

東京農工大学大学院農学府入学試験解答用紙

(2025年10月・2026年4月入学)

Answer sheet for the entrance examination (Entrance October, 2025・April,2026)

Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	志望専攻名 Department	受験番号 Examinee's number	評点 Score
	共同獣医学専攻 Cooperative Division of Veterinary Sciences		

Q1-1

1

The inbred, laboratory-adapted models with yeast, worms, flies, and mice facilitated rapid progress in identifying evolutionarily conserved mechanisms of ageing. However, the findings cannot reflect causal determinants of ageing in outbred populations in heterogeneous environments.

5

Q1-2

The DAP consists of a team of more than 100 staff, students, faculty, and veterinarians from more than 20 academic institutions, along with over 30,000 dogs and their owners.

10

Q1-3

The authors create an enormous resource of health, behavioural and lifestyle data gathered from owners and veterinarians, complemented with detailed molecular and environmental profiling. The DAP includes observational studies, combining both retrospective and prospective data, as well as a randomized, placebo-controlled clinical trial for healthy ageing.

15

20

Q1-4

Four primary scientific aims are (1) characterizing ageing in dogs on multimorbidity, frailty and inflammaging; (2) analysing the genetic architecture of age-related traits in at least 10,000 dogs; (3) developing biomarkers of ageing in relation to genetic, environmental and lifestyle variation; and (4) determining the effects of rapamycin on lifespan and healthspan in large-breed, middle-aged dogs.

25

東京農工大学大学院農学府入学試験 解答例・出題意図
(2025年10月・2026年4月入学)

Example answer for the entrance examination (Entrance October, 2025・April, 2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	プログラム Program

Q2-1

SFTS is an infectious disease transmitted by ticks, with a fatality rate of about 5-30%.

Q2-2

The second longest segment is the M segment, which encodes the precursor of the glycoprotein. It can be further cleaved into Gn and Gc proteins. These two glycoproteins are type I transmembrane proteins. Gn is proposed to be a receptor-binding protein, and Gc is a membrane fusion protein.

Q2-3

Bispecific antibodies combine two antigen-binding sites of two different antibodies within one molecule. This dual-targeting strategy has been proven to hold greater therapeutic efficacy than parental antibodies in cancer and infectious diseases.

Q2-4

SF5 recognized the Gn head subdomain I, and SF83 bound to Gc domain II. Through these binding abilities, both mAbs exhibit neutralization in both the pseudovirus and the authentic virus systems. Moreover, SF5 presented potent protection in a SFTSV-infected mouse model, and SF83 exhibited partial protection ability. Therefore, the authors engineered four bsAbs designs based on this epitope analysis.

Q2-5

Purified Gc protein using in the binding affinity is a monomer, and the SF83 epitope is exposed, thereby displaying high affinity. However, the SF83 epitope located in the inner

東京農工大学大学院農学府入学試験解答用紙

(2025年10月・2026年4月入学)

Answer sheet for the entrance examination (Entrance October, 2025・April, 2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	志望専攻名 Department	受験番号 Examinee's number	評点 Score
	共同獣医学専攻 Cooperative Division of Veterinary Sciences		

Q3-1

1

The subgroup recommends lymphadenectomy for complete classification of nodal lymphoma.

Q3-2

5

The diagnostic accuracy of FNA would improve by analysing cytopathologic and immunophenotypic data concurrently.

Q3-3

10

ICC and IF require additional studies before being considered equivalent to IHC and FC in terms of the reliability of the diagnoses.

Q3-4

The treatment plan is most often determined by the anticipated clinical course of lymphoma or simply by the desires of the dog owner.

Q3-5

The agreement between clonality assays and the data from FC and IHC is only moderate.

