的に計測してくれるポータブル測定器が市販されていたが販売終了している
- https://doi.org/10.3390/s22010151

# 質問紙

- ストレスの質問紙
  - 厚生労働省が提供している職業性ストレスの質問紙
    ＞https://kokoro.mhlw.go.jp/check/
    (https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/)
  - ストレス認知（自覚ストレス）
    - PSS (Perceived Stress Scale) 元々は14項目、後に10項目、4項目版
      https://doi.org/10.2307/2136404（Cohen et al., 1983; PSS-14)
      https://www.das.nh.gov/wellness/Docs%5CPercieved%20Stress%20Scale.pdf
      (PSS-10)
      https://doi.org/10.1177/135910531350834 6 (PSS-4)
      https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjpm/42/7/42_KJ00002380145/_pdf（日本語版14）
      https://doi.org/10.11560/jahp.19.2_44（日本語版14, 10）
    - PSQ (Perceived Stress Questionnaire) 30項目、4件法
      https://doi.org/10.1016/0022-3999(93)90120-5
      http://id.nii.ac.jp/1050/00000007/（日本語版）
  - ストレス応答
    - SRS-18 (Stress Response Scale 18；鈴木ら, 1997)
      http://www.kokoronet.ne.jp/fukui/srs/index.html
      https://doi.org/10.11331/jjbm.4.22
- ストレスコーピングの質問紙
  - 加藤司のISCI https://www.toyo.ac.jp/uploaded/attachment/824.pdf