20

25

東京農工大学大学院農学府入学試験 解答例・出題意図
(2025年10月・2026年4月入学)

Example answer for the entrance examination (Entrance October, 2025・April,2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	プログラム Program

1) CT値はX線が物質を透過する際に、どれだけ減ったか(線減弱係数)を指標として算出され、単位はHounsfield Unit (HU)である。線減弱係数を μ とした場合、 $\mu_{\text{Substance}} - \mu_{\text{Water}}$ と表される。式からわかる通り、基準となる物質は「水(純水)」であり、水を撮影した際のCT値がゼロになるようになっている。CT値は水と比較してどれだけX線が通りやすいか、または通りにくいかなを示しているため、自然界において常に一定の構成ではない骨(骨粗鬆症や骨硬化)や、空気(湿度や濃度変化)は定値をとり得ない。そのため、骨が+1000 HU、または空気が-1000 HUというのは誤りである。

2) ビームハードニングアーチファクト(線質硬化現象)は、連続スペクトルである制動X線を用いるために発生するエラーである。制動X線は様々なエネルギーのX線を含むが、密度や原子番号の高いX線高吸収物質を通過する際、弱いエネルギーのX線は吸収され、強いエネルギーのX線のみが物体を通過する。通過したX線の平均エネルギーが異常に高値となるため、検出器側でエラーと認識される。生体では骨やインプラント金属の周囲において、異常な高CT値、または異常な低CT値の筋状アーチファクトが発生するため、正確なCT値を計測できず、異常組織をCT値で判断できなくなるため、アーチファクトが存在することを正しく理解して計測することが重要である。また逐次近似再構成法などによってアーチファクト補正を図ることも必要である。

(2025年10月・2026年4月入学)

Answer sheet for the entrance examination (Entrance October, 2025・April, 2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	志望専攻名 Department	受験番号 Examinee's number	評点 Score
	共同獣医学専攻 Cooperative Division of Veterinary Sciences		

【問題1】(フランク・スターリング機構)

フランク・スターリング機構とは何か。また、その生理的意義を説明せよ。(10行程度)

What is the Frank-Starling mechanism? Describe its physiological significance.

【模範解答】

フランク・スターリング機構とは、心臓へ戻ってくる静脈血が増加すると心筋がより伸展され、それに応じて心筋の収縮力が増大し、拍出される血液量(心拍出量)も増加するという仕組みである。これは心筋の収縮に関与するアクチン・ミオシン線維が最適な重なり具合となり、より大きな張力を発揮できるようになることによる。

この機構により、生理的範囲内では心臓は静脈から戻ってくる血液量(静脈還流量)に応じて必要なだけ血液を拍出し、心内圧の過度な上昇やうっ血を防ぐ役割を果たす。

【『Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology 13th Ed』参照ページ】

Chapter 9, pp. 119-120

Chapter 20, pp. 245-246

【問題2】(心拍出量に関する要因)

心拍出量は身体活動や状態に応じて変化する。安静時心拍出量の基準値と、それに影響する主な因子を挙げ、それらがどのように影響するか簡潔に説明せよ。(10行程度)

What is the normal resting cardiac output in adults, and what are the main factors that influence it? Briefly describe how each factor affects cardiac output.

【模範解答】

安静時の心拍出量は、健康な成人男性でおよそ5.6 L/分、女性で4.9 L/分とされる。主な影響因子は以下の通りである。

①基礎代謝量：代謝が高いほど組織への血流需要が増え、心拍出量も増加する。

- ②運動状態：運動中は筋組織の酸素需要が増大し、心拍出量は4～7倍程度まで増加する。
- ③年齢：加齢に伴い骨格筋量や基礎代謝が低下し、心拍出量も減少する。
- ④体格（体表面積）：体格が大きいほど組織血流需要が多く、心拍出量も大きくなる。

【『Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology 13th Ed』参照ページ】
Chapter 20, pp. 245-246

東京農工大学大学院農学府入学試験解答用紙

(2025年4月入学)

Answer sheet for the entrance examination (Entrance April, 2025)

Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	志望専攻名 Department	受験番号 Examinee's number	評点 Score
	共同獣医学専攻 Cooperative Division of Veterinary Sciences		

問 [1]

通常、多発性骨髄腫の診断は、骨パンチアウト像の出現、骨髄における形質細胞の増加(20%以上)、血清蛋白電気泳動におけるモノクローナルガンモパシーの存在、尿中ベンス・ジョーンズ蛋白の存在の4項目のうち、2項目以上該当する場合に診断される。これらの証明のために、全身のX線検査あるいはCT検査、骨髄吸引検査、血清蛋白電気泳動、尿検査を実施する。抗がん剤治療は、腫瘍細胞数の減少、骨性疼痛の軽快、血清中のM蛋白濃度の低下に有効である。多発性骨髄腫の腫瘍細胞は細胞分裂頻度が低いため、G0期にも作用するアルキル化剤であるメルファランとプレドニゾロンを用いたMP療法が主に用いられる。また、同じアルキル化剤であるクロラムブシルが使用される場合もある。

1

5

10

問 [2]

犬の胸腺腫では、発咳や呼吸促迫などの呼吸器症状を示すことが多いが、無症候症例において胸部X線検査で偶発的に発見される場合もある。診断は胸部X線やCT検査などの画像検査で前縦隔腫瘍が存在することと、前縦隔腫瘍のFNAにて成熟リンパ球主体の細胞診所見が得られることから下される。胸腺腫においては、胸腺における自己反応性T細胞のセレクション異常により多くの免疫介在性疾患が発生する。犬では、重症筋無力症、巨大食道症、免疫介在性溶血性貧血、多発性筋炎、免疫介在性溶血性貧血などが報告されている。また、免疫介在性疾患以外では、前大静脈症候群、末梢血における成熟リンパ球増加症などが報告されている。

15

20

25

東京農工大学大学院農学府入学試験 解答例・出題意図
(2025年10月・2026年4月入学)

Example answer for the entrance examination (Entrance October, 2025・April,2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	プログラム Program

問題[1] 外来抗原に対する免疫応答について、以下のキーワードを用いて一次免疫応答と二次免疫応答の違いを15行以内で説明しなさい。必要に応じて図を用いてもよい。

キーワード：T細胞、B細胞、マクロファージ、サイトカイン

(回答例)

病原体が侵入した際には、樹状細胞が病原体由来の抗原ペプチドをMHC class IIと共にCD4陽性T細胞に提示し、抗原に特異的に結合するTCRを持つT細胞が増殖してエフェクター細胞となる。エフェクター細胞はIL-2などのサイトカインを分泌し、それによりマクロファージが活性化される。病原体を貪食したマクロファージは抗原を提示し、抗原提示を受けたヘルパーT細胞は活性化されIFN- γ を分泌する。IFN- γ により、マクロファージが活性化され、自然免疫反応が亢進すると共に、CTLやNK細胞が活性化される。リンパ節や脾臓に入った病原体はB細胞に取り込まれ、MHC class IIと共に抗原を提示する。ヘルパーT細胞はB細胞からの抗原提示を受けて活性化し、IL-4などのサイトカインを分泌する。それによりB細胞は形質細胞に分化し抗体を産生する。一次免疫応答の場合、ナイーブT細胞からヘルパーT細胞になるまでに時間がかかることから、病原体の排除に時間がかかる。

一方、二次免疫応答では、ヘルパーT細胞やB細胞が免疫記憶細胞として長期間生存し続けており、病原体が侵入した際にはそれらが即座に反応し、感染細胞の殺傷やマクロファージの活性化、抗体産生を初回感染時よりも迅速かつ効率的に行うために、侵入した病原体が速やかに排除される。

(2025年10月・2026年4月入学)

Answer sheet for the entrance examination (Entrance October, 2025・April,2026)
 Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	志望専攻名 Department	受験番号 Examinee's number	評点 Score
	共同獣医学専攻 Cooperative Division of Veterinary Sciences		

(1)実効性比とは、ある時点における交尾可能な状態にあるオスとメスの個体数の比である。¹
 繁殖可能な齢に達した成体は、交尾中や子の養育中、消耗やエネルギー枯渇などにより
 交尾可能ではない状態の個体もいる。実効性比は、繁殖可能な齢に達した成体の性比から
 交尾可能ではない状態の個体を差し引いた性比であるため、2つの性比が異なることが
 ある。⁵

(2)フィッシャー条件とは、個体群のメス個体の適応度の合計は、オス個体の適応度の合計と
 等しい、という条件である。フィッシャー条件においては、メスとオスのうち少ない方の
 繁殖成功が相対的に大きくなるため、性比が偏っても性比の偏りを戻す方向に淘汰が働き、
 1:1の出生性比が他の性比に対して有利であり、安定である。¹⁰

¹⁵

²⁰

²⁵

(2026年4月入学)

Answer sheet for the entrance examination (Entrance April,2026)

Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	志望専攻名 Department	受験番号 Examinee's number	評点 Score
	共同獣医学専攻 Cooperative Division of Veterinary Sciences		

Q1-1

1

They contain only a limited variety of amino acids and lack a fixed three-dimensional structure.

Q1-2

LCDs of NPC proteins form a gel-like mesh that excludes large non-specific macromolecules. Transporters interact with LCDs and temporarily open the gel-like mesh, allowing specific molecules to pass while blocking others.

10

Q1-3

The reversible cross- β interactions among LCDs enable the droplets to form and dissolve dynamically.

Q1-4

15

Neurodegenerative diseases such as amyotrophic lateral sclerosis.

Q1-5

b

25

(2026年4月入学)

Answer sheet for the entrance examination (Entrance April,2026)

Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	志望専攻名 Department	受験番号 Examinee's number	評点 Score
	共同獣医学専攻 Cooperative Division of Veterinary Sciences		

Q2-1: Bacteriophages are natural predators of bacteria that have co-evolved with bacteria for nearly four billion years. (A virus that infects and kills specific bacteria.)

Q2-2: The reasons for the rise of AMR include mis-use and over-use of antibiotics in the food industry, animal husbandry and medicine, as well as the dwindling antibiotic pipeline as pharmaceutical companies have increasingly opted out of antibiotic discovery and development. (Moreover, some pathogens are intrinsically antibiotic resistant and challenging to treat with currently available agents.)

Q2-3: In order to use phages therapeutically, they should 1) preferably be lytic; 2) kill the bacterial host efficiently, 3) be fully characterized to exclude side effects.

Q2-4: The practical application of penicillin, antibiotics were considered an advantage over phage therapy because they exhibit broad-spectrum antibacterial activity against bacterial infections. (This is because antibiotics have been the first choice for treating bacterial infections.)

Q2-5: This means that even if there is a lack of efficacy data from clinical trials, phage therapy will be approved on a case-by-case basis as compassionate use when antibiotic options have failed. An increasing number of countries (e.g., the United States, Belgium, France, Sweden, Australia, and most recently the United Kingdom) have created a "parallel track."

1

5

20

25

(2026年4月入学)

Answer sheet for the entrance examination (Entrance April,2026)

Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	志望専攻名 Department	受験番号 Examinee's number	評点 Score
	共同獣医学専攻 Cooperative Division of Veterinary Sciences		

Q3-1

1

CVH refers to the tendency for dog owners to express doubts about the safety, efficacy, and/or importance of routine vaccinations for their dogs.

Q3-2

Rabies

(When other diseases are mentioned, the correctness of the answers will be judged based on whether those diseases can be prevented through vaccination, such as canine parvovirus, distemper, adenovirus, and so on.)

10

Q3-3

CVH may facilitate vaccine refusal in humans (i.e., non-vaccination behavior) and opposition to policies that encourage rabies vaccination for animals.

Q3-4

15

The survey found that about 53% of dog-owning respondents expressed concerns about canine vaccination: specifically, 37% worried about safety, 22% about efficacy, and 30% about necessity.

Q3-5

Dog owners who endorse misinformation about the safety of human vaccines are more likely to be classified as CVH.

25

東京農工大学大学院農学府入学試験 解答例・出題意図
(2026年4月入学)

Example answer for the entrance examination (Entrance April, 2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	プログラム Program

問題[1]

1.本設問は、循環調節におけるレニン・アンジオテンシン系の基本的理解と、その薬理的制御機構の理解度を評価することを目的とした。受験者が、腎臓由来のレニン分泌からアンジオテンシンII産生に至る一連のカスケード、および血圧調節・体液量調節への影響を正確に説明できるかを確認した。また、ACE阻害薬やアンジオテンシンII受容体拮抗薬などの代表的薬剤の作用点と機序を簡潔に整理し、臨床応用との関連を理解しているかを確認した。さらに、代表薬を具体的に挙げることで、基礎知識と実臨床での薬剤選択に関する理解を統合的に評価した。

2.本設問は、交感神経系における β 2アドレナリン受容体の機能と、その薬理作用の理解度を評価することを目的とした。受験者が、受容体刺激によるアデニル酸シクラーゼ活性化、cAMP増加、平滑筋弛緩といったシグナル伝達の流れを簡潔に説明できるかを確認した。また、気管支拡張作用を中心とした臨床的意義を理解しているかを確認した。さらに、代表薬を具体的に挙げることで、基礎薬理と臨床応用を結びつけて理解しているかを評価した。

東京農工大学大学院農学府入学試験 解答例・出題意図
(2026年4月入学)

Example answer for the entrance examination (Entrance April, 2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	プログラム Program

問題〔2〕

1. 血栓の形成条件

血栓の形成には、古典的に「ウィルヒョウの三徴」と呼ばれる三つの要因が関与する。すなわち、①血管内皮の傷害、②血流の変化、③血液性状の変化である。内皮傷害は炎症、感染、外傷、動脈硬化などで生じ、内皮細胞下の基底膜やフィブロネクチンに血小板が粘着・凝集することで凝固因子が放出され血液凝固が生じる。血流の変化（うっ滞や乱流）は、心疾患により全身性に、血管の狭窄や拡張により限局性に生じる。血流量の低下や乱流は血小板の接触機会を増大させることで血小板因子が放出され、血液凝固が亢進し、血栓が生じる。血液性状の変化は炎症や腫瘍などで生じ、血液凝固系の亢進や血小板増多、血液粘調性の亢進などに内皮傷害や血流低下が加わって血栓形成が生じる。

2. 動物のフィブリノゲン α 鎖アミロイドーシスの病理学的特徴

アミロイドーシスは生体蛋白質のミスフォールディングによって生じるアミロイドが組織に沈着することによって生じる疾患群である。動物において、フィブリノゲン α 鎖アミロイドーシスは犬とニホンリスで報告されている。犬では心血管に限局したアミロイド沈着が生じるが、ニホンリスではヒトと同様に、腎糸球体への重度沈着を特徴とする全身性の沈着が生じる。ヒトではフィブリノゲン α 鎖をコードする遺伝子であるFGAの変異による家族性の病態として知られるが、犬やニホンリスではFGAに変異はみられず、加齢性の病態と見なされている。フィブリノゲン α 鎖には α Cコネクタおよび α Cドメインからなる α C領域がC末端側に存在しており、犬では α Cコネクタが、ニホンリスでは α Cドメインがアミロイド形成に関与する。

東京農工大学大学院農学府入学試験 解答例・出題意図
(2026年4月入学)

Example answer for the entrance examination (Entrance April, 2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	プログラム Program

問題[3]

1. 被食者の逃げる速さと捕食者の追う速さ、寄主の抵抗性と寄生者の病原性など、
2種の攻撃形質と防御形質が際限なく増大するような共進化を軍拡競争という。このような
相互進化においては、攻撃形質と防御形質の相対的な差が個体の適応度を決めるため、
いくら形質が発達しようと進化は止まらない。しかし、攻撃・防御形質にかかるコストの方
はその絶対値で決まるので、ついには増大した形質にかかるコストが種間相互作用で優位に
立つことの有利さを上回るときがくるはずである。つまり際限のない軍拡競争の後には、
軍拡競争を支えてきた枠組みがまるごと崩壊する時期が来る。

2. 個体群の全ての個体はその戦略を採用している時に、他の戦略は適応度が低いため
に、個体群に侵入できない場合、その戦略を進化的安定戦略という。

東京農工大学大学院農学府入学試験 解答例・出題意図
(2026年4月入学)

Example answer for the entrance examination (Entrance April, 2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	プログラム Program

問題[4]

1.

心筋内部で消費されるエネルギーとは、心筋内のサルコメア構造、結合組織、心室壁などを伸展させたり再配列したりするために心臓が消費するエネルギーを指す。このエネルギーの多くは、心筋内に存在する弾性および粘性抵抗を克服するために使われるため、内的仕事量は壁応力に比例する。壁応力が高いほど、より多くのエネルギーが内的仕事に費やされ、その大部分は拡張期に熱として失われる結果、心臓のエネルギー効率は低下する。

一方、壁応力が低下すると、総エネルギーのより大きな割合が有用な外的仕事、すなわち血液の駆出に転換される。したがって、血管拡張薬など後負荷を低下させる治療は、壁応力を減らし、心臓の効率を改善する。これにより、熱として浪費されるエネルギーが減少し、限られた心筋エネルギーがより効果的なポンピングに利用されるようになる。これは、エネルギー供給が低下している心不全や虚血性心疾患の患者において特に有益である。

Internal work refers to the energy the heart consumes to stretch and rearrange its internal structures, including sarcomeric proteins, connective tissue, and the ventricular wall. Most of this energy is used to overcome the elastic and viscous properties within the myocardium and is therefore proportional to wall stress. When wall stress increases, more energy is spent on internal work, much of which is dissipated as heat during relaxation, reducing overall cardiac efficiency.

By contrast, when wall stress is lower, a greater proportion of the total energy can be converted into useful external work—namely, the ejection of blood. Therefore, reducing wall stress through therapeutic strategies that lower afterload (such as vasodilators or afterload-reducing agents) improves cardiac efficiency. These interventions decrease the energy wasted as heat and allow more of the heart's limited energy reserves to be used for effective pumping. This is particularly beneficial in conditions such as heart failure or ischemic heart disease, where myocardial energy supply is already compromised.

2.

一回拍出仕事量は、心室が血液を駆出する際に圧力に逆らって行う外的機械の仕事であり、拍出量と平均駆出圧の積で表される。これは心臓の「有用な仕事」の大部分を占める。

これに対して運動仕事量は、血液に速度を与えるために必要なエネルギーである。左心室では通常、全拍出仕事の5%未満であるが、拍出量や流出速度が増加する大動脈弁閉鎖不全や重度貧血などの状態では相対的に増大する。この運動エネルギーの多くは、血流速度が減少する際に圧力へと変換されるため、血液循環の推進に寄与する。

一方、心筋内部で消費されるエネルギーは、心筋内の弾性・粘性要素を伸展させたり再配列したりするために費やされるエネルギーを指す。これは多くが拡張期に熱として失われ、心臓効率を低下させるが、弾性要素に蓄えられた一部のポテンシャルエネルギーは駆出時に外的仕事として再利用される。そのため、後負荷を低下させることは無駄な内的仕事を減少させ、心臓のエネルギー効率を改善する。

理想的な心臓では、拍出圧に逆らって血液を送り出す拍出仕事量を最大限に維持しつつ、血液に速度を与えるための運動仕事量を必要最小限に抑えることが重要である。また、心筋内の弾性・粘性要素の変形やカルシウム再取り込みなどに費やされる心筋内部で消費されるエネルギーを減少させ、熱として失われるエネルギーを最小化することで、心臓全体としてのエネルギー利用効率が向上する。これらの3つのエネルギーのバランスが最適に保たれた状態こそが、高い機械効率を達成した理想的な心機能の姿である。

Stroke work represents the external mechanical work performed by the ventricle to eject blood against a pressure. It is the product of stroke volume and the mean ejection pressure, and it constitutes the

東京農工大学大学院農学府入学試験 解答例・出題意図
(2026年4月入学)

Example answer for the entrance examination (Entrance April, 2026)
Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

試験科目 Subject	プログラム Program

major portion of the heart's useful work.

Kinetic work, in contrast, is the energy required to impart velocity to the blood as it leaves the ventricle. Although it usually accounts for less than 5% of total stroke work in the left ventricle, it becomes more significant when stroke volume or ejection velocity is high, such as in aortic regurgitation or severe anemia. Most of this kinetic energy is later converted into pressure as blood decelerates in the circulation, so it also contributes to effective pumping.

Internal work refers to the energy expended to stretch, rearrange, and overcome the elastic and viscous forces within the myocardium itself. Unlike stroke or kinetic work, much of internal work is lost as heat during relaxation, reducing cardiac efficiency. However, part of the potential energy stored in elastic elements can be recovered during ejection, so lowering afterload can improve efficiency by reducing unnecessary internal work.

In an ideal heart, it is important to maintain stroke work, the energy used to eject blood against arterial pressure, at its maximum level while minimizing kinetic work, the energy required to impart velocity to the blood. Furthermore, by reducing internal work—such as that used for deformation of elastic and viscous elements and for calcium reuptake—and thereby minimizing the portion lost as heat, the overall energy efficiency of the heart can be improved. A state in which these three forms of energy are optimally balanced represents the ideal cardiac function that achieves high mechanical efficiency.